



TUGAS AKHIR - TK 145501

PABRIK SEMEN *PORTLAND POZZOLAN* MENGGUNAKAN PROSES KERING

MUHAMMAD FATAH WIBISENO
NRP. 10411500000059

ZULAIKAH
NRP. 10411500000068

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Danawati Hari P., M.Pd

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - TK145501

**PABRIK SEMEN *PORTLAND POZZOLAN*
MENGUNAKAN PROSES KERING**

MUHAMMAD FATAH WIBISENO
NRP. 1041150000059

ZULAIKAH
NRP. 1041150000068

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Danawati Hari P., M.Pd

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - TK145501

**PORTLAND POZZOLAN CEMENT USING
DRYING PROCESS**

**MUHAMMAD FATAH WIBISENO
NRP. 10411500000059**

**ZULAIKAH
NRP. 10411500000068**

**Supervisor :
Prof. Dr. Ir. Danawati Hari P., M.Pd**

**DEPARTMENT OF INDUSTRIAL CHEMICAL ENGINEERING
Faculty of Vocational
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2018**

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL :
PABRIK SEMEN *PORTLAND POZZOLAN* MENGGUNAKAN PROSES KERING

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Departemen Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh

Muhammad Fatah Wibiseno
Zulaikah

(NRP 1041150000059)
(NRP 1041150000068)

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Danawati Hari Prajitno, M.Pd.
NIP. 19510729 198603 2 001

Mengetahui,

Kepala Departemen Teknik Kimia Industri
FV-ITS



SURABAYA, 23 JULI 2018

LEMBAR REVISI

Telah diperiksa dan disetujui sesuai dengan hasil ujian tugas akhir pada tanggal 4 Juli 2018 untuk tugas akhir dengan judul “**Pabrik Semen Portland Pozzolan Menggunakan Proses Kering**”, yang disusun oleh :

Muhammad Fatah Wibiseno
Zulaikah

(NRP 1041150000059)
(NRP 1041150000068)

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT.



2. Ir. Budi Setiawan, MT.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Danawati Hari Prajitno, M.Pd.



SURABAYA, 23 JULI 2018

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan bagi seluruh alam. Hanya dengan Rahmat dan Hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir kami yang berjudul **Pabrik Semen Portland Pozzolan Menggunakan Proses Kering**. Tugas akhir ini disusun sebagai tugas yang harus ditempuh dan diselesaikan di akhir semester ini sebagai persyaratan kelulusan Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan serta bimbingan hingga terselesaikannya Tugas Akhir yang telah penulis buat, antara lain kepada :

1. Bapak Ir. Agung Subyakto M.S, selaku Ketua Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Danawati Hari Prajitno, M.Pd. selaku pembimbing yang selalu mengawasi dan membantu dalam menyelesaikan tugas akhir.
3. Ibu Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT selaku dosen penguji tugas akhir Departemen Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Bapak Ir. Budi Setiawan, MT selaku dosen penguji tugas akhir Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
5. Ibu Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT selaku Dosen Wali kami di kampus Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
6. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

7. Kedua orang tua kami dan orang terdekat yang selalu mendukung dan memberikan baik moril maupun materil yang tak ternilai harganya.
8. Rekan – rekan seperjuangan angkatan 2015 atas kerjasamanya selama menuntut ilmu di Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penyusun berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua dan kami menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan.

Surabaya, 21 Juli 2017

Penyusun

Pabrik Semen *Portland Pozzolan* Menggunakan Proses Kering

Nama Mahasiswa : Muhammad Fatah Wibiseno 1041150000059
Zulaikah 1041150000068
Program Studi : Departemen Teknik Kimia Industri
Dosen pembimbing : Prof. Dr.Ir. Danawati Hari Prajitno, M.Pd.

ABSTRAK

Industri semen merupakan salah satu industri yang berkembang sangat pesat seiring dengan pertumbuhan pembangunan di Indonesia. Hampir semua pembangunan membutuhkan semen sebagai bahan perekatnya. Pada umumnya terdapat beberapa jenis semen yang berada dipasaran, salah satunya adalah Semen Portland Pozzolan. Semen portland pozzolan adalah semen yang terbuat dari campuran homogen semen portland bersamaan dengan bahan yang mempunyai sifat pozzolan.

Proses pembuatan semen yang terpilih adalah proses kering. Pada proses penyiapan bahan baku batu kapur dan tanah liat, Di Crusher batu kapur ini dipecah oleh Hammer dan tanah liat melewati clay cutter sehingga terjadi size reduction. Material yang berupa pasir silika, pasir besi dan mix pile keluar dari binnya dan diumpankan pada raw mill. Produk dari raw mill akan dialirkan ke preheater, lalu diumpankan ke dalam kiln dengan suhu masuk 855 °C. Di dalam kiln akan mengalami proses pembakaran dengan suhu 1250-1450 °C, sehingga menghasilkan senyawa clinker yang akan mengalami pendinginan di dalam clinker cooler. Proses penggilingan akhir dimulai dari proses penyiapan bahan tambahan yaitu gypsum dan fly ash yang akan diumpankan ke dalam ball mill menjadi semen yang berukuran 325 mesh.

Pabrik semen beroperasi secara continuous selama 300 hari/tahun memiliki kapasitas 1.500.000 ton/tahun dan membutuhkan bahan baku batu kapur sebesar 5.845.890,98 kg/hari, tanah liat 649.543,44 kg/hari, pasir silica 649.543,44 kg/hari dan pasir besi 72.171,49 kg/hari.

Kata kunci : Semen, Fly Ash, Batu kapur, Tanah liat

Portland Pozzolan Cement Using Drying Process

Students name : Muhammad Fatah Wibiseno 10411500000059
Zulaikah 10411500000068
Department : Industrial Chemical Engineering Department
Supervisor : Prof. Dr.Ir. Danawati Hari Prajitno, M.Pd.

ABSTRACT

The cement industry is one of the fastest growing industries in line with the growth of development in Indonesia. Almost all development requires cement as its adhesive material. In general there are several types of cement in the market, one of which is Portland Pozzolan Cement. Portland pozzolan cement is a cement made from a homogeneous mixture of portland cement together with ingredients that have pozzolan properties.

The process of making the cement selected is dry process. In the process of preparing raw materials of limestone and clay, Crusher limestone is broken down by Hammer, and clay through clay cutter resulting in size reduction. Material in the form of silica sand, iron sand and mix pile out of the bin and fed to the raw mill. The raw mill product will be flown to the preheater, then fed into the kiln with an 855 °C entry temperature. Inside the kiln will experience the combustion process with a temperature of 1250-1450 °C, resulting in clinker compounds that will cool down in the clinker cooler. The final milling process starts from the preparation process of additional materials is gypsum and fly ash which will be fed into the ball mill into a cement size of 325 mesh.

The cement plant operates continuously for 300 days / year with a capacity of 1,500,000 tons / year and requires limestone raw materials of 5,845,890.98 kg / day, clay 649,543.44 kg / day, silica sand 649,543.44 kg / day and iron sand 72,171.,49 kg / day.

Keywords: Cement, Fly Ash, Limestone, Clay

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR GRAFIK	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	
2.1 Latar Belakang.....	I-1
2.2 Dasar Teori.....	I-13
2.3 Sifat Fisika dan Kimia.....	I-19
2.4 Kegunaan semen <i>Portland pozzolan</i>	I-25
BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES	
2.1 Macam Proses Pembuatan Semen Secara Umum.....	II-1
2.2 Selesksi Proses.....	II-4
2.3 Uraian Proses Terpilih.....	II-6
BAB III NERACA MASSA	
3.1 %Berat Bahan Baku Semen.....	III-1
3.2 Komposisi %Berat Batu Kapur.....	III-1
3.3 Komposisi %Berat Tanah Liat.....	III-2
3.4 <i>Crusher</i> (C-110).....	III-2
3.5 <i>Clay Cutter</i> (C-130).....	III-3
3.6 <i>Belt Conveyor</i> (J-212A).....	III-3
3.7 <i>Bucket Elevator</i> (J-213A).....	III-5
3.8 <i>Raw Mill</i> (C-210).....	III-5
3.9 <i>Cyclone</i> (H-215).....	III-6
3.10 <i>Electrostatic Precipitator</i> (H-216).....	III-7
3.11 <i>Blending Silo</i> (M-220).....	III-8
3.12 <i>Preheater</i> (B-313).....	III-9
3.13 <i>Rotary Kiln</i> (B-310).....	III-10
3.14 <i>Clinker cooler</i> (B-314).....	III-11
3.15 <i>Ball Mill</i> (C-410).....	III-12
3.16 <i>Screen</i> (H-418).....	III-13

BAB IV NERACA PANAS

- 4.1 Neraca Panas pada *Raw mill* (C-210)..... IV-1
- 4.2 Neraca Panas pada *Preheater* (B-313)..... IV-1
- 4.3 Neraca Panas pada *Rotary Kiln* (B-310)..... IV-2
- 4.4 Neraca Panas pada *Cooler* (B-314)..... IV-2

BAB V SPESIFIKASI ALAT

- 5.1 Crusher (C-110) V-1
- 5.2 Belt Conveyor (J-212A)..... V-1
- 5.3 Bucket Elevator (J-213A) V-2
- 5.4 Rotary (B-310) V-2
- 5.5 Clinker Storage (F-316) V-3
- 5.6 Raw Mill (C-210)..... V-3
- 5.7 Cyclone (H-215) V-3
- 5.8 Ball Mill (C-410) V-4
- 5.9 Screen (H-418)..... V-4
- 5.10 Clinker Cooler (B-314) V-5

BAB VI UTILITAS

- VI.1 Penyediaan Air VI-1
- VI.2 Penyediaan Tenaga Listrik..... VI-4
- VI.3 Penyediaan Bahan Bakar VI-5

BAB VII KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

- VII.1 Pendahuluan VII-1
- VII.2 Sebab-sebab timbulnya kecelakaan VII-2
- VII.3 Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada unit VII-3
- VII.4 Alat Keselamatan Kerja..... VII-6
- VII.5 Alat Keselamatan Kerja Pada Tiap unit VII-8
- VII.6 Hal yang harus diperhatikan dalam pabrik VII-8

BAB VIII INSTRUMENTASI

- VIII.1 Instrumentasi VIII-1
- VIII.2 Tujuan Alat Instrumentasi VIII-2
- VII.5 Pengendalian Proses Pada Pabrik VII-4

BAB IX PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA

- VI.1 Pengolahan Limbah pada Industri secara umum .. IX-1
- VI.2 Pengolahan Limbah pada Pabrik Semen..... IX-4

BAB X KESIMPULAN	X-1
DAFTAR NOTASI.....	xi
DAFTAR PUSTAKA.....	xii
LAMPIRAN :	
APPENDIKS A NERACA MASSA.....	A-1
APPENDIKS B NERACA PANAS	B-1
APPENDIKS C SPESIFIKASI ALAT	C-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Pendirian Pabrik	I-12
Gambar 2.1 Proses basah dalam pembuatan semen.....	II-2
Gambar 2.2 Proses kering dalam pembuatan semen	II-4

DAFTAR GRAFIK

Grafik I.1	Ekspor Semen.....	I-8
Grafik I.2	Impor Semen	I-9
Grafik I.3	Produksi Semen.....	I-10

DAFTAR TABEL

Tabel I.1 Data Kebutuhan Semen di Indonesia	I-5
Tabel I.2 Data Ekspor, Impor dan Produksi Semen di Indonesia	I-6
Tabel I.3 Peta Persebaran Produsen Semen di Indonesia..	I-7
Tabel I.4 Komposisi Batu Kapur.....	I-19
Tabel I.5 Sifat Fisika dan Kimia batu kapur	I-20
Tabel I.6 Komposisi Tanah Liat secara umum.....	I-20
Tabel I.7 Sifat Fisika dan Kimia Tanah Liat	I-21
Tabel I.8 Komposisi <i>Gypsum</i>	I-21
Tabel I.9 Sifat Fisika dan Kimia <i>Gypsum</i>	I-21
Tabel I.10 Komposisi Pasir Silika.....	I-22
Tabel I.11 Sifat Fisika dan Kimia Pasir Silika	I-22
Table I.12 Komposisi Pasir Besi	I-23
Table I.13 Sifat Fisika dan Kimia Pasir Besi	I-23
Table I.14 Komposisi <i>Fly Ash</i> PJB Paiton	I-24
Table I.15 Sifat Fisika dan Kimia <i>Fly Ash</i>	I-24
Table I.16 Sifat Fisika dan Kimia Semen <i>Portland</i>	I-25

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

1.1.1 Sejarah

Semen merupakan material perekat untuk kerikil (agregat kasar), pasir, batubata, dan material sejenis lainnya. Material semen telah banyak digunakan sejak zaman Yunani, Romawi, dan Mesir kuno. Sebagian monumen dan bangunan peninggalan sejarah yang masih ada, merupakan bukti bahwa material semen telah digunakan sejak zaman dulu. Pada masa itu, hanya mengandalkan bahan perekat berupa *gypsum*, batu kapur, gamping, dan abu vulkanik atau pozzolan untuk merekatkan batu-batu raksasa. Dengan kemampuannya tersebut, berdirilah bangunan fenomenal, seperti Candi Borobudur, Candi Prambanan di Indonesia, dan tembok besar di Cina (*Great Wall*).

Sebelum mencapai bentuk seperti sekarang, perekat dan penguat bangunan ini awalnya merupakan hasil percampuran batu kapur dan abu vulkanis. Kedua bahan ini akan aktif setelah melalui proses pembakaran. Konon, campuran tersebut pertama kali ditemukan di zaman Kerajaan Romawi, tepatnya di Pozzuoli, dekat teluk Napoli, Italia. Campuran bahan perekat itu kemudian dinamakan pozzoulana. Kata semen sendiri berasal dari bahasa latin, yaitu *caementum*, yang artinya “memotong menjadi bagian-bagian kecil yang tidak beraturan”. Meski sempat populer di zamannya, campuran semen ini tidak berumur panjang, menyusul runtuhnya Kerajaan Romawi. Hingga abad pertengahan (1100 – 1500 M) resep ramuan pozzoulana sempat menghilang dari peredaran.

Pada abad ke-18, John Smeaton, seorang insinyur asal Inggris menemukan kembali ramuan kuno yang berkhasiat luar biasa ini. Ia membuat adonan dengan memanfaatkan campuran batu kapur dan tanah liat saat membangun menara suar Eddystone di lepas pantai Cornwall, Inggris. Namun, bukan Smeaton yang akhirnya mematenkan cikal bakal semen ini. Ia adalah Joseph



BAB I Pendahuluan

Aspdin, seorang insinyur berkebangsaan Inggris yang pertama kali mengurus hak paten untuk ramuan semen ini pada tahun 1824. Hasil temuannya dinamakan semen Portland. Dinamai “Semen Portland” karena warna hasil olahannya mirip dengan tanah liat yang sering dijumpai di Pulau Portland, Inggris. Hasil rekayasa Aspdin inilah yang sekarang banyak dijumpai di toko-toko bangunan. Sebenarnya, ramuan Aspdin tidak jauh beda dengan Smeaton. Dia tetap mengandalkan dua bahan utama, yaitu batu kapur sebagai sumber kalsium karbonat dan tanah lempung yang banyak mengandung silika, aluminium oksida, serta oksida besi. Kemudian tahun 1845 Isaac Johnson melakukan penelitian lanjutan mengenai semen dan hasilnya sangat berperan dalam pengembangan industri semen modern (*Hidayat, 2009*).

Industri semen merupakan salah satu industri yang berkembang sangat pesat seiring dengan pertumbuhan pembangunan di Indonesia. Hampir semua pembangunan membutuhkan semen sebagai bahan perekatnya. Pada umumnya terdapat beberapa jenis semen yang berada dipasaran, salah satunya adalah Semen Portland Pozzolan. Semen portland pozzolan adalah semen yang terbuat dari campuran homogen semen portland bersamaan dengan bahan yang mempunyai sifat pozzolan.

Pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina, yang tidak mempunyai sifat semen, akan tetapi dalam bentuk halus dan dengan adanya air dapat menjadi suatu massa padat yang tidak larut dalam air (*Tjokrodimuljo, 1996*).

Menurut Gunawan (2000), pozzolan terdiri dari dua jenis, yaitu :

1. Pozzolan alam : Bahan alam yang merupakan sedimentasi dari abu atau lahar gunung yang mengandung silika aktif, yang bila bercampur dengan kapur akan terjadi proses sementasi.
2. Pozzolan buatan : Bahan yang terdapat dari sisa pembakaran dari tungku maupun pemanfaatan limbah yang diolah menjadi abu yang mengandung silika aktif dengan proses pembakaran, seperti abu terbang (*fly ash*), silika fume, dan lain-lain.



Abu terbang (*fly ash*) adalah bagian dari sisa pembakaran batubara pada boiler pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk partikel halus amorf dan bersifat Pozzolan yang dapat bereaksi dengan kapur pada suhu kamar dengan media air membentuk senyawa yang bersifat mengikat (Maryoto, 2008).

Komponen utama dari abu terbang batu bara yang berasal dari pembangkit listrik adalah silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), Besi oksida (Fe_2O_3), Kalsium (CaO) dan sisanya adalah magnesium, potassium, titanium dan belerang dalam jumlah yang sedikit. Rumus empiris abu terbang batu bara adalah : $\text{Si}_{1,0}\text{Al}_{0,45}\text{Ca}_{0,51}\text{Na}_{0,047}\text{Fe}_{0,039}\text{Mg}_{0,020}\text{K}_{0,013}\text{Ti}_{0,011}$ (Haikal, 2014).

Menurut ASTM C618 *fly ash* dibagi menjadi dua kelas yaitu *fly ash* kelas F dan kelas C. Perbedaan utama dari kedua ash tersebut adalah banyaknya kalsium, silika, aluminium dan kadar besi di ash tersebut. Walaupun kelas F dan kelas C sangat ketat ditandai untuk digunakan *fly ash* yang memenuhi spesifikasi ASTM C618, namun istilah ini lebih umum digunakan berdasarkan asal produksi batubara atau kadar CaO . Yang penting diketahui, bahwa tidak semua *fly ash* dapat memenuhi persyaratan ASTM C618, kecuali pada aplikasi untuk beton, persyaratan tersebut harus dipenuhi.

Fly ash kelas F merupakan *fly ash* yang diproduksi dari pembakaran batubara anthracite atau bituminous, mempunyai sifat pozzolanic dan untuk mendapatkan sifat cementitious harus diberi penambahan *quick lime*, *hydrated lime*, atau semen. *Fly ash* kelas F ini kadar kapurnya rendah ($\text{CaO} < 10\%$). Sedangkan, *Fly ash* kelas C diproduksi dari pembakaran batubara lignite atau sub-bituminous selain mempunyai sifat pozzolanic juga mempunyai sifat self-cementing (kemampuan untuk mengeras dan menambah kekuatan apabila bereaksi dengan air) dan sifat ini timbul tanpa penambahan kapur. Biasanya mengandung kapur ($\text{CaO} > 20\%$) (Always, 2014).



1.1.2 Alasan Pendirian Pabrik

Perkembangan dalam sektor pembangunan memicu tingginya kebutuhan semen yang berpengaruh pada peningkatan produktifitas. Peningkatan produktifitas yang tinggi akan berdampak pada peningkatan biaya produksi dan eksploitasi alam yang terus - menerus. Kondisi tersebut akan berpengaruh pada kesediaan bahan baku maupun bahan aditif dalam produksi semen dimasa yang akan datang. Bila hal ini terus dilakukan maka suatu saat produksi semen dapat terhenti. Merujuk pada masalah tersebut, maka diperlukan bahan aditif alternatif untuk proses pembuatan semen. Salah satu bahan yang dapat dijadikan bahan aditif dalam pembuatan semen adalah *fly ash*.

Pemanfaatan limbah abu terbang batubara menjadi bahan aditif semen merupakan salah satu cara dalam mengatasi limbah yang dihasilkan. Abu terbang yang dihasilkan dari PLTU di Paiton, Jawa Timur mencapai 1.000.000 ton/tahun. Melihat begitu banyaknya jumlah limbah abu terbang yang dihasilkan maka masalah yang timbul adalah bagaimana memanfaatkan limbah tersebut agar tidak mencemari lingkungan dan bila perlu limbah tersebut menjadi sesuatu yang bernilai ekonomis (*Andoyo, 2006*).

1.1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku untuk memproduksi semen adalah batu kapur dan tanah liat. Batu kapur merupakan salah satu potensi batuan yang banyak terdapat di Indonesia menyebar dari barat ke timur mulai dari pegunungan di Jawa Tengah hingga ke Jawa Timur, Madura, Sumatra, dan Irian Jaya. Ketersediaan batuan kapur yang melimpah dapat dikatakan 3,5 - 4% elemen di bumi adalah kalsium, dan 2% terdiri dari magnesium. Data secara umum jumlah batu kapur Indonesia mencapai 28,678 milyar ton, dengan perincian 61,376 juta ton sebagai cadangan terunjuk (*probable*) dan 28,616 juta ton sebagai cadangan terka (*Possible*). Sebagian besar cadangan batu kapur berada di Sumatra Barat dengan jumlah cadangan sekitar 23,23 milyar ton atau hampir 81,02 % dari cadangan keseluruhan di Indonesia (*Madiadipoera, 1990*).



Menurut Dinas Pertambangan dan Energi, cadangan batu kapur yang tersebar di Jawa Timur adalah sebesar 176.058.656.546,66 ton seperti di kabupaten Tuban, Lamongan, Bangkalan dan lain-lain. Cadangan batu kapur yang tersedia di Bangkalan sebesar 149 juta ton atau hampir 84,73 % dari total cadangan keseluruhan di Jawa Timur.

1.1.4 Kebutuhan

Kebutuhan masyarakat terhadap semen dari tahun ke tahun selalu menunjukkan peningkatan. Peringkat penggunaannya di dunia adalah kedua setelah air sehingga semen memegang peranan penting terhadap peradaban. Sebagai akibatnya, kebutuhan akan semen Portland akan terus meningkat. Dengan demikian, perlu adanya peningkatan kapasitas produksi semen di Indonesia yang sudah beroperasi. Berikut ini adalah data kebutuhan semen di Indonesia selama tujuh tahun terakhir.

Tabel 1.1 Data Kebutuhan Semen di Indonesia

Tahun	Kebutuhan (ton)
2009	38.056.859,4
2010	37.296.720,4
2011	44.109.022,7
2012	54.979.415,6
2013	58.776.174,7
2014	63.163.162
2015	60.317.963,22

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2017)

1.1.5 Aspek Pasar

Dewasa ini perkembangan pembangunan di Indonesia semakin meningkat. Menurut artikel Kementerian Perindustrian Republik Indonesia akibat terjadinya peningkatan pembangunan maka permintaan terhadap kebutuhan semen juga mengalami peningkatan bahkan konsumsi semen mencapai 48 juta ton pada tahun 2011 atau naik 17,7% dari tahun 2010. Kebutuhan permintaan semen yang tinggi tidak diimbangi dengan adanya



BAB I Pendahuluan

produksi semen yang berimbang sehingga Indonesia masih menggunakan semen impor untuk memenuhi kebutuhan pembangunan di Indonesia. Dengan demikian, potensi pasar dalam negeri untuk produk semen masih besar.

1.1.6 Penentuan Kapasitas Pabrik

Dalam penentuan kapasitas Pabrik Semen *Portland Pozzolan* Menggunakan Proses Kering didasarkan pada data impor, ekspor dan produksi semen pada tahun 2009-2017. Berikut ini adalah data impor, ekspor dan produksi semen pada tahun 2009-2017.

