

LAPORAN KERJA PRAKTIK
“ MENGHITUNG NERACA MASSA PADA KILN SYSTEM ”
DI PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO) TBK



Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Mata Kuliah Semester VI
Di Universitas Muhammadiyah Palembang
Program Studi Teknik Kimia

Disusun Oleh :

Intan Seprina Anugrah (12.2018.035)

Aryu Mulya Sari (12.2018.037)

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2021

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Panyayang, Kami panjatkan puja dan puji syukur atas kehadiran-Nya, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya kepada kami, sehingga kami dapat menyelesaikan Laporan Kerja Praktik di PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO) Tbk ini.

Laporan ini telah kami susun dengan maksimal dan mendapatkan bantuan dari berbagai pihak sehingga dapat memperlancar pembuatan laporan ini. Untuk itu kami menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam pembuatan laporan ini.

Terlepas dari semua itu, Kami menyadari sepenuhnya bahwa masih ada kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun tata bahasanya. Oleh karena itu dengan tangan terbuka kami menerima segala saran dan kritik dari pembaca agar kami dapat memperbaiki laporan ini.

Akhir kata kami berharap semoga laporan ini dapat memberikan manfaat maupun inspirasi terhadap pembaca.

Tim Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Kerja Praktik	2
1.3 Ruang Lingkup Kerja Praktik	2
1.4 Tempat dan Waktu Pelaksanaan Kerja Praktik	3
1.5 Metodologi Kerja Praktik dan Penulisan Laporan	3
1.6 Kegiatan Daring Via Zoom	4
BAB II	5
TINJAUAN UMUM PERUSAHAAN	5
2.1 Sejarah PT. SEMEN BATURAJA (Persero) Tbk	5
2.2 Visi, Misi dan Nilai- Nilai Perusahaan	9
2.3 Makna Logo Perusahaan	9
2.4 Struktur Organisasi Perusahaan	11
2.5 Lokasi dan Tata Letak Pabrik	13
2.5.1 Pabrik Baturaja I	13
2.5.2 Pabrik Baturaja II	14
2.5.3 Pabrik Palembang	15
2.5.4 Pabrik Panjang	15
BAB III	17
TINJAUAN PABRIK	17
3.1 Spesifikasi Alat Proses	17
3.1.1 Alat Utama	17
3.1.2 Alat Pendukung	27
3.2 Proses Pembuatan Semen	34
3.2.1 Penyediaan Bahan Mentah	36

3.2.2 Pengeringan dan Penggilingan Bahan Baku	44
3.2.3 Pembakaran Tepung Baku	46
3.2.4 Penggilingan Akhir	54
3.2.5 Pengantongan Semen	57
3.3 Produk yang Dihasilkan.....	58
3.4 Pemasaran Produk	60
3.5 Utilitas.....	61
3.6 Unit Pengolahan Limbah	62
BAB IV	65
TUGAS KHUSUS	65
4.1 Judul	65
4.2 Latar Belakang	65
4.3 Rumusan Masalah.....	66
4.4 Tujuan	66
4.5 Manfaat	67
4.6 Pelaksanaan Tugas Khusus	67
4.7 Hasil dan Pembahasan	67
4.7.1 Menghitung Neraca Massa di Suspension Preheater	67
4.7.2 Menghitung Neraca Massa di Rotary Kiln.....	81
4.7.3 Menghitung Neraca Massa di Cooler.....	87
4.8 Kesimpulan dan Saran.....	90
BAB V PENUTUP.....	91
5.1 Kesimpulan	91
5.2 Saran.....	93
DAFTAR PUSTAKA	94

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kerja praktik merupakan salah satu sarana bagi mahasiswa teknik kimia untuk mengetahui penerapan ilmu pengetahuan dan teknik kimia dilapangan. Menyelaraskan aplikasi dan keilmuan bidang teknik kimia ini adalah tujuan mendasar. Pemahaman proses dan operasi yang terjadi di pabrik merupakan hal penting yang akan menambah wawasan mahasiswa tentang industri.

Perkembangan industri di sektor kimia meningkat sangat pesat, sedangkan ilmu yang didapat di bangku kuliah sebagian besar berupa pengetahuan teoritis dan hanya sebagian kecil yang bersifat praktis. Oleh sebab itu, mahasiswa membutuhkan suatu bentuk kegiatan keilmuan yang bersifat nyata. Dalam melaksanakan kerja praktik ini, mahasiswa dapat melihat, mempelajari dan mengerti secara langsung mengenai aplikasi ilmu teknik kimia yang diterapkan dalam suatu pabrik atau industri kimia.

Sinkronisasi antara kurikulum yang ada di perguruan tinggi dengan kebutuhan yang ada di lapangan merupakan suatu keharusan agar perguruan tinggi dapat mengeluarkan lulusan yang siap pakai dan memiliki profesionalisme yang tinggi sehingga nantinya siap untuk terjun ke dunia kerja.

Selain itu, kerja praktek ini dimungkinkan untuk mendapatkan kesempatan menerapkan pengetahuan yang kami dapat dari kegiatan perkuliahan untuk menganalisa jalannya proses dan atau memecahkan persoalan nyata yang ada dalam kegiatan pengoperasian sarana produksi.

Kami telah melaksanakan Kerja Praktik selama satu bulan di PT. Semen Baturaja (PERSERO) Tbk secara daring melalui aplikasi Zoom. Dengan telah dilaksanakannya Kerja Praktik ini diharapkan: Para Mahasiswa/i dapat mengenal budaya kerja pada instansi Pemerintah, budaya kerja perusahaan khusus budaya kerja industri, Para Mahasiswa/i dapat mengimplementasi teori yang diterima

dikelas dengan mengantisipasi kebutuhan stakeholders terutama pada perusahaan Industri dan perdagangan.

1.2 Tujuan Kerja Praktik

Adapun tujuan kerja praktik di *PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO) Tbk* ini adalah sebagai berikut :

1. Memenuhi salah satu mata kuliah wajib bagi mahasiswa untuk memperoleh gelar sarjana Strata Satu (S1) di Universitas Muhammadiyah Palembang.
2. Mendapatkan pengalaman langsung dalam mempelajari unit – unit proses yang ada di *PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO) Tbk*.
3. Memperoleh kesempatan dalam menganalisis permasalahan dan penanganan yang tepat di lapangan.
4. Mendapatkan gambaran nyata tentang wujud dan pengoperasian sistem pemrosesan.
5. Memahami masukan-masukan proses produksi meliputi masukan utama maupun penunjang.
6. Meningkatkan dan membina hubungan kerja sama yang baik antara pihak universitas dan industri.

1.3 Ruang Lingkup Kerja Praktik

Selama kegiatan kerja praktik, terdapat ruang lingkup kegiatan yang bertujuan untuk memfokuskan pembahasan yang mencakup beberapa hal, diantaranya :

1. Pengenalan perusahaan secara keseluruhan mulai dari bagian diklat, keamanan, keselamatan kerja, umum dan personalia, penyediaan bahan mentah, biro pemeliharaan, dan biro produksi melalui orientasi umum.
2. Pengenalan struktur proses, system pemroses serta pengoperasiannya melalui orientasi operasional yang dilakukan di Laboratorium Proses dan CCR (Central Controlling Room).

3. Pengenalan identifikasi masalah dan penyelesaian melalui orientasi proses engineering dan pelaksanaan tugas khusus.

1.4 Tempat dan Waktu Pelaksanaan Kerja Praktik

Pelaksanaan kerja praktik dilaksanakan pada :

Tempat : *PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO) Tbk*

Alamat : Jl. Raya Tiga Gajah Baturaja Ogan Komering Ulu 32117

Waktu : 04 Januari – 30 Januari 2021

Kegiatan di laksanakan per-minggu :

Hari : Sabtu

Jam : 16.00 s/d selesai

1.5 Metodologi Kerja Praktik dan Penulisan Laporan

Metode yang digunakan dalam kerja praktik hingga penulisan laporan adalah sebagai berikut :

- Daring via Zoom

Pemaparan materi oleh instruktur dari perusahaan. Serta melakukan presentasi dan diskusi dengan instruktur seputar proses yang terjadi pada pabrik.

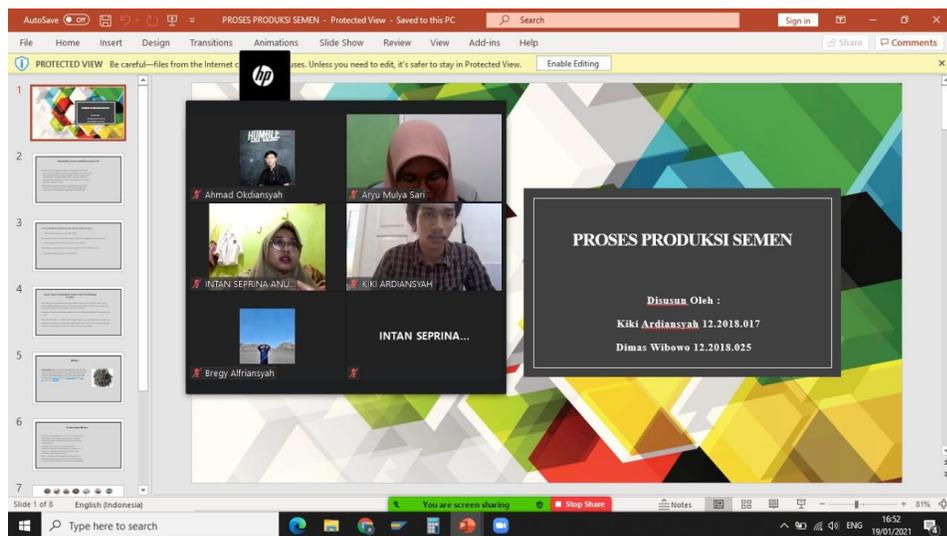
- *Study Literature*

Mengumpulkan data – data dan informasi yang berasal dari laporan harian, buku dan catatan yang berhubungan dengan penelitian tersebut.

- Konsultasi dengan Pembimbing

Melakukan diskusi dan pembahasan dengan pembimbing lapangan untuk mendapatkan informasi dan pengetahuan yang lebih spesifik.

1.6 Kegiatan Daring Via Zoom



BAB II

TINJAUAN UMUM PERUSAHAAN

2.1 Sejarah PT. SEMEN BATURAJA (Persero) Tbk

Pada awal mula berdirinya PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk diawali dengan melakukan *survey* yang dilakukan oleh Direktorat Jendral Pertambangan Umum Departemen Pertambangan pada tahun 1964 mengenai bahan baku galian berupa batu kapur dan tanah liat di Desa Puser Baturaja, Ogan Komering Ulu (OKU). Dari data hasil *survey* yang didapat diketahui bahwa terdapat cadangan batu kapur $\pm 38.250.000$ ton dan tanah liat $\pm 22.650.000$ ton. Survey juga dilakukan di daerah Bedegung dan Padang Bindu ± 32 km dari kota Baturaja, dan berhasil menemukan cadangan batu kapur $\pm 96.520.000$ ton dan tanah liat $\pm 16.772.850$ ton.

Dilanjutkan pada tahun 1964 dilakukan study kelayakan. *Survey* kelayakan ini diadakan berdasarkan *survey* kadar bahan baku semen yang telah dilakukan oleh Direktorat Geologi bekerjasama dengan Biro Industrialisasi. Berdasarkan hasil *survey* tersebut, pada tahun 1973 disusunlah *study* kelayakan untuk pendirian pabrik semen yang menggunakan proses kering di Baturaja (OKU), Sumatera Selatan dengan kapasitas 500.000 ton per tahun. Tanggal 14 November 1974, dikeluarkan akte pembangunan PT. Semen Baturaja (Persero) dengan nomor Akte Notaris No. 34 yang dikeluarkan oleh John Frederick Berthod Tumbeleka Sinjal, SH di Jakarta. Akte tersebut disahkan tanggal 22 November 1974 oleh Menteri Kehakiman RI dengan No. Bo.Y.A5/422/81, dengan para pemegang saham PT. Semen Padang (55%) dan PT. Semen Gresik (45%). Tanggal 21 November 1974, Notaris Hadi Moentoro, SH di Jakarta melakukan perubahan nomor akta menjadi nomor 49, dan terakhir pada tanggal 19 April 1984 menjadi nomor 28. Pada tanggal 3 Desember 1974 dilakukan penandatanganan berupa *Loan Agreement* antara Pemerintah Republik Indonesia

dengan *Asian Development Bank* (ADB) senilai US \$37 juta sebagai salah satu sumber dana untuk pembangunan pabrik semen Baturaja.

Pembangunan pabrik dimulai pada tahun 1978 oleh Ishikawajima Harima Heavy Industries Company limited (IHI) dari Jepang. Sebagai General Contractor, IHI bertanggung jawab menyelesaikan seluruh manajemen proyek, perencanaan, penyediaan dan pembelian bahan konstruksi, pelatihan dan segalanya yang diperlukan untuk beroperasinya sebuah pabrik semen berkapasitas 500.000 ton semen per tahun dengan mutu yang sesuai dengan NI-8/1972. Kontrak antara PT. Semen Baturaja (Persero) dengan IHI ditandatangani pada tanggal 13 September 1977.

Pada tanggal 9 November 1979, PT. Semen Baturaja sebagai usaha penanaman modal dalam negeri mengubah bentuk menjadi Persero berdasarkan akta notaris Hadi Muntoro, SH No.33, dengan pemegang sahamnya adalah:

Pemerintah Republik Indonesia	: 88%
PT. Semen Gresik (Persero)	: 7%
PT. Semen Padang (Persero)	: 5%

Namun pada tahun 1991 berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 3 tahun 1991, terjadi pengambilalihan saham-saham yang dimiliki oleh PT. Semen Gresik dan PT. Semen Padang oleh Pemerintah RI sehingga susunan modal PT. Semen Baturaja (Persero) mengalami perubahan menjadi sepenuhnya dikuasai Pemerintah RI (100%).

General Contractor ditangani oleh Ishikawajima Harima Heavy Industries Co. Ltd dari Jepang, setelah berhasil memenangkan tender yang dilaksanakan pada tahun 1975 dengan ruang lingkup tanggung jawab untuk menyelesaikan seluruh manajemen proyek, perencanaan, penyediaan, pembelian, konstruksi, training, operasi, dan pekerjaan lain-lain yang diperlukan untuk beroperasinya sebuah pabrik semen yang berkapasitas 500.000 ton klinker (produk) per tahun

dengan mutu sesuai standar, yang terdiri dari pabrik pembuatan terak/klinker di Baturaja (OKU), dan pabrik penggilingan dan pengantongan semen di Palembang dan Lampung.

Proyek PT. Semen Baturaja (Persero) selesai dikerjakan selama lebih kurang 29,5 bulan. Produksi percobaan pembuatan semen baru dilakukan pada bulan September 1980 sampai dengan April 1981. PT. Semen Baturaja (Persero) diresmikan oleh Presiden Soeharto pada tanggal 29 April 1981 dan beroperasi secara komersial untuk pembuatan Semen Portland Tipe I (SNI-15-2049-1994) dengan beban total produksi terpasang 450.000 ton klinker per tahun, sedangkan pembangunan pabrik PT. Semen Baturaja (Persero) baru selesai pada tanggal 30 Mei 1981 dan operasi komersilnya dimulai pada tanggal 1 Juni 1981, sebagaimana yang telah ditetapkan oleh Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) modal saham PT. Semen Baturaja (Persero) diresmikan seluruhnya menjadi milik negara RI terhitung dari tanggal 4 Januari 1991 berdasarkan PP No. 3 tahun 1991. Sedangkan, pinjaman – pinjaman PT. Semen Baturaja (Persero) berasal dari :

Asian Development Bank (ADB) dan Konsorsium Bank – Bank Pemerintah, terdiri dari :

1. Bank Dagang Negara (sekarang Bank Mandiri)
2. Bapindo (sekarang Bank Mandiri)
3. BNI 46

Untuk penyempurnaan peralatan yang sudah ada agar pencapaian kapasitas terpasang yaitu sebesar 500.000 ton semen per tahun, sekaligus persiapan untuk meningkatkan kapasitas terpasang PT Semen Baturaja (Persero) melaksanakan Proyek Optimalisasi I (OPT I). Proyek ini dimulai tahun 1992 dan selesai tahun 1994 dengan kapasitas terpasang meningkat menjadi 550.000 ton semen per tahun.

Sebagai tindak lanjut proyek OPT I, kemudian pada tahun 1996 dilaksanakan Proyek Optimalisasi II (OPT II), untuk meningkatkan kapasitas menjadi sebesar 1.250.000 ton semen per tahun. Proyek OPT II selesai tahun

2001. Pada tahun 2011, Perseroan terlibat dalam pembangunan proyek Cement Mill dan Packer dengan kapasitas 750.000 ton semen per tahun. Proyek ini meningkatkan kapasitas semen menjadi 2 juta ton semen per tahun dan beroperasi secara komersial pada Juli 2013.

Rencana PT. Baturaja untuk terus mengembangkan usaha dan menambah sumber dana bagi ekspansi terus diupayakan. Untuk itu, Perseroan melaksanakan penawaran saham perdana atau Initial Public Offering (IPO) pada 28 Juni 2013 dengan melepas 23,76% atau 2.337.678.500 saham ke publik. Dana ini ditujukan untuk membiayai pembangunan pabrik Baturaja II dengan kapasitas 1,85 juta ton semen per tahun. Pada 14 maret 2013 PT Semen Baturaja (Persero) mengalami perubahan status menjadi Perseroan terbuka dan berubah nama menjadi PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.

Pada tahun 2015 PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk. mendirikan Pabrik Baturaja II guna menghadapi persaingan industri semen di masa depan, dan pada tahun 2016 PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk. semakin optimis terutama dengan hadirnya Pabrik Baturaja II berkapasitas 1,85 juta ton per tahun. Dengan begitu, total kapasitas produksi Perseroan naik menjadi 3,85 juta ton semen per tahun.

Bahan baku produksi berupa batu kapur dan tanah liat diperoleh dari pertambangan batu kapur dan tanah liat milik perseroan yang berlokasi hanya 1,2 km dari pabrik semen di Baturaja. Sedangkan bahan baku pendukung seperti pasir silika dibeli dari tambang rakyat di sekitar Baturaja, pasir besi dibeli dari tambang rakyat di provinsi Lampung, gypsum dibeli dari Petro Kimia Gresik dan dimpor dari Thailand dan Australia, sedangkan kantong semen diperoleh dari produsen kantong jadi di dalam negeri.

2.2 Visi, Misi dan Nilai- Nilai Perusahaan

Visi :

Menjadi Green Cement Based Building Material Company terdepan di Indonesia.

Misi :

- Kami adalah penyedia bahan bangunan berbasis semen kebanggaan nasional
- Kami menyediakan produk yang berkualitas, ramah lingkungan dan pasokan yang berkesinambungan
- Kami menjamin kepuasan pelanggan dengan mengutamakan pelayanan prima

Nilai-Nilai Perusahaan :

Budaya perusahaan adalah sikap dan perilaku jajaran Perusahaan yang digali dari norma-norma dan nilai-nilai perusahaan. Perusahaan memiliki nilai-nilai utama, yaitu:

- Integrity
- Teamwork
- Innovative
- Agility
- Safety

2.3 Makna Logo Perusahaan

Setiap perusahaan yang besar tentu mempunyai lambang atau logo dari perusahaan itu, begitu juga halnya pada PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk memilih 3 Gajah (binatang yang merupakan ciri khas dari Sumatera) yang setiap lambang mempunyai arti tersendiri yang antara lain :

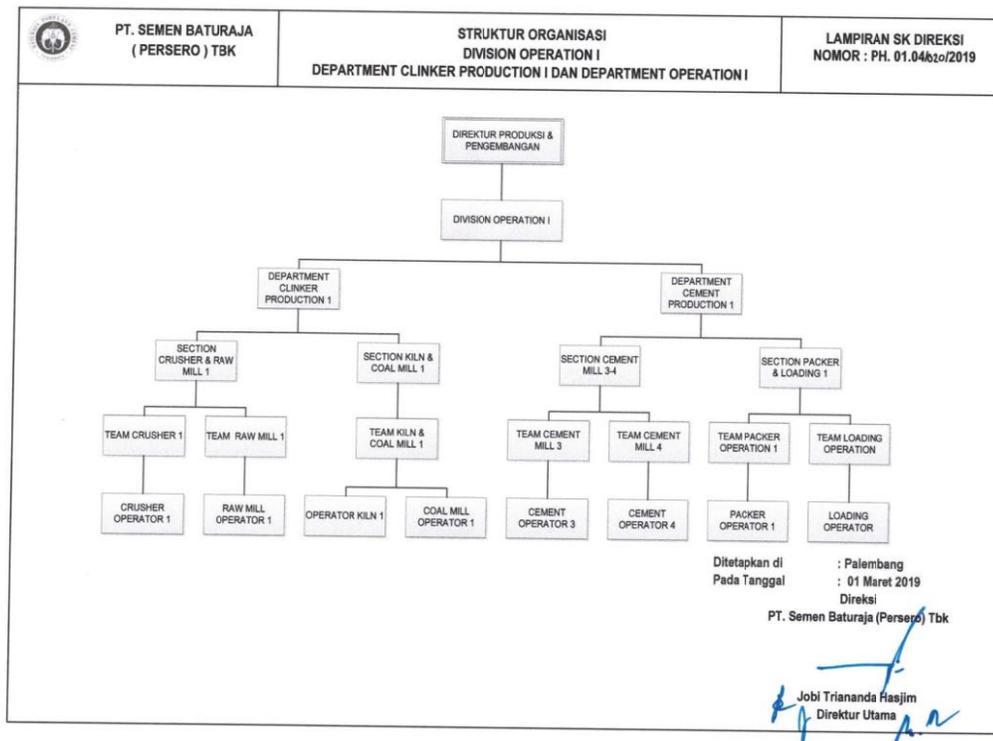


Gambar 2.1 Lambang PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk

1. Gajah sebagai ciri khas, hewan terkuat dan terbesar yang ada di Sumatera khususnya Sumatera Bagian Selatan.
2. Tiga gajah melambangkan adanya tiga unit lokasi pabrik semen yaitu di Baturaja, di Palembang, dan di Panjang Bandar Lampung.
3. Tiga gajah menunjukkan bahwa pada mula berdirinya PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk, saham dimiliki oleh Pemerintah, PT. Semen Gresik, dan PT. Semen Padang.
4. Pada gambar tiga gajah, gajah kiri dan kanan tidak memiliki mahkota sedangkan gajah di bagian tengah memiliki mahkota dikarenakan pabrik utama semen yang berada di Baturaja (proses dari bahan baku sampai dengan menjadi semen).
5. Warna hijau pada Lambang PT. Semen Baturaja (Perseo) Tbk melambangkan pemerataan industri daerah untuk mencapai kemakmuran.
6. Warna tulisan merah artinya kesiapan dari para karyawan untuk bekerja keras dalam menghadapi setiap tantangan dan hambatan yang terjadi di perusahaan.
7. Warna putih melambangkan kesucian hati semua karyawannya untuk mengabdikan diri pada perusahaan.

2.4 Struktur Organisasi Perusahaan

Sebagai suatu Badan Usaha Milik Negara, PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk memiliki suatu struktur organisasi yang merupakan bagian yang sangat penting untuk suatu perusahaan, sehingga nantinya masing-masing mempunyai peran dan tanggung jawab yang jelas. Sebagai suatu Badan Usaha Milik Negara, PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk memiliki suatu struktur organisasi yang merupakan bagian yang sangat penting untuk suatu perusahaan, sehingga nantinya masing-masing mempunyai peran dan tanggung jawab yang jelas



Gambar 2.2 Struktur Organisasi Division Operation 1 Department Clinker Production 1 Dan Department Operation 1

PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. memiliki Direktur Utama yang bertanggung jawab atas seluruh kegiatan perusahaan dan membawahi empat Direksi, yaitu:

1. Direktorat Produksi Dan Pengembangan, Membawahi Division Operation 1

Division Operation 1 membawahi dua department, yaitu Department Clinker Production 1 dan Department Cement Production 1.

Departemen Clinker Production 1 membawahi :

- Section Crusher & Raw Mill 1
- Section Kiln & Coal Mill 1
- Team Crusher
- Team Raw Mill 1
- Team Kiln & Coal Mill 1
- Crusher Operation 1
- Raw Mill Operator 1
- Operator Kiln 1
- Coal Mill Operator 1

Department Cement Production 1

- Section Cement Mill 3-4
- Section Packer & Loading 1
- Team Cement Mill 3
- Team Cement Mill 4
- Team Packer Operation 1
- Team Loading Operation
- Cement Operator 3
- Cement Operator 4
- Packer Operator 1
- Loading Operator

2. Direktorat Keuangan, membawahi :

- Division Accounting and finance
- Division Management Accounting
- Division ICT

3. Direktorat Pemasaran, membawahi :

- Division Marketing
- Division Sales
- Division Logistic

4. Direktorat Umum & Sumber Daya Manusia, membawahi :

- Division Human Resource
- Division Procurement
- Division Corporate Services Managemen

2.5 Lokasi dan Tata Letak Pabrik

PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk memiliki tiga buah lokasi pabrik, yakni :

2.5.1 Pabrik Baturaja I

Adapun lokasi pabrik di Baturaja terletak di daerah sukajadi, Kecamatan Baturaja Timur, Kabupaten Ogan Komerling Ulu, Provinsi Sumatera Selatan. Pemilihan lokasi di daerah ini karena memiliki bahan baku utama yang berupa batu kapur dan tanah liat yang mencukupi untuk pabrik pembuatan semen.

Unit pembuatan terak (*Clinker Plant Unit*) di Desa Sukajadi Baturaja, dengan kapasitas produksi 1.200.000 ton terak/tahun dengan batubara sebagai bahan bakar utama reaksi pembentukan terak dan sumber listrik berasal dari PLN dan dilengkapi dengan Pusat Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Luas areal pabrik ini adalah 5.403.141 m².



Gambar 2.3 Pabrik Baturaja I

2.5.2 Pabrik Baturaja II

Adapun lokasi pabrik di Baturaja II terletak di daerah sukajadi di sebelah pabrik Baturaja I, Kecamatan Baturaja Timur, Kabupaten Ogan Komering Ulu, Provinsi Sumatera Selatan. Pemilihan lokasi di daerah ini karena memiliki bahan baku utama yang berupa batu kapur dan tanah liat yang mencukupi untuk pabrik pembuatan semen.

Unit pembuatan terak (*Clinker Plant Unit*) di Desa Sukajadi Baturaja, dengan kapasitas produksi 1.800.000 ton terak/tahun dengan batubara sebagai bahan bakar utama reaksi pembentukan terak dan sumber listrik berasal dari PLN dan dilengkapi dengan Pusat Listrik Tenaga Diesel (PLTD) untuk kebutuhan emergency.



Gambar 2.4 Pabrik baturaja II

2.5.3 Pabrik Palembang

PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk berlokasi di Kertapati, kota Palembang, Provinsi Sumatera Selatan. Pemilihan tempat ini karena dekat dengan wilayah pemasaran dan lokasi di Palembang ini juga dekat dengan kantor pusat PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk.

Alamat pabrik dan kantor pusat PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk di Palembang Jl. Abikusno Cokrosuyoso, Kertapati, Palembang.

Unit penggilingan dan pengantongan semen (*Grinding and Packing Plant*) di Kertapati Palembang, dengan kapasitas terpasang produksi 350.000 ton semen/tahun dilengkapi dengan Pusat Listrik Negara (PLN). Selain pabrik juga sekaligus kantor pusat PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk dengan luas areal pabrik sebesar 43.141 m².



Gambar 2.5 Pabrik Palembang

2.5.4 Pabrik Panjang

PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk berlokasi di Panjang, kota Lampung, Provinsi Sumatera Selatan. Terletak di Jl. Yos Sudarso Km 7 Panjang, Bandar Lampung. Pemilihan tempat ini karena dekat dengan wilayah pemasaran.

Unit penggilingan dan pengantongan semen di Panjang Bandar Lampung dengan kapistas produksi 350.000 ton semen/ tahun yang juga dilengkapi dengan PLTD. Dengan luas area adalah 40.000 m².



Gambar 2.6 Pabrik Panjang



Gambar 2.7 Lokasi Tata Letak Pabrik

BAB III

TINJAUAN PABRIK

3.1 Spesifikasi Alat Proses

Berikut ini akan dijelaskan tentang spesifikasi peralatan-peralatan proses yang digunakan dalam proses pembuatan semen di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk Pabrik Baturaja.

3.1.1 Alat Utama

Peralatan utama yang terdapat di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk adalah sebagai berikut :

1. *Raw Mill*

Fungsi : Menggiling, mencampur, dan mengeringkan *raw material* yang masuk menjadi *raw meal* (tepung baku)

Tipe : *Vertical roller mill*

Kapasitas : 360 ton/jam(kering)

Vendor : Loesche

Jumlah roller : 4 buah

Motor/putaran : 3100 kW/25,86 rpm



Gambar 3.1 *Raw Mill*

Mekanisme *vertical roller mill* yaitu bahan baku masuk melalui bagian samping dan jatuh ke roller table yang berputar oleh adanya gaya

sentrifugal, material akan menuju ke roller dan digiling sehingga hancur. Gas panas dilewatkan melalui *nozzle* sehingga material yang halus akan terbawa keatas bersama-sama gas masuk *cyclone* sedang material yang kasar akan jatuh ke meja dan dihancurkan lagi.

Grinding table yang horizontal diputar oleh sebuah *gear reducer* yang digerakkan oleh sebuah motor listrik. *Feed* material dimasukkan ke tengah-tengah *table* dan menyebar di sekitar *table* tersebut. Pada sisi luar *table* terdapat *dump ring* yang berfungsi sebagai alat pengumpul material pada saat material berada di sebelah sisi *inlet mill*. Kemudian *roller* menekan ke bawah dari atas alat material dan bobot *roller* digabungkan dengan cara pemberian tenaga tambahan ke *roller* tersebut oleh silinder-silinder hidrolis dengan sistem pegas pneumatik yang menyebabkan material berada di dasar *grinding roller*.

Grinding roller yang terdiri dari 4 buah *roller* tidak bergerak sedangkan *tyre grinding* bergerak karena gesekan yang terjadi antara *grinding roller* dan putaran atas *grinding table*. Sewaktu material berada di bawah dibantu oleh gaya sentrifugal, material menyebar keluar *table* dan keluar melalui *dump ring*, kemudian masuk bersamaan dengan gas yang bergerak naik dengan cepat dari *louvre ring* yang mengelilingi *table*.

Reject kemudian dipindahkan oleh *scapper* ke putaran *grinding table* dan jatuh ke *hopper*. Dari sini *reject* keluar gilingan lewat *chute* dan *air lock* masuk ke dalam alat transportasi sistem FMR. Setelah material berada di bawah dan material meninggalkan *grinding table*, material tersebut diangkat lewat saluran gas. Saluran ini biasanya menggunakan gas untuk menyelesaikan proses-proses lain yang dikerjakan oleh *induct draft fan* yang berada di bawah *mill* dan masuk ke *mill stand gase boxes* lewat sambungan dua buah *duct* pada sisi-sisinya.

Udara mengalir ke *ring canal* untuk disebarkan oleh *louvre ring* yang langsung menuju *mill body*. *Louvre ring* mempunyai efek *nozzle* untuk menaikkan kecepatan, oleh karena *blade* yang miring mempunyai bentuk spiral, maka gas bergerak naik ke *mill body*. Permukaan yang miring di atas *louvre ring* mengatur gas jauh dari tepi-tepinya.

Dengan kecepatan tinggi gas naik dari *louvre ring* dan melewati sisi luar dari *grinding table* serta mengangkat material ke atas lewat mill menuju *clasifier*. Fungsi *clasifier* adalah memisahkan material-material yang halus dengan yang masih kasar. Material yang masih kasar akan dikembalikan ke *table*, untuk digiling lagi. Semua gas dan *raw material* yang sudah halus meninggalkan *mill* melewati antara *blade*.

2. *Blending Silo/Raw Mill Silo*

Fungsi :Menampung dan mencampur *rawmeal* dari *rawmill* agar homogen

Tipe : *Blending silo funnel flo type*

Kapasitas : 20.000 ton/hari

Jumlah : 1 buah



Gambar 3.2 *Blending Silo*

Mekanisme dari *blending silo* yaitu bahan baku masuk dari bagian atas *blending silo*, oleh karena itu alat transportasi yang digunakan

untuk mengirim bahan baku hasil penggilingan *blending silo* adalah *bucket elevator*, dan keluar dari bagian bawah *blending silo* dilakukan pada beberapa titik dengan jarak tertentu, dan diatur dengan menggunakan *valve* yang sudah diatur waktu bukaannya. Proses pengeluaraannya dari beberapa titik dilakukan untuk menambah kehomogenan bahan baku. *Blending silo* dilengkapi dengan alat pendeteksi ketinggian (*level indicator*), sehingga jika *blending silo* sudah penuh, maka pemasukan bahan baku terhenti secara otomatis.

3. *Suspension Preheater*

Fungsi : Memanaskan *raw meal* dan mengkalsinasi CaCO_3 menjadi CaO serta memisahkan gas panas dengan material padatan

Tipe : *Suspension pre-heater*, 4 stages, 2 strings, ILC dan SLC

Kapasitas : 565 ton/hari

Vendor : FL Smidth (Denmark)



Gambar 3.3 *Suspension Preheater*

Prinsip kerja dari *suspension preheater* adalah setelah mengalami homogenisasi di *blending silo*, material terlebih dahulu ditampung didalam *kiln feed bin*, bin ini merupakan tempat umpan yang akan masuk ke dalam *pre-heater*. *Suspension pre-heater* merupakan suatu

susunan empat buah *cycloned* dan satu buah *calsiner*, *suspension pre-heater* yang digunakan terdiri dari dua bagian yaitu: *in-line calsiner* (ILC) dan *separate line calsiner* (SLC). Jadi *pre-heater* yang digunakan adalah *suspension pre-heater* dengan dua string dan masing-masing string terdiri dari empat tahap pemanasan dan satu kalsinasi dengan pembakaran menggunakan batubara hingga mencapai suhu 800°C - 900°C.

Masing-masing string mempunyai inlet tersendiri, dan material yang masuk melalui ILC akan mengalami dua kali kalsinasi, karena setelah sampai *calsiner* ILC material tersebut ditransfer ke SLC, sedangkan material yang masuk melalui SLC hanya akan mengalami satu kali kalsinasi, karena setelah sampai ke *calsiner* SLC material akan langsung masuk kedalam *rotary kiln*. Proses yang terjadi dengan menggunakan *calsiner* dapat mencapai 90%.

4. Rotary Kiln

Kapasitas	: 4000 ton/hari
Panjang	: 76 m
Kemiringan	: 3% dari panjangnya
Putaran	: 3,52 rpm
Power drive	: 2 x 335 kW
Vendor	: FL Smidth (Denmark)



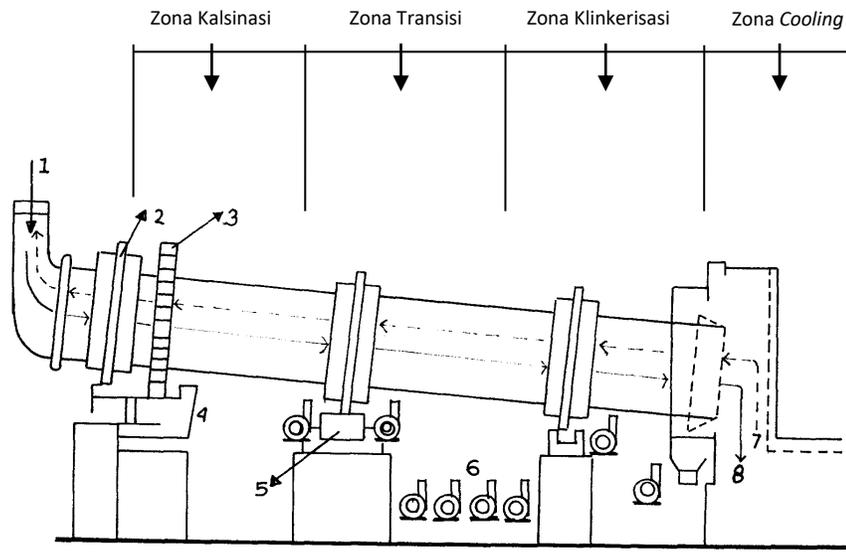
Gambar 3.4 Rotary Kiln

Rotary kiln adalah alat yang digunakan untuk membakar *raw meal* menjadi bahan setengah jadi yang disebut *clinker*. Dalam perencanaan awal pendirian pabrik yang menjadi dasar perhitungan adalah kapasitas *kiln*, sedangkan peralatan lainnya menyesuaikan dengan desain *kiln*.

Mekanisme dari *Kiln* yaitu *feed* masuk ke dalam *kiln* melalui ujung *kiln* lalu dipanaskan oleh panas hasil pembakaran batubara di dalam *burner*. Karena kemiringan *kiln* maka material akan bergerak ke ujung *kiln* yang satu sambil terus dipanaskan dan diputar. *Kiln* diputar supaya terjadi pemerataan distribusi panas pada dinding *kiln*. Bagian dalam *kiln* dilapisi oleh bata tahan api untuk mengurangi beban panas pada dinding *kiln* dan memperkecil kehilangan panas radiasi. *Rotary kiln* terbagi menjadi 4 zone sesuai dengan reaksi yang terjadi pada suhu dimana reaksi itu berlangsung. Zone-zone tersebut adalah:

- a) Zona kalsinasi pada suhu 800 -1200 ° C
- b) Zona transisi pada suhu 1200 -1400 ° C
- c) Zona klinkerisasi pada suhu 1400 -1520 ° C
- d) Zona pendinginan pada suhu 1520 -1290 ° C

Rotary kiln dipasang horisontal dengan kemiringan 3% dari panjang kiln dan berputar dengan kecepatan putaran 3,52 rpm.