Tabel 1.2 Data Ekspor, Impor dan Produksi Semen di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton)			
	Ekspor	Impor	Produksi	Kebutuhan
2009	4.103.466,221	1.515.840,4	36.906.432	38.056.859,4
2010	2.396.137,138	1.849.190,4	37.843.667	37.296.720,4
2011	1.796.692,874	1.909.869,7	43.995.846	44.109.022,7
2012	278.358,95	3.335.813,6	51.921.961	54.979.415,6
2013	1.000.149,155	3.725.045,7	56.051.278	58.776.174,7
2014	575.810,756	4.056.438	59.682.535	63.163.162
2015	1.223.840,145	3.357.265,3	58.184.538	60.317.963,2
2016	2.082.116,2	894.857	-	-
2017	2.885.335,715	-	-	-

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2017)

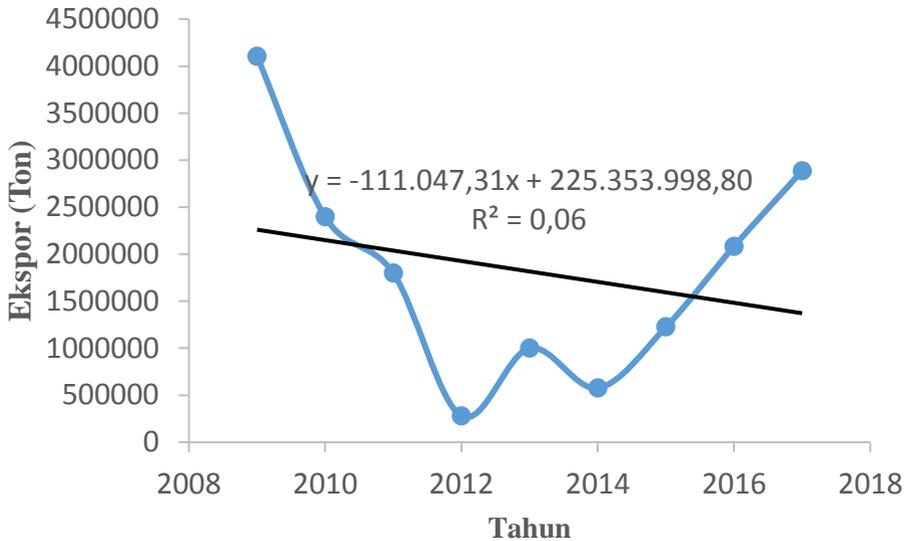


Selain itu, penentuan kapasitas pabrik semen mengacu pada pabrik semen yang sudah ada di Indonesia. Berikut adalah data kapasitas pabrik semen yang ada di Indonesia:

Tabel 1.3 Peta Persebaran Produsen Semen di Indonesia

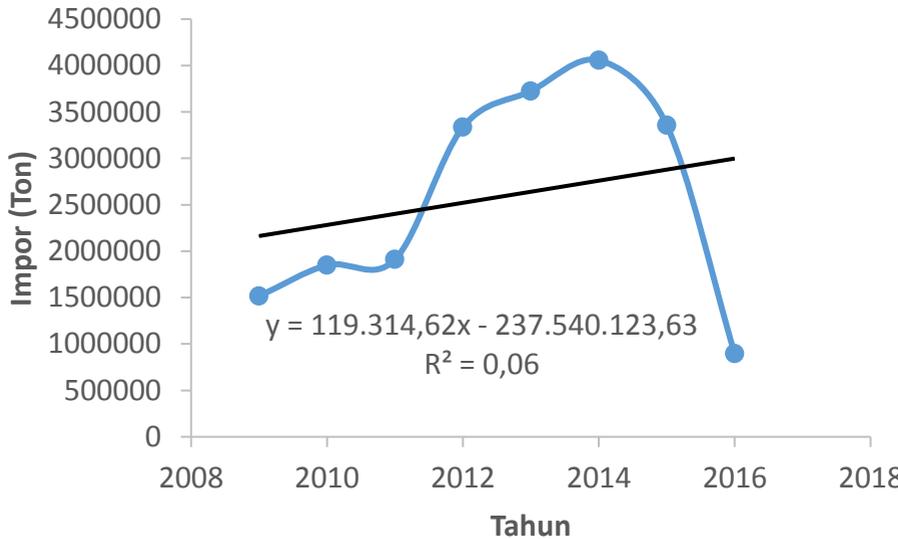
Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas Produksi (ton/thn)
PT. Lafarge Cement Indonesia	Kota Medan, Sumatera Utara	3.200.000
PT. Semen Padang	Indarung, Sumatera Barat	9.257.000
PT. Semen Baturaja	Palembang, Sumatera Selatan	2.700.000
PT. Indocement Tunggal Prakarsa	Citeureup, Kab.Bogor, Jawa Barat Palimanan, Jawa Barat Batulicin, Kalimantan Selatan	23.100.000
PT. Holcim Indonesia	Narogong, Jawa Barat Cilacap, Jawa Tengah Tuban, Jawa Timur	10.700.000
PT. Semen Gresik	Gresik, Jawa Timur Tuban, Jawa Timur Rembang, Jawa Tengah	13.120.000
PT. Semen Tonasa	Kab. Pangkep, Sulawesi Selatan	7.147.000
PT. Semen Bosowa Maros	Kab. Maros, Sulawesi Selatan	5.500.000
PT. Semen Kupang	Kupang, NTT	570.000
PT. Semen Andalas Indonesia	Lokh Nga, NAD	3.200.000

(Sumber : Kemenperin)



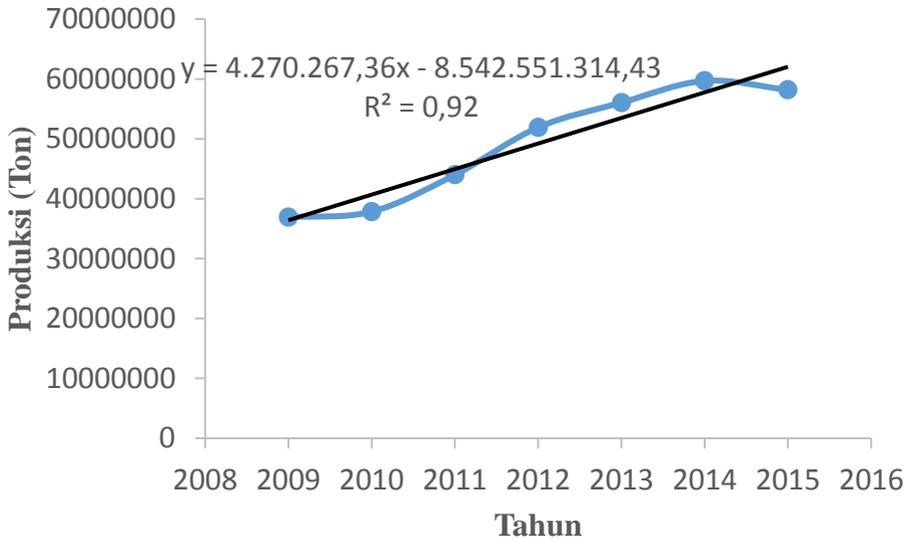
Grafik 1.1 Ekspor Semen

Dari grafik I.1 diperoleh persamaan $y = -111.047,31 x + 225.353.998,80$ dimana x , menunjukkan tahun tertentu dan y merupakan ekspor pada tahun x . Dari persamaan diatas, dapat digunakan untuk memperkirakan ekspor semen pada tahun 2020. Kapasitas ekspor pada tahun 2020 sebesar 1.038.432,6 ton/tahun.



Grafik 1.2 Impor Semen

Dari grafik I.2 diperoleh persamaan $y = -119.314,62 x - 273.540.123,63$ dimana x , menunjukkan tahun tertentu dan y merupakan impor pada tahun x . Dari persamaan diatas, dapat digunakan untuk memperkirakan impor semen pada tahun 2020. Kapasitas impor pada tahun 2020 sebesar 3.475.408,77 ton/tahun.



Grafik 1.3 Produksi Semen

Berdasarkan grafik di atas, dapat dihitung perkiraan impor, ekspor, dan produksi semen pada tahun 2020.

Perkiraan Ekspor pada tahun 2020 :

$$\begin{aligned}
 Y &= -111.047,31 x + 225.353.998,80 \\
 &= -111.047,31 (2020) + 225.353.998,80 \\
 &= 1.038.432,6 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Perkiraan Impor pada tahun 2020 :

$$\begin{aligned}
 Y &= 119.314,62 x - 237.540.123,63 \\
 &= 119.314,62 (2020) - 237.540.123,63 \\
 &= 3.475.408,77 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Perkiraan Produksi pada tahun 2020 :

$$\begin{aligned}
 Y &= 4.270.267,36 x - 8.542.551.314,43 \\
 &= 4.270.267,36 (2020) - 8.542.551.314,43 \\
 &= 83.388.752,77 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$



Kebutuhan semen pada tahun 2020 :

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan} &= (\text{Produksi} + \text{Impor}) - \text{Ekspor} \\ &= (83.388.752,77 + 3.475.408,77) - 1.038.432,6 \\ &= 85.825.728,94 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Produksi} &= 2\% \times \text{kebutuhan} \\ &= 2\% \times 85.825.728,94 \\ &= 1.716.514,579 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Berdasarkan kebutuhan tersebut, maka kapasitas produksi pabrik semen yang akan didirikan sebesar 1.500.000 ton/tahun mengacu pada kapasitas pabrik semen yang sudah ada di Indonesia.

1.1.7 Penentuan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik akan sangat menentukan kelangsungan dan perkembangan suatu industri. Pabrik semen ini rencananya akan dibangun di Kabupaten Bangkalan, Jawa Timur. Secara teoritis, pemilihan lokasi pabrik didasarkan pada beberapa faktor, yaitu :

1. Sumber bahan baku

Pertimbangan pertama dalam mendirikan pabrik ini adalah ketersediaan dan kemudahan dalam mendapatkan bahan baku. Dalam hal ini, Jawa Timur memiliki batu kapur ratusan juta ton dimana 82,64 % nya terdapat di Bangkalan. Sedangkan *Fly ash* didapatkan dari limbah Pembangkit Listrik Jawa-Bali yang berada di Paiton, Jawa Timur.

2. Letak

Secara geografis, Kabupaten Bangkalan terletak diantara koordinat 112°04'06" - 113°08'04" Bujur Timur serta 6°51'39" - 7°11'39" Lintang Selatan. Lokasi Bangkalan yang sangat strategis dekat dengan jembatan Suramadu cocok untuk mendistribusikan semen melalui jalur darat. Dilihat dari letaknya yang dekat dengan laut sangat menguntungkan untuk pemasaran produk baik impor maupun ekspor.



Gambar 1.1 Lokasi Pendirian Pabrik

3. Sarana Transportasi
Sarana dan prasarana transportasi sangat diperlukan untuk proses penyediaan bahan baku dan pendistribusian produk. Dengan adanya jembatan Suramadu akan memudahkan akses transportasinya.
4. Tenaga Kerja
Tersedianya tenaga kerja yang kompeten juga sangat diperlukan untuk menjalankan proses produksi. Untuk tenaga kerja dengan kualitas tertentu dapat dengan mudah diperoleh meski tidak dari daerah setempat. Sedangkan untuk tenaga buruh diambil dari daerah setempat atau dari para pendatang pencari kerja.



5. Penyediaan Utilitas

Fasilitas utilitas meliputi penyediaan air, bahan bakar dan listrik. Kebutuhan listrik dapat dipenuhi dengan listrik dari PLN (Perusahaan Listrik Negara). Untuk sarana penyediaan air dapat diperoleh dari air sungai setempat

1.2 Dasar Teori

1.2.1 Batu Kapur

Batu kapur ialah jenis batuan sedimen yang mengandung senyawa karbonat. Batu kapur merupakan sumber utama oksida kapur (CaO) yang berasal dari CaCO_3 . Batu kapur juga mengandung sebagian kecil oksida-oksida lain. Pada umumnya batu kapur yang banyak terdapat adalah batu kapur yang mengandung kalsit. Batu kapur memiliki warna putih, putih kekuningan, abu-abu hingga hitam. Pembentukan warna ini tergantung dari campuran yang ada dalam batu kapur tersebut, misalnya : lempung, kwarts, oksida besi, mangan dan unsur organik. Batu kapur terbentuk dari sisa-sisa kerang di laut maupun dari proses presipitasi kimia. Berat jenis batu kapur berkisar 2,6 - 2,8 gr/cm^3 , dalam keadaan murni dengan bentuk kristal kalsit (CaCO_3), sedangkan berat volumenya berkisar 1,7 - 2,6 gr/cm^3 (Boggs, 1987).

Batu kapur murni digunakan sebagai bahan baku dalam pengolahan kaca, kalsinasi dan beberapa kapur digunakan dalam pengolahan dari campuran struktural semen. Batu kapur digunakan dalam pembuatan bubuk pemucat dimana digunakan dalam bidang tekstil dan kertas gulung. Sekarang batu kapur banyak digunakan sebagai bahan baku semen Portland.

1.2.2 Tanah Liat

Tanah Liat atau lempung merupakan partikel mineral berkerangka dasar silikat yang berdiameter kurang dari 4 milimeter. Lempung mengandung leburan silika dan/atau aluminium yang halus. Tanah liat mengandung silika, oksigen dan aluminium. Lempung terbentuk oleh proses pelapukan batuan



BAB I Pendahuluan

silika oleh asam karbonat dan sebagian dihasilkan dari aktivitas panas bumi. Lempung membentuk gumpalan keras saat kering dan lengket apabila basah terkena air. Sifat ini ditentukan oleh jenis mineral lempung yang mendominasinya. Mineral lempung digolongkan berdasarkan susunan lapisan oksida silikon dan oksida aluminium yang membentuk kristalnya (*Mahida, 1984*).

Tanah liat atau lempung akan menjadi sangat keras dalam keadaan kering, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Tanah liat atau lempung mempunyai sifat permeabilitas sangat rendah dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Lempung atau tanah liat adalah suatu silika hidraaluminium yang kompleks dengan rumus kimia $Al_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot kH_2O$ dimana n dan k merupakan nilai numerik molekul yang terikat dan bervariasi untuk masa yang sama. Mineral lempung mempunyai daya tarik menarik individual yang mampu menyerap 100 kali volume partikelnya, ada atau tidaknya air (selama pengeringan) dapat menghasilkan perubahan volume dan kekuatan yang besar. Partikel-pertikel lempung juga mempunyai tenaga tarik antar partikel yang sangat kuat. Tanah liat itu sendiri terdiri dari tanah liat primer dan tanah liat sekunder (*Terzhagi, 1987*).

Menurut Budiyanto (2008), Tanah liat primer adalah jenis tanah liat yang dihasilkan dari pelapukan batuan feldspatik oleh tenaga endogen yang tidak berpindah dari batuan induk (batuan asalnya). Suhu pembakarannya berkisar antara $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$, bahkan ada yang mencapai $1750\text{ }^{\circ}\text{C}$ yang termasuk tanah liat primer antara lain seperti kaolin, bentonite, feldspatik, kwarsa, dan dolomite yang biasanya terdapat di tempat-tempat yang lebih tinggi dari pada letak tanah sekunder. Pada umumnya batuan keras seperti basalt dan andesit akan memberikan warna merah alami pada lempung sedangkan granit akan memberikan warna putih alami pada lempung. Mineral kwarsa dan alumina dapat digolongkan sebagai jenis dari tanah liat primer karena merupakan hasil samping tanah liat kaolinit yang terbentuk dari pelapukan batuan feldspatik.



Tanah liat sekunder atau tanah sedimen (endapan) adalah jenis tanah liat hasil pelapukan batuan feldspatik yang berpindah jauh dari batuan induknya karena adanya tenaga eksogen yang menyebabkan butiran-butiran tanah liat lepas dan mengendap pada daerah rendah seperti lembah sungai, tanah rawa, tanah marine, dan tanah danau. Tanah liat sekunder biasanya terbentuk dari beberapa macam jenis tanah liat dan berasal dari beberapa sumber. Dalam setiap sungai, endapan tanah liat dari beberapa situs cenderung bercampur. Tanah liat sekunder memiliki warna krem, abu-abu, coklat, merah jambu, kuning dengan suhu pembakaran antara 900 °C-1400 °C. Pada umumnya tanah liat sekunder lebih plastis dan mempunyai daya susut yang lebih besar dari pada tanah liat primer. Semakin tinggi suhu bakarnya maka semakin keras dan semakin kecil porositasnya.

1.2.3 Gypsum

Gypsum adalah bentuk hemihidrat dari kalsium sulfat dihidrat, dengan rumus kimia $(\text{CaSO}_4)2\text{H}_2\text{O}$. Di alam, gipsum merupakan masa yang padat dan berwarna abu-abu, merah atau coklat. warna tersebut disebabkan adanya zat lain seperti tanah liat, oksidasi besi, anhidrat, karbokhidrat, sedikit SiO_2 atau oksida logam lain. Batu gipsum putih terbentuk secara alami dengan sendirinya pada era geologi 100 sampai 200 juta tahun yang lalu. Dalam sejarah bumi, lapisan gipsum tertutup oleh gumpalan lain dari batu yang semuanya terkena pengaruh kekuatan geologis. Karena naiknya tekanan, lapisan gipsum kehilangan air kristal dan kalsium sulfat anhidrit terbentuk. Jika kalsium sulfat anhidrit yang bebas air dihubungkan kembali dengan air, maka dengan perlahan akan mulai membentuk kembali menjadi gipsum.

Gipsum adalah salah satu contoh mineral dengan kadar kalsium yang mendominasi. Gipsum yang paling umum ditemukan adalah jenis hidrat kalsium sulfat dengan rumus kimia $\text{CaSO}_4.2\text{H}_2\text{O}$. Gipsum adalah salah satu dari beberapa mineral yang teruapkan. Contoh lain dari mineral-mineral tersebut ialah borat, karbonat, sulfat, dan nitrat. Mineral-mineral tersebut



BAB I Pendahuluan

diendapkan di dasar laut, danau, gua karena konsentrasi ion-ion oleh penguapan. Ketika air panas atau air memiliki kadar garam yang tinggi gipsum berubah menjadi basanit ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) atau juga menjadi anhidrit (CaSO_4). Dalam keadaan seimbang, gipsum yang berada di atas suhu 42°C dalam air murni akan berubah menjadi anhidrit (Surya, 2014).

1.2.4 Fly Ash

Abu terbang (*fly ash*) merupakan limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batubara pada pembangkit tenaga listrik. Limbah padat ini terdapat dalam jumlah yang cukup besar. Jumlah abu terbang yang dihasilkan sekitar 15% -17 % dari tiap satu ton pembakaran batubara. Abu terbang batubara umumnya dibuang di *landfill* atau ditumpuk begitu saja di dalam area industri seperti pada sektor pembangkit listrik. Penumpukkan abu terbang batubara ini menimbulkan masalah bagi lingkungan, seperti pencemaran udara, perairan dan penurunan kualitas ekosistem (Hamidi, 2014).

1.2.5 Semen

Semen adalah suatu zat perekat hidraulik dimana senyawa-senyawa yang dikandungnya akan mempunyai daya rekat terhadap batuan jika semen tersebut sudah bereaksi dengan air.

Sifat-sifat hidraulik tersebut akan menyebabkan semen bersifat :

1. Tidak langsung mengeras apabila tercampur dengan air.
2. Larut dalam air
3. Dapat mengeras walaupun berada dalam air

Semen tersusun dari empat oksida utama (*mayor oxide*) yaitu oksida kapur (CaO), oksida silika (SiO_2), oksida besi (Fe_2O_3), dan oksida alumina (Al_2O_3). Kandungan dari keempat oksida utama tersebut kurang lebih 90 % dari berat semen sedangkan 10 % sisanya adalah "*minor oxide*". Keempat bahan yang mengandung keempat oksida tersebut dibakar dengan perbandingan tertentu. Pembakaran ini akan menghasilkan senyawa penyusun semen yaitu :



- a. C_3S (Tricalcium Silikat atau $3CaO.SiO_2$)
 C_3S terbentuk pada suhu diatas $1250\text{ }^\circ\text{C}$ dan mempunyai sifat:
- Mempercepat pengerasan semen
 - Mempengaruhi pengikatan kekuatan awal, terutama memberi kekuatan awal sebelum 28 hari.
 - Menimbulkan panas hidrasi 500 joule/gram
 - Kandungan C_3S pada semen Portland antara 35-55 %
- b. C_2S (Dikalsium Silikat atau $2CaO.SiO_2$)
 C_2S terbentuk pada suhu $800-900\text{ }^\circ\text{C}$ dan mempunyai sifat:
- Panas hidrasi berlangsung lambat
 - Memberi kekuatan penyokong selama 1 hari
 - Panas yang dilepas selama proses hidrasi 250 joule/gram
 - Kandungan C_2S pada semen Portland antara 15-35 %
- c. C_3A (Trikalsium Aluminat atau $3CaO.Al_2O_3$)
 C_3A terbentuk pada suhu $900-1100\text{ }^\circ\text{C}$ dan mempunyai sifat:
- Panas hidrasi 850 joule/gram
 - Memberikan pengaruh terhadap kecepatan pengerasan semen
 - Kandungan C_3A pada semen Portland antara 7-15 %
- d. C_4AF (Tetracalsium Aluminat Ferrite atau $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$)
 C_4AF terbentuk pada suhu $900-1200\text{ }^\circ\text{C}$ dan mempunyai sifat:
- Kurang berpengaruh pada kekuatan semen
 - Panas hidrasi 420 joule/gram
 - Memberikan pengaruh pada warna semen
 - Kandungan C_4AF pada semen Portland antara 5-10 %

Keempat senyawa ini berpengaruh terhadap sifat-sifat semen Portland. Secara umum, semen Portland mempunyai komposisi dasi keempat senyawa tersebut sebagai berikut:

- C_3S dan C_2S 75 % : Memberikan sifat semen dalam hal kekuatan semen.
- C_4AF dan C_3A 25 % : Memberikan sedikit pengaruh terhadap sifat semen. Untuk C_4AF memberikan pengaruh terhadap warna semen, sedangkan C_3A memberikan pengaruh terhadap kecepatan pengerasan semen.



Menurut *American Society for Testing and Materials* (ASTM C 150), pembagian tipe semen portland berdasarkan sifat fisika dan kimia untuk fungsi tertentu, semen portland dibagi menjadi 5.

1. Semen Tipe 1

Semen tipe 1 yaitu *Ordinary Portland Cement* (OPC) yang terbuat dari klinker dan gypsum saja. Semen ini dipakai untuk keperluan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus, seperti ketahanan sulfat dari tanah atau air, atau kenaikan suhu akibat panas hidrasi. Semen ini digunakan untuk pembangunan trotoar, jembatan, waduk, gorong-gorong, selokan dan saluran air.

2. Semen Tipe 2

Jenis semen portland ini berbeda dengan semen tipe 1 dimana terdapat bahan aditif (selain gypsum) yang ditambahkan. Contoh bahan aditif tersebut adalah batu kapur atau pozzolan. Semen jenis ini digunakan untuk tindakan pencegahan terhadap kadar sulfat sedang, seperti pada struktur drainase, dimana konsentrasi sulfat di perairan tanah berada lebih tinggi dari biasanya, tapi tidak parah. Semen tipe 2 ini meminimalisir kenaikan suhu saat beton ditempatkan pada cuaca panas karena menghasilkan panas lebih sedikit dan lebih lambat daripada semen tipe 1. Dengan panas hidrasi moderat, semen tipe 2 dapat digunakan dalam struktur massa yang cukup banyak seperti abutment, dermaga, dan dinding penahan berat. Semen tipe 2 kadang disebut sebagai semen campuran.

3. Semen Tipe 3

Semen tipe 3 yaitu jenis *Ordinary Portland Cement* (OPC) yang mengandung rasio kapur dan silika yang lebih tinggi daripada Tipe 1 yang diproduksi untuk mencapai pengerasan yang cepat. Semen ini mengandung C_3S yang lebih tinggi untuk kekuatan awal. Semen tipe 3 digunakan dalam konstruksi beton dan jalan. Jalan yang dibangun dengan jenis semen ini akan lebih cepat dapat digunakan dari pada yang memakai semen tipe 1.



4. Semen Tipe 4

Jenis *Ordinary Portland Cement* (OPC) yang diproduksi untuk menghasilkan panas yang lebih rendah karena C_3S dan C_3A rendah. Hal ini menyebabkan panas hidrasi yang lebih rendah. Kadar C_3A lebih rendah dengan penambahan Fe_2O_3 yang akan meningkatkan C_4AF . Kondisi ini yang mengurangi evolusi panas.

5. Semen Tipe 5

Semen tipe 5 adalah semen yang tahan terhadap sulfat tinggi di lingkungan konstruksi agresif tertentu. Semen ini sangat sesuai untuk beton yang terkena pengaruh sulfat tinggi oleh air atau tanah. Ketahanan sulfat dicapai dengan mengurangi C_3A dengan meningkatkan C_4AF dengan penambahan Fe_2O_3 . Pada umumnya kandungan C_3A 5 % atau kurang, yang dibutuhkan bila diperlukan ketahanan sulfat tinggi. Semen Portland tipe 5 ini mengandung C_3A lebih rendah dari ketiga semen yang lainnya.

PPC (*portland pozzolan cement*) adalah suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen portland dengan pozzolan halus, yang di produksi dengan menggiling klinker semen portland dan pozzolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen *portland* dengan bubuk pozzolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozzolan 6%-40% massa semen *portland pozzolan* (Solikin,2014).