Gambar 3.5 Zona-Zona Rotary Kiln

Keterangan Gambar :

- | | |
|------------------|------------------------------|
| 1. Inlet Chamber | 5. Speed Reducer |
| 2. Girth Gear | 6. Blower |
| 3. Nose Ring | 7. Aliran Gas |
| 4. Main Gear | 8. Aliran Material ke cooler |

5. Clinker Cooler

Tipe : Great Cooler

Kapasitas : 4300 ton/hari

Suhu *clinker* keluar : 100 °C

Fungsi : Mendinginkan *clinker* yang dihasilkan oleh *kiln* dan mengambil kembali panasnya untuk proses di *kiln*, *pre-heater* dan *raw mill*. Mekanisme dari *clinker cooler* yaitu pendinginan dilakukan oleh 12 fan 3 kompartemen. Terak yang berasal dari *kiln* masuk ke dalam *grate cooler* dan jatuh di atas *plate grate cooler*. Udara tekan dari fan dialirkan ke dalam *cooler* melalui lubang-lubang kecil pada *grate* untuk mendinginkan terak panas. Terak yang berukuran kecil akan jatuh ke *drag chain conveyor* yang ada di bawah *cooler* sedangkan yang

berukuran besar akan terangkut oleh gerakan grate menuju *hammer mill* untuk dihancurkan.



Gambar 3.6 *Grate Cooler*

6. *Clinker Silo*

Kapasitas : 75 ton/jam

Fungsi : Menampung *clinker* yang dihasilkan untuk diproses menjadi semen



Gambar 3.7 *Clinker Silo*

7. *Cement Mill (Finish Mill)*

Cement mill adalah seperangkat alat yang digunakan pada fase akhir pemuatan semen, dimana *clinker* dan bahan tambahan digiling pada kompartemen yang berbentuk *tube*.

Tipe : *Ball mill*

Diameter : 4,8 m

Panjang : 13 m

Kapasitas : 125 ton/jam

Diameter *steel ball* : 60-90 mm dan <40mm

Fungsi : Menggiling, mencampur, dan mengeringkan *clinker*, *gypsum*, dan aditif sehingga menjadi semen. Mekanisme dari *cement mill* yaitu proses penggilingan terjadi di dalam *tube* yang di dalamnya terdapat bola-bola baja yang berputar dan saling bertumbukan. Pada *finish mill* terdapat beberapa kompartemen yang masing-masing memiliki ukuran bola baja yang berbeda sehingga kehalusan material yang dihasilkan berbeda pula. Pada kompartemen pertama berfungsi sebagai *coarse grinding* (menumbuk) sedangkan kompartemen kedua berfungsi sebagai *fine grinding* (menggerus). Semen dapat keluar dari *finish mill* disebabkan karena adanya perputaran *finish mill*, desakan bola-bola baja, desakan *feed* yang masuk dan hisapan *ball mill vent fan*. Material yang halus akan terbawa aliran udara menuju *dust collector*.



Gambar 3.8 *Ball Mill*

8. Cement Silo

Tipe : *Bin silo*
Kapasitas : 18000 ton
Fungsi : Menampung semen yang dihasilkan untuk pengepakan atau transportasi selanjutnya



Gambar 3.9 *Cement Silo*

9. Coal Mill

Tipe : LM 26.30
Kapasitas : 30 ton/hari
Vendor : FLS-Schmidt

Fungsi : Menggiling dan mengeringkan batu bara menjadi *fine coal* agar pembakaran lebih sempurna untuk bahan bakar *kiln* dan *pre-heater*

Mekanisme dari *coal mill* yaitu material jatuh ke tengah-tengah meja dan menyebar ke sekeliling meja. Pada sekeliling meja dipasang dam ring yang berfungsi untuk menahan material agar tetap berkumpul di tengah meja. *Roller* akan menekan material di atas table. Berat *roller* dan gaya tekan dari *hydraulic cylinder* akan menyebabkan material tergiling. Setelah material mengalami proses penggilingan, material tersebut meninggalkan *coal mill* dengan hembusan udara menuju *classifier*.

3.1.2 Alat Pendukung

1. Alat *Crushing*

a. *Limestone crusher*

Tipe/jenis : *Hammer mill*

Ukuran Produk : 80mm

Kegunaan : Menghancurkan *limestone* menjadi ukuran yang lebih kecil

Prinsip kerja dari *limestone crusher* yaitu batu kapur diumpukan lewat *hopper*, lalu batu kapur akan dialirkan oleh *Wobler Feeder* masuk ke *crusher* dan jatuh di atas *breaker plate*. Batu kapur ini akan dipukul oleh *hammer* yang berputar. Pengaturan besar kecil produk *crusher* yaitu dengan mengatur jarak antara *hammer* dengan *breaker plate* sesuai keinginan. Material halus akan keluar melalui *discharge opening* yang sebelumnya melewati *screen*. Material kurang halus akan kembali dipukul oleh *hammer crusher* sampai kehalusan yang diinginkan dan akan keluar melalui *screen*.



Gambar 3.10 *Hammer mill*

b. Chusher

Tipe/jenis : *Roller Crusher*

Ukuran Produk : 500 mm

Fungs : Menghancurkan *clay* menjadi ukuran yang lebih kecil. Mekanisme dari *clay crusher* yaitu masing-masing roll berputar berlawanan arah dan kecepatan putarnya pun berbeda, sehingga akan menyebabkan efek gesekan pada material, dan material mengalami pengecilan.



Gambar 3.11 *Clay Crusher*

2. Alat Reclaimer

a. Reclaimer Limestone

Tipe : *Bridge reclaimer*

Kapasitas : 800 TPH

Fungsi : Memindahkan *limestone* dari *stockpile* untuk diproses lebih lanjut

Mekanisme dari *reclaimer limestone* yaitu tumpukkan *pile* pada *storage* diambil dengan dirontokkan menggunakan *reclaimer*, dan diangkut menggunakan *scraper* menuju *belt conveyor* yang terpasang di sekeliling *conveyor*.



Gambar 3.12 *Bridge Reclaimer Limestone*

b. Reclaimer Clay

Tipe: *Bucket elevator*

Kapasitas : 240 TPH

Fungsi : Memindahkan *clay* dari *stockpile* untuk proses lebih lanjut

c. Reclaimer Silica Sand dan Iron sand

Fungsi : Memindahkan *silica sand* dan *iron sand* secara bergantian untuk diproses lebih lanjut

Tipe : *Side Scrapper*

Kapasitas : 130 TPH



Gambar 3.13 *Side Scrapper Sand Silica dan Iron Sand*

3. Alat Transport

Di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk alat transportasi yang banyak digunakan adalah alat transport material padat. Alat transport material padat dapat dibedakan menjadi :

1. Alat transport mobil, dapat bergerak dan berpindah-pindah.
Contoh : *Bulldozer, dump truck*, dan lain-lain.
2. Alat transport non mobil/tetap yaitu alat transport yang tidak dapat berpindah-pindah.

Contoh : *belt conveyor, bucket elevator, screw conveyor*, dan lain-lain.

Berikut ini penjelasan beberapa alat transport yang digunakan CP-2 :

a. *Pump*

Fungsi : Mengalirkan material yang berupa bubuk, khususnya *rawmeal* dan semen

b. Bucket Elevator

Fungsi : Mengangkut material yang berupa bubuk atau *bulk* dengan arah vertikal

Kapasitas : 7800 ton/jam

c. Belt Conveyor

Fungsi : Alat transport material pecahan atau *bulk* dengan arah horizontal atau sedikit miring dengan bahan yang diangkut relatif ringan.

Kemiringan : 30°

Kapasitas : 1200 ton/jam

d. Drag Chain Conveyor

Fungsi : Untuk mentransport material *dust* yang kasar seperti *clinker*

e. Dump Truck

Fungsi : Transportasi hasil pertambangan

f. Screw Conveyor

Fungsi : Membawa material yang berbentuk bubuk atau sedikit lebih besar

Penggerak : electromotor

4. Penangkap Debu

Untuk mengatasi pencemaran udara yang diakibatkan oleh debu yang keluar dari alat-alat, sehingga pencemaran udara akibat debu dapat diatasi yaitu dengan menggunakan alat penangkap debu. Dalam usaha penangkapan debu PT Semen Baturaja (Persero) Tbk menggunakan alat *electrostatic precipitator* dan *bag filter* sebagai alat untuk penangkap debu.

a. Electrostatic precipitator

Fungsi : Memisahkan debu dan gas secara elektrik

Spesifikasi : FLS Miljo

Kapasitas : 3333 m³/min



Gambar 3.14 *Electrostatic Precipitator*

Prinsip kerja alat ini berdasarkan atas partikel bermuatan listrik yang dilewat dalam suatu medan elektrostatis. Sistem filter ini terdiri dari dua buah *electrode* yaitu, *discharge electrode* (-) yang berupa *steel wire*, dan *collecting plate electrode* (+) yang berupa *steel plate*. *Discharge electrode* berfungsi sebagai penghasil elektron bebas yang digunakan untuk charging (pemuatan medan listrik) partikel debu. *Collecting plate electrode* berfungsi untuk menarik partikel debu yang telah bermuatan dan mengumpulkannya, sehingga partikel debu akan terkumpul pada bagian ini. Bersamaan dengan proses akumulasi ini, partikel debu akan mengalami netralisasi di plat elektroda.

Elektron yang dilepas bergerak dengan kecepatan tinggi dari elektroda negative menuju elektroda positif, sementara itu dalam arah yang sejajar dengan *collecting plate* dan tegak lurus dengan arah gerakan elektron, partikel debu dilewatkan bersama aliran gas, sehingga akan terjadi benturan antara elektron dan partikel debu secara efektif. Akibatnya partikel debu akan dilingkupi elektron sehingga bermuatan *negative*. Didalam medan elektrostatis, ion debu *negative* akan tertarik menuju *Collecting plate electrode* dan sedikit demi sedikit debu akan terkumpul dibagian ini. Untuk menjatuhkan

material yang terakumulasi, secara periodic elektroda digetarkan oleh pukulan *impact hammer* pada unit *rapping gear* pada *collecting and discharge system*.

b. Bag filter

Fungsi : Menyaring debu dan gas

Spesifikasi : Fuller

Kapasitas : 1322 m³



Gambar 3.15 Bag Filter

Mekanisme dari *bag filter* adalah di dalam bag filter, aliran gas yang kotor akan masuk ke dalam beberapa longsongan *filter* (disebut juga kantong atau *cloth bag*) yang berjajar secara paralel, dan meninggalkan debu pada *filter* tersebut. Aliran debu dan gas dalam bag filter dapat melewati kain (*fabric*) ke segala arah. Partikel debu tertahan di sisi kotor kain, sedangkan gas bersih akan melewati sisi bersih kain. Konsentrasi partikel *inlet* bag filter adalah antara 100 µg/m³ – 1 kg/m³. Debu secara periodik disisihkan dari kantong dengan goncangan atau menggunakan aliran udara terbalik, sehingga dapat

dikatakan bahwa bag filter adalah alat yang menerima gas yang mengandung debu, menyaringnya, mengumpulkan debunya, dan mengeluarkan gas yang bersih ke atmosfer.

3.2 Proses Pembuatan Semen

Pengertian secara umum semen adalah bahan yang mempunyai sifat *adhesive* dan *cohesive* digunakan sebagai bahan pengikat (*bonding material*), sedangkan semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (Menurut SNI 15 2049-2004).

PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. memproduksi Semen Portland Tipe I (OPC-I) SNI 15-2049-2004 dan Semen Portland Komposit (PCC) SNI 15-7064-2004, dengan lokasi pabrik di Baturaja, Palembang dan Panjang.

Bahan baku utama yang diperlukan dalam pembuatan semen adalah batu kapur dan tanah liat, selain itu ada bahan yang bersifat sebagai bahan koreksi yaitu pasir silika dan pasir besi.

Dalam produksinya PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. menggunakan proses kering dengan *suspention preheater*. Keuntungan yang didapat dari proses ini yaitu penggunaan bahan bakar yang lebih sedikit, energi yang dikonsumsi kecil, ukuran tanur (kiln) yang lebih pendek serta mudah dalam perawatannya.

Adapun jenis bahan baku yang dibutuhkan dalam proses pembuatan semen dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 3.1 Jenis-jenis Bahan Baku

Jenis-jenis Bahan Baku	Estimasi Pemakaian (%)
Batu Kapur	75-90 %
Tanah Liat	7-20 %
Pasir Besi	1-3%

Pasir Silika	1-6%
Gypsum	3-6%

Sumber : PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.

Tabel 3.2 Komponen Bahan Pembuat Semen

Unsur unsur Kimia Semen	Sumber Baku	Bentuk Senyawa Kimia Dalam Bahan Baku	Bentuk Senyawa Kimia Dalam Semen Setelah Proses
Ca	<ul style="list-style-type: none"> Batu Kapur Tanah Liat: 	CaCO ₃ (Calcite)	C3S = Alite 3CaO.SiO ₂
Si, Al dan Fe	<ul style="list-style-type: none"> Kaolinite Montmorillnite Beidelite Nontronite Saponite 	Senyawa Kompleks: Al ₂ O ₃ .2SiO ₂ .2H ₂ O Al ₂ O ₃ .4SiO ₂ .H ₂ O+nH ₂ O 2O Al ₂ O ₃ .3SiO ₂ .nH ₂ O (Al,Fe) ₂ O ₃ .3SiO ₂ .nH ₂ O	C2S = Belite 2CaO.SiO ₂ C3A = Celite 3CaO.Al ₂ O ₃
Si	<ul style="list-style-type: none"> Pasir Silika/Batu Silika 	O 2MgO.3SiO ₂ .nH ₂ O	C4AF = Ferite
Fe	<ul style="list-style-type: none"> Pasir Besi/Biji Besi 		4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃

Sumber: Maniso Budiawan, B.E., 2010.

Pada dasarnya proses pembuatan semen ada lima tahap utama. Kelima tahap itu adalah sebagai berikut :

1. Penyediaan *Raw Material*
2. Penggilingan *Raw Meal*
3. Pembentukan *clinker* (Pembakaran)

4. Penggilingan *clinker*
5. Pengantongan Semen

3.2.1 Penyediaan Bahan Mentah

Pada prinsipnya bahan baku utama didalam proses pembuatan semen hanya digunakan batu kapur dan tanah liat, sebab semua senyawa – senyawa utama dalam semen berasal dari kedua bahan tersebut. Bila digunakan bahan lainnya, maka bahan tersebut hanya sebagai bahan pengoreksi komposisi saja.

Penyiapan bahan mentah yang berupa batu kapur dan tanah liat sebagai bahan utaman serta pasir silika dan pasir besi sebagai bahan koreksi, semuanya di dapatkan dari alam dengan proses penambangan. PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. memiliki tambang sendiri untuk batu kapur dan tanah liat sedangkan untuk pasir silika dan pasir besi dibeli dari tambang rakyat. Tahap pengambilan bahan baku (batu kapur dan tanah liat) di tambang milik PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. adalah sebagai berikut:

1. Batu Kapur

Batu Kapur merupakan sumber utama senyawa Kalsium. Batu kapur murni umumnya merupakan kalsit atau aragonite yang secara kimia keduanya dinamakan CaCO_3 . Senyawa Karbonat dan Magnesium dalam batu Kapur umumnya berupa dolomite $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Dalam proses pembuatan Semen, CaCO_3 akan berubah menjadi oksida Kalsium (CaO) dan dolomite berubah bentuk menjadi kristal oksida magnesium (MgO) bebas (Periclase) yang dapat merendahkan mutu semen yang dihasilkan, sebab jika jumlah MgO bebas melebihi 5% (berdasarkan SNI No. 15-2049 tahun 2004) maka bangunan yang menggunakan semen tersebut hasilnya akan pecah – pecah.

Batu kapur mempunyai tingkat kekerasan yang tinggi sehingga pada saat pengambilan perlu dilakukan beberapa proses, antara lain proses :

a. Pembabatan (*Land Clearing*)

Merupakan kegiatan pembersihan semak belukar maupun bongkahan-bongkahan batu yang terdapat di atas lokasi yang menghalangi penambangan dengan bulldoser tipe D76.

b. Pengupasan (*Stripping of Over Burden*)

Pengupasan tanah penutup permukaan penambangan (*Over Burden*) dengan *back hoe* UH 20, dan kemudian tanah kupasan tersebut ditimbun dan ditata di tempat lain untuk reklamasi bekas penambangan.

c. Pemboran (*Drilling*)

Pembuatan lubang ledak (*blast hole*) di mana pada lobang – lobang tersebut akan ditempatkan bahan peledak untuk proses blasting. Lobang ledak ini mempunyai geometri terdiri dari *burden* 2,5 meter, kedalaman lubang ledak rata-rata sembilan meter, posisi kemiringan lubang 80^0 dan *spacing* tiga meter.

d. Peledakan (*Blasting*)

Proses peledakan lapisan batu kapur bertujuan agar batu kapur mudah diambil dari lapisannya. Standar penggunaan bahan peledak adalah 130 gram per ton batu kapur. Perlengkapan peledakan yaitu :

- 1) Penggalak awal (electric detonator, sumbu ledak)
- 2) Penggalak utama (primer, booster)
- 3) Penghantar nyala / panas atau arus listrik (kabel listrik, sumbu bakar)
- 4) Sumber nyala / arus listrik (blasting machine)

Selain dengan metode peledakan di atas untuk menjalankan proses penambangan yang ramah lingkungan maka PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. telah menerapkan metode penambangan

dengan Surface Miner yang dilakukan di daerah – daerah yang dekat dengan pemukiman penduduk.

e. Pemuatan (*Loading*)

Merupakan proses pengangkatan batu kapur hasil peledakan ke dalam dump truck dengan menggunakan *Hydrolic shovel*, *Back hoe*, dan *whell Loader*.

f. Pengangkutan (*Hauling*)

Merupakan proses pemindahan batu kapur hasil ledakan dari lokasi tambang ke tempat penggilingan dengan *dump truck*. Pengangkutan ini sangat mempengaruhi kegiatan penambangan terkadang untung rugi suatu perusahaan pertambangan terletak pada lancar atau tidaknya pengangkutan.

g. Crushing (Penghancuran)

Tujuannya dari crushing adalah memperkecil ukuran dari material sehingga sesuai dengan spesifikasi umpan untuk proses selanjutnya. Alat yang digunakan untuk pemecahan awal menggunakan tipe pukul (*impact*) yang disebut *hammer crusher*.

Limestone dimasukkan ke dalam *hopper*, dan kemudian oleh *appron feeder* dimasukkan ke dalam alat pemecah *single shaft hammer wall lining*. Prinsip alat pemecah ini berdasarkan putaran (*rotation*) dan pukulan (*impact*) dari *hammer* yang membentuk *impact wall lining*. Produk yang lolos dari saringan (*grate basket*) masuk *discharge steelconveyor*, sedangkan material jatuhan dari *appron feeder* ditampung oleh *drag chain* dan masuk ke dalam *discharge steel conveyor*. Selanjutnya batu kapur yang sudah sedikit halus diangkut dengan *beltconveyor* untuk dihomogenisasi membentuk layer-layer di *limestonestorage* dengan dua bagian *stock pile I dan II*.

h. Prehomogenisasi

Bahan baku yang didapat dari proses penambangan (batu kapur dan tanah liat) akan ditampung dan dilakukan proses prehomogenisasi di dalam storage yang disebut reclaimer. Proses prehomogenisasi di reclaimer adalah proses yang sangat penting untuk menjamin kualitas dari produk yang dihasilkan baik dari raw meal hingga produk akhir yaitu semen.

Adapun spesifikasinya adalah sebagai berikut:

- Wujud : padat
- Bentuk : bongkahan
- Kenampakan : putih kekuningan

Tabel 3.3 Komposisi Batu Kapur

Komponen	Komposisi (%berat)
CaO	42,33
SiO ₂	13,93
Al ₂ O ₃	3,48
Fe ₂ O ₃	1,15
MgO ₃	0,64
H ₂ O	10,00

Sumber : Lab. *Quality Control* tanggal 10 Januari 2021 Jam 09.00 WIB

2. Tanah Liat

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.

Kegiatan penambangan tanah liat sama dengan penambangan batu kapur, hanya saja proses penambangan tanah liat tidak membutuhkan

proses pengeboran dan peledakan, tetapi langsung digali dengan *back hoe*.

Dalam proses penambangan ini, peralatan yang digunakan meliputi *hidraulic exavator/back hoe* dengan kapasitas 2,4 m³ dan untuk alat *hauling* menggunakan *rear dump truck* (kapasitas angkut 20 ton). Proses *clearing* dan *stripping* dilakukan dengan *buldozer*.

Pada proses *crushing*, tanah liat dituang ke dalam *clay hopper*, kemudian *apron feeder* akan mentransfer tanah liat dengan *speed* tertentu ke *doubleroller crusher*. Selanjutnya *double roller crusher* yang dilengkapi dengan kuku baja (*teeth*) yang berputar berlawanan arah akan memecahkan tanah liat yang keras, hasilnya *apron feeder* akan mengalirkan kembali tanah liat yang telah hancur ke *drag chain*. *Belt conveyor* selanjutnya mengangkut ke *stock pile* menjadi dua bagian.

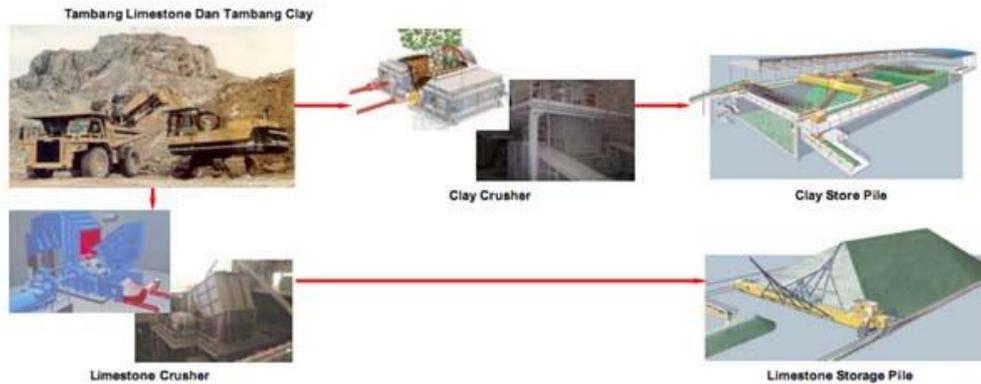
Adapun spesifikasinya adalah yaitu:

- Wujud : padat
- Bentuk : flake
- Kenampakan : coklat kehitaman

Tabel 3.4 Komposisi Tanah Liat

Komponen	Komposisi (% berat)
CaO	5,05
SiO ₂	50,69
Al ₂ O ₃	16,75
Fe ₂ O ₃	6,33
MgO ₃	1,03
H ₂ O	30,00

Sumber: Lab. *Quality Control* tanggal 10 Januari 2021 Jam 09.00 WIB



Gambar 3.16 Proses Penyediaan Bahan Mentah

3. Penyediaan Bahan Koreksi

Bahan koreksi dari pembuatan semen berupa pasir silika dan pasir besi yang di dapatkan dari tambang rakyat.

a. Pasir Silika (*silica sand*)

Pasir Silika merupakan bahan baku yang mempunyai fungsi untuk menaikkan kadar silika dalam campuran bahan baku, karena kandungan SiO_2 dari tanah liat tidak mencukupi. Pasir silika dikatakan baik jika mempunyai kandungan SiO_2 lebih dari 90% dan dalam keadaan murni biasanya berwarna putih. Komposisi pasir silika dalam tepung baku sebanyak 6%. Pasir silika didapatkan dari tambang rakyat di daerah Baturaja, Ogan Komerling Ulu, Sumatera Selatan.

Adapun spesifikasinya adalah sebagai berikut :

- Wujud : padat
- Bentuk : butiran (pasir)
- Kenampakan : abu-abu

b. Pasir Besi (*iron sand*)

Fungsi pasir besi dalam pembuatan semen adalah untuk mempermudah pelelehan. Komposisi pasir besidalam tepung baku

sebanyak 2%. Pasir tidak perlu ditambahkan bila kadar Fe_2O_3 dari batu kapur dan tanah liat telah mencukupi dari persentase yang telah ditentukan. Pasir besi diperoleh dari PT. Aneka Tambang Cilacap yang memiliki areal tambang di sekitar pantai Cilacap serta di daerah Krui, Bandar Lampung. Pasir besi jika bereaksi dengan CaO dan Al_2O_3 akan membentuk garam calcium aluminat ferit.

Adapun spesifikasinya adalah sebagai berikut :

- Wujud : padat
- Bentuk : butiran (pasir)
- Kenampakan : hitam

Tabel 3.5 Komposisi Pasir Besi

Komponen	Komposisi (% berat)
CaO	1,20
SiO ₂	5,90
Al ₂ O ₃	7,09
Fe ₂ O ₃	84,38
MgO	1,00
H ₂ O	4,00

Sumber: Lab. *Quality Control* tanggal 10 Januari 2021 Jam 09.00 WIB

4. Penyediaan Bahan Baku Addictive

a. Gypsum

Dalam pembuatan semen Portland, *gypsum* berfungsi untuk mengendalikan kecepatan pengerasan semen (*setting time*). *Gypsum* ini digunakan pada proses pencampuran akhir dan persentase pemakaiannya sebanyak 3–4%, bila pemakaian *gypsum* kurang maka akan terjadi kelebihan C_3A yang mengakibatkan panas yang besar sehingga semen mudah retak dan cepat mengeras. Sedangkan apabila *gypsum* berlebihan, maka akan mengakibatkan kadar SiO_2 naik dan

terjadi *blocking*. *Gypsum* ditambahkan dalam bahan–bahan utama yang telah digiling dan dimasak menjadi klinker, kemudian digiling bersama–sama dalam *Cement mill* menjadi semen. *Gypsum* Alam diimpor langsung dari Thailand dan Australia sedangkan *Gypsum* sintetis didapat dari PT Petrokimia Gresik, Surabaya, Jawa Timur.

Adapun spesifikasinya adalah sebagai berikut :

- Wujud : padat
- Bentuk : bubuk
- Kenampakan : putih keabuan

Tabel 3.6 Komposisi *Gypsum*

Komponen	Komposisi (% berat)
CaO	32,74
SiO ₂	10,16
Al ₂ O ₃	0,21
Fe ₂ O ₃	0,40
MgO	0,37
H ₂ O	11,00

Sumber: Lab. *Quality Control* tanggal 10 Januari 2021 Jam 09.00 WIB

b. Fly Ash

Fly ash digunakan untuk menggantikan semen Portland pada beton, karena mempunyai sifat *pozzolanic*. Hal ini memungkinkan terjadinya peningkatan kekuatan dan durabilitas dari beton. Adanya penggunaan *fly ash* dapat menjadi faktor kunci pada pemeliharaan beton tersebut.

Fly ash tersebut dapat menggantikan semen sampai 30% berat semen yang dipergunakan dan dapat menambah daya tahan dan ketahanan terhadap kimia. *Fly ash* juga dapat meningkatkan *workability* dari semen dengan berkurangnya pemakaian air.

Fly Ash yang digunakan PT Semen Baturaja (Persero) Tbk didapat dari hasil pembakaran batubara di PLTU Tanjung Enim dan hasil pembakaran batubara di *Coal Mill*.

Tabel 3.7 Komposisi *Fly Ash*

Komponen	Komposisi (%berat)
CaO	50,90
SiO ₂	3,80
Al ₂ O ₃	1,23
Fe ₂ O ₃	0,43
MgO	0,59
H ₂ O	9,00

Sumber: Lab. *Quality Control* tanggal 10 Januari 2021 Jam 09.00 WIB

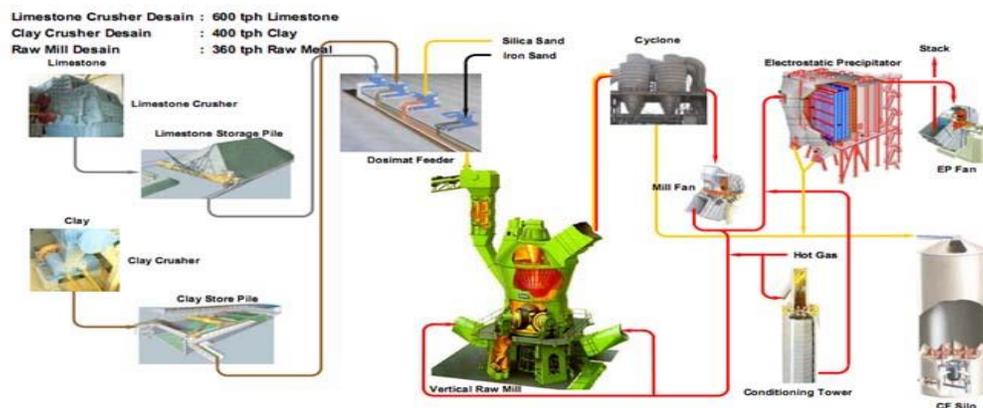
3.2.2 Pengeringan dan Penggilingan Bahan Baku

Penggilingan bahan baku bertujuan untuk memperkecil atau memperhalus ukuran bahan baku sehingga luas permukaannya akan semakin besar. Tujuan lain adalah untuk mendapatkan campuran bahan baku yang homogen dan untuk mempermudah terjadinya reaksi kimia pada saat klinkerisasi. Selain penggilingan, material juga mengalami proses pengeringan dengan media pengeringnya berupa gas panas yang diperoleh dari *kiln exhaust gas*.

Bahan baku utama yang berupa batu kapur dan tanah liat diambil menggunakan *reclaimer* dari *stock pile* masing-masing, kemudian diumpankan oleh *belt conveyor* ke *raw mill (vertical mill)*. Setelah proses *prehomogenezing*, seluruh material mentah dicampur dengan komposisi tertentu selanjutnya dialirkan menggunakan *belt conveyor* menuju *losche mill* untuk digiling. Alat penggilingan berupa *vertical mill* dengan sistem penggilingan *close circuit* dan keluaran material menggunakan sistem *air swept mill*.

Dengan memanfaatkan *kiln exhaust gas* maka air dalam material yang mencakup air bebas, air kapiler, dan air adsorpsi dapat diuapkan hingga $< 1 \%$. Agar kereaktifan material dapat dicapai pada proses selanjutnya, standar kehalusan *raw meal* harus memiliki *sieving* di atas 90μ (18%), maka material yang terhisap harus melewati *separator* dengan putaran tertentu dan selanjutnya gas panas dipisahkan dengan menggunakan *multicyclone*.

Bahan baku yang telah memenuhi standar kehalusan dengan menggunakan *fluxoslide* dan *belt bucket elevator* dimasukkan ke dalam *continous flow silo* untuk mengalami *homogenezing* terakhir sebelum diumpankan ke dalam kiln. Produk atas dari *cyclon separator* adalah uap air, gas panas, dan sebagian debu yang terikut pada waktu pemisahan. Sebelum keluar, gas yang mengandung debu tersebut dilewatkan dalam alat penangkap debu (*Electrostatic Precipitator*) yang bekerja dengan menggunakan elektroda-elektroda bertegangan tinggi. kemudian debu yang berhasil ditangkap dialirkan dengan alat transport *fluxoslide* dan *belt bucket elevator* menuju CF Silo. Sedangkan gas panas dari kiln, uap air, dan sebagian debu yang tidak tertangkap oleh alat penangkap debu ditransportasikan ke cerobong (*stack*) dengan bantuan EP Fan.



Gambar 3.17 Proses Pengeringan dan Penggilingan Bahan Baku

3.2.3 Pembakaran Tepung Baku

Proses pembakaran raw meal di pabrik PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. dilakukan di dalam *calsiner* dan *kiln*. Bahan bakar yang digunakan adalah batubara, kecuali pada saat start dibantu dengan *diesel oil*.

1. Bahan Bakar

Bahan bakar batubara diolah terlebih dahulu sesuai dengan syarat bahan bakar untuk kiln.

a. Penyiapan Raw Coal (Batu Bara Mentah)

Raw coal yang diperoleh dari PT. Bukit Asam (Persero) dan pertambangan rakyat Lahat ditumpuk dalam *dome storage*, selanjutnya *reclaimer* akan menggaruk batubara untuk dijatuhkan dalam *belt conveyor*. Kemudian oleh *bucket elevator* material dibawa dan disimpan sementara dalam *raw coal silo*.

b. Penggilingan Raw Coal

Proses diawali dengan pemanasan sistem (*heating up*), yang bertujuan untuk mempersiapkan kondisi operasi *coal mill* dengan cara memasukkan gas panas dari kiln hingga mencapai temperatur tertentu dan harus dilakukan dengan benar hingga tidak membahayakan sistem sebelum dimasuki batubara.

Setelah kondisi panas memenuhi persyaratan, segera *raw coal* dimasukkan ke dalam *coal mill* melalui *twin paddle*. Di dalam *coal mill*, *raw coal* masuk di antara *table* dan *roller* membentuk ketebalan tertentu *bed contac* dengan gas panas dan mengalami proses pengeringan. Selain itu juga berlangsung proses penggilingan oleh gerakan *table* dan *roller*. Semua hasil penggilingan dihisap oleh *jet pulse filter* untuk dipisahkan antara *coal* halus dari gas panas. *Coal* halus ditangkap oleh filter kemudian disimpan dalam bin sebagai produk *coal mill* yang siap untuk digunakan pada proses pembakaran, sedangkan gas panasnya dibuang

melalui *stack* (prinsipnya sama dengan penggilingan *raw material* semen pada *vertical mill*).

Keberhasilan proses penggilingan batu bara selain dari segi kuantitas juga ditinjau dari kualitasnya, yaitu kadar air dan kehalusan *fine coal* produk *coalmill* standar air 7-9 %, agar tidak merugikan proses pembakaran, sedangkan kehalusan batubara dibatasi maksimum 20 % yang lolos ayakan 90 μ . Tingkat kehalusan yang berlebihan akan merugikan dalam proses pembakaran. Agar sistem tetap bertekanan negatif dan tidak adanya batubara yang berhamburan, maka digunakan *jet pulse* dengan ukuran kecil.

c. Pengumpanan *Coal Ke Kiln dan Calsiner*

Kebutuhan batubara yang dialirkan ke kiln maupun kalsiner diatur dengan *control system* dengan komposisi 60% ke Calsiner dan 40% ke Kiln. *Fine coal* dari bin akan di umpankan dengan bantuan udara dari *aerasi* untuk ditimbang sesuai dengan kebutuhan. Selanjutnya keluar melalui pipa kemudian dihembuskan oleh udara bertekanan tinggi dari *blower* menuju *kiln* atau *calsiner*.

2. Proses Pembakaran Klinker

Operasi pembakaran bertujuan untuk mendapatkan klinker bermutu baik dengan pemakaian energi serendah mungkin serta operasi pembakaran berlangsung stabil dan dalam tempo yang panjang. Salah satu faktor utama agar dicapai pembakaran yang baik adalah *raw mixdesign* yaitu rancangan komposisi kimia dan ukuran partikel atau kehalusan dari *raw mix*.

Raw meal dari *continous flow silo* yang telah melalui proses *aerasi* untuk *homogenezing* terakhir keluar melalui serangkaian alat transport selanjutnya diumpankan ke dalam *suspension preheater*. Tepung baku yang diumpankan disebut *kiln feed*. Pengaruh homogenitas *kiln feed* yang jelek yaitu :

1. Pembentukan cincin *coating (ring formation)* di dalam kiln.

2. Pemakaian bahan bakar yang lebih besar.
3. Umur firebrick kiln rendah karena pembentukan *coating* yang tidakstabil.
4. Dapat mempengaruhi *grindabilitasclinker*.
5. Kualitas klinker akan bervariasi.
6. Dapat menurunkan kapasitas produksi.

Proses pembakaran yang terjadi meliputi pemanasan awal umpan baku di *preheater* (meliputi pengeringan, dehidrasi, dan dekomposisi), pembakaran di *kiln* (klinkerisasi), dan pendinginan di *grate cooler* (*quenching*) sampai penyimpanan.

Gas panas dari *kiln* dihisap oleh IDF (*kiln fan*) dan bergerak dari *bottomcyclon* menuju *top cyclone* (300 – 800 °C) melalui *gas duct* yang terpasang *continue* dengan *kiln*. *Raw meal* yang diangkat oleh *belt bucket elevator* dijatuhkan pada *top cyclon*, karena gaya gravitasi maka material akan meluncur ke bawah dan pada saat bersamaan akan bersentuhan dengan gas panas di *riser pipe cyclon*. Pada tahap ini akan terjadi proses perpindahan panas dari gas ke material. Panas inilah yang berperan untuk menguraikan unsur-unsur oksida reaktif yang terkandung dalam material. Gas dan udara panas bercampur mengalir masuk *cyclone*. Material dalam *cyclon* akan mengalir membentuk putaran sentrifugal yang diakibatkan oleh konstruksinya. Material jatuh ke lubang bawah *cyclon*, dan untuk mencegah agar aliran gas panas tidak masuk dari bagian bawah *cyclon*, dipasang *flap damper* searah gerakan material. Jika udara masuk lewat bagian bawah *cyclon*, akan mengganggu aliran material.

a. Pengeringan

Pengeringan di sini adalah proses penguapan air yang masih terkandung dalam umpan baku. Terjadi pada saat umpan baku berkontak dengan gas panas pada temperatur sampai 200 °C.

b. Dehidrasi

Dehidrasi adalah proses terjadinya pelepasan air kristal (*combinedwater*) yang terikat secara molekuler di dalam mineral-mineral bahan baku. Proses ini terjadi pada temperatur 100 – 400 °C. kondisi ini menyebabkan struktur mineral menjadi tidak stabil dan akan terurai menjadi oksida-oksida yang reaktif.