1.3 Sifat Fisika dan Kimia

1.3.1 Bahan Baku Utama

1.3.1.1 Batu Kapur

Tabel 1.4 Komposisi batu kapur

Unsur Kimia	Kadar (%)
Unsur Kimia	Kadar (%)
$CaCO_3$	89,13
SiO_2	0,23
Al_2O_3	0,91
Fe_2O_3	1,90



BAB I Pendahuluan

MgCO ₃	1,61
H ₂ O	6,22

(Widiarso, 2017)

Tabel 1.5 Sifat Fisika dan Kimia batu kapur

Sifat	Keterangan	
Fisika	Fase	Padat
	Warna	Putih
	Kadar air	7-10% H ₂ O
	<i>Bulk density</i>	1,3 ton/m ³
	<i>Spesific gravity</i>	2,49 gr/cm ³
	Kandungan CaO	47-58%
	Kuat tekan	31,6 N/mm ²
	Silika ratio	2,6
	Alumina ratio	2,57
Kimia	Mengalami kalsinasi	Reaksi $\xrightarrow[T:900-1500^{\circ}\text{C}]{CaCO_3} CaO + CO_2$

1.3.1.2 Tanah Liat

Tabel 1.6 Komposisi tanah liat

Unsur Kimia	Komposisi (%)
SiO ₂	61,43
Al ₂ O ₃	18,99
Fe ₂ O ₃	1,22
CaO	0,84
MgO	0,91
K ₂ O	3,21
Na ₂ O	0,15
H ₂ O	13,25

(Kiswanto, 2011)

**Tabel 1.7** Sifat Fisika dan Kimia Tanah Liat

Sifat	Keterangan	
Fisika	Fase	Padat
	Warna	Coklat kekuningan
	Kadar air	18-25 % H ₂ O
	<i>Bulk density</i>	1,7 ton/m ³
	<i>Spesific gravity</i>	2,36 gr/cm ³
	Kandungan CaO	47-58%
	Silika ratio	2,9
Alumina ratio	2,7	
Kimia	Mengalami pelepasan air hidrat bila dipanaskan pada suhu 500°C	Reaksi $Al_2Si_2O_7 \cdot xH_2O \xrightarrow{T:700-600^\circ C} Al_2O_3 + 2SiO_2 + xH_2O$

I.3.2 Bahan Baku Pendukung

1.3.2.1 Gypsum

Tabel 1.8 Komposisi Gypsum

Unsur Kimia	Komposisi (%)
SO ₃	46,5
CaO	32,57
H ₂ O	20,93

(Surya, 2014)

Tabel 1.9 Sifat Fisika dan Kimia Gypsum

Sifat	Keterangan	
Fisika	Fase	Padat
	Warna	Putih
	Kadar air	10% H ₂ O
	Bulk density	173 ton/m ³
	Ukuran material	0-30 mm



BAB I Pendahuluan

Kimia	Mengalami pelepasan air hidrat	Reaksi $CaSO_4 \cdot 2H_2O \xrightarrow{T: > 90^\circ C} CaSO_4 \cdot 0,5H_2O + 1,5 H_2O$
-------	--------------------------------	--

1.3.2.2 Pasir Silika

Tabel 1.10 Komposisi Pasir Silika

Unsur Kimia	Kadar (%)
SiO ₂	98,8
Al ₂ O ₃	0,29
Fe ₂ O ₃	0,25
TiO ₂	0,15
CaO	0,21
K ₂ O	0,028

(Prayogo, 2009)

Tabel 1.11 Sifat Fisika dan Kimia Pasir Silika

Sifat	Keterangan	
Fisika	Fase	Padat
	Warna	Putih bening atau lain tergantung senyawa pengotornya misal kuning mengandung Fe-oksida, merah mengandung Cu-oksida
	Kekerasan	7 (Skala Mohs)
	Berat jenis	2,65
	Titik Lebur	± 1715°C
	Bentuk Kristal	Hexagonal
	Panas Spesifik	0,185
	Konduktivitas Panas	12-100°C



Kimia	Mengalami reaksi dengan CaO membentuk garam kalsium silikat	Reaksi $2CaO + SiO_2 \xrightarrow{T:800-900^\circ C} 2CaO \cdot SiO_2$
-------	---	---

1.3.2.3 Pasir Besi

Tabel 1.12 Komposisi Pasir Besi

Unsur Kimia	Komposisi (%)
SiO ₂	7,89
Al ₂ O ₃	0,41
Fe ₂ O ₃	86,24
CaO	0,81

(Jamali, 2011)

Tabel 1.13 Sifat Fisika Kimia Pasir Besi

Sifat	Keterangan	
Fisika	Fase	Padat
	Warna	Hitam
	<i>Bulk density</i>	1,8 ton/m ³
Kimia	Mengalami reaksi dengan Al ₂ O ₃ dan CaO membentuk kalsium alumina ferrit	Reaksi $4CaO + Al_2O_3 + Fe_2O_3 \xrightarrow{T:1100-1200^\circ C} 4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$



1.3.2.4 Fly Ash

Tabel I.14 Komposisi Fly Ash PJB Paiton, Jawa Timur

Unsur Kimia	Komposisi (%)
SiO ₂	46,00
CaO	6,79
MgO	11,63
Fe ₂ O ₃	10,11
Na ₂ O	2,15
SO ₃	2,77
Al ₂ O ₃	6,35
H ₂ O	0,12
LOI	0,40

(Subekti, 2012)

Tabel 1.15 Sifat Fisika dan Kimia Fly Ash

Sifat	Keterangan	
Fisika	Densitas	2100 – 3000 Kg/m ³
	Luas area spesifik	170 - 1000 m ² /Kg
	Warna	Abu-abu
	Ukuran partikel	<0,075 mm
Kimia	Mengalami reaksi dengan Ca(OH) ₂ membentuk Kalsium silikat	Reaksi SiO ₂ + Ca(OH) ₂ → CaSiO ₃ + H ₂ O

(Nugraha & Antoni, 2007)



1.3.3 Produk

Sifat fisika dan kimia semen *Portland pozzolan* :

Tabel 1.16 Sifat Fisika dan Kimia Semen *Portland Pozzolan*

Sifat	Uraian	
Fisika	Kehalusan dengan alat Blaine	>280 m ² /kg
	Waktu pengikatan dengan alat vikat, awal	>45 menit
	Waktu pengikatan dengan alat vikat, akhir	<375 menit
	Kekekalan bentuk dengan Autoclave, Pemuai	<0,8 %
	Pengikatan semu, Penetrasi akhir	>50 %
	Kandungan udara dalam mortar	<12 %
Kimia	MgO	<6,0 %
	SO ₃	<3,5 %
	LOI	<5,0 %
	Alkali sebagai Na ₂ O	<0,6 %

1.4 Kegunaan Semen *Portland Pozzolan*

1. Jenis IP-U yaitu semen portland pozzolan yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton.
2. Jenis IP-K yaitu semen portland pozzolan yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton, semen untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis P-U yaitu semen portland pozzolan yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi.
4. Jenis P-K yaitu semen portland pozzolan yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi, serta untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi rendah.

BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES

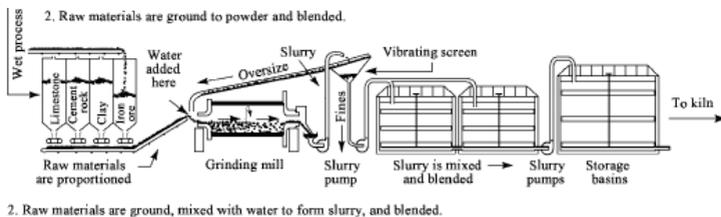
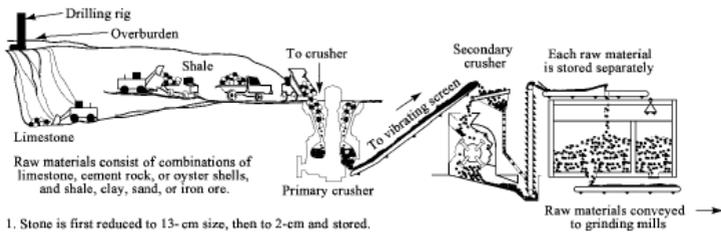
2.1 Macam Proses Pembuatan Semen secara Umum

Proses pembuatan semen dapat dilakukan dengan 2 proses, yaitu :

1. Proses Basah
2. Proses Kering

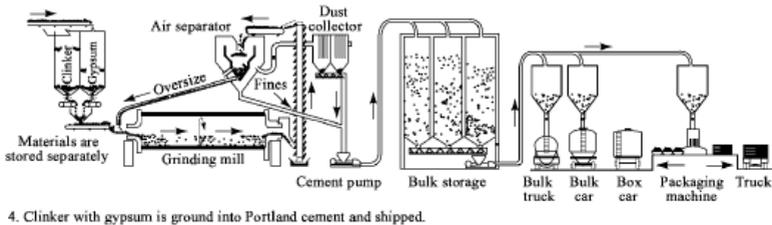
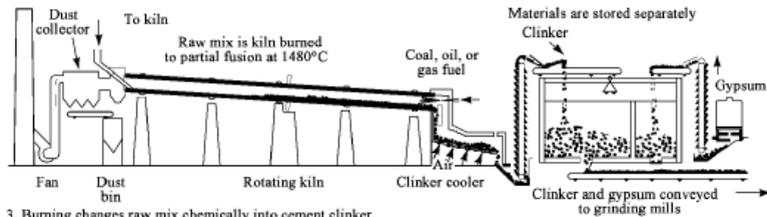
2.1.1 Proses Basah

Proses basah memiliki urutan operasi yang lebih beranekaragam dibanding proses kering. Hal yang paling penting dalam menentukan urutan operasi adalah karakteristik fisik dari *raw material* awal yang diterima oleh pabrik (Witt, 1966).





BAB II Macam Dan Uraian Proses



(Othmer, 1979).

Gambar 2.1 Proses basah dalam pembuatan Semen

Proses basah diawali dengan pengecilan ukuran bahan baku menggunakan *crusher*. Penggilingan bahan baku terdiri dari 2 tahap, yaitu *primary crusher* dan *secondary crusher*. Setelah digiling, setiap jenis bahan baku disimpan di tempat yang terpisah

Bahan baku yang diumpankan ke dalam *grinding machine* sebelumnya melewati *weight feeder* untuk mengatur perbandingan berat bahan baku. Proses penggilingan disertai penambahan air ke dalam *grinding mill*, sehingga campuran bahan baku yang dihasilkan berupa *slurry*. *Slurry* diaduk sehingga menghasilkan campuran homogen.

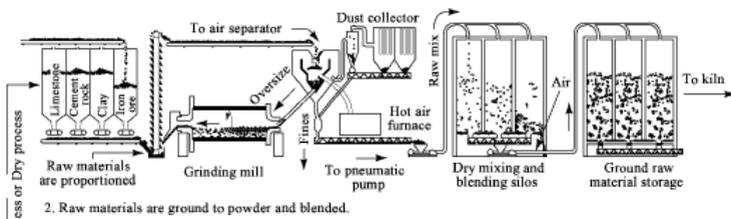
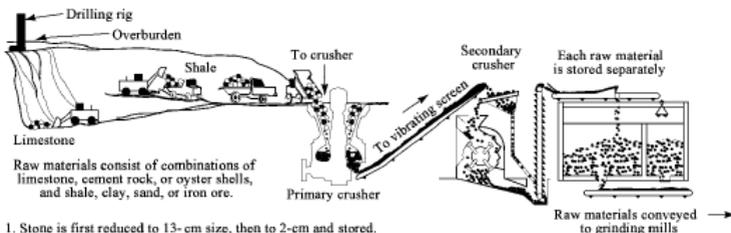
Slurry yang telah homogen dibakar untuk menghasilkan clinker lalu didinginkan di dalam *clinker cooler*. Bahan tambahan yang diperlukan untuk membuat *clinker* menjadi semen menjadi semen *portland* adalah *gypsum* yang telah digiling. *Clinker* dan *gypsum* dicampur serta digiling menggunakan *grinding mill*, sehingga dihasilkan semen dalam bentuk bubuk dan siap dikemas.



2.1.2 Proses Kering

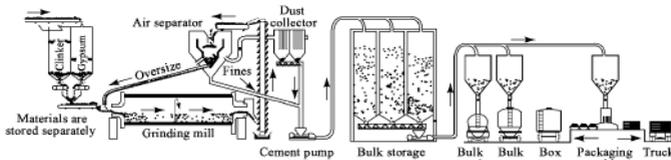
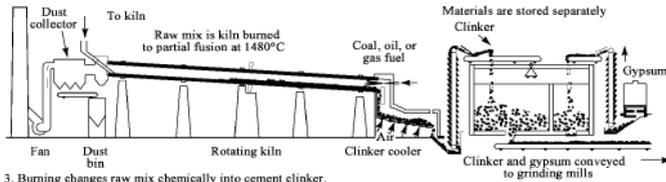
Proses kering diawali dengan pengecilan ukuran bahan baku menggunakan *crusher*. Penggilingan bahan baku terdiri dari 2 tahap, yaitu *primary crusher* dan *secondary crusher*. Setelah digiling, setiap jenis bahan baku disimpan di tempat yang terpisah

Pada proses kering, *raw material* berupa batu kapur, tanah liat dan lain-lain dihancurkan tanpa penambahan air, dikeringkan dan digiling di dalam *grinding mill*. Kemudian dilakukan pencampuran kembali agar lebih homogen di dalam *blending silo* menggunakan sirkulasi udara yang kuat. Hasilnya berupa campuran abu insinerasi yang homogen untuk diumpukan ke *kiln*, di dalam *kiln* terjadi proses pembentukan *clinker*, lalu *clinker* yang panas tersebut didinginkan sebelum dicampur dan digiling dengan *gypsum* di penggilingan akhir untuk menghasilkan semen dalam bentuk bubuk.





BAB II Macam Dan Uraian Proses



(Othmer, 1979).

Gambar 2.2 Proses kering dalam pembuatan Semen

Proses penyiapan *raw materials* pada proses kering sama dengan proses basah. Proses pencampuran dilakukan pada kondisi kering atau tanpa penambahan air, pada tahap pencampuran inilah yang membedakan proses kering dengan proses basah.

2.2 Seleksi Proses

Hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam menentukan proses pembuatan semen yaitu sebagai berikut :

1. Kandungan air pada *raw material*

Bahan yang sebagian besar abu insinerasi dan batu kapur memiliki kandungan air yang sangat kecil sehingga proses kering lebih cocok diaplikasikan karena tidak perlu menambahkan air dalam jumlah besar untuk mengubah bahan menjadi *slurry*.

2. Pasukan air di pabrik

Pabrik yang berlokasi di daerah Bangkalan, Madura yang dekat dengan laut, sehingga proses basah ataupun proses kering bisa diaplikasikan untuk pemenuhan kebutuhan air.

3. Biaya bahan bakar

Biaya bahan bakar dapat diminimalisasi dengan menggunakan energi yang dibutuhkan untuk pemanasan *kiln*.



4. *Power supply*

Pasokan energi yang dibutuhkan pada proses basah lebih besar daripada proses kering, karena pada proses basah membutuhkan energi yang besar untuk mengevaporasi kandungan air dalam kiln.

5. Banyaknya debu yang dihasilkan

Untuk mengurangi polusi akibat debu, proses basah lebih tepat digunakan karena pada proses basah pencampuran bahan dilakukan dalam bentuk *slurry* sehingga tidak menghasilkan banyak debu

6. Keseragaman campuran untuk umpan *kiln*

Keseragaman campuran dapat tercapai apabila proses pencampuran dilakukan dalam bentuk *slurry* sehingga dalam hal ini proses basah lebih menguntungkan (Witt, 1966).

Tabel 2.1 Pemilihan Proses Pembuatan Semen *Portland Pozzolan*

No.	Kriteria pertimbangan	Proses basah	Proses kering
1.	kandungan air pada <i>raw material</i> .	Banyak (campuran berupa <i>slurry</i>)	Sedikit
2.	Pasokan air di pabrik	Banyak	Sedikit
3.	Biaya bahan bakar	Banyak	Sedikit
4.	<i>Power supply</i>	Banyak	Sedikit
5.	Banyaknya debu yang diakibatkan	Sedikit	Banyak
6.	Keseragaman campuran untuk umpan <i>kiln</i>	Baik	Kurang baik

Berdasarkan **Tabel 2.1** tentang perbandingan proses-proses pembuatan semen *portland pozzolan*, maka akan dibuat pabrik semen *portland pozzolan* menggunakan proses kering. Kekurangan proses kering terletak pada campuran yang kurang seragam dan mengakibatkan banyak debu. Untuk meminimalisasi campuran yang kurang seragam, maka bahan-bahan yang akan dicampurkan harus dikecilkan membentuk bubuk terlebih dahulu dan mengatur kondisi operasi pada saat proses *blending*. Sedangkan untuk



mengurangi debu yang ditimbulkan proses kering, maka proses dilengkapi dengan *Electrostatic Precipitator* untuk menangkap debu yang terikut pada udara yang akan dibuang.

2.3 Uraian proses terpilih

Proses pembuatan semen *portland pozzolan* menggunakan proses kering meliputi beberapa tahapan :

1. Proses penyiapan bahan baku
2. Proses penggilingan awal
3. Proses pembakaran
4. Proses penggilingan akhir

2.3.1 Proses Penyiapan Bahan Baku

a. Batu Kapur.

Batu kapur yang telah ditambang berukuran 100 x 100 cm diumpankan ke dalam *Crusher*. Di *Crusher* batu kapur ini dipecah oleh *hammer* yang berputar, sehingga terjadi *size reduction* menjadi 33 cm. Batu kapur berdiameter 33 cm diumpankan ke dalam *secondary crusher* menjadi 10 cm. Dari *crusher* diangkut oleh *belt conveyor* menuju *Limstone Clay Mix*.

b. Tanah Liat

Tanah liat yang sudah ditambang diumpankan menuju *Clay cutter*. Tanah liat yang berbentuk bongkahan melewati *roll* pada *Clay cutter* sehingga terjadi *size reduction* menjadi diameter 9 cm.

Tanah liat dan batu kapur yang berdiameter 10 cm lalu dibawa *belt conveyor* menuju ke *Bin mix*. Pasir silika diumpankan ke *Bin pasir silica* dan pasir besi diumpankan ke *Bin Pasir besi*.

2.3.2 Tahap Penggilingan Awal

a. Proses Pengolahan Bahan di *roller mill*

Material yang berupa pasir silika, pasir besi, dan *limestone clat mix* keluar dari binnya masing-masing kemudian ditimbang terlebih dahulu dengan *weight feeder* baru diangkut oleh *belt conveyor* menuju *bucket elevator* untuk diumpankan pada *roller*



mill. Produk dari *roller mill* masuk ke dalam *blending silo* yang kemudian diteruskan untuk proses pembakaran di *preheater*.

b. Proses Pemisahan

Produk *roller mill* dibawa aliran udara *fan* masuk ke dalam *cyclone*. Debu batu kapur, tanah liat, pasir silika, pasir besi dan gas melewati *electrostatic precipitator*.

Material dari *cyclone* dan *electrostatic precipitator* dikirim dengan *bucket elevator* ke *blending silo* sebagai umpan kiln.

c. Proses Homogenisasi

Proses homogenisasi bertujuan untuk memaksimalkan pencampuran dari *raw meal* dengan menggunakan teknik fluidisasi. Pada teknik fluidisasi, angin dihembuskan melewati *raw meal* yang berada di dalam *silo*. *Raw meal* yang sudah terfluidisasi berperilaku seperti *liquid* sehingga *raw meal* dapat bercampur.

2.3.3 Tahap Pembakaran

a. *Preheater*

Preheater berfungsi untuk memanaskan material. *Preheater* di dalam pabrik ini menggunakan 4 *stages*. *Raw meal* masuk *preheater* pada suhu sekitar 60 °C, lalu *raw meal* masuk kedalam *kiln* pada suhu 800-850 °C.

Tabel II.2 Suhu pada setiap *stage* di *preheater*

Stage	Suhu gas yang keluar
I	350 °C
II	500 °C
III	700 °C
IV	800 °C
<i>Calciner</i>	950 °C

b. *Kiln*

Material yang keluar dari *cyclone stage IV* diumpankan ke dalam *kiln* dengan suhu masuk 850°C dan keluar pada suhu sekitar



1350 °C, lalu masuk ke dalam *cooler*.

c. *Cooler*

Clinker panas yang keluar dari *kiln* dengan suhu sekitar 1350 °C turun ke *clinker cooler* untuk pendinginan sampai suhu 150°C.

2.3.4 Tahap Penggilingan Akhir

a. Proses penggilingan *clinker*

Clinker yang disimpan dalam *clinker dome* ditransportasikan menuju *roller press* untuk digiling. *Clinker* yang telah digiling disimpan dalam *bin*, sebelum digiling di *ball mill*.

b. Proses penyiapan bahan aditif

Bahan aditif yang berupa *gypsum* dan *fly ash* diambil dari *supplier* kemudian disimpan dalam *bin*. Lalu *gypsum* dan *fly ash* didalam *bin* diumpankan ke dalam *ball mill* untuk digiling bersama-sama dengan *clinker* sehingga membentuk semen kasar.

c. Proses penggilingan akhir di *Ball mill*

Di dalam *ball mill* semen kasar digiling kembali menjadi semen yang berukuran 0,55 mm dan masuk ke dalam *vibrating screen* hingga ukurannya menjadi 325 mesh.

BAB III NERACA MASSA

Kapasitas Produksi	= 1.500.000,00 ton semen/tahun = 5.000.000 kg semen/hari
Operasi	= 300 hari/tahun; 24 jam/hari
Satuan Massa	= kg
Basis Waktu	= 1 hari
Bahan baku	= 7.217.149,36 kg

Tabel 3.1 %Berat Bahan Baku Semen

Kandungan	Persentase %	Bahan Baku
Batu Kapur	81,00	5.845.890,98
Tanah Liat	9,00	649.543,44
Pasir Silika	9,00	649.543,44
Pasir Besi	1,00	72.171,49
Total	100,00	7.217.149,36

Tabel 3.2 Komposisi %Berat Batu Kapur

Kandungan	Persentase %
CaCO ₃	89,13
SiO ₂	0,23
Al ₂ O ₃	0,91
MgCO ₃	1,61
Fe ₂ O ₃	1,90
H ₂ O	6,22
Total	100,00

**Tabel 3.3** Komposisi % Berat Tanah Liat

Kandungan	Persentase %
SiO ₂	61,43
Al ₂ O ₃	18,99
Fe ₂ O ₃	1,22
CaO	0,84
MgO	0,91
K ₂ O	3,21
Na ₂ O	0,15
H ₂ O	13,25
Total	100,00

1. *Crusher* (C-110)**Tabel 3.4** Neraca Massa *Crusher* (C-110)

Komponen	% Berat	Masuk	Keluar
		Batu Kapur <1>	Batu Kapur <2>
CaCO ₃	89,13	5.210.442,63	5.210.442,63
SiO ₂	0,23	13.445,55	13.445,55
Al ₂ O ₃	0,91	53.197,61	53.197,61
MgCO ₃	1,61	94.118,84	94.118,84
Fe ₂ O ₃	1,90	111.071,93	111.071,93
H ₂ O	6,22	363.614,42	363.614,42
Total	100,00	5.845.890,98	5.845.890,98



2. *Clay Cutter* (C-130)

Tabel 3.5 Neraca Massa *Clay Cutter* (C-130)

Komponen	% Berat	Masuk	Keluar
		Tanah Liat <5>	Tanah Liat <6>
SiO ₂	61,43	399.014,54	399.014,54
Al ₂ O ₃	18,99	123.348,30	123.348,30
Fe ₂ O ₃	1,22	7.924,43	7.924,43
CaO	0,84	5.456,16	5.456,16
MgO	0,91	5.910,85	5.910,85
K ₂ O	3,21	20.850,34	20.850,34
Na ₂ O	0,15	974,32	974,32
H ₂ O	13,25	86.064,51	86.064,51
Total	100,00	649.543,44	649.543,44

3. *Belt Conveyor* (J-212A)

Tabel 3.6 Neraca Massa *Belt Conveyor* (J-212A)

Komponen	Masuk			Keluar
	Limestone Clay Mix <7>	Pasir Silika <8>	Pasir Besi <9>	Mix <10>
Batu Kapur :				
CaCO ₃	5.210.442,63	-	-	5.210.442,63
SiO ₂	13.445,55	-	-	13.445,55
Al ₂ O ₃	53.197,61	-	-	53.197,61
MgCO ₃	94.118,84	-	-	94.118,84



BAB III Neraca Massa

Fe ₂ O ₃	111.071,93	-	-	111.071,93
H ₂ O	363.614,42	-	-	363.614,42
	5.845.890,98			5.845.890,98
Tanah Liat :				
SiO ₂	399.014,54	-	-	399.014,54
Al ₂ O ₃	123.348,30	-	-	123.348,30
Fe ₂ O ₃	7.924,43	-	-	7.924,43
CaO	5.456,16	-	-	5.456,16
MgO	5.910,85	-	-	5.910,85
K ₂ O	20.850,34	-	-	20.850,34
Na ₂ O	974,32	-	-	974,32
H ₂ O	86.064,51	-	-	86.064,51
	649.543,44			649.543,44
Pasir Silika	-	649.543,44	-	649.543,44
Pasir Besi	-	-	72.171,49	72.171,49
Total	6.495.434,42	649.543,44	72.171,49	7.217.149,36
		7.217.149,36		



4. *Bucket Elevator (J-213A)*

Tabel 3.7 Neraca Massa *Bucket Elevator (J-213A)*

Komponen	Masuk	Keluar
	Raw Mix <11>	Raw Mix <12>
CaCO ₃	5.210.442,63	5.210.442,63
SiO ₂	1.062.003,53	1.062.003,53
Al ₂ O ₃	176.545,91	176.545,91
MgCO ₃	94.118,84	94.118,84
Fe ₂ O ₃	191.167,85	191.167,85
H ₂ O	449.678,93	449.678,93
CaO	5.456,16	5.456,16
MgO	5.910,85	5.910,85
K ₂ O	20.850,34	20.850,34
Na ₂ O	974,32	974,32
Total	7.217.149,36	7.217.149,36

5. *Raw Mill (C-210)*

Tabel 3.8 Neraca Massa *Raw Mill (C-210)*

Komponen	Masuk	Keluar	
	Raw Mix <12>	Raw Mix <13>	H ₂ O
CaCO ₃	5.210.442,63	5.210.442,63	-
SiO ₂	1.062.003,53	1.062.003,53	-
Al ₂ O ₃	176.545,91	176.545,91	-
MgCO ₃	94.118,84	94.118,84	-



BAB III Neraca Massa

Fe ₂ O ₃	191.167,85	191.167,85	-
H ₂ O	449.678,93	4.496,79	445.182,14
CaO	5.456,16	5.456,16	-
MgO	5.910,85	5.910,85	-
K ₂ O	20.850,34	20.850,34	-
Na ₂ O	974,32	974,32	-
		6.771.967,22	445.182,14
Total	7.217.149,36		7.217.149,36

6. *Cyclone (H-215)*

Tabel 3.9 Neraca Massa *Cyclone (H-215)*

Komponen	Masuk	Keluar	
	Raw Mix <13>	Raw Mix <14>	Raw Mix <16>
CaCO ₃	5.210.442,63	416.835,41	4.793.607,22
SiO ₂	1.062.003,53	84.960,28	977.043,25
Al ₂ O ₃	176.545,91	14.123,67	162.422,24
MgCO ₃	94.118,84	7.529,51	86.589,34
Fe ₂ O ₃	191.167,85	15.293,43	175.874,42
H ₂ O	4.496,79	359,74	4.137,05
CaO	5.456,16	436,49	5.019,67
MgO	5.910,85	472,87	5.437,98
K ₂ O	20.850,34	1.668,03	19.182,32


BAB III Neraca Massa

Na ₂ O	974,32	77,95	896,37
		541.757,38	6.230.209,85
Total	6.771.967,22	6.771.967,22	

 7. *Electrostatic Precipitator (H-216)*
Tabel 3.10 Neraca Massa *Electrostatic Precipitator (H-216)*

Komponen	Masuk	Keluar	
	Raw Mix <14>	Raw Mix <15>	Raw Mix <17>
CaCO ₃	416.835,41	416,84	416.418,58
SiO ₂	84.960,28	84,96	84.875,32
Al ₂ O ₃	14.123,67	14,12	14.109,55
MgCO ₃	7.529,51	7,53	7.521,98
Fe ₂ O ₃	15.293,43	15,29	15.278,13
H ₂ O	359,74	0,36	359,38
CaO	436,49	0,44	436,06
MgO	472,87	0,47	472,39
K ₂ O	1.668,03	1,67	1.666,36
Na ₂ O	77,95	0,08	77,87
		541,76	541.215,62
Total	541.757,38	541.757,38	

8. *Blending Silo (M-220)***Tabel 3.11** Neraca Massa *Blending Silo (M-220)*

Komponen	Masuk	Keluar
	Raw Mix <18>	Umpan Preheater <19>
CaCO ₃	5.210.025,80	5.210.025,80
SiO ₂	1.061.918,57	1.061.918,57
Al ₂ O ₃	176.531,78	176.531,78
MgCO ₃	94.111,32	94.111,32
Fe ₂ O ₃	191.152,56	191.152,56
H ₂ O	4.496,43	4.496,43
CaO	5.455,73	5.455,73
MgO	5.910,37	5.910,37
K ₂ O	20.848,68	20.848,68
Na ₂ O	974,24	974,24
Total	6.771.425,47	6.771.425,47

9. *Preheater* (B-313)**Tabel 3.12** Neraca Massa *Preheater* (C-210)

Komponen	Masuk	Keluar
	Umpan <i>Preheater</i> <20>	Umpan Kiln <21>
CaCO ₃	5.210.025,80	1.823.509,03
SiO ₂	1.061.918,57	1.061.918,57
Al ₂ O ₃	176.531,78	176.531,78
MgCO ₃	94.111,32	32.938,96
Fe ₂ O ₃	191.152,56	191.152,56
H ₂ O	4.496,43	-
CaO	5.455,73	1.901.905,12
MgO	5.910,37	35.040,07
K ₂ O	20.848,68	20.848,68
Na ₂ O	974,24	974,24
		5.244.819,00
		H ₂ O Menguap 4.496,43
		Gas Buang 1.522.110,04
Total	6.771.425,47	6.771.425,47



BAB III Neraca Massa

10. Rotary Kiln (B-310)

Tabel 3.13 Neraca Massa Rotary Kiln (B-310)

Komponen	Masuk	Keluar	
	Umpan Kiln <21>	CO ₂	Terak Panas <22>
CaCO ₃	1.823.509,03		-
SiO ₂	1.061.918,57		-
Al ₂ O ₃	176.531,78		-
MgCO ₃	32.938,96		-
Fe ₂ O ₃	191.152,56		-
CaO	1.901.905,12		-
MgO	35.040,07		50.725,28
K ₂ O	20.848,68		20.848,68
Na ₂ O	974,24		974,24
CO ₂	-	819.597,71	-
C3S	-		2.366.672,75
C2S	-		1.260.135,16
C3A	-		144.761,40
C4AF	-		581.103,78
	5.244.819,00	819.597,71	4.425.221,28
Total	5.244.819,00	5.244.819,00	



11. *Clinker Cooler* (B-314)

Tabel 3.14 Neraca Massa *Clinker Cooler* (B-314)

Komponen	Masuk	Keluar
	Terak Panas <22>	Terak dingin <23>
MgO	50.725,28	50.720,21
K ₂ O	20.848,68	20.846,59
Na ₂ O	974,24	974,14
C3S	2.366.672,75	2.366.436,08
C2S	1.260.135,16	1.260.009,14
C3A	144.761,40	144.746,93
C4AF	581.103,78	581.045,67
	4.425.221,28	4.424.778,76
Udara Pendingin	4.802.156,08	Udara Panas + debu terak
		5,07 2,08 0,10 236,67 126,01 14,48 58,11 442,52
		Udara Panas 4.802.156,08
Total	9.227.377,36	9.227.377,36

12. *Ball Mill* (C-410)**Tabel 3.15** Neraca Massa *Ball Mill* (C-410)

Komponen	Masuk			Keluar
	Terak dingin <23>	Fly Ash <27>	Gypsum <28>	Semen Kasar <30>
MgO	50.720,21	-	-	58.328,24
K ₂ O	20.846,59	-	-	23.973,58
Na ₂ O	974,14	-	-	1.120,26
C3S	2.366.436,08	-	-	2.721.401,49
C2S	1.260.009,14	-	-	1.449.010,52
C3A	144.746,93	-	-	166.458,97
C4AF	581.045,67	-	-	668.202,52
Fly Ash		132.743,36		152.654,87
Gypsum			442.477,88	508.849,56
	4.424.778,76	132.743,36	442.477,88	5.750.000,00
Recycle <37>			-	
MgO	7.608,03	-	-	
K ₂ O	3.126,99	-	-	
Na ₂ O	146,12	-	-	
C3S	354.965,41	-	-	
C2S	189.001,37	-	-	
C3A	21.712,04	-	-	
C4AF	87.156,85	-	-	
Gypsum	66.371,68	-	-	
Fly Ash	19.911,50	-	-	
	750.000,00			
Total	5.750.000,00			5.750.000,00

13. *Screen* (H-418)**Tabel 3.16** Neraca Massa *Screen* (H-418)

Komponen	Masuk	Keluar	
	Semen Kasar <30>	Produk Semen <32>	Recycle <31>
MgO	58.328,24	50.720,21	7.608,03
K ₂ O	23.973,58	20.846,59	3.126,99
Na ₂ O	1.120,26	974,14	146,12
C3S	2.721.401,49	2.366.436,08	354.965,41
C2S	1.449.010,52	1.260.009,14	189.001,37
C3A	166.458,97	144.746,93	21.712,04
C4AF	668.202,52	581.045,67	87.156,85
Gypsum	462.389,38	442.477,88	19.911,50
Fly Ash	199.115,04	132.743,36	66.371,68
Total	5.750.000,00	5.000.000,00	750.000,00
		5.750.000,00	

BAB IV NERACA PANAS

Kapasitas	= 1.500.000 ton semen/tahun
	= 5.000.000 kg semen/hari
Waktu Operasi	= 300 hari/tahun
	= 24 jam/hari
Satuan Panas	= kkal
Suhu (T) <i>Reference</i>	= 25°C
Basis waktu	= 1 hari

4.1 *Raw Mill* (C-210)

Tabel 4.1 Neraca Panas pada *Raw Mill* (C-210)

Masuk		Keluar	
Komponen	H (kkal)	Komponen	H (kkal)
Feed	8.978.921	Produk	281.063.408
Gas buang <i>raw mill</i>	1.036.583.778	Gas buang <i>raw mill</i>	973.621.933
udara masuk	274.686.137	Q loss	65.563.496
Total	1.320.248.836		1.320.248.836

4.2 *Preheater* (B-313)

Tabel 4.2 Neraca Panas pada *Preheater* (B-313)

Masuk		Keluar	
Komponen	H (kkal)	Komponen	H (kkal)
Feed	8.978.921	Produk	1.257.480.338
Q supply	2.523.748.582	Gas buang <i>Preheater</i>	2.604.977.985
Gas buang <i>Kiln</i>	1.254.948.429	Q loss	65.563.496
Total	3.988.645.752		3.988.645.752



4.3 Kiln (B-310)

Tabel 4.3 Neraca Panas pada *Rotary Kiln* (B-310)

Masuk		Keluar	
Komponen	H (kkal)	Komponen	H (kkal)
Feed	1.257.480.338	Produk	1.217.017.189
Q supply	2.544.643.247	Gas buang <i>Preheater</i>	2.457.874.234
		Q loss	127.232.162
Total	3.802.123.585		3.802.123.585

4.4 Clinker Cooler (B-314)

Tabel 4.4 Neraca Panas pada *Clinker cooler* (B-314)

Masuk		Keluar	
Komponen	H (kkal)	Komponen	H (kkal)
Udara	4.802.156,08	Produk	4.802.156,08
Total	4.802.156,08		4.802.156,08

BAB V

SPESIFIKASI ALAT

5.1 Crusher (C-110)

Fungsi	= Untuk memperkecil ukuran batu kapur dengan diameter 34 cm
Tipe	= Jaw Crusher
Kapasitas maksimum	= 685 ton/jam
Feed opening width	= 950 mm = 49 in
Feed opening depth	= 220 mm = 37 in
Kecepatan	= 220 rpm
Power	= 160 Kw = 200 hp

5.2 Belt Conveyor (J-212A)

Fungsi	= Mentransportasikan campuran material (batu kapur dan tanah liat) sebagai umpan raw mill.
Tipe	= <i>Troughed Antifriction Idlers</i>
Bahan	= <i>Malleable cast iron</i>
Rate massa	= 7.534.975,11 kg/hari = 313,96 ton/jam
Kondisi Operasi :	
Tekanan	= 1 atm
Temperatur	= 30°C
Kapasitas max	= 392 ton/jam
Lebar Belt	= 24 in = 60 cm
Luas Beban	= 0,03 m ²
Kecepatan Belt normal	= 300 ft/min
Kecepatan Belt maksimal	= 400 ft/min
Power	= 4,08 hp/10-ft
Jumlah	= 1 buah



5.3 Bucket Elevator (J-213A)

Fungsi	= Untuk mengangkut raw material sebagai umpan raw mill
Tipe	= <i>Centrifugal-Discharge Buckets on Belt</i>
Bahan	= <i>Steel SA 167 Grade Tipe 321</i>
Rate massa	= 2.886.859,74 kg/hari = 120,29 ton/jam
Ukuran Bucket Elevator	= <i>width x projection x depth</i> = 16 x 8 x 81/2
Bucket spacing	= 18 in
Putaran head shaft	= 38,00 rpm
Kecepatan	= 300 ft/menit
Lebar belt	= 18 in
Tinggi elevator	= 25 ft
Power poros	= 8,5 hp
Rasio penambahan hp/ft	= 0,165 hp/ft = 4,375 hp
Power Total	= 4,375 hp
Efisiensi	= 80%
Power yang digunakan	= 4,38 / 80% = 5,46875 hp

5.4 Rotary Kiln (B-310)

Fungsi	= Tempat terjadinya dekomposisi CaCO_3 menjadi CaO dan MgCO_3 menjadi MgO
Kapasitas	= 5.280.912 kg/hari
P Operasi	= 14,7 psi
Bahan Konstruksi	= <i>Carbon Steel SA-240 grade T</i>
Dimensi :	
	Panjang = 203,40 ft
	Diameter = 17,22 ft
Kecepatan putar	= 2 rpm
Daya	= 397,65 hp
Jumlah unit	= 1 buah

**5.5 Clinker Storage (F-316)**

Fungsi	= Sebagai tempat penyimpanan terak hasil dari clinker cooler
Kapasitas	= 4.424.778,76 kg/hari
Bahan	= Beton
Bentuk	= Silinder dengan tutup kerucut
Diameter	= 15,01 m
Tinggi	= 43,01 m
Jumlah	= 1 buah

5.6 Raw Mill (C-210)

Fungsi	= Untuk menggiling dan mengeringkan bahan campuran material
Kapasitas	= 7.534.975,11 kg/hari = 313,96 ton/jam
Tipe	= Vertical Roller mill
Jumlah Raw mill	= 1
shovel size	= 20 m ³
Jumlah ring	= 3
feed size	= 100 mm
reduction ratio	= 20
product size	= 5 mm

5.7 Cyclone (H-215)

Fungsi	= Menangkap debu yang terikuk udara panas dari Raw mill
Feed rate	= 7.070.188,24 kg/hari

Spesifikasi Cyclone :

Kecepatan gas yang masuk	= 20 m/s
Dimensi Cyclone :	
Bc	= 3,65 m
Dc	= 14,6 m
De	= 7,3 m
Hc	= 29,2 m
Lc	= 29,2 m
Sc	= 1,825 m



BAB V Spesifikasi Alat

Zc = 29,2 m

Jc = 3,65 m

5.8 Ball Mill (C-410)

Fungsi = Memperkecil ukuran semen
 Bahan = *Carbon Steel SA-283 C*
 Asumsi = Kapasitas *ball mill* 10% lebih besar
 Feed rate = 5.663.716,81 kg/hari
 Kapasitas = 110% x 5.663.716,81
 = 6.230.088,50 kg/hari
 = 6230,08 ton/hari

Sehingga dipilih ball mill dengan spesifikasi (Perry, 1997)

Kapasitas = 3680 ton/hari

Ukuran = 10 x 10 ft

Berat = 56,5 ton

Power = 720 hp

Kecepatan = 18 rpm

Jumlah = 2 buah

5.9 Screen (H-418)

Fungsi = Untuk menyeragamkan ukuran semen sehingga menjadi 325 mesh

Kapasitas = 5.663.716,81 kg/hari

= 520.353,98 lb/jam

Jenis = *High speed vibrating screen*

Berdasarkan Perry, 1997 Tabel 19-6, diperoleh data :

Diameter wire (d) = 0,03 mm = 0,0012 in

Sieve opening (a) = 0,044 mm = 0,0017 in

A = 178,18 ft²

Disiapkan screen dengan tambahan luas sebesar 50 %

Sehingga, Luas total = A x 1,5

= 267,27 ft²

**5.10 Clinker cooler (B-314)**

Fungsi = Menurunkan suhu clinker yang keluar dari rotary kiln

Bentuk = Ruang berbentuk balok yang didalamnya terdapat belt conveyer untuk memindahkan clinker dari rotary kiln hingga keluar dari clinker cooler setelah mengalami proses heat transfer.

Tipe = *Grate cooler*

Kapasitas = 4.425.221,28 kg/hari

Lebar belt = 18 in

Luas area = 0,18 in

Kecepatan putar = 350 ft/min

Power = 2 hp

Jumlah fan = 9 buah

Flowrate fan = 20.000 m³/jam

BAB VI UTILITAS

Utilitas merupakan sarana penunjang proses yang diperlukan pabrik agar dapat berjalan dengan baik. Pada umumnya, utilitas dalam pabrik proses meliputi air, listrik dan bahan bakar. Penyediaan utilitas dapat dilakukan secara langsung dimana utilitas diproduksi di dalam pabrik tersebut, atau secara tidak langsung yang diperoleh dari pembelian ke perusahaan-perusahaan yang menjualnya.

Secara keseluruhan, unit utilitas pabrik Semen meliputi:

1. Penyediaan Air
2. Penyediaan Tenaga Listrik
3. Penyediaan Bahan bakar

6.1 Penyediaan Air

Kebutuhan air di pabrik semen akan disuplay dari Bendungan Bozem yang ditampung dalam raw water. Air Bendungan Bozem yang akan digunakan, sebelumnya harus mengalami proses pengolahan air. Mula-mula air bozem ditampung terlebih dahulu dalam *raw water tank*, kemudian diproses secara fisika dan kimia sehingga layak digunakan sebagai air sanitasi.

Pada dasarnya air sanitasi harus memiliki standar kualitas air bersih, yaitu :

- a. Fisik
 - Suhu : Dibawah suhu udara sekitar
 - Warna : Jernih
 - Rasa : Tidak berasa
 - Bau : Tidak berbau
 - Kekeruhan : < 1 mgr SiO₂/ liter
- b. Kimia
 - pH berkisar antara 6,5 – 8,5
 - Kesadahan < 500 mg/l CaCO₃
 - Kadar Sianida <1 mg/l



- Kadar Fe <1 mg/l
 - Tidak mengandung zat terlarut baik organik, anorganik maupun radioaktif
 - Tidak mengandung zat beracun
 - Tidak mengandung logam berat, seperti Pb, Ag, Cr, dan Hg
- c. Biologis
- Tidak mengandung kuman atau bakteri terutama bakteri pathogen
 - Bakteri *Escherichia Coli* kurang dari 1/100 ml.

6.1.1 Proses Pengolahan Air

Pengolahan air dapat meliputi secara fisika dan kimia. Berikut adalah tahapan pengolahan secara fisika :

1. Pemisahan Kotoran Makro

Kotoran makro seperti plastik, kertas, daun, dan lain-lain kemungkinan tertarik oleh pompa bersamaan dengan air sungai. Agar kotoran makro tersebut tidak menimbulkan penyumbatan pada pompa air sungai maka perlu dipasang *strainer* sebelum *inlet* pompa untuk memisahkan kotoran makro.

2. Pengendapan/ Sedimentasi Awal

Air sungai dipompa dan ditampung dalam tangki sedimentasi atau *settling pit* untuk mengalami pengendapan sehingga padatan kasar mengendap pada dasar tangki. Padatan kasar pada dasar tangki dialirkan ke bak penampung lumpur.

Pengolahan Secara Kimia

1. Koagulasi, Flokulasi, dan Sedimentasi

Pada proses ini partikel terlarut dan tersuspensi dibentuk menjadi gumpalan besar (*flok*) dan kompak sehingga mudah diendapkan. Air ditambahkan dengan zat kimia (koagulan), berfungsi untuk mengikat partikel halus menjadi partikel yang lebih besar. Bahan Kimia yang diinjeksikan :

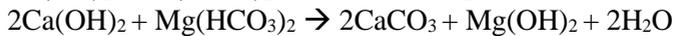
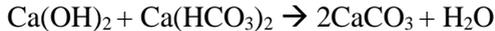
- Lime $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$

- Koagulan

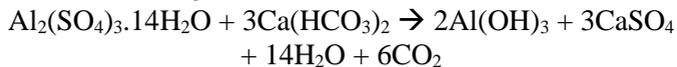
Contoh : tawas $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}]$



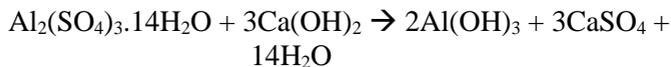
Penambahan koagulan disertai dengan pengadukan dengan rpm tinggi untuk mendapatkan homogenitas larutan. Koagulan menetralkan muatan koloid, reaksi yang terjadi :



Reaksi kimia untuk menghasilkan flok adalah:



Pada air yang mempunyai alkalinitas tidak cukup untuk bereaksi dengan alum, maka perlu ditambahkan alkalinitas dengan menambah kalsium hidroksida.



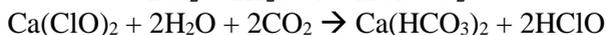
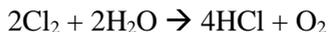
Derajat pH yang optimum untuk alum berkisar 4,5 hingga 8, karena aluminium hidroksida relatif tidak terlarut. Penambahan kapur diperlukan bila alkalinitas alami tidak mencukupi atau menaikkan pH. Setelah itu dilanjutkan dengan pengadukan lambat untuk membentuk gumpalan besar atau *flok* sehingga partikel cepat mengendap di dasar *clarifier*.

2. Filtrasi

Air dari proses flokulasi masih mengandung flok-flok halus sehingga perlu disaring menggunakan media berpori seperti *sandfilter*.

3. Desinfektasi

Air bersih yang dihasilkan pada proses filtrasi masih mengandung mikroba-mikroba yang berbahaya, sehingga untuk membunuh kuman-kuman tersebut dilakukan penambahan *kaporit* (*Calcium Hypochlorit*). Biasanya kaporit yang digunakan sebanyak 0,4 – 0,5 ppm. Efek oksidasi dari chlorine yang terkandung dalam kaporit akan menghancurkan enzim yang dibutuhkan oleh kuman-kuman tersebut untuk bertahan hidup. Dalam air reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :





(Asam Hypochlorite)

Bilamana pH kurang dari 5 chlorine dalam air berbentuk Cl_2 sedangkan pada pH 5 dan 6 chlorine dalam air akan berbentuk *asam hypochlorite*. Aktifitas desinfektan akan lebih baik pada suasana asam. Waktu yang dibutuhkan untuk desinfektan tergantung dari konsentrasi chlorine yang digunakan. Biasanya paling sedikit $\frac{1}{2}$ jam harus selalu disediakan sebelum air digunakan.

6.1.2 Perhitungan Kebutuhan Air

A. Air Sanitasi

1. Air untuk karyawan

Untuk keperluan air sanitasi diperlukan air sebanyak 0,14 m^3/hari untuk tiap karyawan

(Nasution, 2016).

Jumlah karyawan : 300 Orang

Kebutuhan air untuk 300 karyawan : 42 m^3/hari

2. Air untuk laboratorium

Direncanakan kebutuhan air untuk kebutuhan laboratorium adalah sebesar 20% dari kebutuhan air sanitasi karyawan, sehingga kebutuhan air untuk laboratorium adalah :

= 20% x 42 m^3/hari

= 8,4 m^3/hari

3. Air untuk taman. *Hydrant*, dan cadangan

Kebutuhan air untuk taman, *Hydrant* dan cadangan sebesar 40% dari kebutuhan air sanitasi karyawan, sehingga kebutuhan airnya adalah :

= 40% x 42 m^3/hari

= 16,8 m^3/hari

Kebutuhan air sanitasi pabrik : 67,2 m^3/hari = 2,8 m^3/jam

6.2. Penyediaan Tenaga Listrik

Tenaga listrik untuk pabrik ini disupply oleh jaringan PLN dan sebagai cadangan digunakan generator untuk mengatasi



keadaan bila sewaktu-waktu terjadi gangguan PLN. Kebutuhan listrik untuk penerangan pabrik dapat dihitung berdasarkan kuat penerangan untuk masing-masing ruangan atau halaman di sekitar pabrik yang memerlukan penerangan.

Kebutuhan listrik tenaga diesel pada pabrik Semen akan dipenuhi dari dua sumber yaitu :

1. Perusahaan Listrik Negara (PLN)
2. Pembangkit listrik dari tenaga penggerak turbin berupa steam boiler untuk menyuplai pabrik untuk mengurangi biaya pemakaian listrik PLN dan menyuplai jika terjadi pemadaman mendadak dari PLN.

6.3. Penyediaan Bahan Bakar

Pabrik semen ini menggunakan batu bara yang disuplai dari Kaltim dan Kalsel yang ditransportasikan lewat jalur laut menuju pelabuhan pabrik.. Batu bara yang dibutuhkan sebesar 585.900,29 kg/hari.

BAB VI

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

Kesehatan dan keselamatan kerja adalah upaya perlindungan yang ditujukan agar tenaga kerja dan orang lainnya di tempat kerja atau perusahaan selalu dalam keadaan selamat dan sehat, serta agar setiap sumber produksi dapat digunakan secara aman dan efisien. Kesehatan dan keselamatan kerja adalah dua hal yang sangat penting. Oleh karena itu, semua perusahaan kontraktor berkewajiban menyediakan semua keperluan peralatan/perlengkapan perlindungan diri atau *Personal Protective Equipment*.

7.1. Pendahuluan

Penerapan sistem keselamatan dan kesehatan kerja memiliki beberapa tujuan, yaitu :

1. Melindungi karyawan atas hak keselamatannya dalam bekerja.
2. Menjamin keselamatan orang lain yang berada ditempat kerja atau lingkungan sekitarnya
3. Sumber produksi dipergunakan dan dipelihara dengan aman, efisien, terencana, dan ramah lingkungan.
4. Merawat aset perusahaan dengan baik sehingga umur alat menjadi lebih panjang.
5. Tercapainya kecelakaan nihil.
6. Membuat karyawan nyaman bekerja sehingga produktifitas meningkat.