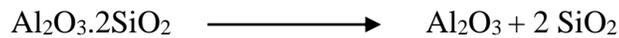
c. Dekomposisi dan kalsinasi

Dekomposisi adalah proses penguraian atau pemecahan mineral-mineral umpan baku menjadi oksida-oksida yang reaktif. Terjadi pada temperatur 400 – 900 °C dengan persamaan reaksi sebagai berikut :

Kaolin menjadi Metakaolin



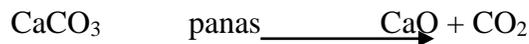
Metakaolin menjadi oksida-oksida reaktif



Proses kalsinasi adalah proses penguraian karbonat menjadi oksida CaO dan MgO serta CO₂ sebagai gas.

Proses kalsinasi berlangsung dari cyclon I hingga cyclon III pada temperatur yang berbeda dengan keberhasilan derajat kalsinasi (persentasi unsur CaO yang terurai dari senyawa karbonat) sesuai dengan desain *preheater* yang digunakan.

Reaksi dekomposisi karbonat yaitu :



d. Klinkerisasi

Klinkerisasi adalah proses pembentukan senyawa-senyawa penyusun semen portland, baik dalam fase padat maupun dalam fase cair. Proses klinkerisasi membutuhkan energi yang sangat tinggi yaitu berkisar antara 0 – 80 kcal/kg *clinker*, dan proses ini sebagian

besar terjadi di dalam *kiln* selain dalam *cyclon IV* dan *calsiner*. Proses klinkerisasi dalam *kiln* terbagi dalam beberapa zone, yaitu :

1. *Calcining Zone*

Pada zone ini *raw meal* dari *preheater* akan mengalami pemanasan hingga ± 1200 °C dan proses yang terjadi adalah proses penguraian secara maksimum dari unsur-unsur reaktif yang terkandung dalam material. Pada kondisi ini material masih berbentuk bubuk, dan bagian dalam kiln digunakan lapisan *brick alumina*.

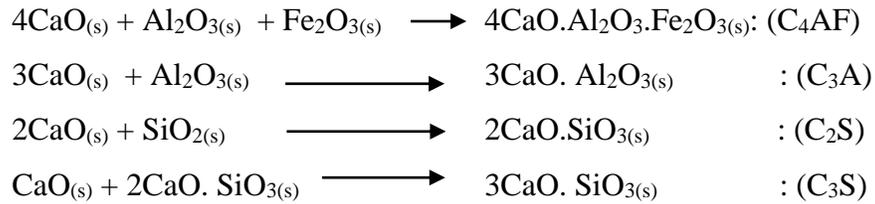
2. *Transition Zone*

Karena adanya slope kiln ke arah *outlet* dan bergerak memutar, maka material dari *calcining zone* akan bergerak ke daerah *transition zone*. Pada daerah ini material mengalami pemanasan hingga ± 1500 °C. Proses yang terjadi adalah mulai terbentuk reaksi sedikit demi sedikit antara CaO dengan senyawa SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃. Material mulai berubah menjadi cair dan pada daerah ini. lapisan dinding kiln berupa brick alumina.

3. *Sintering Zone*

Pada daerah ini material mulai mendekati sumber panas yang terpancar dari *burner*. Pemanasan yang terjadi hingga ± 1500 °C. Proses yang terjadi adalah pelelehan dari seluruh material dan reaksi maksimum antara CaO dengan unsur SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃ membentuk mineral *compound* senyawa utama klinker yaitu C₂S (*belite*), C₃S (*alite*), C₃A (*celite*), dan C₄AF (*felite*). Reaksi ini disebut reaksi klinkerisasi. Lapisan yang terpasang pada dinding kiln adalah *brick* jenis *basic* yang mempunyai sifat dapat mengikat *coating*, sehingga *kiln shell* lebih terlindungi terhadap perlakuan panas yang sangat tinggi.

Reaksi klinker adalah :



Mekanisme perpindahan panas yang terjadi di kiln sebagian besar adalah dengan cara radiasi. Jika temperatur rendah (*under burn*) maka klinker yang terjadi tidak memenuhi standar.

Pada temperatur 1260 – 1310 °C mulai terjadi lelehan terutama terdiri dari komponen Al₂O₃ dan Fe₂O₃. Pada temperatur 1450 °C jumlah fasa cair dapat mencapai 20 – 30 %. Dalam fasa cair ini terjadi pembentukan 3CaO. SiO₃. Apabila dalam proses klinkerisasi masih terdapat CaO yang belum bereaksi dengan oksida lainnya, maka akan terbentuk CaO bebas (*free lime*) yang bersifat merugikan terhadap mutu semen. Banyaknya CaO bebas dalam semen dapat dijadikan salah satu indikator apakah proses pembakaran klinker berjalan dengan baik atau tidak. Semakin banyak kadar CaO maka proses pembakaran semakin jelek. Kecepatan pembakaran bahan baku dalam *rotary kiln* tergantung pada :

- a. Kecepatan putaran kiln
- b. Kemiringan Kiln
- c. Panjang Kiln
- d. Diameter Kiln

4. *Cooling Zone*

Material yang berbentuk cair di *sintering zone* akan mengalir ke *coolingzone* dan akan mengalami perubahan fasa karena material menjauhi *burner gun*. Temperatur akan turun hingga mencapai ± 1200 °C, dan karena adanya gerakan rotasi kiln, maka sebagian besar material akan berbentuk butiran.

5. *Quenching*

Quenching adalah proses pendinginan klinker secara mendadak setelah reaksi klinkerisasi selesai. *Quenching* dilakukan di dalam *grate cooler* dengan media pendinginnya berupa udara luar yang dihembuskan ke dalam *grate cooler* dengan menggunakan *fan*. Klinker panas keluaran dari kiln akan jatuh pada *grate plate* di bagian depan (*mulden plate*) membentuk suatu tumpukan (*bed*), selanjutnya udara bebas dihembuskan oleh sejumlah *fan* melalui bagian bawah *grate plate* menembus lubang-lubang pada *grate plate* sehingga terjadilah pendinginan klinker. Gerakan *grate plate* maju mundur menyebabkan klinker terdorong ke bagian belakang menuju *outlet*. Klinker yang halus akan lolos melalui lubang *grate plate* dan ditampung oleh *hopper*, selanjutnya dikeluarkan oleh *drage chain*. Sedangkan ukuran besar akan dipecah oleh *crusher* pada keluarannya.

Tujuan *quenching* yaitu untuk mendapatkan klinker dengan mutu yang baik, diantaranya :

a) Mencegah terjadinya reaksi inversi $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_3$



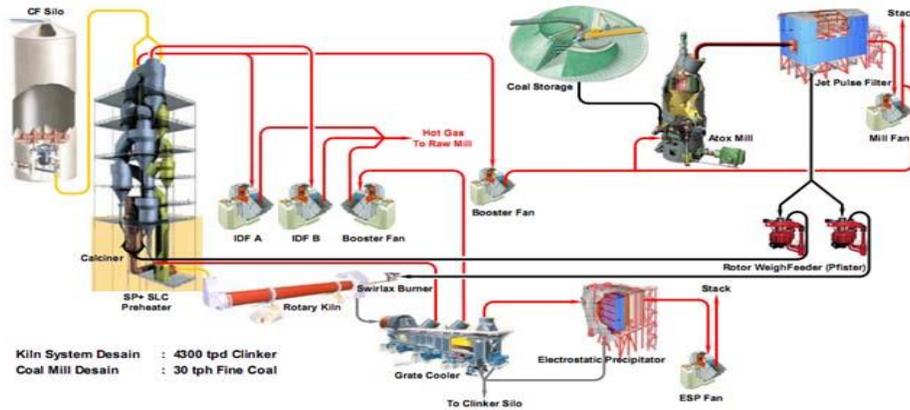
b) Mencegah terjadinya pembentukan struktur kristal β - $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_3$ yang bersifat hidraulis menjadi kristal α - $2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ yang bersifat kurang hidraulis.

Keberhasilan *quenching* dapat dilihat dari temperature klinker dan temperature udara sisa pendinginan. Jika temperature klinker tinggi dan temperature udara pendingin rendah, maka proses *quenching* tidak baik.

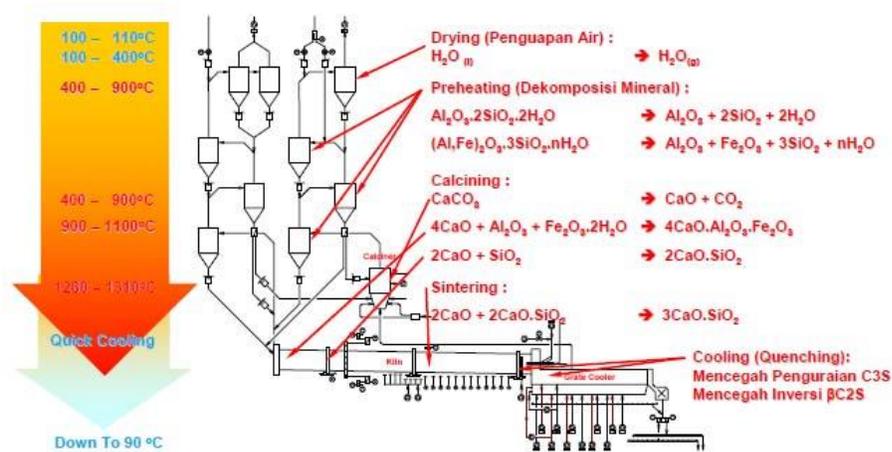
6. *Storaging*

Aktivitas pengangkutan klinker menuju tempat penyimpanan menggunakan peralatan yang tahan terhadap suhu tinggi. Alat yang digunakan dapat berupa *pan conveyor* dan *chain conveyor*. Sebelum diproses lebih lanjut, klinker disimpan dalam klinker silo. Selanjutnya

klinker kualitas rendah dan kualitas baik dicampur sebelum dikirim ke proses yang lebih lanjut.



Gambar 3.18 Penyediaan Bahan Bakar dan Pembakaran Tepung Baku



Gambar 3.19 Proses Pembakaran Tepung Baku

Tabel 3.8 Spesifikasi Produk Pembakaran dan Klinkerisasi

Nama Produk	Indikator Control	
Klinker	Kontinuitas Supply	Nominal 4300 tpd
	Kadar F.CaO	Max. 1,5%
	Liter Weight	1100-1250 gr/ltr

Fine Coal	Kontinuitas Supply	Nominal 30 tph
	Ukuran Produk:	
	R+90 μm	Max. 20%
	R+200 μm	Max. 1,5%
	Kadar Air (H ₂ O)	
		Max. 9%

Sumber: Jon Masri, 2010.

3.2.4 Penggilingan Akhir

1. Cement Mill 1

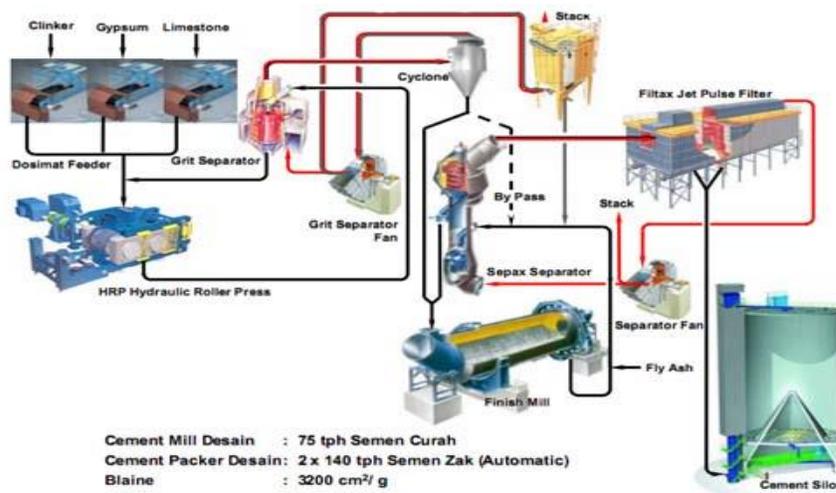
Proses penggilingan semen ini merupakan tahapan dimana kita akan mendapatkan semen seperti yang di pasar. Tujuan dari proses penggilingan semen adalah untuk memperluas permukaan butiran klinker, sehingga dapat meningkatkan reaktifitas klinker saat bereaksi dengan air. Selain itu pada proses penggilingan semen, klinker ditambahkan gypsum yang berfungsi sebagai *retarder*, yaitu mengontrol waktu pengikatan semen pada saat semen bereaksi dengan air.

Clinker yang disimpan dalam silo dikeluarkan dan masuk ke dalam klinker bin, demikian juga gypsum disimpan dalam *bin*. Dengan perbandingan 88% klinker, 8% batukapur dan 4% Gypsum untuk semen OPC dan 80% klinker, 4% gypsum serta 16% batukapur untuk semen PCC. Klinker, batukapur dan gypsum dikeluarkan dari *bin* masing-masing dan akan tercampur di *belt conveyor*. Dari *belt conveyor* menuju *roller press* untuk di hancurkan sehingga memiliki ukuran tertentu yang selanjutnya digiling dengan menggunakan *tube mill* yang berisi *ball steel* sebagai media penghancur. Hasil penggilingan ini disimpan dalam semen silo yang kedap udara.

Material yang terdiri dari klinker, gypsum dan limestone dengan perbandingan tertentu digiling di roller press sebagai penggilingan tahap pertama dengan memanfaatkan energi tekanan dan putaran roller untuk

menggiling atau menghancurkan dan mereduksi ukuran klinker, gypsum dan limestone menjadi butiran yang lebih halus yang berbentuk lempengan.

Selanjutnya masuk grit separator yang berfungsi untuk memecah material produk roller press yang masih berbentuk lempengan dan sebagai *classifier* untuk memisahkan *fine product* ($< 90\mu\text{m}$) dengan *coarse material* (material kasar). Kemudian dipisahkan di cyclone dan masuk ke *finish mill* sebagai *finish grinding*, dimana material akan digiling dengan menggunakan grinding media berupa *ball mill* yang saling bertumbukan satu sama lain dan dengan liner di dalam mill. Material masuk sepax separator sebagai *classifier* dimana memisahkan *fine product* ($< 45\mu\text{m}$) dan *coarse material* (material kasar) yang merupakan produk *regrind mill*. Dengan bantuan sebuah *fan*, material masuk filtax filter untuk memisahkan gas dengan finish produk dari outlet sepax separator melalui proses filtrasi dan *bag cleaning*. *Finish* produk berupa semen yang terkumpul di hopper bottom filtax filter. Dengan *screw conveyor*, *finish product* dibawa keluar *hopper filtax filter* dan akan ditransportasikan ke cement silo.



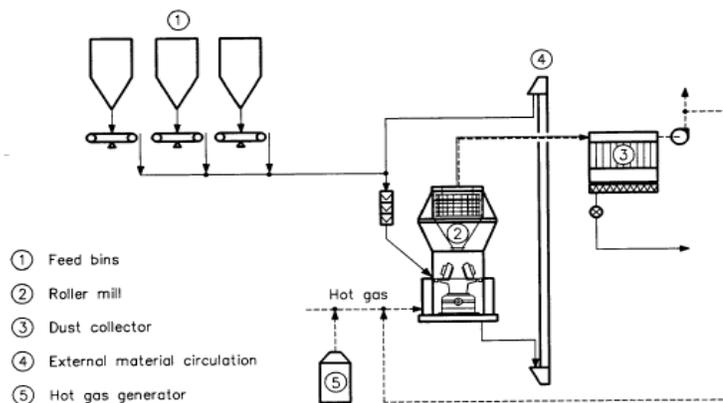
Gambar 3.20 *Cement Mill 1*

2. Cement Mill 2

Material yang akan digiling dimasukkan ke dalam mill melalui *air gate* (*rotary feeder*) melalui *feeding chute* yang ada di *clasifier*. Dengan

gaya gravitasi, material ini jatuh di tengah table yang diputar oleh motor dan gearbox. Gaya sentrifugasi yang bekerja pada table mengarahkan material ke roller. *Roller* di *Vertical Cement Mill* ada dua jenis, yaitu : *master roller (M roller)* dan *support roller(S roller)*. *Support roller* berfungsi untuk mempersiapkan grinding bed sehingga dipasang di depan setiap master roller. Material dihaluskan pada masing-masing master roller akibat sistem hydropneumatic roller yang terpasang. Material yang telah dihaluskan dikeluarkan melalui tepi table lalu masuk ke area louvre ring. Material dipotong oleh aliran udara yang menariknya masuk ke mill dan *classifier* untuk kemudian dipisahkan.

Material yang telah mencapai kehalusan yang diinginkan keluar dari mill bersama dengan udara melalui outlet classifier. Material yang halus tadi masuk ke main filter untuk dipisahkan dengan udara pembawanya. Material yang telah terpisah akan ditransportasikan oleh *fluxo slide* menuju cement silo. Material yang masih kasar dikeluarkan dari classifier dan dikembalikan ke table melalui cone pengarah untuk dihaluskan kembali. Material yang tidak tergiling oleh roller dan tidak terbawa oleh aliran udara jatuh ke ring duct lewat louvre ring yang ada di sekeliling table, kemudian masuk ke *reject hopper* untuk dimasukkan ke dalam sistem penanganan material *reject*.



Gambar 3.21 *Vertical Cement Mill*

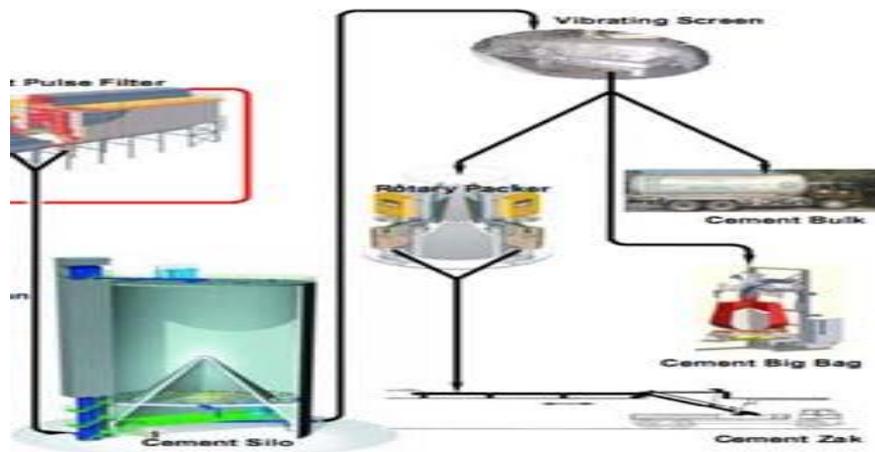
3.2.5 Pengantongan Semen

Semen dikeluarkan dari *cement silo* dan diangkut dengan menggunakan *belt conveyor* masuk ke *stell silo*. Flow material yang dialirkan dicontrol oleh flow control gate yang dapat diatur dari central control ataupun local. Kotoran-kotoran yang terbawa ataupun material asing akan dibuang keluar melalui vibrating screen sedangkan semen yang baik akan masuk ke bin semen yang berkapasitas 30 ton. Semen dimasukkan ke packer tank melalui *rotary feeder*, jumlah pengisian ke packer tank di kontrol oleh level indikator yang dipasang pada *cover* atas *rotary packer*.