7.2. Sebab – sebab Timbulnya Kecelakaan

Secara umum sebab – sebab timbulnya kecelakaan di lingkungan pabrik adalah sebagai berikut:

1. Lingkungan Fisik

Sumber bahaya kecelakaan dari lingkungan fisik meliputi mesin – mesin, peralatan, bahan produksi, lingkungan kerja,



penerangan dan lain – lain. Kecelakaan yang terjadi merupakan akibat dari :

- Kesalahan perencanaan.
- Aus atau rusaknya peralatan.
- Kesalahan pada waktu pembelian.
- Terjadi ledakan karena kondisi operasi yang tidak terkontrol
- Penyusunan peralatan dan bahan produksi yang kurang tepat
- Lingkungan kerja yang tidak memenuhi persyaratan seperti panas, bising, salah penerangan dan lembab.

2. Manusia (Karyawan)

Kecelakaan yang disebabkan oleh manusia (karyawan), antara lain :

- Kurangnya pengetahuan dan keterampilan karyawan.
- Tidak cocoknya karyawan dengan peralatan atau lingkungan kerja.
- Kurangnya motivasi kerja dan kesadaran karyawan akan keselamatan kerja.

3. Sistem Manajemen

Kecelakaan yang disebabkan oleh manajemen adalah sebagai tersebut :

- Kurangnya perhatian manager terhadap keselamatan kerja.
- Kurangnya penerapan prosedur kerja dengan baik.
- Kurangnya pengawasan terhadap kegiatan pemeliharaan dan modifikasi.
- Tidak adanya inspeksi peralatan.
- Kurangnya sistem penanggulangan terhadap bahaya.

4. Bahaya Mekanik

Kecelakaan yang disebabkan oleh benda-benda mekanik, antara lain :

- Benda-benda bergerak atau berputar
- Sistem pengamanan tidak bekerja atau tidak terpasang



5. Bahaya Kimia

Bahan-bahan kimia yang dapat membahayakan keselamatan dan kesehatan pekerja adalah bahan-bahan bersifat racun dan dapat merusak kulit bila tersentuh.

7.3. Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Unit Pabrik Semen Portland Pozzolan Menggunakan Proses Kering

❖ **Unit Crusher**

1. Melakukan pengawasan terhadap lingkungan yang membahayakan
2. Melakukan pengawasan terhadap tindakan yang membahayakan
3. Menjaga pelaksanaan ketentuan keselamatan dan kesehatan kerja, dengan cara:
 - Menertibkan pemakaian alat pelindung.
 - Menyediakan fasilitas alat pelindung.
 - Membuat rambu – rambu norma keselamatan kerja dan lalu lintas.
 - Mengadakan berbagai macam pelatihan dan pemadaman kebakaran.
4. Melaksanakan program TQC (*Total Quality Control*)
5. Untuk mencegah terjadinya kecelakaan yang disebabkan manusia dapat dilakukan cara sebagai berikut :
 - Pelatihan penggunaan alat produksi sesuai SOP (*Standard Operation Procedure*)
 - Pengenalan alat Pengaman minimal yang harus digunakan pada setiap unit

❖ **Unit Roller Mill**

1. Melakukan pengawasan terhadap tindakan yang membahayakan
2. Menjaga pelaksanaan ketentuan keselamatan dan kesehatan kerja, dengan cara:
 - Mentertibkan pemakaian alat pelindung.



- Menyediakan fasilitas alat pelindung.
 - Membuat rambu – rambu norma keselamatan kerja dan lalu lintas.
3. Mengadakan berbagai macam pelatihan dan pemadaman kebakaran.
 4. Melaksanakan program TQC (*Total Quality Control*)
 5. Untuk mencegah terjadinya kecelakaan yang disebabkan manusia dapat dilakukan cara sebagai berikut :
 - Pelatihan penggunaan alat produksi sesuai SOP (*Standard Operation Procedure*)
 - Pengenalan alat Pengaman minimal yang harus digunakan pada setiap unit
- ❖ **Unit Blending Silo**
1. Menjaga pelaksanaan ketentuan keselamatan dan kesehatan kerja, dengan cara:
 - Mentertibkan pemakaian alat pelindung.
 - Menyediakan fasilitas alat pelindung.
 - Membuat rambu – rambu norma keselamatan kerja dan lalu lintas.
 - Mengadakan berbagai macam pelatihan dan pemadaman kebakaran.
 2. Melaksanakan program TQC (*Total Quality Control*)
- ❖ **Unit Preheater dan Rotary Kiln**
1. Melakukan pengawasan terhadap lingkungan yang membahayakan
 2. Melakukan pengawasan terhadap tindakan yang membahayakan
 3. Menjaga pelaksanaan ketentuan keselamatan dan kesehatan kerja, dengan cara:
 - Mentertibkan pemakaian alat pelindung.
 - Menyediakan fasilitas alat pelindung.



- Membuat rambu – rambu norma keselamatan kerja dan lalu lintas.
 - Mengadakan berbagai macam pelatihan dan pemadaman kebakaran.
 - Mencegah dan mengatasi terjadinya kebakaran.
4. Memeriksa dan merawat mobil pemadam kebakaran.
 5. Memeriksa dan merawat Hydrant pemadam disemua tempat.
 6. Memeriksa dan merawat alat – alat pemadaman api ringan disemua tempat.
 7. Mencegah dan menolong terjadinya kecelakaan kerja.
 8. Untuk mencegah terjadinya kecelakaan yang disebabkan manusia dapat dilakukan cara sebagai berikut :
 - Pelatihan penggunaan alat produksi sesuai SOP (*Standard Operation Procedure*)
 - Pengenalan alat Pengaman minimal yang harus digunakan pada setiap unit

❖ **Unit Cooler**

1. Melakukan pengawasan terhadap tindakan yang membahayakan
2. Menjaga pelaksanaan ketentuan keselamatan dan kesehatan kerja, dengan cara:
 - Mentertibkan pemakaian alat pelindung.
 - Menyediakan fasilitas alat pelindung.
 - Membuat rambu – rambu norma keselamatan kerja dan lalu lintas.
3. Mengadakan berbagai macam pelatihan dan pemadaman kebakaran.
4. Melaksanakan program TQC (*Total Quality Control*)
5. Untuk mencegah terjadinya kecelakaan yang disebabkan manusia dapat dilakukan cara sebagai berikut :



- Pelatihan penggunaan alat produksi sesuai SOP (*Standard Operation Procedure*)
- Pengenalan alat Pengaman minimal yang harus digunakan pada setiap unit

❖ **Unit *Finish Mill (Ball Mill)***

1. Melakukan pengawasan terhadap tindakan yang membahayakan
2. Menjaga pelaksanaan ketentuan keselamatan dan kesehatan kerja, dengan cara:
 - Mentertibkan pemakaian alat pelindung.
 - Menyediakan fasilitas alat pelindung.
 - Membuat rambu – rambu norma keselamatan kerja dan lalu lintas.
3. Mengadakan berbagai macam pelatihan dan pemadaman kebakaran.
4. Melaksanakan program TQC (*Total Quality Control*)
5. Untuk mencegah terjadinya kecelakaan yang disebabkan manusia dapat dilakukan cara sebagai berikut :
 - Pelatihan penggunaan alat produksi sesuai SOP (*Standard Operation Procedure*)
 - Pengenalan alat Pengaman minimal yang harus digunakan pada setiap unit

7.4. Jenis - jenis Alat Keselamatan Kerja dan Penggunaannya

1. Helm Proyek

Digunakan oleh setiap orang yang memasuki areal proyek. Berfungsi untuk melindungi bagian kepala. Warna helm dibedakan menurut daerah kerja, pembagiannya sebagai berikut:

- Putih : Ketua regu, ketua seksi dan pimpinan.
- Hijau : bagian operasi.
- Biru : bagian umum dan tamu



- Merah : petugas pemadam kebakaran
 - Kuning : bagian kebersihan
2. Pelindung mata
Digunakan oleh setiap pekerja yang pekerjaannya berhubungan dengan pemijaran. Macam – macam pelindung mata ;
- Kaca mata bening : untuk semua bagian
 - Kaca Plastik : Bagian utility dan pemeliharaan mesin
 - Kaca mata gerinda : Bagian utility dan pemeliharaan mesin.
3. Perlindungan badan , terdiri atas :
- Baju tahan panas : Bagian produksi, pembakaran, pemeliharaan mesin dan bengkel listrik.
 - Jaket karet : bagian bengkel listrik
 - Jaket hujan : untuk semua bagian
 - Jaket dan rompi kulit : Bagian mesin dan bengkel listrik
4. Perlindungan tangan, terdiri atas :
- Kaos tangan karet : Bagian bengkel listrik dan pengolahan air.
 - Kaos tangan kulit : Bagian bengkel mesin.
 - Kaos tangan kain : Bagian pembakaran, pengolahan bahan, bagian penggilingan dan penyimpanan bahan
 - Kaos tangan kombinasi : Bagian pembakaran, hanya digunakan saat penggantian batu tahap api pada kiln.
5. Perlindungan kaki, berupa :
- Sepatu karet : bagian bengkel listrik
 - Sepatu tahan api (dengan sol mengandung banyak unsur karbon) : untuk bagian produksi.



- Sepatu hujan : untuk semua bagian

6. Perlindungan pernafasan, terdiri atas :

- Masker plastik
Untuk pekerja pada daerah yang sangat berdebu, yaitu pada daerah pemeliharaan dan produksi.
- Masker kain
Untuk pekerja pada daerah berdebu ringan, yaitu untuk semua bagian.

7. Perlindungan telinga (peredam suara)

- *Air Plug*
Untuk tingkat kebisingan rendah < 20dB
- *Air Muff*
Untuk tingkat kebisingan tinggi >20dB

7.5. Jenis - jenis Alat Keselamatan Kerja Pada Tiap Pabrik Semen Portland Pozzolan Menggunakan Proses Kering

❖ **Unit Crusher**

1. Helm Proyek
2. Pelindung Mata
 - Kaca mata bening
 - Kaca mata gerinda
3. Perlindungan badan
 - Jaket hujan
 - Jaket dan rompi kulit
4. Perlindungan tangan dan kaki
 - Kaos tangan karet
 - Kaos tangan kulit
 - Kaos tangan kain
 - Sepatu karet
 - Sepatu hujan
5. Perlindungan Pernafasan dan Telinga
 - Masker plastik



- Masker kain
- Ear Muff

❖ **Unit *Roller Mill***

1. Helm Proyek
2. Pelindung Mata
 - Kaca mata bening
 - Kaca mata gerinda
3. Perlindungan badan
 - Baju tahan panas
 - Jaket hujan
 - Jaket dan rompi kulit
4. Perlindungan tangan dan kaki
 - Kaos tangan karet
 - Kaos tangan kulit
 - Kaos tangan kain
 - Kaos tangan kombinasi
 - Sepatu karet
 - Sepatu tahan api
 - Sepatu hujan
5. Perlindungan Pernafasan dan Telinga
 - Masker plastik
 - Masker kain
 - Ear Plug

❖ **Unit *Blending Silo***

1. Helm Proyek
2. Pelindung Mata
 - Kaca mata bening
3. Perlindungan badan
 - Jaket hujan
4. Perlindungan tangan dan kaki
 - Kaos tangan kain
 - Sepatu hujan



5. Perlindungan Pernafasan dan Telinga
 - Masker kain
 - Ear Plug

❖ **Unit Preheater dan Rotary Kiln**

1. Helm Proyek
2. Pelindung Mata
 - Kaca mata bening
 - Kaca mata gerinda
3. Perlindungan badan
 - Jaket hujan
 - Jaket dan rompi kulit
4. Perlindungan tangan dan kaki
 - Kaos tangan karet
 - Kaos tangan kulit
 - Kaos tangan kain
 - Sepatu karet
 - Sepatu hujan
5. Perlindungan Pernafasan dan Telinga
 - Masker plastik
 - Masker kain
 - Ear Muff

❖ **Unit Coller**

1. Helm Proyek
2. Pelindung Mata
 - Kaca mata bening
 - Kaca mata gerinda
3. Perlindungan badan
 - Baju tahan panas
 - Jaket hujan
 - Jaket dan rompi kulit
4. Perlindungan tangan dan kaki
 - Kaos tangan karet



- Kaos tangan kulit
 - Kaos tangan kain
 - Kaos tangan kombinasi
 - Sepatu karet
 - Sepatu tahan api
 - Sepatu hujan
5. Perlindungan Pernafasan dan Telinga
- Masker plastik
 - Masker kain
 - Ear Plug

❖ **Unit *Finish Mill (Ball Mill)***

1. Helm Proyek
2. Pelindung Mata
 - Kaca mata bening
 - Kaca mata gerinda
3. Perlindungan badan
 - Jaket hujan
 - Jaket dan rompi kulit
4. Perlindungan tangan dan kaki
 - Kaos tangan kulit
 - Kaos tangan kain
 - Sepatu hujan
5. Perlindungan Pernafasan dan Telinga
 - Masker plastik
 - Masker kain
 - Ear Muff

7.6. Hal-hal yang Harus Diperhatikan dalam Pabrik Semen Portland Pozzolan Menggunakan Proses Kering

Untuk meminimalkan terjadinya kecelakaan kerja ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu :

- a. Bangunan pabrik



BAB VII Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Bangunan gedung beserta alat – alat konstruksinya harus memenuhi persyaratan yang telah direkomendasikan oleh para ahli untuk menghindari bahaya kebakaran, perusakan akibat cuaca, gempa , petir, banjir dan lain sebagainya.

b. Ventilasi

Ruang kerja harus cukup luas, tidak membatasi atau membahayakan gerak pekerja, serta dilengkapi dengan sistem ventilasi yang baik sesuai dengan kondisi tempat kerjanya, sehingga pekerja dapat bekerja leluasa, aman, nyaman, karena selalu mendapatkan udara yang bersih.

c. Alat – alat bergerak

Alat – alat berputar atau bergerak seperti motor pada pompa ataupun kipas dalam blower, motor pada pengaduk harus selalu berada dalam keadaan tertutup, minimal diberi penutup pada bagian yang bergerak, serta harus diberi jarak yang cukup dengan peralatan yang lainnya, sehingga bila terjadi kerusakan bisa diperbaiki dengan mudah.

d. Peralatan yang menggunakan sistem perpindahan panas

Peralatan yang memakai sistem perpindahan panas harus diberi isolator.

e. Sistem perpipaan

Pipa – pipa harus dipasang secara efektif supaya mudah menghantarkan fluida proses atau utilitas tanpa adanya kehilangan energi atau massa. Pipa – pipa harus diletakkan di tempat yang terjangkau dan aman sehingga mudah diperbaiki dan dipasang. Pipa dicat dengan warna berbeda untuk tiap aliran yang berbeda agar mudah diidentifikasi.

f. Sistem kelistrikan

Penerangan di dalam ruangan harus cukup baik dan tidak menyilaukan agar para pekerja dapat bekerja dengan baik dan nyaman. Setiap peralatan yang dioperasikan secara elektris harus dilengkapi dengan pemutusan arus (sekering) otomatis serta dihubungkan dengan tanah (ground) dalam bentuk arde.



g. Karyawan

Seluruh karyawan dan pekerja, terutama yang menangani unit – unit vital, hendaknya diberi pengetahuan dan pelatihan khusus dalam bidang masing – masing , serta dalam bidang kesehatan dan keselamatan kerja secara umum.

h. Instalasi Pemadam Kebakaran

Kebakaran dapat disebabkan karena adanya api kecil, kemudian secara tidak terkontrol dapat menjadi kebakaran besar. Untuk meminimalkan kerugian material akibat bahaya kebakaran ini setiap pabrik harus memiliki dua macam instalasi pemadam kebakaran, yaitu :

- Instalasi tetap (*hydrant, sprinkel, dry chemical power*)
- Instalasi tidak tetap (*fire extinguisher*)

Untuk instalasi pemadam tetap perangnya, diletakkan ditempat – tempat tertentu yang rawan bahaya kebakaran.

BAB VIII INSTRUMENTASI

8.1 Instrumentasi

Instrumentasi merupakan sistem dan susunan yang dipakai di dalam suatu proses kontrol untuk mengatur jalannya proses agar diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Di dalam suatu pabrik kimia, pemakaian instrumen merupakan suatu hal yang penting karena dengan adanya rangkaian instrumen tersebut maka operasi semua peralatan yang ada di dalam pabrik dapat dimonitor dan dikontrol dengan cermat, mudah dan efisien. Dengan demikian, kondisi operasi selalu berada dalam kondisi yang diharapkan.

Secara garis besar, alat-alat kontrol dapat diklasifikasikan atas :

a. Penunjuk (*Indicator*)

Indicator adalah suatu alat yang (biasanya terletak pada tempat dimana pengukuran untuk proses tersebut dilakukan) memberikan harga dari besaran (variabel) yang diukur. Besaran ini merupakan besaran sesaat.

b. Pengirim (*Transmitter*)

Ialah satu elemen dari sistem pengendalian proses. Untuk mengukur besaran dari suatu proses digunakan alat ukur yang disebut sebagai sensor (bagian yang berhubungan langsung dengan medium yang diukur), dimana transmittor kemudian mengubah sinyal yang diterima dari sensor menjadi sinyal standart. Transmitter adalah alat yang mengukur harga dari suatu besaran seperti suhu, tinggi permukaan dan mengirim sinyal yang diperolehnya ke peralatan lain misal recorder, indicator atau alarm.

c. Pencatat (*Recorder*)

Recorder (biasanya terletak jauh dari tempat dimana besaran proses diukur), bekerja untuk mencatat harga yang diperoleh dari pengukuran secara kontinyu atau secara periodik.

d. Pengatur (*Controller*)

Controller adalah suatu alat yang membandingkan harga besaran yang diukur dengan harga sebenarnya yang diinginkan bagi besaran itu dan memberikan sinyal untuk pengkoreksian kesalahan, jika terjadi perbedaan antara harga besaran yang diukur dengan harga besaran yang sebenarnya.

e. Katup pengatur (*Control valves*)

Sinyal koreksi yang dihasilkan oleh *controller* berfungsi untuk mengoperasikan *control valve* untuk memperbaiki atau meniadakan kesalahan tersebut. Biasanya *controller* ditempatkan jauh dari tempat pengukuran. *Controller* juga dapat berfungsi (dilengkapi) untuk dapat mencatat atau mengukur

8.2. Tujuan Pemasangan Alat Instrumentasi

Tujuan pemasangan alat instrumentasi yaitu sebagai berikut:

- Menjaga keamanan operasi suatu proses dengan jalan menjaga variabel proses, berada dalam operasi proses yang aman serta mendeteksi situasi bahaya dengan membuat tanda-tanda bahaya dan memutus hubungan secara otomatis.
- Mendapatkan laju alir produksi sesuai yang diinginkan.
- Menjaga kualitas produk.
- Mempermudah pengoperasian alat.
- Keselamatan dan efisiensi kerja lebih terjaga.

Faktor - faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan instrumentasi adalah:

- *Sensitivity*
- *Readability*
- *Accuracy*
- *Precision*
- Faktor-faktor ekonomi
- Bahan konstruksi dan pengaruh pemasangan instrumentasi pada kondisi tertentu.



Type-type alat pengontrol terdiri dari :

1. Indikator : sebagai alat penunjuk
2. Recorder : sebagai alat pencatat
3. Controller : sebagai alat pengontrol variabel proses.

Alat-alat kontrol yang digunakan dalam bidang industri, antara lain:

- Pengatur suhu (temperatur)
 1. Temperature Controller (TC) untuk mengendalikan suhu operasi agar sesuai dengan nilai yang ditetapkan. Ini digunakan pada raw mill, preheater, rotary kiln, dan clinker cooler.
 2. Temperature Indicator (TI) untuk mengukur suhu operasi pada suatu alat.
 3. Temperature Indicator Controller (TIC) untuk mencatat dan mengendalikan suhu operasi.
- Pengatur tekanan (pressure)
 1. Pressure Controller (PC) untuk mengendalikan tekanan operasi agar sesuai dengan tekanan yang diinginkan.
 2. Pressure Indicator (PI) untuk mengetahui tekanan didalam bin penampung.
 3. Pressure Indicator Controller (PIC) untuk mengetahui dan mengatur tekanan dalam alat secara terus-menerus sesuai dengan nilai yang ditetapkan.
- Pengatur aliran (flow)
 1. Flow Recorder (FR) untuk mencatat debit aliran gas/fluida dalam alat secara terus-menerus.
 2. Flow Controller (FC) untuk mengendalikan aliran gas/fluida dalam suatu alat seperti air slide.
 3. Flow Recorder Controller (FRC) untuk mencatat dan mengatur debit aliran fluida secara terus-menerus di dalam suatu alat.
- Pengatur tinggi aliran
 1. Level Controller (LC) untuk mengendalikan tinggi bahan dalam suatu alat sehingga tidak melebihi batas yang ditentukan.



2. Level Indicator (LI) untuk mengetahui tinggi bahan dalam suatu alat seperti clinker storage.
3. Level Indicator Controller (LIC) untuk mengetahui dan mengendalikan tinggi bahan dalam suatu alat.

8.2.1 Sistem Control Pabrik Semen *portland pozzoland*

Tabel 8.1. Sistem Kontrol yang Dipakai dalam Pabrik Semen *portland pozzoland*

No	Nama Alat	Kode	Instrumentasi
1.	<i>Blending Silo</i>	M-220	LC
2.	<i>Preheater</i>	B-313	TC
3.	<i>Rotary Kiln</i>	B-310	TC

8.3. Pengendalian Proses Pabrik Semen *portland pozzoland*

Beberapa kegiatan yang dilakukan untuk mengendalikan kualitas produk pada saat proses produksi berlangsung adalah :

1. Inspeksi

Meliputi pengamatan atau pengambilan contoh pada tiap tahapan proses.

2. Analisa

Meliputi analisa kimia di laboratorium kimia dan analisa menggunakan X-Ray.

3. Pengambilan tindakan

Diadakan pengambilan tindakan bila produk yang didapat dari proses tidak sesuai dengan persyaratan.

BAB IX

PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA

IX.1 Pengolahan Limbah pada Industri secara umum

Teknologi pengolahan air limbah adalah kunci dalam memelihara kelestarian lingkungan. Apapun macam teknologi pengolahan air limbah domestik maupun industri yang dibangun harus dapat dioperasikan dan dipelihara oleh masyarakat setempat. Jadi teknologi pengolahan yang dipilih harus sesuai dengan kemampuan teknologi masyarakat yang bersangkutan.

Berbagai teknik pengolahan air buangan untuk menyisahkan bahan polutannya telah dicoba dan dikembangkan selama ini. Teknik-teknik pengolahan air buangan yang telah dikembangkan tersebut secara umum terbagi menjadi 3 metode pengolahan:

1. Pengolahan secara fisika
2. Pengolahan secara kimia
3. Pengolahan secara biologi

Untuk suatu jenis air buangan tertentu, ketiga metode pengolahan tersebut dapat diaplikasikan secara sendiri-sendiri atau secara kombinasi.

a. Pengolahan Secara Fisika

Pada umumnya, sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air buangan, diinginkan agar bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dan yang mudah mengendap atau bahan-bahan yang terapung disisahkan terlebih dahulu. Penyaringan (*screening*) merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisahkan bahan tersuspensi yang berukuran besar. Bahan tersuspensi yang mudah mengendap dapat disisahkan secara mudah dengan proses pengendapan. Parameter desain yang utama untuk proses pengendapan ini adalah kecepatan mengendap partikel dan waktu detensi hidrolis di dalam bak pengendap.

Teknologi membran (*reverse osmosis*) biasanya diaplikasikan untuk unit-unit pengolahan kecil, terutama jika



pengolahan ditujukan untuk menggunakan kembali air yang diolah. Biaya instalasi dan operasinya sangat mahal.

b. Pengolahan Secara Kimia

Pengolahan air buangan secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (koloid), logam-logam berat, senyawa fosfor, dan zat organik beracun; dengan membubuhkan bahan kimia tertentu yang diperlukan. Penyisihan bahan-bahan tersebut pada prinsipnya berlangsung melalui perubahan sifat bahan-bahan tersebut, yaitu dari tak dapat diendapkan menjadi mudah diendapkan (flokulasi-koagulasi), baik dengan atau tanpa reaksi oksidasi-reduksi, dan juga berlangsung sebagai hasil reaksi oksidasi.

c. Pengolahan Secara Biologi

Semua air buangan yang *biodegradable* dapat diolah secara biologi. Sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologi dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien. Dalam beberapa dasawarsa telah berkembang berbagai metode pengolahan biologi dengan segala modifikasinya.

Ditinjau dari segi lingkungan dimana berlangsung proses penguraian secara biologi, proses ini dapat dibedakan menjadi dua jenis:

1. Proses aerob, yang berlangsung dengan hadirnya oksigen.
2. Proses anaerob, yang berlangsung tanpa adanya oksigen.

IX.2. Pengolahan Limbah di Pabrik semen *portland pozzoland*

Salah satu karakteristik industri semen adalah menyebabkan pencemaran udara melalui debu, CO₂, SO₂ dan NO₂ yang dihasilkan selama proses produksi. Limbah padat (debu) di pabrik semen ini dihasilkan dari proses kering dan disekitar pabrik ini debu bertebangan di udara bebas.

Untuk mengatasi permasalahan diatas, dapat dilakukan dengan cara melewatkan limbah debu yang dibuang ke udara bebas melalui *electrostatic precipitator*. Dimana alat tersebut, berfungsi untuk menangkap debu dan memisahkan padatan halus dan kasar dari gas.



BAB IX Pengolahan Limbah Industri Kimia

Hasil pengukuran konsentrasi debu rata-rata masih dibawah standar (dibawah ambang batas) yaitu kurang dari 2 mg/m^3 , Menurut Standar Nasional Indonesia SNI 19-0232-2005 mengenai nilai ambang batas (NAB) zat kimia untuk limbah debu yang diijinkan adalah sebesar 2 mg/m^3 .

BAB X

KESIMPULAN

Dari uraian proses Pabrik Semen *Portland Pozzolan* ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kapasitas pabrik semen ini adalah 1.500.000 ton/tahun
2. Pabrik semen ini rencana beroperasi selama 300 hari/tahun dan 24 jam/hari. Lokasi pendirian pabrik di Kabupaten Bangkalan, Madura, Jawa Timur.
3. Bahan baku
Bahan baku yang digunakan adalah :
 - Batu Kapur : 5.845.890,98 kg/hari
 - Tanah Liat : 649.543,44 kg/hari
 - Pasir Silika : 649.543,44 kg/hari
 - Pasir Besi : 72.171,49 kg/hari
4. Berdasarkan perhitungan neraca panas, kebutuhan air dan bahan bakar dalam unit utilitas ditetapkan sebagai berikut :
 - Air sanitasi : 2,8 m³/jam
 - *Pulvurized Coal* : 585.900,29 kg/hari
5. Limbah
Jenis limbah yang dihasilkan dalam pabrik ini adalah limbah padat berupa debu dan partikel yang terikut dalam *flue gas* dari *Raw Mill* dan *Finish Mill*.

DAFTAR NOTASI

No.	Notasi	Keterangan	Satuan
1.	m	massa	kg
2.	n	mol	mol
3.	BM	Berat molekul	kg/kmol
4.	T	Suhu	°C / °F
5.	Cp	Heat Capacity	kcal/kg°C
6.	ΔH_f	Enthalpy pembentukan	kcal/mol
7.	ΔH_P	Enthalpy product	kcal
8.	H	Enthalpy	kcal
9.	Q	Panas	kcal
10.	ρ	Densitas	gr/cm ³
11.	D	Diameter	ft
12.	H	Tinggi	ft
13.	L	Panjang	ft
14.	P	Tekanan	Atm
15.	r	Jari - jari	ft
16.	B	Konstanta material	-
17.	G	Kecepatan flue gas	lb/J.ft ²
18.	S	Slope	-
18.	V	Rate Udara Pemanas masuk	lb/jam
20.	W	Berat	lb

DAFTAR PUSTAKA

- Alwys, Munafri. (2014). Perilaku Campuran Semen dan *Fly Ash* sebagai Bahan Dasar Mortar Instant untuk Pemasangan Keramik Dinding. Padang : Jurnal Poli Rekayasa Vol. 10, No. 1.
- Andoyo. (2006). Pengaruh Penggunaan Abu Terbang (*Fly Ash*) terhadap Kuat. Tekan dan Serapan Air pada Mortar. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- Boggs Jr, Sam. (1987). *Principles of Sedimentology and Stratigraphy 3rd Edition*. Prentice Hall.
- Haikal, Faza. (2014). Studi Pemanfaatan Limbah *Steel Slag* Sebagai Substitusi Agregat Dalam Pembuatan Beton Geopolimer Berbahan Dasar *Fly Ash*. Depok : Universitas Indonesia..
- Hewlett, Peter. (1971). *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*. Elsevier,.
- Hidayat, Syarif. (2009). *Semen: Jenis dan Aplikasinya*. Jakarta Selatan : Kawan Pustaka.
- Kiswanto, Heri. (2011). Optimasi Sifat-sifat Mekanik Genteng Press dengan Bahan Aditif Silika dan Dolomit. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- Madiadipoera, T., dkk. (1999). Bahan Galian Industri di Indonesia. Direktorat Jenderal Geologi dan Sumberdaya Mineral, Bandung.
- Mahida, U. N., (1984). Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri. Jakarta : Rajawali.

- Maryoto, Agus. (2008). Pengaruh Penggunaan High Volume Fly Ash pada Kuat Tekan Mortar. *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan*. 2(10): 103-114
- Othmer, D.F. and Kirk, K.E. (1979). *Encyclopedia of Chemical Technology 3rd ed., Vol.9.*. New York. : John Willey and Sons Inc.
- Solikin, Mochamad dkk. 2014. Pengaruh Perbedaan Sumber Fly Ash Terhadap Karakteristik Mekanik *High Volume Fly Ash Concrete* yang Dibuat Menggunakan Semen PPC. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Terzaghi, K., dan Peck, R., (1987). *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekaya Jilid 2* (Terjemahan). Jakarta : Erlangga
- Tjokrodinuljo, K. (1992). *Bahan Bangunan*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Witt, Joshua Chitwood. (1947). *Portland Cement Technology. Chemical publishing co., inc.*

APPENDIKS A NERACA MASSA

Kapasitas = 1.500.000,00 ton semen/tahun
 = 5.000.000,00 kg semen/hari
 Operasi = 300 hari/tahun; 24 jam/hari
 Satuan = kg
 Basis = 1 hari
 Bahan Baku = 7.217.149,36 kg

% Berat Bahan Baku Semen

Kandungan	Persentase %	Bahan Baku
Batu Kapur	81,00	5.845.890,98
Tanah Liat	9,00	649.543,44
Pasir Silika	9,00	649.543,44
Pasir Besi	1,00	72.171,49
Total	100,00	7.217.149,36

Komposisi %Berat Batu Kapur

Kandungan	Persentase %
CaCO ₃	89,13
SiO ₂	0,23
Al ₂ O ₃	0,91
MgCO ₃	1,61
Fe ₂ O ₃	1,90
H ₂ O	6,22
Total	100,00

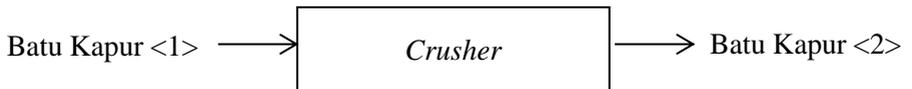
Komposisi % Berat Tanah Liat

Kandungan	Persentase %
SiO ₂	61,43
Al ₂ O ₃	18,99
Fe ₂ O ₃	1,22
CaO	0,84
MgO	0,91
K ₂ O	3,21
Na ₂ O	0,15
H ₂ O	13,25
Total	100,00

I. Proses Penyiapan Bahan Baku

I.1 Crusher (C-110)

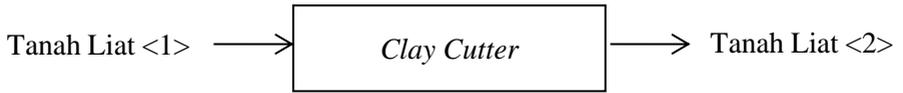
Fungsi : Untuk memperkecil ukuran (*size reduction*) batu kapur hingga berdiameter <10 cm.



Komponen	% Berat	Masuk	Keluar
		Batu Kapur <1>	Batu Kapur <2>
CaCO ₃	89,13	5.210.442,63	5.210.442,63
SiO ₂	0,23	13.445,55	13.445,55
Al ₂ O ₃	0,91	53.197,61	53.197,61
MgCO ₃	1,61	94.118,84	94.118,84
Fe ₂ O ₃	1,90	111.071,93	111.071,93
H ₂ O	6,22	363.614,42	363.614,42
Total	100,00	5.845.890,98	5.845.890,98

I.2 Clay Cutter (C-130)

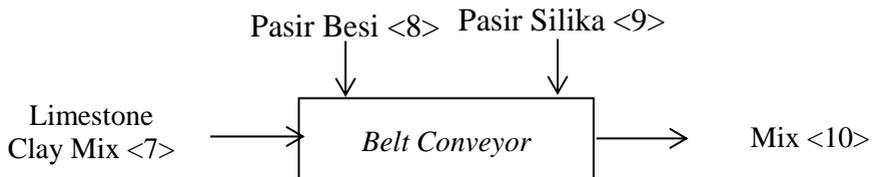
Fungsi : Untuk memperkecil ukuran tanah liat



Komponen	% Berat	Masuk	Keluar
		Batu Kapur <1>	Batu Kapur <2>
SiO ₂	61,43	399.014,54	399.014,54
Al ₂ O ₃	18,99	123.348,30	123.348,30
Fe ₂ O ₃	1,22	7.924,43	7.924,43
CaO	0,84	5.456,16	5.456,16
MgO	0,91	5.910,85	5.910,85
K ₂ O	3,21	20.850,34	20.850,34
Na ₂ O	0,15	974,32	974,32
H ₂ O	13,25	86.064,51	86.064,51
Total	100,00	649.543,44	649.543,44

I.3 Belt Conveyor (J-212A)

Fungsi : Untuk membawa campuran material (tanah liat dan batu kapur) sebagai umpan raw mill dengan tambahan pasir besi dan pasir silika.



Bahan Koreksi :

Pasir Silika (9% dari massa total bahan baku)

$$= 9\% \times \text{massa bahan baku}$$

$$= 9\% \quad \times \quad 7.217.149,36$$

$$= 649.543,44$$

Pasir Besi (1% dari massa total bahan baku)

$$= 1\% \times \text{massa bahan baku}$$

$$= 1\% \quad \times \quad 7.217.149,36$$

$$= 72.171,49$$

Komponen	Masuk			Keluar
	<i>Limestone Clay Mix <7></i>	Pasir Silika <8>	Pasir Besi <9>	<i>Mix <10></i>
Batu Kapur :				
CaCO ₃	5.210.442,63			5.210.442,63
SiO ₂	13.445,55			13.445,55
Al ₂ O ₃	53.197,61			53.197,61
MgCO ₃	94.118,84			94.118,84
Fe ₂ O ₃	111.071,93			111.071,93
H ₂ O	363.614,42			363.614,42
	5.845.890,98			5.845.890,98
Tanah Liat :				
SiO ₂	399.014,54			399.014,54
Al ₂ O ₃	123.348,30			123.348,30
Fe ₂ O ₃	7.924,43			7.924,43
CaO	5.456,16			5.456,16
MgO	5.910,85			5.910,85
K ₂ O	20.850,34			20.850,34
Na ₂ O	974,32			974,32
H ₂ O	86.064,51			86.064,51
	649.543,44			649.543,44

Pasir Silika		649.543,44		649.543,44
Pasir Besi			72.171,49	72.171,49
Total	6.495.434,42	649.543,44	72.171,49	7.217.149,36
	7.217.149,36			

I.4 Bucket Elevator (J-213A)

Fungsi : Untuk mengangkut raw mix sebagai umpan raw mill

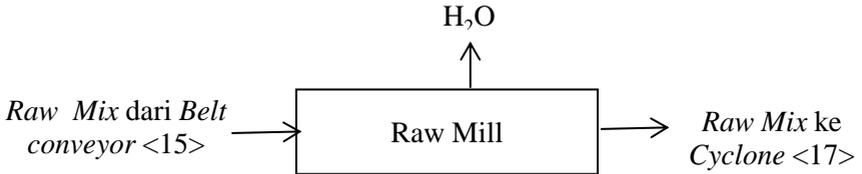


Komponen	Masuk	Keluar
	Raw Mix <11>	Raw Mix <12>
CaCO ₃	5.210.442,63	5.210.442,63
SiO ₂	1.062.003,53	1.062.003,53
Al ₂ O ₃	176.545,91	176.545,91
MgCO ₃	94.118,84	94.118,84
Fe ₂ O ₃	191.167,85	191.167,85
H ₂ O	449.678,93	449.678,93
CaO	5.456,16	5.456,16
MgO	5.910,85	5.910,85
K ₂ O	20.850,34	20.850,34
Na ₂ O	974,32	974,32
Total	7.217.149,36	7.217.149,36

II. Proses Penggilingan Awal

II.1 Raw Mill (C-210)

Fungsi : Untuk menggiling dan mengeringkan bahan campuran material sebagai umpan *Kiln*



Produk dari *Raw Mill* mempunyai kadar air sebesar 1%

$$99\% = \frac{\text{massa H}_2\text{O yang teruapkan}}{\text{massa H}_2\text{O total}}$$

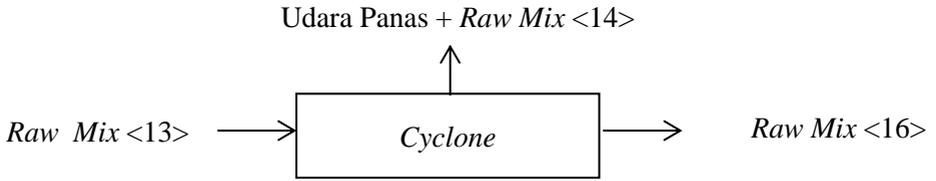
$$99\% = \frac{\text{massa H}_2\text{O yang teruapkan}}{449.678,93}$$

$$= 445.182,14$$

Komponen	Masuk	Keluar	
	<i>Raw Mix</i> <12>	<i>Raw Mix</i> <13>	H ₂ O
CaCO ₃	5.210.442,63	5.210.442,63	-
SiO ₂	1.062.003,53	1.062.003,53	-
Al ₂ O ₃	176.545,91	176.545,91	-
MgCO ₃	94.118,84	94.118,84	-
Fe ₂ O ₃	191.167,85	191.167,85	-
H ₂ O	449.678,93	4.496,79	445.182,14
CaO	5.456,16	5.456,16	-
MgO	5.910,85	5.910,85	-
K ₂ O	20.850,34	20.850,34	-
Na ₂ O	974,32	974,32	-
	7.217.149,36	6.771.967,22	445.182,14
Total	7.217.149,36	7.217.149,36	

II.2 Cyclone (H-215)

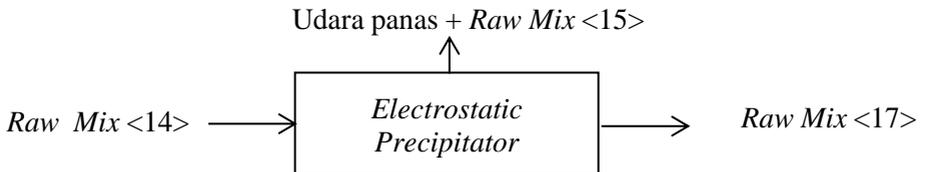
Fungsi : Untuk memisahkan gas dan padatan



Komponen	Masuk	Keluar	
	Raw Mix <13>	Raw Mix <14>	Raw Mix <16>
CaCO ₃	5.210.442,63	416.835,41	4.793.607,22
SiO ₂	1.062.003,53	84.960,28	977.043,25
Al ₂ O ₃	176.545,91	14.123,67	162.422,24
MgCO ₃	94.118,84	7.529,51	86.589,34
Fe ₂ O ₃	191.167,85	15.293,43	175.874,42
H ₂ O	4.496,79	359,74	4.137,05
CaO	5.456,16	436,49	5.019,67
MgO	5.910,85	472,87	5.437,98
K ₂ O	20.850,34	1.668,03	19.182,32
Na ₂ O	974,32	77,95	896,37
	6.771.967,22	541.757,38	6.230.209,85
Total	6.771.967,22	6.771.967,22	

II.3 Electrostatic Precipitator (H-216)

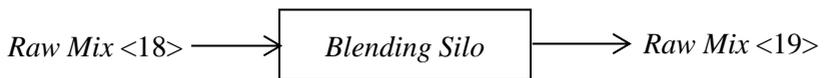
Fungsi : Untuk memisahkan gas dengan padatan



Komponen	Masuk	Keluar	
	<i>Raw Mix <14></i>	<i>Raw Mix <15></i>	<i>Raw Mix <17></i>
CaCO ₃	416.835,41	416,84	416.418,58
SiO ₂	84.960,28	84,96	84.875,32
Al ₂ O ₃	14.123,67	14,12	14.109,55
MgCO ₃	7.529,51	7,53	7.521,98
Fe ₂ O ₃	15.293,43	15,29	15.278,13
H ₂ O	359,74	0,36	359,38
CaO	436,49	0,44	436,06
MgO	472,87	0,47	472,39
K ₂ O	1.668,03	1,67	1.666,36
Na ₂ O	77,95	0,08	77,87
	541.757,38	541,76	541.215,62
Total	541.757,38	541.757,38	

II.4 Blending Silo (M-220)

Fungsi : Menyimpan dan menghomogenisasikan *raw mix*

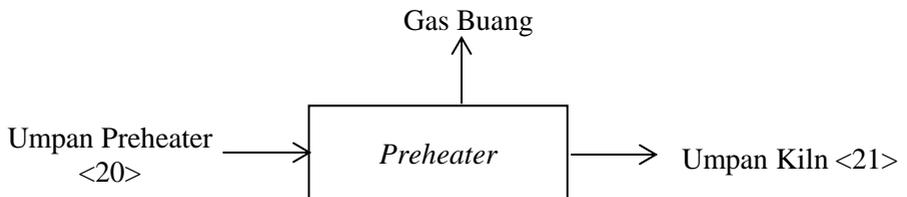


Komponen	Masuk	Keluar
	<i>Raw Mix <14></i>	<i>Raw Mix <15></i>
CaCO ₃	5.210.025,80	5.210.025,80
SiO ₂	1.061.918,57	1.061.918,57
Al ₂ O ₃	176.531,78	176.531,78
MgCO ₃	94.111,32	94.111,32
Fe ₂ O ₃	191.152,56	191.152,56

H ₂ O	4.496,43	4.496,43
CaO	5.455,73	5.455,73
MgO	5.910,37	5.910,37
K ₂ O	20.848,68	20.848,68
Na ₂ O	974,24	974,24
Total	6.771.425,47	6.771.425,47

III. Proses Pembakaran

III.1 Preheater (C-210)



Komponen	massa (kg)	% berat	BM
CaCO ₃	5.210.025,80	76,94	100,00
SiO ₂	1.061.918,57	15,68	
Al ₂ O ₃	176.531,78	2,61	
MgCO ₃	94.111,32	1,39	84,00
Fe ₂ O ₃	191.152,56	2,82	
H ₂ O	4.496,43	0,07	
CaO	5.455,73	0,08	56,00
MgO	5.910,37	0,09	40,00
K ₂ O	20.848,68	0,31	
Na ₂ O	974,24	0,01	
Total	6.771.425,47	100,00	

Di dalam preheater terdapat proses pemanasan awal dan reaksi kalsinasi hingga 65 %, berikut reaksi kalsinasi yang terjadi pada preheater :

	CaCO_3	\longrightarrow	CaO	+	CO_2
Mula-mula	52.100,26				
Reaksi	33.865,17		33.865,17		33.865,17
Sisa	18.235,09		33.865,17		33.865,17

$\text{Mol CaCO}_3 = \text{Massa CaCO}_3 / \text{BM CaCO}_3$
 $= 52.100,26$
 $\text{CaCO}_3 \text{ Bereaksi} = 65\% \times \text{mol CaCO}_3$
 $= 33.865,17$
 $\text{CaO Terbentuk} = \text{CaCO}_3 \text{ bereaksi} \times \text{BM CaO}$
 $= 1.896.449,39$
 $\text{CO}_2 \text{ Terbentuk} = \text{CaCO}_3 \text{ bereaksi} \times \text{BM CO}_2$
 $= 1.490.067,38$
 $\text{CaCO}_3 \text{ Sisa} = \text{Massa CaCO}_3 - (\text{CaO} + \text{CO}_2 \text{ Terbentuk})$
 $= 1.823.509,03$

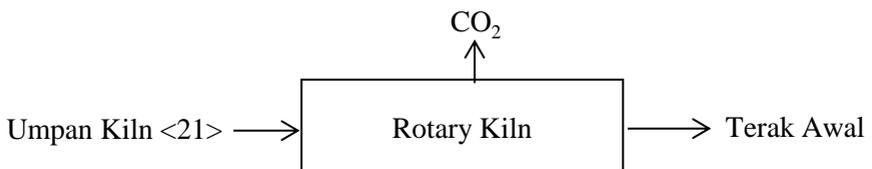
	MgCO_3	\longrightarrow	MgO	+	CO_2
Mula-mula	1.120,37				
Reaksi	728,24		728,24		728,24
Sisa	392,13		728,24		728,24

$\text{Mol MgCO}_3 = \text{Massa MgCO}_3 / \text{BM MgCO}_3$
 $= 1.120,37$
 $\text{MgCO}_3 \text{ Bereaksi} = 65\% \times \text{mol MgCO}_3$
 $= 728,24$
 $\text{MgO Terbentuk} = \text{MgCO}_3 \text{ Bereaksi} \times \text{BM MgO}$
 $= 29.129,69$
 $\text{CO}_2 \text{ Terbentuk} = \text{MgCO}_3 \text{ Bereaksi} \times \text{BM CO}_2$
 $= 32.042,66$
 $\text{MgCO}_3 \text{ Sisa} = \text{MgCO}_3 - (\text{MgO} \text{ Terbentuk} + \text{CO}_2 \text{ Terbentuk})$
 $= 32.938,96$

Berikut Neraca Massa pada Preheater :

Komponen	Masuk	Keluar
	Umpan <i>Preheater</i> <14>	<i>Raw Mix</i> <15>
Padatan :		
CaCO ₃	5.210.025,80	1.823.509,03
SiO ₂	1.061.918,57	1.061.918,57
Al ₂ O ₃	176.531,78	176.531,78
MgCO ₃	94.111,32	32.938,96
Fe ₂ O ₃	191.152,56	191.152,56
H ₂ O	4.496,43	-
CaO	5.455,73	1.901.905,12
MgO	5.910,37	35.040,07
K ₂ O	20.848,68	20.848,68
Na ₂ O	974,24	974,24
	6.771.425,47	5.244.819,00
Gas :		
H ₂ O Menguap		4.496,43
Gas Buang		
CO ₂		1.522.110,04
Total	6.771.425,47	6.771.425,47

III.2 Rotary Kiln (B-310)



Didalam rotary kiln terjadi reaksi kalsinasi hingga 100%

	CaCO_3	\longrightarrow	CaO	+	CO_2
Mula-mula	18.235,09		-		-
Reaksi	18.235,09		18.235,09		18.235,09
Sisa	0,00		18.235,09		18.235,09

$$\begin{aligned} \text{Mol CaCO}_3 &= \text{Massa CaCO}_3 / \text{BM CaCO}_3 \\ &= 18.235,09 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CaCO}_3 \text{ Bereaksi} &= 100\% \times \text{mol CaCO}_3 \\ &= 18.235,09 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CaO Terbentuk} &= \text{CaCO}_3 \text{ bereaksi} \times \text{BM CaO} \\ &= 1.021.165,06 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ Terbentuk} &= \text{CaCO}_3 \text{ bereaksi} \times \text{BM CO}_2 \\ &= 802.343,97 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CaCO}_3 \text{ Sisa} &= \text{Massa CaCO}_3 - (\text{CaO} + \text{CO}_2) \\ &= 0,00 \end{aligned}$$

	MgCO_3	\longrightarrow	MgO	+	CO_2
Mula-mula	392,13				
Reaksi	392,13		392,13		392,13
Sisa	0,00		392,13		392,13

$$\begin{aligned} \text{Mol MgCO}_3 &= \text{Massa MgCO}_3 / \text{BM MgCO}_3 \\ &= 392,13 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MgCO}_3 \text{ Bereaksi} &= 100\% \times \text{mol MgCO}_3 \\ &= 392,13 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MgO Terbentuk} &= \text{MgCO}_3 \text{ Bereaksi} \times \text{BM MgO} \\ &= 15.685,22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ Terbentuk} &= \text{MgCO}_3 \text{ Bereaksi} \times \text{BM CO}_2 \\ &= 17.253,74 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MgCO}_3 \text{ Sisa} &= \text{MgCO}_3 - (\text{MgO Terbentuk} + \text{CO}_2 \text{ Terbentuk}) \\ &= 0,00 \end{aligned}$$

Komponen	Masuk	Keluar	
	Umpan Kiln <21>	CO ₂	Terak Awal
CaCO ₃	1.823.509,03		0,00
SiO ₂	1.061.918,57		1.061.918,57
Al ₂ O ₃	176.531,78		176.531,78
MgCO ₃	32.938,96		0,00
Fe ₂ O ₃	191.152,56		191.152,56
CaO	1.901.905,12		2.923.070,17
MgO	35.040,07		50.725,28
K ₂ O	20.848,68		20.848,68
Na ₂ O	974,24	819.597,71	974,24
	5.244.819,00	819.597,71	4.425.221,28
Total	5.244.819,00	5.244.819,00	