Packer adalah sebuah kombinasi mesin yang berfungsi untuk melakukan pengepakan semen/zak dan timbangan yang di tetapkan. Packer merupakan unit terakhir dari proses produksi dari suatu pabrik semen dimana produk packer yang telah di kemas berupa semen zak, big bag ataupun semen curah.

Rotary Packer di operasikan oleh lokal kontrol panel dan operator pengantongan akan memasukkan kantong semen ke corong packer secara manual. Corong masing-masing packer berjumlah 8 buah. Bila berat semen telah sesuai dengan yang dikehendaki maka semen zak akan jatuh ke belt discharge yang selanjutnya akan dimasukkan ke truck atau gerbong.

Bila berat semen telah sesuai, maka semen tersebut akan langsung di bawa oleh belt conveyor menuju truk atau gerbong. Apabila pengisian semen zak yang beratnya tidak memenuhi standar maka semen tersebut akan di hancurkan di bag desatroyer, dan semennya akan kembali ke sistem melalui screw conveyor dan bucket elevator sementara kantongnya akan di hitung oleh unit kerja gudang kantong. Pengisian semen ke dalam truk berdasarkan Surat Perintah Penyerahan Semen (PPS) yang diterbitkan oleh unit kerja penjualan semen. Operator *Central Control Panel Packer* akan mengkonfirmasi kepada operator pengantongan jumlah isi truk tersebut. Gambaran umum proses pembuatan semen dapat dilihat pada blok diagram gambar berikut ini :



Gambar 3.22 Proses Pengantongan Semen

3.3 Produk yang Dihasilkan

a. *Ordinary Portland Cement (OPC)*

Semen Portland tipe I adalah semen *Portland* yang biasa digunakan untuk penggunaan-penggunaan umum yang tidak memerlukan sifat atau perlakuan khusus. Tipe ini lazim digunakan apabila beton yang akan dibuat tidak akan terpapar sulfat secara berlebihan atau mengalami kenaikan temperatur akibat hidrasi. Penggunaannya antara lain untuk trotoar, jalan setapak, bangunan beton sederhana, konstruksi jalur rel kereta, tangki, *reservoir*, pipa pembuangan dan pipa air. Semen OPC produksi PT Semen Baturaja (Persero) Tbk memenuhi persyaratan SNI 15-2049-2004.

Adapun spesifikasinya adalah sebagai berikut :

- Wujud : padat
- Bentuk : bubuk
- Ukuran partikel : 90 mikron
- Kenampakan : abu abu

Tabel 3.9 Komposisi Semen OPC

Komponen	Komposisi (% berat)
C3S	53,30
C2S	18,85
C3A	11,67
C4AF	9,28

Sumber: Lab. *Quality Control* tanggal 10 Januari 2021 Jam 09.00 WIB

b. *Portland Composite Cement* (PCC)

Semen Portland Komposit adalah bahan peningkat hidrolis hasil penggilingan bersama terak semen Portland dan gipsum dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran bubuk semen Portland dengan bubuk bahan anorganik lain.

Semen Portland Komposit produksi PT Semen Baturaja (Persero) Tbk memenuhi persyaratan SNI 15-7064-2004. Kegunaan semen jenis ini diperuntukkan untuk kontruksi beton umum, pasangan batu bata, plesteran dan acian, selokan, jalan, pagar dinding, pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pra cetak, beton pra tekan, panel beton, batabeton (paving block) dan sebagainya.

- Wujud : padat
- Bentuk : bubuk
- Ukuran partikel : 90 mikron
- Kenampakan : abu abu

Tabel 3.10 Komposisi Semen PCC

Komponen	Komposisi (% berat)
C3S	52,45
C2S	19,22
C3A	11,58
C4AF	9,43

Sumber: Lab. *Quality Control* tanggal 10 Januari 2021 Jam 09.00 WIB

3.4 Pemasaran Produk

a. Sistem Pemasaran Produk

Distribusi semen dilakukan melalui *main distributor* yang ditunjuk dan disahkan oleh Departemen Perdagangan. Dari main-distributor, semen diterima oleh toko-toko *retail*, kemudian dipasarkan secara langsung kepada konsumen.

Pendistribusian semen yang dilayani PT Semen Baturaja (Persero) Tbk meliputi daerah-daerah di SumBagSel (Sumatera Bagian Selatan) mulai dari Provinsi Riau, Bangka Belitung Jambi, Sumatera Selatan, dan Bandar Lampung:

b. Strategi Promosi

Kegiatan promosi di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. direncanakan dan dilaksanakan oleh kantor pusat dan daerah. Untuk bidang pemasaran, kantor pusat berada di Palembang dan di bantu oleh kantor perwakilan cabang di Baturaja, Lampung, dan Lubuk Linggau dan DKI Jakarta.

Tujuan kegiatan promosi yang dilakukan oleh PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. adalah untuk memberitahukan kepada konsumen mengenai produk semen yang diproduksi oleh PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.

Promosi yang dilakukan oleh PT. Holcim Indonesia, Tbk. meliputi :

1. Periklanan
 - a. Publikasi di dinding toko pengecer yang mudah dilihat dan dibaca.
 - b. Pemasangan iklan di pinggir jalan.
2. *Personal selling*
 - a. *Gathering* yaitu makan malam bersama dengan distributor dan pengecer berdasarkan wilayah kerja.
 - b. *Workshop* yaitu pelatihan dan penyuluhan kepada tukang maupun caon pembeli. Peserta yang mengikuti workshop mendapatkan uang transport, cethok, kaos dll.
 - c. *Display contest* yaitu mengenai memajang produk disetiap took.

- d. Evaluasi petugas dari PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. yang mendatangi toko.
- 3. Promosi penjualan
 - a. Pemberian sampel semen pada pelanggan.
 - b. Pemberian kalender tiap awal tahun.
 - c. Pemberian agenda tiap awal tahun.
 - d. Pemberian kaos dan nota pembelian.
- 4. Publisitas
 - a. Menjadi sponsor kegiatan-kegiatan misalnya acara olahraga, peringatan hari besar keagamaan, dll.
 - b. Pameran
 - c. Pemasangan spanduk

3.5 Utilitas

Utilitas merupakan salah satu faktor pendukung proses produksi, dengan tidak adanya utilitas maka proses produksi tidak akan berjalan dengan baik. Utilitas merupakan salah satu faktor pendukung dalam proses produksi yang harus diperhatikan. Hal-hal yang termasuk utilitas yaitu:

a. Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air maka diperlukan 2 jenis air yaitu air produksi dan air non produksi. Air produksi yaitu air yang digunakan untuk keperluan minum dan air pencuci alat-alat. Dalam menjaga kelangsungan penyediaan maka PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk mengambil air sungai Ogan sebagai sumber penyediaan air.

Kebutuhan air pendingin diperlukan sebanyak 2500 m³/hari. Air ini sebagian besar dipakai untuk proses produksi. Untuk memenuhi kebutuhan air maka PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk mengambil air sungai Ogan sebagai air bersih dengan diolah terlebih dahulu. Air yang diambil dari sungai Ogan kadang-kadang keruh dan mengandung lumpur maka perlu dilakukan pembersihan kotoran yang kasar dengan menggunakan *hydrocyclone*, air yang

sudah dipisahkan dari kotoran kasar dialirkan dalam clarifier (*direct sludge contact type*) untuk dijernihkan. Air yang masuk dalam clarifier bila keruh ditambahkan senyawa kimia berupa *Caporite*/tawas.

b. Penyediaan Tenaga Listrik

PT Semen Baturaja (Persero) Tbk dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik baik untuk proses produksi dan perkantoran diperoleh dari PLN dan generator. Penyediaan kebutuhan tenaga listrik di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk diperoleh dari PLN yang bersumber dari PLTU di desa Tanjung Enim dengan kapasitas 150 kVA. Tegangan tinggi dari PLN diturunkan di gardu induk yang berada disekitar pabrik.

c. Penyediaan Udara

Udara yang digunakan dalam proses pembuatan semen di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk ada 2 macam yaitu udara tekan dan udara luar. Penyediaan udara tekan dari kompressor yang dipergunakan untuk menggerakkan *dumper valve*. Sedangkan udara luar dari *fan-fan* untuk pendinginan klinker pada *grate cooler* yang berjumlah 12 *fan*, udara primer pada *burner gun* pembakaran, dan udara dari *blower-blower* sebagai pendorong batu bara.

3.6 Unit Pengolahan Limbah

Limbah merupakan salah satu sisa produk yang cukup berbahaya jika langsung disalurkan langsung ke lingkungan. Limbah dapat membuat lingkungan sekitar menjadi tercemar sehingga limbah membutuhkan perhatian yang sangat khusus. PT Semen Baturaja (Persero) Tbk menghasilkan berbagai macam limbah yaitu:

a. Limbah Cair

Limbah cair di lingkungan berasal dari laboratorium pengujian sampel bahan baku dan produk, limbah tersebut tidak di-*treatment* lebih lanjut karena masih dalam ambang batas yang diijinkan.

b. Limbah Gas

Limbah gas yang keluar ke udara kadang-kadang masih dalam bentuk asap. Hasil dari pembakaran batubara, yang dimana tidak semua batubara dapat terbakar dengan sempurna saat berada di *Coal Mill*, seperti diketahui bahwa kandungan terbesar dari batu bara adalah karbon monoksida (CO) yang sangat berbahaya bagi manusia khususnya bagi pernafasan.

c. Limbah Padat (Debu)

Proses pembuatan semen menghasilkan beberapa partikel yang beterbangan dengan *substantial* yang berbeda. Pencemaran udara ditimbulkan karena debu, SO₂, dan NO₂ yang dihasilkan selama produksi. Untuk mengatasi pencemaran tersebut limbah debu harus dilewatkan ke dalam *cyclone* dan *electrostatic precipitator* terlebih dahulu sebelum dibuang ke udara bebas. Dimana kedua alat ini berfungsi untuk memisahkan padatan dengan gas (udara). Selain kedua alat ini dipasang pula *bag filter*. Debu yang beterbangan di udara setiap tiga bulan harus dianalisis dan konsentrasi debu rata-rata harus berada di bawah nilai ambang batas.

Untuk melakukan analisa stack gas, digunakan cara *isokinetic sampling*. *Isokinetic Sampling* adalah teknik khusus untuk pengambilan sampel dioksin dan partikular dari aliran gas, karena kedua unsur ini dikategorikan semi-VOC dan aerosol berturut-turut.

d. Limbah Buangan

Limbah dari PT Semen Baturaja (Persero) Tbk dikelompokkan menjadi empat, yaitu:

1. Limbah domestik yaitu sisa makanan, daun, sampah potong rumput, pelepah poho, ranting pohon.
2. Limbah non-logam yaitu kertas, plastik, potongan *newlite*/kayu/BC, karet.
3. Limbah logam yaitu besi, kaleng, kawat, drum bekas, potongan *plate*.

4. Limbah B3 yaitu majun bekas (terkenal oli/*grease*), kemasan bahan kimia/bahan peledak, limbah padat klinik, filter oli bekas, baterai/accu.

e. Limbah B3

PT Semen Baturaja (Persero) Tbk menggolongkan limbah B3 yang mencakup *grease*/oli bekas, sisa-sisa dari bahan bakar (solar) yg tumpah/menempel di filter dan debu pembakaran batu bara (*Bottom* dan *Fly Ash*). Untuk oli bekas secara khusus PT Semen Baturaja (Persero) Tbk tidak melakukan pembuangan melainkan melakukan proses *recovery dengan* menjadikan oli bekas sebagai bahan tambahan untuk bahan bakar di *calciner* atau *preheater*, sedangkan *bottom and fly ash* sebagai bahan tambahan dalam proses produksinya.

BAB IV

TUGAS KHUSUS

4.1 Judul

Laporan kerja praktek ini dengan tugas khusus yang berjudul “Menghitung Neraca Massa Pada Kiln System” di Pabrik Baturaja I PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.

4.2 Latar Belakang

Dalam suatu industri semen, proses pembakaran yang terjadi di kiln merupakan bagian dari proses yang sangat vital, karena pada proses tersebut yang akan menentukan kualitas semen yang dihasilkan dan besar kecilnya biaya produksi yang diperlukan.

Sistem kiln merupakan jantung dari pabrik semen dimana proses kimia berlangsung. Alat dalam proses produksi sudah dirancang sedemikian rupa untuk kapasitas tertentu, akan tetapi setelah pemakaian yang lama ada kemungkinan efisiensi dari alat berkurang, sehingga mengakibatkan adanya massa. Untuk itu perlu dijaga efisiensinya, dengan melakukan analisa dan perhitungan terhadap aliran massa pada unit kiln tersebut.

Dalam tugas ini akan dibahas satu contoh neraca massa unit kiln. Proses evaluasi aliran massa diturunkan dengan hukum kekekalan massa dengan menyeimbangkan massa secara keseluruhan yang terintegrasi (global).

Neraca massa mempunyai arti yang sangat penting dalam industry kimia, karena merupakan salah satu dasar dalam perhitungan satuan operasi dan satuan proses. Semua perhitungan didasari oleh hukum kekekalan massa. Dalam neraca massa, dihitung massa yang keluar dan massa yang masuk selama operasi. Neraca massa yang diperhitungkan dalam tugas ini adalah neraca masuk dan keluar sistem *kiln* yang terdiri dari *suspension preheater*, *rotary kiln* dan *cooler*.

Parameter massa input yaitu *kiln feed* yang masuk ke SLC (*Separated Line Calsiner*), AQC (*Air Quenching Cooler*) atau udara pendingin yang masuk ke cooler, udara dari *axial* dan *radial blower* yang masuk ke *rotary kiln* dan batubara dari *coal blower* yang masuk ke *rotary kiln*, SLC (*Separated Line Calsiner*) dan ILC (*In Line Calsiner*).

Sedangkan parameter massa output yaitu *dust return* dari ILC, dust yang menuju EP (*Electrostatic Precipitator*) fan dan *clinker* yang sudah didinginkan di *cooler*.

Asumsi dan pendekatan yang digunakan dalam penyusunan neraca massa ini antara lain :

1. Kondisi aliran massa tunak/*steady*.
2. Proses pembakaran sempurna dan tidak ada sisa bahan bakar yang tidak terbakar.
3. Seluruh air yang terkandung dalam bahan bakar maupun *kiln feed* akan menguap selama proses dan keluar melalui siklon atas bersama-sama dengan gas hasil pembakaran dan gas hasil proses kalsinasi CaCO_3 dan MgCO_3 .

4.3 Rumusan Masalah

Pokok permasalahan yang akan dibahas adalah untuk mengetahui kinerja dari *kiln system* berdasarkan perhitungan neraca massa di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.

4.4 Tujuan

Untuk mengetahui kinerja *kiln system* dengan menghitung neraca massa pada *suspension preheater*, *rotary kiln*, dan *grate cooler*.

4.5 Manfaat

Manfaat dari menghitung neraca massa di unit *kiln* maka dapat diketahui massa yang hilang pada alat proses, dan dapat menentukan udara *excess* yang dibutuhkan untuk reaksi pembakaran.

4.6 Pelaksanaan Tugas Khusus

4.6.1 Metode Pengumpulan Data

Data-data didapat dari Central Control Room (CCR), Log Sheet dan Laboratorium Quality Control PT Semen Baturaja (Persero) Tbk tanggal 10 Januari 2021 yang meliputi :

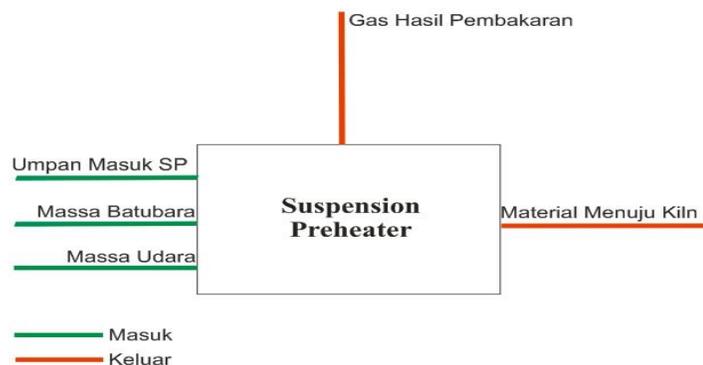
1. Umpan raw mix masuk suspension preheater
2. Umpan batubara masuk suspension preheater
3. Komposisi raw mix
4. Komposisi batubara
5. Komposisi ash batubara

4.6.2 Perhitungan

- Menghitung neraca massa pada Kiln System

4.7 Hasil dan Pembahasan

4.7.1 Menghitung Neraca Massa di Suspension Preheater



Gambar 4.1 Diagram Alir Massa di *Suspension Preheater*

Umpan masuk SP = 3575100 kg/jam
 Kandungan H₂O dalam SP *feed* = 1%
 Berat H₂O dalam SP *feed* = 1% x 3575100 kg
 = 35751 kg
 Umpan SP kering = umpan masuk SP – kandungan H₂O di SP
 = 3575100 kg – 35751 kg
 = 3539349 kg

Tabel 4.1 Komposisi Umpan Masuk *Suspension Preheater*

Komponen	% berat
SiO ₂	13,28
Al ₂ O ₃	3,29
Fe ₂ O ₃	2,25
CaO	44,14
MgO	0,50
IL	36,54
Total	100

Sumber: Lab. *Quality Control* tanggal 10 Januari 2021 Jam 17.00 WIB

CaO dan MgO terdapat dalam bentuk CaCO₃ dan MgCO₃

Reaksi 1:



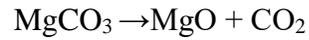
$$\% \text{CaO} = 44,14 \%$$

$$\% \text{CaCO}_3 = \frac{BM \text{ CaCO}_3}{BM \text{ CaO}} \times \% \text{CaO}$$

$$= \frac{100 \text{ kg/kmol}}{56 \text{ kg/kmol}} \times 44,14 \%$$

$$= 78,82\%$$

Reaksi 2:



$$\% \text{ MgO} = 0,50$$

$$\% \text{ MgCO}_3 = \frac{BM \text{ MgCO}_3}{BM \text{ MgO}} \times \% \text{ MgO}$$

$$= \frac{84 \text{ kg/kmol}}{40 \text{ kg/kmol}} \times 0,50 \%$$

$$= 1,05\%$$

Komposisi umpan SP tanpa IL tidak di ikut sertakan:

Tabel 4.2 Komposisi Umpan Masuk *Suspension Preheater* tanpa IL

Komponen	% berat
SiO ₂	13,28
Al ₂ O ₃	3,29
Fe ₂ O ₃	2,25
CaCO ₃	78,82
MgCO ₃	1,05
Total	98,69

$$\text{SiO}_2 = \frac{\% \text{SiO}_2}{\% \text{Total}} \times 100\%$$

$$= \frac{13,28\%}{98,69\%} \times 100\%$$

$$= 13,45628\%$$

$$\begin{aligned} \text{Al}_2\text{O}_3 &= \frac{\% \text{Al}_2\text{O}_3}{\% \text{Total}} \times 100\% \\ &= \frac{3,29\%}{98,69\%} \times 100\% \\ &= 3,33367\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fe}_2\text{O}_3 &= \frac{\% \text{Fe}_2\text{O}_3}{\% \text{Total}} \times 100\% \\ &= \frac{2,25\%}{98,69\%} \times 100\% \\ &= 2,27987\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CaCO}_3 &= \frac{\% \text{CaCO}_3}{\% \text{Total}} \times 100\% \\ &= \frac{78,82\%}{98,69\%} \times 100\% \\ &= 79,86625\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MgCO}_3 &= \frac{\% \text{MgCO}_3}{\% \text{Total}} \times 100\% \\ &= \frac{1,05\%}{98,69\%} \times 100\% \\ &= 1,06394\% \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapat komposisi dan berat umpan SP *feed* tanpa IL:

Tabel 4.3 Komposisi dan Berat Umpan Masuk *Suspension Preheater* tanpa IL

Komponen	%berat	FraksiMassa	Berat (kg)
SiO ₂	13,45628	0,13456	476264,6136
Al ₂ O ₃	3,33367	0,03333	117990,2544
Fe ₂ O ₃	2,27987	0,02279	80692,42324
CaCO ₃	79,86625	0,79866	2826745,245
MgCO ₃	1,06394	0,01063	37656,46418
Total	100,00	1,00	3539349,00

Dust Return

Rasio ideal SP *feed* terhadap Clinker = 1,73 (data CCR PT. Semen Baturaja)

Kenyataan SP *feed* = 3575100 kg

Clinker = $\frac{3575100 \text{ kg}}{1,73}$

= 2066531,792 kg

Clinker teoritis = 3575100 x (1-fraksi massa IL)

= 3575100 x (1-0,3654)

= 2268758,46 kg

Dust return = $\frac{\text{Clinker teoritis} - \text{Clinker}}{\text{Clinker teoritis}} \times 100\%$

= $\frac{2268758,46 \text{ kg} - 2066531,792}{2268758,46} \times 100\%$

= 8,91353%

Tabel 4.4 Komposisi *Dust Return*

Komponen	Fraksi Massa	Berat = Beratumpun SP tanpa IL x %Dust return (kg)
SiO ₂	0,13456	42451,98797
Al ₂ O ₃	0,03333	10517,09642
Fe ₂ O ₃	0,02279	7192,543142
CaCO ₃	0,79866	251962,778
MgCO ₃	0,01063	3356,520133
Total	1.00	315480,9256

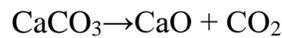
Dari perhitungan diatas didapat komposisi SP *feed* menjadi *Clinker*:

Tabel 4.5 Komposisi SP *feed* yang menjadi *Clinker*

Komponen	Fraksi Massa	Berat= Beratumpun SP tanpa IL x Berat Dust Return (kg)
SiO ₂	0,13456	433812,6257
Al ₂ O ₃	0,03333	107473,158
Fe ₂ O ₃	0,02279	73499,8801
CaCO ₃	0,79866	2574782,467
MgCO ₃	0,01063	34299,94405
Total	1.00	3223868,074

Reaksi kalsinasi CaCO₃ dan MgCO₃ di SP berlangsung dengan derajat kalsinasi 90% (Data CCR PT. Semen Baturaja)

Reaksi 1:



$$\begin{aligned} \text{CaCO}_3 \text{ terkalsinasi} &= 0,9 \times \text{Berat CaCO}_3 \text{ dalam umpan} \\ &= 0,9 \times 2574782,467 \text{ kg} \\ &= 2317304,22 \text{ kg} \end{aligned}$$

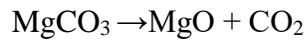
$$\begin{aligned} \text{CaO yang terbentuk} &= \frac{BM \text{ CaO}}{BM \text{ CaCO}_3} \times \text{berat CaCO}_3 \text{ yang terkalsinasi} \\ &= \frac{56 \text{ kg/kmol}}{100 \text{ kg/kmol}} \times 2317304,22 \text{ kg} \\ &= 1297690,24 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ yang terbentuk} &= \frac{BM \text{ CO}_2}{BM \text{ CaCO}_3} \times \text{berat CaCO}_3 \text{ yang terkalsinasi} \\ &= \frac{44 \text{ kg/kmol}}{100 \text{ kg/kmol}} \times 2317304,22 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$= 1019613,76 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{CaCO}_3 \text{ sisa} &= \text{berat CaCO}_3 \text{ umpan} - \text{berat CaCO}_3 \text{ terkalsinasi} \\ &= 2574782,467 \text{ kg} - 2317304,22 \text{ kg} \\ &= 257478,2467 \text{ kg} \end{aligned}$$

Reaksi 2:



$$\begin{aligned} \text{MgCO}_3 \text{ terkalsinasi} &= 0,9 \times \text{Berat MgCO}_3 \text{ dalam umpan} \\ &= 0,9 \times 34299,94405 \text{ kg} \\ &= 30869,94964 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MgO yang terbentuk} &= \frac{BM \text{ MgO}}{BM \text{ MgCO}_3} \times \text{berat MgCO}_3 \text{ yang terkalsinasi} \\ &= \frac{40 \text{ kg/kmol}}{84 \text{ kg/kmol}} \times 30869,94964 \text{ kg} \\ &= 14699,97602 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ yang terbentuk} &= \frac{BM \text{ CO}_2}{BM \text{ MgCO}_3} \times \text{berat MgCO}_3 \text{ yang terkalsinasi} \\ &= \frac{44 \text{ kg/kmol}}{100 \text{ kg/kmol}} \times 30869,94964 \text{ kg} \\ &= 16169,97362 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MgCO}_3 \text{ sisa} &= \text{berat MgCO}_3 \text{ umpan} - \text{berat MgCO}_3 \text{ terkalsinasi} \\ &= 34299,94405 \text{ kg} - 30869,94964 \text{ kg} \\ &= 4329,994405 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CO}_2 \text{ hasil kalsinasi} &= \text{CO}_2 \text{ reaksi 1} + \text{CO}_2 \text{ reaksi 2} \\
 &= 1019613,76 \text{ kg} + 16169,97362 \text{ kg} \\
 &= 1035783,734 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{Umpan batubara masuk SP} = 8908 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat H}_2\text{O dalam batubara} &= 14 \% \\
 &= 14 \% \times 8908 \text{ kg} \\
 &= 1247,12 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Umpan batubara kering} &= \text{batubara masuk SP-kandungan H}_2\text{O di SP} \\
 &= 8908 \text{ kg} - 1247,12 \text{ kg} \\
 &= 7660,88 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.6 Komposisi Batubara Masuk SP

Komponen	%berat	Fraksi Massa	Berat (kg)
C	59.05	0.5905	4523,74964
H	8.00	0.08	612,8704
N	2.14	0.0214	163,942832
O	15.91	0.1591	1218,8460
S	0.80	0.008	61,28704
Ash	14.10	0.141	1080,18408
Total	100.00	1.00	7660,88

Sumber: Lab. *Quality Control* tanggal 10 Januari 2021 Jam 17.00 WIB

Reaksi pembakaran batubara di SP



C yang bereaksi = 4523,74964kg

CO yang terbentuk = $\frac{BM CO}{BM C} \times \text{berat } C \text{ yang bereaksi}$

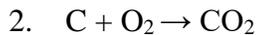
= $\frac{28 \text{ kg/kmol}}{12 \text{ kg/kmol}} \times 4523,74964 \text{ kg}$

= 10555,41583 kg

O₂ yang dibutuhkan = $\frac{BM O_2}{BM C} \times 0,5 \times \text{berat } C \text{ yang bereaksi}$

= $\frac{32 \text{ kg/kmol}}{12 \text{ kg/kmol}} \times 0,5 \times 4523,754964 \text{ kg}$

= 6031,666187 kg



CO₂ yang terbentuk = $\frac{BM CO_2}{BM C} \times \text{berat } C \text{ yang bereaksi}$

= $\frac{44 \text{ kg/kmol}}{12 \text{ kg/kmol}} \times 4523,74964 \text{ kg}$

= 16587,08201 kg

O₂ yang dibutuhkan = $\frac{BM O_2}{BM C} \times \text{berat } C \text{ yang bereaksi}$

= $\frac{32 \text{ kg/kmol}}{12 \text{ kg/kmol}} \times 4523,74964 \text{ kg}$

= 12063,33237 kg



S yang bereaksi = 61,28704 kg

SO₂ yang terbentuk = $\frac{BM SO_2}{BM O_2} \times \text{berat } S \text{ yang bereaksi}$

= $\frac{64 \text{ kg/kmol}}{32 \text{ kg/kmol}} \times 61,28704 \text{ kg}$

= 122,57408 kg

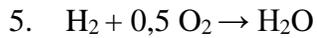
O₂ yang dibutuhkan = $\frac{BM O_2}{BM O_2} \times \text{berat } S \text{ yang bereaksi}$

= $\frac{32 \text{ kg/kmol}}{32 \text{ kg/kmol}} \times 61,2704 \text{ kg}$

= 61,28704kg



H_2O yang terbentuk = kandungan H_2O batubara = 1247,12 kg



H_2 yang bereaksi = H umpan batubara = 612,8704kg

$$\text{HO}_2 \text{ yang terbentuk} = \frac{BM_{\text{H}_2\text{O}}}{BM_{\text{H}_2}} \times \text{berat H yang bereaksi}$$

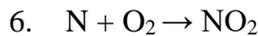
$$= \frac{18 \text{ kg/kmol}}{2 \text{ kg/kmol}} \times 612,8704 \text{ kg}$$

$$= 5515,8336 \text{ kg}$$

$$\text{O}_2 \text{ yang dibutuhkan} = \frac{BM_{\text{O}_2}}{BM_{\text{H}_2}} \times \text{berat H yang bereaksi}$$

$$= \frac{32 \text{ kg/kmol}}{2 \text{ kg/kmol}} \times 612,8704 \text{ kg}$$

$$= 9805,9264 \text{ kg}$$



N yang bereaksi = N umpan batubara = 163,942832kg

$$\text{NO}_2 \text{ yang terbentuk} = \frac{BM_{\text{NO}_2}}{BM_{\text{N}}} \times \text{berat N yang bereaksi}$$

$$= \frac{46 \text{ kg/kmol}}{14 \text{ kg/kmol}} \times 163,942832 \text{ kg}$$

$$= 538,66930 \text{ kg}$$

$$\text{O}_2 \text{ yang dibutuhkan} = \frac{BM_{\text{O}_2}}{BM_{\text{N}}} \times \text{berat N yang bereaksi}$$

$$= \frac{32 \text{ kg/kmol}}{14 \text{ kg/kmol}} \times 163,942832 \text{ kg}$$

$$= 374,72647 \text{ kg}$$

Kebutuhan O_2 teoritis

$$= \text{O}_2 \text{ reaksi 1} + \text{O}_2 \text{ reaksi 2} + \text{O}_2 \text{ reaksi 3}$$

$$+ \text{O}_2 \text{ reaksi 4} + \text{O}_2 \text{ reaksi 5} - \text{O}_2 \text{ batubara}$$

$$= 6031,666187 \text{ kg} + 12063,33237 \text{ kg} + 61,28704 \text{ kg}$$

$$+ 9805,926 \text{ kg} + 374,72647 \text{ kg} - 1218,84601 \text{ kg}$$

$$= 27118,09247 \text{ kg}$$

$$\text{Kebutuhan } O_2 \text{ sesungguhnya} = \% \text{ excess} + O_2 \text{ teoritis}$$

$$\% \text{ excess untuk batubara} = 20\%$$

$$= 20\% \times 27118,09247 \text{ kg}$$

$$O_2 \text{ sisa pembakaran} = 5423,618493 \text{ kg}$$

$$\text{Kebutuhan } O_2 \text{ sesungguhnya} = 5423,618493 \text{ kg} + 27118,09247 \text{ kg}$$

$$= 32541,71096 \text{ kg}$$

$$\text{Massa Udara/udara tersier} = \frac{\% \text{Udara}}{\% O_2 \text{ di udara}} \times \text{berat } O_2 \text{ sesungguhnya}$$

$$= \frac{100}{21} \times 32541,71096 \text{ kg}$$

$$= 154960,5284 \text{ kg}$$

$$\text{Massa } N_2 \text{ di udara} = \frac{\% N_2 \text{ di udara}}{\% O_2 \text{ di udara}} \times \text{berat } O_2 \text{ sesungguhnya}$$

$$= \frac{79}{21} \times 32541,71096 \text{ kg}$$

$$= 122418,8174 \text{ kg}$$

$$\text{Massa Total GHP} = \text{massa CO} + \text{massa CO}_2 + \text{massa CO}_2 \text{ hasil}$$

kalsinasi + massa SO₂ + massa H₂O di umpan + massa H₂O di batubara + massa H₂O di pembakaran + massa NO₂ + massa N₂ + massa O₂ sisa pembakaran

$$= (10555,41583 + 16587,08201 + 1035783,734 + 122,5741 + 35751 + 1247,12 + 5515,8336 + 538,66930 + 122418,8174 + 5423,618493) \text{ kg}$$

$$= 1233943,864 \text{ kg}$$

Tabel 4.7 Komposisi Ash Batubara Masuk SP

Komponen	% berat
SiO ₂	28,28
Al ₂ O ₃	8,24
Fe ₂ O ₃	4,23
CaO	11,00
MgO	0,65
SO ₃	-
IL	47,60
Total	100

Sumber: Lab. *Quality Control* tanggal 10 Januari 2021 Jam 17.00 WIB

Karena komponen IL tidak ikut bereaksi maka dicari komposisi baru:

$$\begin{aligned} \text{SiO}_2 &= \frac{\% \text{SiO}_2}{\% \text{Total} - \% \text{IL}} \times 100\% \\ &= \frac{28,28\%}{52,40\%} \times 100\% \\ &= 53,96946\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Al}_2\text{O}_3 &= \frac{\% \text{Al}_2\text{O}_3}{\% \text{Total} - \% \text{IL}} \times 100\% \\ &= \frac{8,23\%}{52,40\%} \times 100\% \\ &= 15,72519\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fe}_2\text{O}_3 &= \frac{\% \text{Fe}_2\text{O}_3}{\% \text{Total} - \% \text{IL}} \times 100\% \\ &= \frac{4,23\%}{52,40\%} \times 100\% \\ &= 8,072519\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CaO} &= \frac{\%CaO}{\%Total - \%IL} \times 100\% \\ &= \frac{11,00\%}{52,40\%} \times 100\% \\ &= 20,992366\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MgO} &= \frac{\%MgO}{\%Total} \times 100\% \\ &= \frac{0,65\%}{52,40\%} \times 100\% \\ &= 1,240458\% \end{aligned}$$

Tabel 4.8 Komposisi dan Berat Ash Batubara masuk SP tanpa IL

Komponen	%berat	Fraksi Massa	Berat (kg)
SiO ₂	53,96946	0.539694	582,969576
Al ₂ O ₃	15,72519	0.157251	169,861008
Fe ₂ O ₃	8,072519	0.080725	87,198066
CaO	20,99236	0.209923	226,7562
MgO	1,240458	0.012404	13,39923
Total	100.00	1.00	1080,18408

Massa pada *Kiln Feed* = massa di SP + massa di Ash

SiO₂ = 433812,6257 + 582,969576 = 434395,5952 kg

Al₂O₃ = 107473 + 169,861008 = 107643,019kg

Fe₂O₃ = 73499,8801 + 87,198066 = 73587,07817kg

CaO = CaO terbentuk + CaO Ash

= 1297690,24 + 226,7562 = 1297916,996 kg

$\text{MgO} = \text{MgO terbentuk} + \text{MgO Ash}$
 $= 14699,97602 + 13,39920 = 14713,37525 \text{ kg}$
 $\text{CaCO}_3 \text{ sisa} = 257478,2467 \text{ kg}$
 $\text{MgCO}_3 \text{ sisa} = 3429,994405 \text{ kg}$

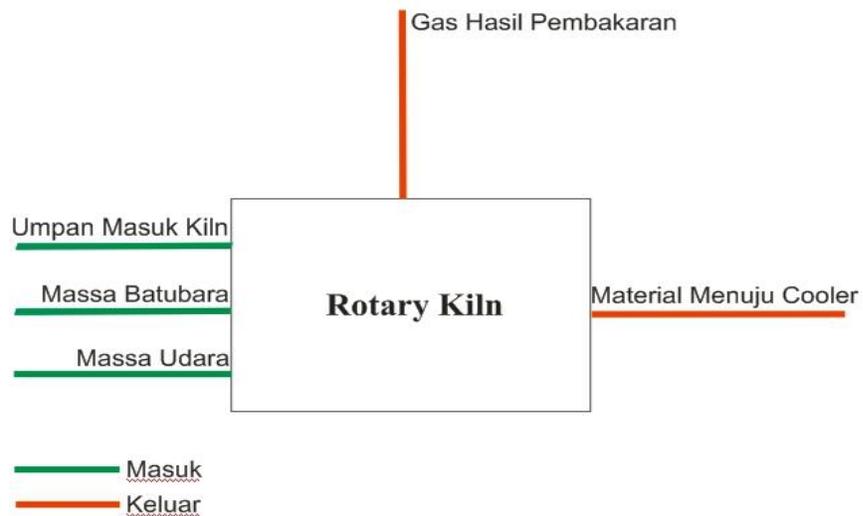
Tabel 4.9 Komposisi Massa *Kiln Feed*

Komponen	Fraksi Massa	Berat (kg)
SiO ₂	0,19842	434395,5952
Al ₂ O ₃	0,04917	107643,019
Fe ₂ O ₃	0,03361	73587,07817
CaO	0,59288	1297916,996
MgO	0,00672	14713,37525
CaCO ₃ sisa	0,11761	257478,2467
MgCO ₃ sisa	0,00156	3429,994405
Total	1.00	2189164,305

Tabel 4.10 Neraca Massa di *Suspension Preheater*

Input		Output		
Keterangan	Massa (kg)	Keterangan	Massa	
			Produk (kg)	Kehilangan (kg)
UmpanMasukSP	3575100	UmpanKeluar SP	2189164,305	
Umpan BB Masuk	8908	<i>Dust Return</i>		315480,9256
Massa UdaraMasuk	154960,5284	GHP		1233943,864
		Massa Terakumulasi		379,43
Jumlah	3738968,528	Jumlah	2189164,305	1549462,22
Total	3738968,582	Total	3738626, 52	