Setelah reaksi kalsinasi berjalan dengan sempurna, bahan terjadi proses klinkerisasi. % komposisi clinker berdasarkan formula Bogue adalah

$$\begin{aligned}
 3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 &= 4,071\text{CaO} - (7,602\text{SiO}_2 + 6,718 \text{Al}_2\text{O}_3 + 1,43 \text{Fe}_2\text{O}_3) \\
 &= 53,48\% \quad \times \quad \text{massa total terak awal} = 2.366.672,75
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 &= 8,6\text{SiO}_2 + 5,07\text{Al}_2\text{O}_3 + 1,08\text{Fe}_2\text{O}_3 - 3,07\text{CaO} = 28,48\% \\
 &= 28,48\% \quad \times \quad \text{massa total terak awal} = 1.260.135,16
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 &= 2,65\text{Al}_2\text{O}_3 - 1,69 \text{Fe}_2\text{O}_3 = 3,27\% \\
 &= 3,27\% \quad \times \quad \text{massa total terak awal} = 144.761,40
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 &= 3,043 \text{Fe}_2\text{O}_3 = 13\% \\
 &= 13\% \quad \times \quad \text{massa total terak awal} = 581.103,78
 \end{aligned}$$

Reaksi Pembentukan C₃S

	3CaO	+	SiO ₂	—————>	3CaO.SiO ₂
Mula-mula	52.197,68				
Reaksi	31.140,43		10.380,14		10.380,14
Sisa	21.057,25		10.380,14		10.380,14

Perhitungan mol CaO

$$\begin{aligned}
 \text{mol CaO mula-mula} &= \frac{\text{massa CaO terak awal}}{\text{BM}} \\
 &= \frac{2.923.070,17}{56,00} \\
 &= 52.197,68
 \end{aligned}$$

Perhitungan mol 3CaO.SiO₂ sisa

$$\begin{aligned}
 \text{mol 3CaO.SiO}_2 \text{ sisa} &= \frac{\text{massa 3CaO.SiO}_2 \text{ sisa}}{\text{BM}} \\
 &= \frac{2.366.672,75}{228,00} \\
 &= 10.380,14
 \end{aligned}$$

Reaksi Pembentukan C₂S

	2CaO	+	SiO ₂	—————>	3CaO.SiO ₂
Mula-mula	52.197,68				
Reaksi	14.652,73		7.326,37		7.326,37
Sisa	37.544,95		7.326,37		7.326,37

Perhitungan mol 2CaO.SiO₂ sisa

$$\begin{aligned}
 \text{mol 2CaO.SiO}_2 \text{ sisa} &= \frac{\text{massa 2CaO.SiO}_2 \text{ sisa}}{\text{BM}} \\
 &= \frac{1.260.135,16}{172,00} \\
 &= 7.326,37
 \end{aligned}$$

Reaksi Pembentukan C₃Al

	3CaO	+	Al ₂ O ₃	—————>	3CaO.Al ₂ O ₃
Mula-mula	52.197,68				
Reaksi	1.608,46		536,15		536,15
Sisa	50.589,22		536,15		536,15

Perhitungan 3CaO.Al₂O₃ sisa

$$\begin{aligned} \text{mol } 3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ sisa} &= \frac{\text{massa } 3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ sisa}}{\text{BM}} \\ \text{mol } 3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ sisa} &= \frac{144.761,40}{270,00} \\ &= 536,15 \end{aligned}$$

Reaksi Pembentukan C₄AF

	4CaO	+	Al ₂ O ₃	+	Fe ₂ O ₃	—————>	3CaO.Al ₂ O ₃
Mula-mula	52.197,68						
Reaksi	4.782,75		1.195,69		1.195,69		1.195,69
Sisa	47.414,93		1.195,69		1.195,69		1.195,69

Perhitungan 4CaO.Al₂O₃.Fe₂O₃ sisa

$$\begin{aligned} \text{mol } 4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ sisa} &= \frac{\text{massa } 4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ sisa}}{\text{BM}} \\ &= \frac{581.103,78}{486,00} \\ &= 1.195,69 \end{aligned}$$

Komponen	Masuk	Keluar
SiO ₂	1.061.918,57	
Al ₂ O ₃	176.531,78	
Fe ₂ O ₃	191.152,56	
CaO	2.923.070,17	
MgO	50.725,28	50.725,28

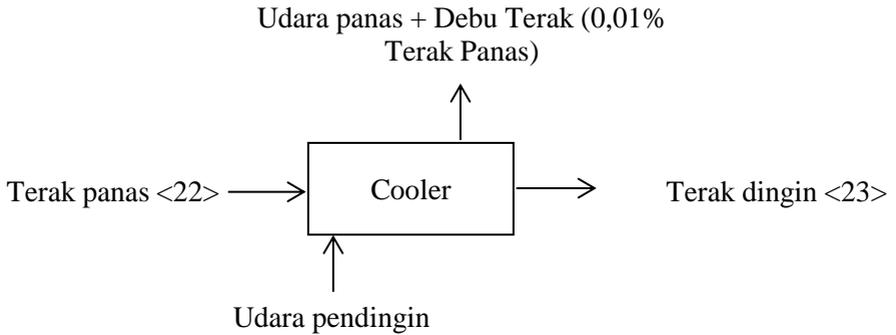
K ₂ O	20.848,68	20.848,68
Na ₂ O	974,24	974,24
C ₃ S	-	2.366.672,75
C ₂ S	-	1.260.135,16
C ₃ A	-	144.761,40
C ₄ AF	-	581.103,78
Total	4.425.221,28	4.425.221,28

Berikut Neraca Massa dalam Rotary Kiln :

Komponen	Masuk	Keluar	
	Umpan Kiln <21>	CO ₂	Terak Panas <22>
CaCO ₃	1.823.509,03		-
SiO ₂	1.061.918,57		-
Al ₂ O ₃	176.531,78		-
MgCO ₃	32.938,96		-
Fe ₂ O ₃	191.152,56		-
CaO	1.901.905,12		-
MgO	35.040,07		50.725,28
K ₂ O	20.848,68		20.848,68
Na ₂ O	974,24		974,24
CO ₂	-	819.597,71	-
C ₃ S	-		2.366.672,75
C ₂ S	-		1.260.135,16
C ₃ A	-		144.761,40
C ₄ AF	-		581.103,78
	5.244.819,00	819.597,71	4.425.221,28
Total	5.244.819,00	5.244.819,00	

III.3 Cooler (B-314)

Fungsi : Untuk mendinginkan terak secara mendadak



Debu terikut dengan udara sebesar 0,01% dari Terak Panas

Diperoleh :

MgO	=	0,01%	x	50.725,28	=	5,07
K ₂ O	=	0,01%	x	20.848,68	=	2,08
Na ₂ O	=	0,01%	x	974,24	=	0,10
C3S	=	0,01%	x	2.366.672,75	=	236,67
C2S	=	0,01%	x	1.260.135,16	=	126,01
C3A	=	0,01%	x	144.761,40	=	14,48
C4AF	=	0,01%	x	581.103,78	=	58,11

Kebutuhan udara pendingin yang kontak langsung dengan terak panas diperoleh dari perhitungan Neraca Panas pada halaman B-33 = 4.802.156,08 kg/hari

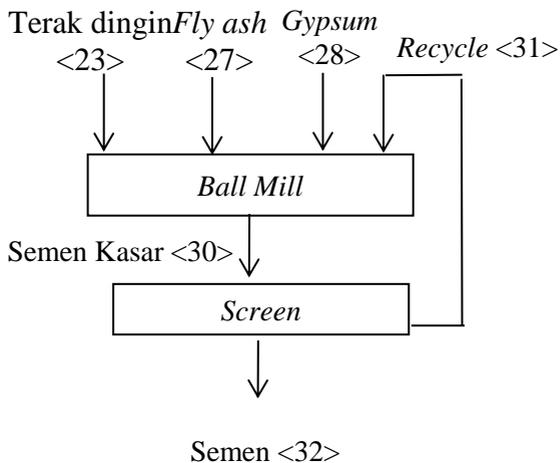
Komponen	Masuk	Keluar
	Terak Panas <22>	Terak dingin <23>
MgO	50.725,28	50.720,21
K ₂ O	20.848,68	20.846,59
Na ₂ O	974,24	974,14
C3S	2.366.672,75	2.366.436,08
C2S	1.260.135,16	1.260.009,14
C3A	144.761,40	144.746,93
C4AF	581.103,78	581.045,67
	4.425.221,28	4.424.778,76

Udara Pendingin	4.802.156,08	Udara Panas + debu terak
		5,07 2,08 0,10 236,67 126,01 14,48 58,11 <hr/> 442,52
		Udara Panas 4.802.156,08
Total	9.227.377,36	9.227.377,36

IV. Tahap Penggilingan Akhir

IV.1 Ball Mill (C-410)

Fungsi : Untuk menggiling terak menjadi semen



Efisiensi Screen = 85,00%
 Bahan yang di *recycle* = 15,00%
 (Pabrik Semen Indonesia, Tuban)

Penambahan Bahan Aditif :

Gypsum (10%)

=10 % x massa terak

= 10% x 4.424.778,76

= 442.477,88

Fly Ash (3%)

= 3% x massa terak

= 3% x 4.424.778,76

= 132.743,36

Komponen	Masuk			Keluar
	Terak dingin <23>	<i>Fly Ash</i> <27>	<i>Gypsum</i> <28>	Semen Kasar <30>
MgO	50.720,21	-	-	58.328,24
K ₂ O	20.846,59	-	-	23.973,58
Na ₂ O	974,14	-	-	1.120,26
C3S	2.366.436,08	-	-	2.721.401,49
C2S	1.260.009,14	-	-	1.449.010,52
C3A	144.746,93	-	-	166.458,97
C4AF	581.045,67	-	-	668.202,52
<i>Fly Ash</i>		132.743,36		152.654,87
<i>Gypsum</i>			442.477,88	508.849,56
	4.424.778,76	132.743,36	442.477,88	5.750.000,00
Recycle <37>				
MgO	7.608,03	-	-	-
K ₂ O	3.126,99	-	-	-
Na ₂ O	146,12	-	-	-

C3S	354.965,41	-	-
C2S	189.001,37	-	-
C3A	21.712,04	-	-
C4AF	87.156,85	-	-
Gypsum	66.371,68	-	-
Fly Ash	19.911,50	-	-
	750.000,00		
Total		5.750.000,00	5.750.000,00

IV.2 Screen (H-418)

Fungsi : Memperkecil ukuran semen menjadi 325 mesh

Komponen	Masuk	Keluar	
	Semen Kasar <30>	Produk Semen <32>	Recycle <31>
MgO	58.328,24	50.720,21	7.608,03
K ₂ O	23.973,58	20.846,59	3.126,99
Na ₂ O	1.120,26	974,14	146,12
C3S	2.721.401,49	2.366.436,08	354.965,41
C2S	1.449.010,52	1.260.009,14	189.001,37
C3A	166.458,97	144.746,93	21.712,04
C4AF	668.202,52	581.045,67	87.156,85
Gypsum	152.654,87	132.743,36	66.371,68
Fly Ash	508.849,56	442.477,88	19.911,50
		5.000.000,00	750.000,00
Total	5.750.000,00	5.750.000,00	

APPENDIKS C SPESIFIKASI ALAT

1. *Crusher*

Fungsi = Untuk memperkecil ukuran batu kapur dengan diameter 34 cm

Feed rate = 6.103.329,84 kg/hari = 254,31 ton/jam

Ukuran produk = 0-34 cm

Diameter material *feed Crusher* = 84 cm = 0,84 m

Berdasarkan tabel 21-9a (Perry, 8th edition), dengan kapasitas 254,31 ton/jam, diperoleh data :

<i>Feed opening width</i>	= 1250 mm	= 49 in
<i>Feed opening depth</i>	= 950 mm	= 37 in
Kecepatan	= 220 rpm	
Power	= 160 kW	= 20 hp

Spesifikasi

Nama	= <i>Crusher</i>	
Tipe	= <i>Jaw Crusher</i>	
Kapasitas maksimum	= 685 ton/jam	
<i>Feed opening width</i>	= 1250 mm	= 49 in
<i>Feed opening depth</i>	= 950 mm	= 37 in
Kecepatan	= 220 rpm	
Power	= 160 kW	= 20 hp

TABLE 21-9a Performance of Nordberg C Series Eccentric Jaw Crushers

	C95	C105	C 0	C100	C 05	C110	C125	C1 0	C1 5	C1 0	C200
Feed opening width mm (in)	930 (37)	1050 (42)	800 (32)	1000 (40)	1375 (54)	1100 (44)	1250 (49)	1400 (55)	1400 (55)	1600 (63)	2000 (79)
Feed opening depth mm (in)	580 (23)	700 (28)	510 (20)	760 (30)	760 (30)	850 (34)	950 (37)	1070 (42)	1100 (43)	1200 (47)	1500 (59)
Power kW (HP)	90 (125)	110 (150)	75 (100)	110 (150)	160 (200)	160 (200)	160 (200)	200 (250)	200 (300)	250 (350)	400 (500)
Speed (rpm)	330	300	350	250	260	230	220	220	220	220	200
Product size mm (in)	Closed side setting mm (in)	tph (Sph)									
0-30	20		*	*	*	*	*	*	*	*	*
0-1 1/4	3/4		*	*	*	*	*	*	*	*	*
0-35	25		*	*	*	*	*	*	*	*	*
0-1 3/4	1		*	*	*	*	*	*	*	*	*
0-45	30		*	*	*	*	*	*	*	*	*
0-1 1/4	1 1/4		*	*	*	*	*	*	*	*	*
0-60	40		*	*	55-75	*	*	*	*	*	*
0-2 3/4	1 3/4		*	*	60-80	*	*	*	*	*	*
0-75	50		*	*	65-95	*	*	*	*	*	*
0-3	2		*	*	75-100	*	*	*	*	*	*
0-90	60	105-135	*	*	80-110	*	*	*	*	*	*
0-3 1/2	2 3/4	115-150	*	*	90-120	*	*	*	*	*	*
0-105	70	125-155	135-175	95-135	125-175	210-270	160-220				
0-4 1/4	2 3/4	135-170	150-190	110-145	140-190	230-295	175-240				
0-120	80	140-180	155-195	110-150	145-200	240-300	175-245	*			
0-4 1/4	3 1/4	155-200	170-215	120-165	160-215	260-330	195-270	*			
0-135	90	160-200	175-225	125-175	160-220	260-330	190-275	*	*	*	*
0-5 1/4	3 1/2	175-220	195-245	140-190	175-240	285-360	215-300	*	*	*	*
0-150	100	175-225	195-245	140-190	180-250	285-365	215-295	245-335	*	*	*
0-6	4	195-250	210-270	150-210	200-275	315-400	235-325	270-370	*	*	*
0-185	125	220-280	245-315	175-245	220-310	345-435	260-360	295-405	325-445	335-465	* *
0-7	5	240-310	270-345	195-270	245-340	375-480	285-395	325-445	355-490	370-510	* *
0-225	150	265-335	295-375	210-290	265-365	405-515	310-430	345-475	380-530	395-545	430-610
0-9	6	290-370	325-410	230-320	290-400	445-565	340-470	380-525	420-580	435-600	475-670
0-260	175	310-390	345-435	245-335	310-430	465-595	350-490	395-545	435-605	455-625	495-695
0-10	7	340-430	380-480	270-370	340-470	515-650	390-540	435-600	480-665	500-690	545-765
0-300	200		390-500		355-490	530-670	405-555	445-615	495-685	510-710	560-790
0-12	8		430-550		390-535	580-740	445-610		495-685	570-790	625-880
0-340	225							495-685	550-760	625-880	785-1100
0-13	9							545-750	605-835	630-870	685-965
0-375	250							545-755	610-840	630-870	685-965
0-15	10							600-830	670-925	695-960	755-1060
0-410	275								690-950	745-1055	840-1120
0-16	11								760-1045	820-1160	1030-145
0-450	300									815-1145	1015-143
0-18	12									895-1260	1120-157

*Smaller closed side settings can be often used depending on application and production requirements.
(From *Metso Minerals brochure*.)

2. Belt Conveyor (J-212A)

Fungsi = Mentransportasikan campuran material (batu kapur dan tanah liat) sebagai umpan *raw mill*

Tipe = *Troughed Antifriction Idlers*

Bahan = *Malleable cast iron*

Rate massa = 7.534.975,11 kg/hari = 313,96 ton/jam

Kondisi operasi :

Tekanan = 1 atm

Temperatur = 30°C

Dimensi *belt conveyor* berdasarkan Tabel 21-7 (Perry, 7th edition)

TABLE 21-7 Belt-Conveyor Data for Troughed Antifriction Rollers*

Belt width	Cross-sectional area of load	Belt speed, ft/min (m/min)		Belt plies		Maximum lump size, ft (mm)		Belt speed, ft/min (m/min)	Capacity, tons/hr (metric tons/hr)	hp/10-ft (3.05-m) lift	hp/100-ft (30.48-m) conveyor	Add for idler/roller hp†
		Normal	Maximum	Minimum	Maximum	Standard material, 80% under	Unstaid material, not over 20%					
14 (35)	0.11 (0.010)	300 (91)	300 (91)	3	5	2.0 (51)	3.0 (76)	100 (30.5) 200 (61.0) 300 (91.5)	33 (20) 64 (28) 96 (97)	0.34 0.65 1.04	0.44 0.65 1.32	2.0
16 (40)	0.14 (0.013)	300 (91)	300 (91)	3	5	2.5 (64)	4.0 (102)	100 (30.5) 200 (61.0) 300 (91.5)	44 (50) 88 (60) 132 (120)	0.48 0.96 1.36	0.28 0.96 1.68	2.5
18 (45)	0.18 (0.017)	250 (76)	350 (107)	4	6	3.0 (76)	5.0 (127)	100 (30.5) 200 (61.0) 300 (91.5)	34 (40) 68 (84) 102 (127)	0.58 1.16 1.75	0.70 1.42 2.10	3.0
20 (50)	0.22 (0.020)	250 (76)	350 (107)	4	6	3.5 (89)	6.0 (152)	100 (30.5) 200 (61.0) 300 (91.5)	46 (60) 92 (90) 138 (148)	0.70 1.42 2.10	0.84 1.68 2.52	3.50
24 (60)	0.33 (0.030)	300 (91)	400 (122)	4	7	4.5 (114)	8.0 (203)	100 (30.5) 200 (61.0) 300 (91.5)	59 (59) 118 (128) 177 (207)	1.02 2.04 3.06	1.02 2.04 3.06	3.5
30 (75)	0.53 (0.040)	300 (91)	450 (137)	4	8	7.0 (178)	12.0 (305)	100 (30.5) 200 (61.0) 300 (91.5)	158 (143) 316 (306) 474 (430)	1.80 3.60 5.40	1.80 3.60 5.40	5.0
36 (90)	0.78 (0.072)	400 (122)	600 (183)	4	9	8.0 (203)	15.0 (381)	100 (30.5) 200 (61.0) 300 (91.5)	230 (200) 460 (400) 690 (630)	2.44 4.88 7.32	2.44 4.88 7.32	7.0
42 (105)	1.09 (0.101)	400 (122)	600 (183)	4	10	10.0 (254)	18.0 (457)	100 (30.5) 200 (61.0) 300 (91.5)	330 (300) 660 (600) 990 (870)	3.50 7.00 10.50	3.50 7.00 10.50	10.0
48 (120)	1.46 (0.136)	400 (122)	600 (183)	4	12	12.0 (305)	21.0 (533)	100 (30.5) 200 (61.0) 300 (91.5)	440 (390) 880 (800) 1320 (1190)	4.66 9.32 14.00	4.66 9.32 14.00	12.0
54 (135)	1.90 (0.177)	450 (137)	600 (183)	6	14	14.0 (356)	24.0 (610)	100 (30.5) 200 (61.0) 300 (91.5)	570 (517) 1140 (1034) 1710 (1551)	6.04 12.08 18.12	6.04 12.08 18.12	20.0
60 (150)	2.40 (0.223)	450 (137)	600 (183)	6	16	16.0 (406)	28.0 (711)	100 (30.5) 200 (61.0) 300 (91.5)	730 (654) 1460 (1328) 2190 (1995)	7.64 15.28 22.92	7.64 15.28 22.92	25.0

* Fairfield Engineering Co. data in U.S. customary system. Metric conversion is rounded off. For inclined conveyor, add lift horsepower to center horsepower for total horsepower. For terminal multiply horsepower by the following factors: 0-30 ft (9.2 m), 1.20; 31-100 ft (9.3 m), 1.10; 101-150 ft (30.7 m), 1.05. For countershaft drives, multiply horsepower by 1.05 for each reduction (cut gears).

† Trougher horsepower is based on material bulk density of 100 lb/ft³ (1602 kg/m³) and a belt speed of 300 ft/min (91.4 m/min).

- Kapasitas max = 392 ton/jam
- Lebar belt = 24 in = 60 cm
- Luas beban = 0,03 m²
- Kecepatan Belt normal = 300 ft/min
- Kecepatan Belt max = 400 ft/min
- Power = 4,08 hp/10-ft
- Jumlah = 1 buah

3. **Bucket Elevator (J-212A)**

Fungsi = Untuk mengangkut raw material sebagai umpan raw mill

Tipe = Centrifugal-Discharge Buckets on Belt

Bahan = Steel SA 167 Grade Tipe 321

Rate massa = 2.886.859,74 kg/hari
= 120,29 ton/jam

Berdasarkan Perry's Chemical Engineering Table 21-8,

Ukuran Bucket Elevator = width x projection x depth
= 16 x 8 x 81/2

Bucket spacing = 18 in

Putaran <i>head shaft</i>	= 38 rpm
Kecepatan	= 300 ft/min
Lebar belt	= 18 in
Tinggi elevator	= 25 ft
Power poros	= 8,5 hp
Rasio penambahan hp/ft	= 0,165 hp/ft
	= 0,165 x 25
	= 4,125 hp
Power total	= 4,375 hp
Efisiensi	= 85 %
Power yang digunakan	= 4,38 / 85%
	= 5,468 hp

4. Rotary Kiln

Fungsi	= Tempat terjadinya dekomposisi CaCO_3 menjadi CaO dan MgCO_3 menjadi MgO
Kondisi	= 1 atm, 1450°C
Bahan	= <i>Carbon steel</i>
Laju alir umpan	= 5.280.912,09 kg/hari
Kadar air umpan	= 0%

Maka kapasitas *over design* 10% :
 = 5.280.912 kg/hari x 1,1
 = 5.809.003 kg/hari
 = 5.809 ton/hari

Berdasarkan Tabel pada *Guidelines for standard cement kiln dimensions*, diperoleh data :

Panjang	= 62 m	= 203,4 ft
Diameter	= 5,25 m	= 17,22 ft

1. Menentukan koefisien perpindahan panas volumetric

$$U_a = \frac{0,5 \times G'G^{0,67}}{2a}$$

Keterangan :

U_a = Koefisien perpindahan panas volumetric, BTU/ft³ jam^oF

(G'_{G}) = Kecepatan superficial udara, kg/sm² = 369 lb/jam ft²
(Range 369-3687 lb/jam ft², Perry's 7th)

D = Diameter *Kiln* , ft

Maka :

$$U_a = \frac{0,5 \times 369^{0,67}}{17}$$

$$= 1,54 \text{ BTU/ft}^3\text{jam}^o\text{F}$$

2. Menentukan Luas Penampang *Rotary Kiln*

$$S = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$S = \frac{\pi}{4} \times 17^2$$

$$= 227,07 \text{ ft}^2$$

3. Menentukan Tekanan Desain

Asumsi :

a. Tekanan ke arah *Kiln* diabaikan karena material termasuk free flowing sehingga pada proses pengeluaran bahan tidak menempel pada dinding *Kiln*.

b. Tekanan di dalam *Kiln* hanya terjadi karena akibat gaya gravitasi yaitu berupa tekanan hidrostatik saja.

$$P_{\text{design}} = P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = \rho \cdot g \cdot h$$

Keterangan :

ρ = Bulk density material, kg/m³ = 1201,38 kg/m³

g = Tetapan gaya gravitasi, m/s² = 9,8 m/s²

h = Diameter *Kiln*, m = 5,25 m

$$P_{\text{hidrostatik}} = 1201,38 \times 9,8 \times 5,25 \\ = 61.811,00 \text{ kg/ms}^2 = 8,96 \text{ psi}$$

$$P_{\text{design}} = P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}} \\ = 14,7 + 8,96 \\ = 23,66 \text{ psi}$$

4. Menentukan putaran Rotary Kiln

Dimana :

N : Putaran Rotary Kiln, (rpm)

V_p : Kecepatan peripheral, (ft/menit)

= 75 ft/menit, (V_p=60-75 ft/menit, Perry's ed. 7th)

D = Diameter inside *Rotary Kiln*, (ft) = 17,22 ft

Maka :

$$N = \frac{75}{\pi \times 17,22} \\ = 1,38 \approx 2 \text{ rpm}$$

5. Menentukan waktu tinggal (θ)

$$\theta = \frac{0,19 \times L}{N \times D \times S}$$

(Perry's 7th, pers 12-58, hal 12-60)

Keterangan :

θ = Waktu tinggal, menit

L = Panjang Kiln, ft

S = Slope/kemiringan kiln, ft/ft

N = Putaran kiln, rpm (S = 0 – 8 cm/m, Perry's 7th, hal 12-56)

D = Diameter kiln, ft

Maka :

$$\theta = \frac{0,19 \times 203,4}{2 \times 17,22 \times 0,06}$$

$$= 18,70 = 19 \text{ menit}$$

6. Menentukan Daya *Rotary Kiln*

Berdasarkan Perry's 7th, jumlah total daya untuk fan, penggerak dryer dan conveyor umpan maupun produk berkisar antara $0,5 D^2$ - $1,0 D^2$ (kW).