4.7.2 Menghitung Neraca Massa di Rotary Kiln

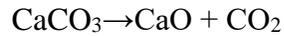


Gambar 4.2 Diagram Alir Massa di *Rotary Kiln*

Umpan masuk kiln = 2189164,305kg

Reaksi kalsinasi lanjutan CaCO_3 dan MgCO_3

Reaksi 1:

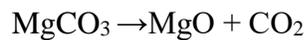


CaCO_3 sisa = 257478,2467

$$\begin{aligned} \text{CaO yang terbentuk} &= \frac{BM \text{ CaO}}{BM \text{ CaCO}_3} \times \text{berat CaCO}_3 \text{ sisa} \\ &= \frac{56 \text{ kg/kmol}}{100 \text{ kg/kmol}} \times 257478,2467 \text{ kg} \\ &= 144187,8181 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ yang terbentuk} &= \frac{BM \text{ CO}_2}{BM \text{ CaCO}_3} \times \text{berat CaCO}_3 \text{ sisa} \\ &= \frac{44 \text{ kg/kmol}}{100 \text{ kg/kmol}} \times 257478,2467 \text{ kg} \\ &= 113290,4285 \text{ kg} \end{aligned}$$

Reaksi 2:



MgCO_3 sisa = 3429,9944kg

$$\begin{aligned} \text{MgO yang terbentuk} &= \frac{BM \text{ MgO}}{BM \text{ MgCO}_3} \times \text{berat MgCO}_3 \text{ sisa} \\ &= \frac{40 \text{ kg/kmol}}{84 \text{ kg/kmol}} \times 3429,9944 \text{ kg} \\ &= 1633,330669 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{CO}_2 \text{ yang terbentuk} = \frac{BM \text{ CO}_2}{BM \text{ MgCO}_3} \times \text{berat MgCO}_3 \text{ sisa}$$

$$= \frac{44 \text{ kg/kmol}}{84 \text{ kg/kmol}} \times 3429,9944 \text{ kg}$$

$$= 1509,197538 \text{ kg}$$

Umpan batubara masuk *Kiln* = 8908 kg/jam

Berat H₂O dalam batubara = 14 %

$$= 14 \% \times 8908 \text{ kg}$$

$$= 1247,12 \text{ kg}$$

Umpan batubara kering = batubara masuk *kiln* - kandungan H₂O di
kiln

$$= 8908 \text{ kg} - 1247,12 \text{ kg}$$

$$= 7660,88 \text{ kg}$$

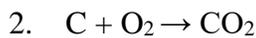
Tabel 4.11 Komposisi Batubara Masuk RK

Komponen	%berat	Fraksi Massa	Berat (kg)
C	59.05	0.5905	4523,74964
H	8.00	0.08	612,8704
N	2.14	0.0214	163,942832
O	15.91	0.1591	1218,8460
S	0.80	0.008	61,28704
Ash	14.10	0.141	1080,18408
Total	100.00	1.00	7660,88

Tabel 4.12 Komposisi Ash Batubara Masuk RK

Komponen	%berat	Fraksi Massa	Berat (kg)
SiO ₂	53,96946	0,53969	582,969576
Al ₂ O ₃	15,72519	0.15725	169,861008
Fe ₂ O ₃	8,072519	0.08072	87,198066
CaO	20,99236	0.20992	226,7562
MgO	1,240458	0.01240	13,39923
Total	100.00	1.00	1080,18408

Reaksi pembakaran batubara di RK



C yang bereaksi = 4523,74964 kg

CO₂ yang terbentuk = $\frac{BM CO}{BM C} \times \text{berat } C \text{ yang bereaksi}$

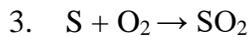
= $\frac{44 \text{ kg/kmol}}{12 \text{ kg/kmol}} \times 4523,74964 \text{ kg}$

= 16587,082 kg

O₂ yang dibutuhkan = $\frac{BM O_2}{BM C} \times \text{berat } C \text{ yang bereaksi}$

= $\frac{32 \text{ kg/kmol}}{12 \text{ kg/kmol}} \times 4523,74964 \text{ kg}$

= 12063,3324 kg



S yang bereaksi = 61,28704kg

SO₂ yang terbentuk = $\frac{BM SO_2}{BM O_2} \times \text{berat } S \text{ yang bereaksi}$

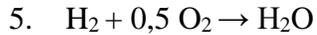
= $\frac{64 \text{ kg/kmol}}{32 \text{ kg/kmol}} \times 61,28704 \text{ kg}$

= 122,57408 kg

$$\begin{aligned}
 \text{O}_2 \text{ yang dibutuhkan} &= \frac{BM_{O_2}}{BM_{O_2}} \times \text{berat S yang bereaksi} \\
 &= \frac{32 \text{ kg/kmol}}{32 \text{ kg/kmol}} \times 61,28704 \text{ kg} \\
 &= 61,28704 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



H_2O yang terbentuk = kandungan H_2O batubara = 1247,12kg



H_2 yang bereaksi = H umpan batubara = 612,8704kg

$$\begin{aligned}
 \text{H}_2\text{O yang terbentuk} &= \frac{BM_{H_2O}}{BM_{H_2}} \times \text{berat H yang bereaksi} \\
 &= \frac{18 \text{ kg/kmol}}{2 \text{ kg/kmol}} \times 612,8704 \text{ kg} \\
 &= 5515,8336 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{O}_2 \text{ yang dibutuhkan} &= \frac{BM_{O_2}}{BM_{H_2}} \times \text{berat H yang bereaksi} \\
 &= \frac{32 \text{ kg/kmol}}{2 \text{ kg/kmol}} \times 612,8704 \text{ kg} \\
 &= 9805,9264 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



N yang bereaksi = N umpan batubara = 163,942832 kg

$$\begin{aligned}
 \text{NO}_2 \text{ yang terbentuk} &= \frac{BM_{NO_2}}{BM_N} \times \text{berat N yang bereaksi} \\
 &= \frac{46 \text{ kg/kmol}}{14 \text{ kg/kmol}} \times 163,9428 \text{ kg} \\
 &= 538,669305 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{O}_2 \text{ yang dibutuhkan} &= \frac{BM_{O_2}}{BM_N} \times \text{berat N yang bereaksi} \\
 &= \frac{32 \text{ kg/kmol}}{14 \text{ kg/kmol}} \times 163,9428 \text{ kg} \\
 &= 19,9474168 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan O_2 teoritis = O_2 reaksi 1 + O_2 reaksi 2 + O_2 reaksi 3
+ O_2 reaksi 4 - O_2 batubara

$$\begin{aligned}
&= 12063,33237 \text{ kg} + 61,28704 \text{ kg} + 9805,926 \text{ kg} \\
&\quad + 19,9474168 \text{ kg} - 1218,84601 \text{ kg} \\
&= 20731,64722 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Kebutuhan O₂ sesungguhnya = %excess + O₂ teoritis

$$\begin{aligned}
\% \text{ excess untuk batubara} &= 20\% \\
&= 20\% \times 20731,64722 \text{ kg}
\end{aligned}$$

$$\text{O}_2 \text{ sisa pembakaran} = 4146,32944 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan O}_2 \text{ sesungguhnya} &= 4146,32944 \text{ kg} + 29731,65 \text{ kg} \\
&= 24877,9767 \text{ kg}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Massa Udara} &= \frac{\% \text{Udara}}{\% \text{O}_2 \text{ di udara}} \times \text{berat O}_2 \text{ sesungguhnya} \\
&= \frac{100}{21} \times 24877,9767 \text{ kg} \\
&= 93588,5789 \text{ kg}
\end{aligned}$$

$$15\% \text{ massa udara} = 17769,9833 \text{ kg (udara primer)}$$

$$85\% \text{ massa udara} = 100696,556 \text{ kg (udara sekunder)}$$

$$\begin{aligned}
\text{Massa N}_2 \text{ di udara} &= \frac{\% \text{N}_2 \text{ di udara}}{\% \text{O}_2 \text{ di udara}} \times \text{berat O}_2 \text{ sesungguhnya} \\
&= \frac{79}{21} \times 24877,98 \text{ kg} \\
&= 93588,5789 \text{ kg}
\end{aligned}$$

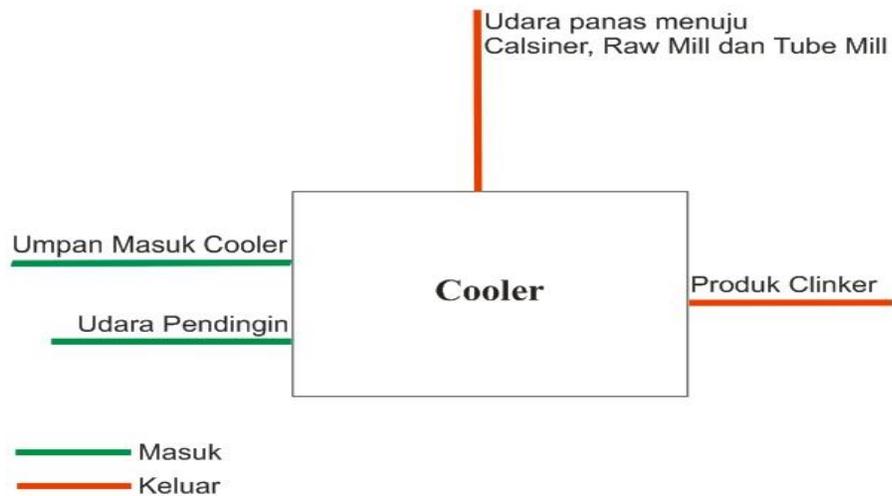
$$\begin{aligned}
\text{Massa Total GHP} &= \text{massa CO}_2 + \text{massa CO}_2 \text{ hasil kalsinasi} \\
&\quad + \text{massa SO}_2 + \text{massa H}_2\text{O di batubara} + \text{massa H}_2\text{O} \\
&\quad \text{di pembakaran} + \text{massa NO}_2 + \text{massa N}_2 + \text{massa O}_2 \\
&\quad \text{sisa pembakaran}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (16587,08201 + 111781,231 + 122,5741 + 1247,12 + \\
 &5515,8336 + 538,6693 + 93588,58 + 4146,32944) \text{ kg} \\
 &= 233527,4183 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.13 Neraca Massa di *Rotary Kiln*

Input		Output		
Keterangan	Massa (kg)	Keterangan	Massa	
			Produk (kg)	Kehilangan(kg)
Umpan Masuk <i>Kiln</i>	2189164,305	GHP		233527,4183
Umpan BB Masuk	8908	Umpan Keluar <i>Kiln</i>	2083011,442	
Massa Udara Masuk	118466,5556			
Jumlah	2316538,861	Jumlah	2083011,442	233527,4183
Total	2316538,861	Total	2316538,861	

4.7.3 Menghitung Neraca Massa di Cooler



Gambar 4.3 Diagram Alir Massa di *Cooler*

Umpan masuk *Cooler* = 2083011,442 kg

Udara masuk *Cooler*

Kapasitas *fan* pada *Cooler* = 3167 m³/min
= 379000 m³/jam

Berat jenis udara pada 30⁰C = 1,16 kg/m³

Berat udara pendingin = 379000 m³/jam x 1,16 kg/m³
= 439640 kg

Udara panas menuju
Calsiner dan *Raw Mill* = udara pendingin - (udara tersier + udara sekunder)
= (439640 - (154960,5 + 100696,6)) kg
= 183982,8994 kg

90% udara panas = 165584,6095 kg (menuju *Calsiner*)

10% udara panas = 18398,28994 kg (menuju *Raw Mill*)

Asumsi debu yang ditarikke EP 2% dari umpan masuk

Debu yang ditarik ke EP = 2% x 2083011,422 kg
= 41660,22884 kg

Asumsi efisiensi EP 95%

Clinker tersikulasi = 99% x debu yang ditarik ke EP
= 95% x 41660,32 kg
= 39577,2174 kg

Debukeluar EP = debu yang ditarik ke EP- *clinker* tersikulasi
= 41660,22884kg - 39577,2174kg
= 2083,011442 kg

$$\begin{aligned}
 \text{Clinker dingin} &= \text{umpan masuk} - \text{debu keluar EP} \\
 &= 2083011,422 \text{ kg} - 2083,011 \text{ kg} \\
 &= 2080928,431 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.14 Neraca Massa di *Cooler*

Input		Output		
Keterangan	Massa (kg)	Keterangan	Massa	
			Produk (kg)	Kehilangan (kg)
Umpan Masuk <i>Cooler</i>	2083011,422	<i>Clinker</i>	2080928,431	
Udara Pendingin	439640	Udara Panas Menuju <i>Calsiner</i> dan <i>Raw Mill</i>		183982,8994
		Udara dan Debu yang ditarik ke EP		257740,0114
Jumlah	2522651,422	Jumlah	2080928,431	441723,0114
Total	2522651,442	Total	2522651,442	

4.8 Kesimpulan dan Saran

a. Kesimpulan

Berdasarkan data komposisi dan berat material menuju *kiln system* (*suspension preheater, rotary kiln, grate cooler*) pada *Sampling Point 8* yang didapat dari Lab. Pengendali Proses dan *Centre Control Room* (CCR) tanggal 10 Januari 2021, didapat hasil neraca *input* dan neraca output sebesar 2080928,431 kg dengan jumlah produk *Clinker* sebesar 2522651,442 kg (Faktor klinker yang diperoleh sebesar 1,72)

b. Saran

Agar didapat produk dan factor klinker yang konstan dan baik, maka diperlukan peningkatkan kualitas dari segi penyediaan bahan baku, bahan bakar dan bahan adiktif, dengan cara pengujian secara menyeluruh terhadap bahan-bahan tersebut agar proses dapat terkendali dengan baik.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil-hasil yang didapatkan ketika melakukan kerja praktek di Clinker Produksi I, PT Semen Baturaja (Persero) Tbk, Pabrik Baturaja I selama \pm 1 bulan maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Bahan baku utama pembuat semen yaitu batu kapur (*limestone*) dan tanah liat (*clay*) yang diperoleh dari penambangan. Bahan baku korektif pembuat semen yaitu pasir besi dan pasir silica yang digunakan jika komposisi batu kapur dan tanah liat sebagai bahan utama kekurangan senyawa Fe_2O_3 dan SiO_2 yang diperoleh masing-masing dari PT Aneka Tambang Cilacap dan penambangan rakyat di sekitar pabrik. Bahan baku *addictive*/tambahan pembuat semen di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk yaitu gypsum dan *fly ash* yang mempunyai fungsi masing-masing untuk mengendalikan kecepatan pengerasan semen dan menambah daya tahan serta ketahanan terhadap bahan kimia pada produk yang semen dihasilkan.
2. Bahan bakar utama yang digunakan oleh PT Semen Baturaja (Persero) Tbk yaitu batubara (*coal*) yang diperoleh dari PT Bukit Asam yang digunakan saat berlangsungnya proses produksi dan *fuel oil* (solar) yang digunakan saat tahap pemanasan system (*heating up*).
3. Produk yang dihasilkan oleh PT Semen Baturaja (Persero) Tbk berupa *Ordinary Portland Cement (OPC)* dan *Portland Composite Cement (PCC)*.
4. Proses pembuatan semen oleh PT Semen Baturaja (Persero) Tbk dilakukan dengan beberapa tahap yaitu :
 - *Raw Material Preparation*
 - *Raw Meal Preparation*

- *Coal Meal Preparation* dan *Clinker Burning*
- *Cement Grinding* dan *Cement Packing*.

5. Reaksi kimia yang terjadi dalam material di *suspension preheater*:

- Penguapan H₂O bebas dari *kiln feed* (suhu 100–150°C)

$$\text{H}_2\text{O (l)} \rightarrow \text{H}_2\text{O (g)}$$
- Penguapan air kristal/hidrat yang terkandung di dalam tanah liat (suhu 100- 400 °C)

$$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
- Dekomposisi tanah liat (suhu 400-750°C)

$$\text{Al}_4(\text{OH})_8 \cdot \text{SiO}_4 \cdot \text{O}_{10} \rightarrow 2(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2) + 4\text{H}_2\text{O}$$
- Dekomposisi metakaolinit (suhu 600-900°C)

$$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{SiO}_2$$
- Penguraian garam-garam karbonat (kalsinasi)(suhu 600-1000°C)

$$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$$

$$\text{MgCO}_3 \rightarrow \text{MgO} + \text{CO}_2$$
- Pembentukan senyawa dikalsium silikat (C₂S)(suhu 800–900°C)

$$2\text{CaO} + \text{SiO}_2 \rightarrow 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$$

6. Reaksi kimia yang terjadi sampai terbentuk klinker :

- Zona kalsinasi lanjut dari CaCO₃ dan MgCO₃ (suhu 800-1000°C)

$$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$$

$$\text{MgCO}_3 \rightarrow \text{MgO} + \text{CO}_2$$
- Zona pembentukan senyawa C₂S (dikalsium silikat) (suhu 800-1200°C)

$$2\text{CaO} + \text{SiO}_2 \rightarrow 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$$
- Reaksi pembentukan senyawa C₃A (trikalsium alumina ferit) (suhu 1000-1200°C)

$$2 \text{CaO} + \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$$

$$\text{CaO} + 2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow 4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$$

- Zona pembentukan senyawa C_3S (trikalsium silikat) (suhu 1200-1400°C)



7. Semen yang dipasarkan oleh PT Semen Baturaja (Persero) Tbk dikemas dalam kemasan zak ukuran 50 kg, jumbo/big bag 1 ton dan semen curah (truk kapsul).

5.2 Saran

1. Masih banyak terdapat alat-alat utama yang mengalami kebocoran sehingga dapat mengurangi efisiensi dari alat tersebut dan memungkinkan terjadinya gangguan pada alat tersebut. Perlu dilakukan pengecekan secara berkala dan komprehensif agar kerja dari alat efektif dan mendukung terjadinya proses kontinuitas dalam proses pembuatan semen.
2. Dilakukan eksplorasi mengenai bahan alternatif lain yang digunakan, agar dapat menurunkan *cost* dan menaikkan *production rate*.
3. Menambahkan informasi pada daerah tertentu untuk menggunakan APD (Alat Pelindung Diri) guna lebih meminimalisir angka kecelakaan yang terjadi di PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk.

DAFTAR PUSTAKA

- Personalia PT Semen Baturaja (Persero) Tbk., 2017, "*Pengenalan Profil Perusahaan Untuk Calon Karyawan*", Baturaja
- Geankoplis CJ. "*Transport Process and Unit operation*". 2nd ed Allyn And Bacon Inc, USA, 1983.
- Austin, G.T., 1996. "*Proses Industri Kimia*". Erlangga, Jakarta
- Herdiansyah, Hendrik., 2017. "*Laporan Praktek Kerja PT. Holcim Indonesia Tbk. Pabrik Cilacap*", Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- Perry, R.H and Chilton, C.H., 1999, "*Perry's Chemical Engineering Handbook*", Chemichal Published Co.Inc., New York