Pada perhitungan ini diambil total daya sebesar $1 D^2$ sehingga :

$$P = 1 \times 17,222$$

$$= 296,5284 \text{ kW} = 397,65 \text{ hp}$$

Spesifikasi Rotary Kiln

Fungsi = Tempat terjadinya dekomposisi CaCO_3 menjadi CaO dan MgCO_3 menjadi MgO

Kapasitas = 5280912,09 kg/hari

P Operasi = 14,7 psi

Bahan Konstruksi = Carbon Steel SA-240 grade T

Dimensi :

Panjang = 203,40 ft

Diameter = 17,22 ft

Kecepatan putar = 2 rpm

Daya = 397,65 hp

Jumlah unit = 1 buah

5. Clinker Storage

Fungsi = Sebagai tempat penyimpanan terak yang keluar dari *clinker cooler*

Tipe = Vertikal

Dasar Pemilihan = Fabrikasi mudah dan tidak membutuhkan lahan yang luas

Bahan Konstruksi = Beton

Bentuk = Silinder dengan tutup kerucut

Sudut puncak = 120°

Kondisi penyimpanan :

Suhu = 30°C

Tekanan = 1 atm

Kapasitas penyimpanan = 4.424.778,76 kg/hari

Densitas terak, $\rho = 130 \text{ lb/ft}^3 = 2082,34 \text{ kg/m}^3$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu penyimpanan} &= 2 \text{ hari} \\
 \text{Kapasitas} &= 4.424.778,76 \times 2 \\
 &= 8.849.557,52 \text{ kg} \\
 \text{Kecepatan volumetrik} &= \frac{\text{Kapasitas}}{\text{Densitas terak}} \\
 &= \frac{8.849.557,52 \text{ kg/hari}}{2.082,34 \text{ kg/m}^3} \\
 &= 4.249,81 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Asumsi *clinker storage* terisi 80 % feed masuk, sehingga :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume } \textit{clinker storage} &= \frac{\text{Kecepatan volumetrik}}{80\%} \\
 &= \frac{4.249,81}{80\%} \\
 &= 5.312,27 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Direncanakan} &= \frac{\text{Tinggi silinder (H)}}{\text{Diameter silinder (D)}} = 2 \\
 \text{H} &= 2 \text{ D}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Clinker storage} &= \frac{\pi D^2 H}{4} \\
 5.312,27 &= \frac{\pi D^2 2D}{4} \\
 3.380,53 &= D^3 \\
 D &= 15,01 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi silinder (H)} &= 2 \text{ D} \\
 &= 30,02 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mencari tinggi kerucut} &= \\
 \text{Tan } (1/2\alpha) &= \frac{\text{Tinggi kerucut}}{\text{jari-jari silinder}} \\
 1,73 &= \frac{\text{Tinggi kerucut}}{7,50}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi kerucut} &= 13,00 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga tinggi clinker storage} &= \text{T kerucut} + \text{T silinder} \\
 &= 13,00 \text{ m} + 30,02 \text{ m} \\
 &= 43,01 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Spesifikasi Clinker storage :

- Fungsi = Sebagai tempat penyimpanan terak hasil dari clinker cooler
 Kapasitas = 4.424.778,76 kg/hari
 Bahan = Beton
 Bentuk = Silinder dengan tutup kerucut
 Diameter = 15,01 m
 Tinggi = 43,01 m
 Jumlah = 1

6. *Raw Mill*

- Fungsi = Untuk menggiling dan mengeringkan bahan campuran material
 Kapasitas = 7.534.975,11 kg/hari = 313,96 ton/jam

Sr no	Description	Manual mining	Mechanised Mining				
			Size of shovel m ³ bucket capacity				
			1.5	2	2.5	3	4
1.	Size of stone mms	300	800×1150	900×1200	1000×1200	1200×1400	1200×1500
2.	Type of mill		Ball mill				
3.	Size of feed		- 25 mm				
4.	Reduction ratio	12	46	48	48	56	60
5.	No. of stages of crushing	1	←----- 2 -----→ Single stage hammer crusher for manual mining Jaw and hammer crusher for two stage crushing				
6.	Type of mill		V.R.Mill or Roller Press				
7.	Size of feed		- 75 mm				
8.	Reduction ratio		15	18	18	18	20
9.	No. of stages of crushing		1 Stage Hammer or Impactor				

Berdasarkan Tabel 2.1 Deolalkar, diketahui raw mill menggunakan vertical raw mill dengan shovel size 2 m³

- Tipe = Vertical Roller mill
 Jumlah Raw mill = 1
 shovel size = 20 m³
 Jumlah ring = 3
 feed size = 100 mm
 reduction ratio = 20
 product size = 5 mm

7. Cyclone

Fungsi = Menangkap debu yang terikut udara panas dari Raw mill

Feed rate = 7.070.188,24 kg/hari

Viskositas udara = 0,0576 kg/ms (Fig. A.3-2 Appendix A-3 Geankoplis 1993)

Densitas udara (ρ_g) = 0,087 lb/ft³

Penentuan dimensi Cyclone

$$Dp, th = \sqrt{\frac{9\mu_g Bc}{\pi \cdot Ns \cdot Vmax \cdot (\rho p - \rho g)}}$$

Referensi: Perry's Chemical Engineer Handbook, 1999 (page 17-28)

Ns = jumlah putaran efektif dalam Cyclone = 4

Vmax = 20 m/s

Referensi: Perry's Chemical Engineer Handbook, 1999 (Fig. 17-38)

Eo = 92%

Dpi/Dp,th = 6

Dpismaller solid = 0,00003

Dp,th = Dpi/2
= 0,000005

$$0,000005 = \sqrt{\frac{9 \times 0,0576 \times Bc}{\pi \times 4 \times 20 \times (1,505,9 - 1,0601)}}$$

$$0,000005 = \frac{0,5184 Bc}{378360}$$

Bc = 3,65 m

Dimensi Cyclone :

Bc = Dc/4

Dc = 14,6 m

De = Dc/2

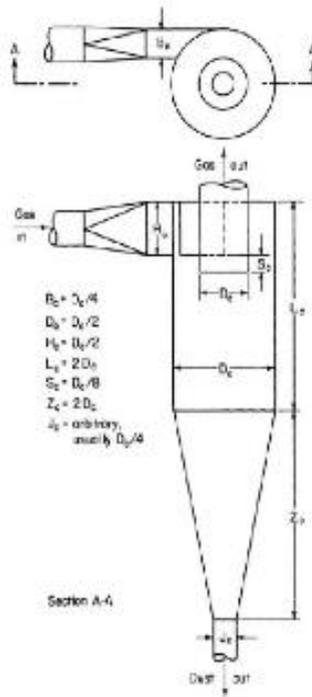
$$\begin{aligned}
 &= 7,3 \text{ m} \\
 \text{Hc} &= Dc/2 \\
 &= 7,3 \text{ m} \\
 \text{Lc} &= 2 \cdot Dc \\
 &= 29,2 \text{ m} \\
 \text{Sc} &= Dc/8 \\
 &= 1,825 \text{ m} \\
 \text{Zc} &= 2 \cdot Dc \\
 &= 29,2 \text{ m} \\
 \text{Jc} &= Dc/4 \\
 &= 3,65 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Spesifikasi Cyclone :

Kecepatan gas yang masuk = 20 m/s

Dimensi Cyclone :

$$\begin{aligned}
 \text{Bc} &= 3,65 \text{ m} \\
 \text{Dc} &= 14,6 \text{ m} \\
 \text{De} &= 7,3 \text{ m} \\
 \text{Hc} &= 29,2 \text{ m} \\
 \text{Lc} &= 29,2 \text{ m} \\
 \text{Sc} &= 1,825 \text{ m} \\
 \text{Zc} &= 29,2 \text{ m} \\
 \text{Jc} &= 3,65 \text{ m}
 \end{aligned}$$



8. Ball Mill

- Fungsi = Memperkecil ukuran semen
- Bahan = Carbon Steel SA-283 C
- Asumsi = Kapasitas ball mill 10% lebih besar
- Feed rate = 5.663.716,81 kg/hari
- Kapasitas = 110% x 5.663.716,81
= 6.230.088,50 kg/hari
= 6230,08 ton/hari

TABLE 20-16 Illustrative Performance of Marcy Ball Mills

Size, ft.	Ball charge, tons	H.p. to run	Mill speed, r.p.m.	Capacity, tons/24 hr. (based on medium-hard ore)									
				No. 8 sieve*	No. 20 sieve	No. 35 sieve	No. 48 sieve	No. 65 sieve	No. 80 sieve	No. 100 sieve	No. 150 sieve	No. 200 sieve	
				20% -200	35% -200	50% -200	60% -200	70% -200	80% -200	85% -200	93% -200	97% -200	
3 x 3	0.85	5-7	35	19	15	12	10	8	6½	5	4	3	
4 x 3	2.73	20-24	30	80	64	53	45	36	28	22	18	14	
5 x 4	5.25	44-50	27	180	145	120	102	82	63	51	41	32	
6 x 4½	8.00	85-93	24	375	300	250	210	170	135	105	85	66	
7 x 5	13.10	135-150	22½	640	510	425	360	290	225	180	145	113	
8 x 6	20.2	220-245	21	1100	885	735	625	500	390	310	250	195	
9 x 7	30.0	345-380	20	1800	1450	1200	1020	815	635	505	410	315	
10 x 10	56.50	700-750	18	3800	2960	2450	2100	1700	1325	1050	850	655	
12 x 12	90.5	1260-1345	16.4	7125	5725	4750	4070	3280	2570	2035	1650	1275	

*Sieve through which substantially all the material can pass.

NOTE: To convert horsepower to kilowatts, multiply by 0.746; to convert tons to megagrams, multiply by 0.907, and to convert tons per 24 hours to megagrams per day, multiply by 0.907.

Sehingga dipilih ball mill dengan spesifikasi (Perry, 1997)\

- Kapasitas = 3680 ton/hari
- Ukuran = 10 x 10 ft
- Berat = 56,5 ton
- Power = 720 hp
- Kecepatan = 18 rpm
- Jumlah = 2 buah

9. Screen

- Fungsi = Untuk menyeragamkan ukuran semen sehingga menjadi 325 mesh
- Kapasitas = 5.663.716,81 kg/hari = 520.353,98 lb/jam
- Jenis = High speed vibrating screen

Berdasarkan Perry, 1997 Tabel 19-6, diperoleh data :

Diameter wire (d) = 0,03 mm = 0,0012 in

Sieve opening (a) = 0,044 mm = 0,0017 in

Perkiraan kapasitas screen

$$A = \frac{0,4 \times Ct}{Cu \times Foa \times Fs} \quad (\text{Eq. 19-7, Perry 7th edition})$$

Ditetapkan

Ct = Rate bahan yang masuk (lb/jam)

Cu = Kapasitas unit = 3 ton/hr.ft² (fig.19-21,Perry 7th edition)

Foa = Luas bukaan (%)

Fs = Luas faktor slot = 4 (tabel 19-7, Perry 7th edition)

Dari persamaan 21-5 fig 21-16 Perry's 7ed :

$$Foa = \frac{0,4 \times Ct}{Cu \times Foa \times Fs}$$

dimana :

a = Diameter bukaan

d = Diameter weir

$$= \frac{100 \times 0,044}{0,044 + 0,0012}$$

Foa = 97,35

A = 178,18 ft²

Disiapkan screen dengan tambahan luas sebesar 50 %

Sehingga, Luas total = A x 1,5
= 267,27 ft²

10. Cooler

Fungsi	= Menurunkan suhu clinker yang keluar dari rotary kiln
Bentuk	= Ruang berbentuk balok yang didalamnya terdapat belt conveyor untuk memindahkan clinker dari rotary kiln hingga keluar dari clinker cooler setelah mengalami proses heat transfer
Kapasitas	= 4.425.221,28 kg/hari = 4425,22 ton/hari = 184,3842201 ton/jam

Dimensi belt conveyor berdasarkan Tabel 21-7 (Perry, 1997), maka dipilih belt conveyor untuk kapasitas 184,3842201 ton/jam adalah sebagai berikut :

Lebar belt	= 18 in	= 0,45 m
Luas area	= 0,18 in	= 0,013 m
Kecepatan putar	= 350 ft/min	= 106,7 m/min = 1,78 m/s
Power	= 2 hp	
dimana		
feed rate	= 184,38	ton/jam
L (panjang belt)	= 50 m	

maka :

$$\begin{aligned} \text{kecepatan} &= \frac{\text{kap. Belt conveyor} \times \text{kecepatan putar}}{\text{kap. Belt conveyor secara teori}} \\ &= \frac{184,38}{44} \times 350 \text{ ft/min} \\ &= 1.466,69 \text{ ft/min} \end{aligned}$$

Dari perhitungan belt conveyor ditetapkan ukuran ruangan clinker cooler sebesar :

panjang	= 60 m
Lebar	= 2 m
tinggi	= 2 m

Clinker cooler ini dilengkapi dengan fan yang menghembuskan udara dengan suhu 32°C melalui bagian bawah belt conveyor, sehingga udara akan berkontak dengan produk dan terjadilah perpindahan panas.

Melalui perhitungan neraca panas pada Appendiks B, didapatkan kebutuhan rate massa udara pendingin dalam *clinker cooler* adalah sebesar

$$= 4.802.156,08 \text{ kg/hari}$$

$$= 200.089,84 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas} = 1,17 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Flow rate} = 171.016,95 \text{ m}^3/\text{jam}$$

bila ditetapkan setiap fan memiliki kapasitas flow rate sebesar 20.000 m³/jam maka dengan kapasitas produksi 4425,22 ton/hari dibutuhkan fan untuk *clinker cooler* sebanyak :

$$= \frac{171.016,95}{20.000} \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 8,55$$

$$= 9 \text{ buah fan}$$

$$\text{Waktu tinggal} = \frac{\text{Panjang belt conveyor}}{\text{kecepatan belt}}$$

$$= \frac{50 \text{ m}}{1,78 \text{ m/s}} = 28,116 \text{ s}$$

Spesifikasi Alat :

Nama alat = Clinker cooler

Fungsi = Menurunkan suhu clinker yang keluar dari rotary kiln

Bentuk = Ruang berbentuk balok yang didalamnya terdapat belt conveyor untuk memindahkan clinker dari rotary kiln hingga keluar dari clinker cooler setelah mengalami proses heat transfer.

Tipe	= <i>Grate cooler</i>
Kapasitas	= 4.425.221,28 kg/hari
Lebar belt	= 18 in
Luas area	= 0,18 in
Kecepatan putar	= 350 ft/min
Power	= 2 hp
Jumlah fan	= 9 buah
Flowrate fan	= 20.000 m ³ /jam

APPENDIKS C SPESIFIKASI ALAT

1. *Crusher*

Fungsi = Untuk memperkecil ukuran batu kapur dengan diameter 34 cm

Feed rate = 6.103.329,84 kg/hari = 254,31 ton/jam

Ukuran produk = 0-34 cm

Diameter material *feed Crusher* = 84 cm = 0,84 m

Berdasarkan tabel 21-9a (Perry, 8th edition), dengan kapasitas 254,31 ton/jam, diperoleh data :

<i>Feed opening width</i>	= 1250 mm	= 49 in
<i>Feed opening depth</i>	= 950 mm	= 37 in
Kecepatan	= 220 rpm	
Power	= 160 kW	= 20 hp

Spesifikasi

Nama	= <i>Crusher</i>	
Tipe	= <i>Jaw Crusher</i>	
Kapasitas maksimum	= 685 ton/jam	
<i>Feed opening width</i>	= 1250 mm	= 49 in
<i>Feed opening depth</i>	= 950 mm	= 37 in
Kecepatan	= 220 rpm	
Power	= 160 kW	= 20 hp

TABLE 21-9a Performance of Nordberg C Series Eccentric Jaw Crushers

	C95	C105	C 0	C100	C 05	C110	C125	C1 0	C1 5	C1 0	C200
Feed opening width mm (in)	930 (37)	1050 (42)	800 (32)	1000 (40)	1375 (54)	1100 (44)	1250 (49)	1400 (55)	1400 (55)	1600 (63)	2000 (79)
Feed opening depth mm (in)	580 (23)	700 (28)	510 (20)	760 (30)	760 (30)	850 (34)	950 (37)	1070 (42)	1100 (43)	1200 (47)	1500 (59)
Power kW (HP)	90 (125)	110 (150)	75 (100)	110 (150)	160 (200)	160 (200)	160 (200)	200 (250)	200 (300)	250 (350)	400 (500)
Speed (rpm)	330	300	350	250	260	230	220	220	220	220	200
Product size mm (in)	Closed side setting mm (in)	tph (Sph)									
0-30	20			*							
0-1 1/4	3/4			*							
0-35	25	*	*	*							
0-1 3/4	1	*	*	*							
0-45	30	*	*	*							
0-1 1/4	1 1/4	*	*	*							
0-60	40	*	*	55-75	*	*	*				
0-2 3/4	1 3/4	*	*	60-80	*	*	*				
0-75	50	*	*	65-95	*	*	*				
0-3	2	*	*	75-100	*	*	*				
0-90	60	105-135	*	80-110	*	*	*				
0-3 1/2	2 3/4	115-150	*	90-120	*	*	*				
0-105	70	125-155	135-175	95-135	125-175	210-270	160-220				
0-4 1/4	2 3/4	135-170	150-190	110-145	140-190	230-295	175-240				
0-120	80	140-180	155-195	110-150	145-200	240-300	175-245	*			
0-4 1/4	3 1/4	155-200	170-215	120-165	160-215	260-330	195-270	*			
0-135	90	160-200	175-225	125-175	160-220	260-330	190-275	*			
0-5 1/4	3 1/2	175-220	195-245	140-190	175-240	285-360	215-300	*	*	*	
0-150	100	175-225	195-245	140-190	180-250	285-365	215-295	245-335	*	*	*
0-6	4	195-250	210-270	150-210	200-275	315-400	235-325	270-370	*	*	*
0-185	125	220-280	245-315	175-245	220-310	345-435	260-360	295-405	325-445	335-465	*
0-7	5	240-310	270-345	195-270	245-340	375-480	285-395	325-445	355-490	370-510	*
0-225	150	265-335	295-375	210-290	265-365	405-515	310-430	345-475	380-530	395-545	430-610
0-9	6	290-370	325-410	230-320	290-400	445-565	340-470	380-525	420-580	435-600	475-670
0-260	175	310-390	345-435	245-335	310-430	465-595	350-490	395-545	435-605	455-625	495-695
0-10	7	340-430	380-480	270-370	340-470	515-650	390-540	435-600	480-665	500-690	545-765
0-300	200		390-500		355-490	530-670	405-555	445-615	495-685	510-710	560-790
0-12	8		430-550		390-535	580-740	445-610		495-685	570-790	625-880
0-340	225								545-750	605-835	630-870
0-13	9								545-755	610-840	630-870
0-375	250								600-830	670-925	695-960
0-15	10										755-1060
0-410	275										690-950
0-16	11										745-1055
0-450	300										820-1160
0-18	12										815-1145
											895-1260
											1120-157

*Smaller closed side settings can be often used depending on application and production requirements.
(From *Metso Minerals brochure*.)

2. **Belt Conveyor (J-212A)**

Fungsi = Mentransportasikan campuran material (batu kapur dan tanah liat) sebagai umpan *raw mill*

Tipe = *Troughed Antifriction Idlers*

Bahan = *Malleable cast iron*

Rate massa = 7.534.975,11 kg/hari = 313,96 ton/jam

Kondisi operasi :

Tekanan = 1 atm

Temperatur = 30°C

Dimensi *belt conveyor* berdasarkan Tabel 21-7 (Perry, 7th edition)

TABLE 21-7 Belt-Conveyor Data for Troughed Antifriction Rollers*

Belt width	Cross-sectional area of load	Belt speed, ft/min (m/min)		Belt plies		Maximum lump size, ft (mm)		Belt speed, ft/min (m/min)	Capacity, tons/hr (metric tons/hr)	hp/10-ft (3.05-m) lift	hp/100-ft (30.48-m) conveyor	Add for idler/roller hp†
		Normal	Maximum	Minimum	Maximum	Standard material, 80% under	Unstaid material, not over 20%					
14 (35)	0.11 (0.010)	300 (91)	300 (91)	3	5	2.0 (51)	3.0 (76)	100 (30.5) 200 (61.0) 300 (91.5)	33 (20) 64 (38) 96 (57)	0.34 0.65 1.04	0.44 0.65 1.32	2.0
16 (40)	0.14 (0.013)	300 (91)	300 (91)	3	5	2.5 (64)	4.0 (102)	100 (30.5) 200 (61.0) 300 (91.5)	44 (26) 88 (50) 132 (73)	0.46 0.90 1.36	0.26 0.90 1.68	2.5
18 (45)	0.18 (0.017)	250 (76)	350 (107)	4	6	3.0 (76)	5.0 (127)	100 (30.5) 200 (61.0) 300 (91.5)	34 (20) 68 (40) 102 (60)	0.58 1.12 1.70	0.70 1.42 2.42	3.0
20 (50)	0.22 (0.020)	250 (76)	350 (107)	4	6	3.5 (90)	6.0 (152)	100 (30.5) 200 (61.0) 300 (91.5)	44 (26) 88 (50) 132 (73)	0.70 1.42 2.10	0.84 1.70 2.42	3.50
24 (60)	0.33 (0.030)	300 (91)	400 (122)	4	7	4.5 (114)	8.0 (203)	100 (30.5) 200 (61.0) 300 (91.5)	49 (29) 98 (58) 147 (87)	1.02 2.04 3.06	1.02 2.04 3.06	3.5
30 (75)	0.53 (0.040)	300 (91)	450 (137)	4	8	7.0 (178)	12.0 (305)	100 (30.5) 200 (61.0) 300 (91.5)	66 (39) 132 (78) 198 (117)	1.50 3.00 4.50	1.50 3.00 4.50	5.0
36 (90)	0.78 (0.072)	400 (122)	600 (183)	4	9	8.0 (203)	15.0 (381)	100 (30.5) 200 (61.0) 300 (91.5)	83 (49) 166 (98) 249 (147)	2.04 4.08 6.12	2.04 4.08 6.12	7.0
42 (105)	1.09 (0.101)	400 (122)	600 (183)	4	10	10.0 (254)	18.0 (457)	100 (30.5) 200 (61.0) 300 (91.5)	100 (59) 200 (118) 300 (177)	2.70 5.40 8.10	2.70 5.40 8.10	10.0
48 (120)	1.46 (0.136)	400 (122)	600 (183)	4	12	12.0 (305)	21.0 (533)	100 (30.5) 200 (61.0) 300 (91.5)	132 (78) 264 (156) 396 (234)	3.50 7.00 10.50	3.50 7.00 10.50	12.0
54 (135)	1.90 (0.177)	450 (137)	600 (183)	6	14	14.0 (356)	24.0 (610)	100 (30.5) 200 (61.0) 300 (91.5)	165 (98) 330 (196) 495 (294)	4.50 9.00 13.50	4.50 9.00 13.50	20.0
60 (150)	2.40 (0.223)	450 (137)	600 (183)	6	16	16.0 (406)	28.0 (711)	100 (30.5) 200 (61.0) 300 (91.5)	200 (118) 400 (236) 600 (354)	6.00 12.00 18.00	6.00 12.00 18.00	25.0

* Fairfield Engineering Co. data in U.S. customary system. Metric conversion is rounded off. For inclined conveyor, add lift horsepower to center horsepower for total horsepower. For terminal multiply horsepower by the following factors: 0-30 ft (9.2 m), 1.20; 31-100 ft (9.5 m), 1.10; 101-150 ft (30.7 m), 1.05. For countershaft drives, multiply horsepower by 1.05 for each reduction (cut gears).

† Trougher horsepower is based on material bulk density of 100 lb/ft³ (1602 kg/m³) and a belt speed of 300 ft/min (91.4 m/min).

- Kapasitas max = 392 ton/jam
- Lebar belt = 24 in = 60 cm
- Luas beban = 0,03 m²
- Kecepatan Belt normal = 300 ft/min
- Kecepatan Belt max = 400 ft/min
- Power = 4,08 hp/10-ft
- Jumlah = 1 buah

3. **Bucket Elevator (J-212A)**

Fungsi = Untuk mengangkut *raw material* sebagai umpan *raw mill*

Tipe = *Centrifugal-Discharge Buckets on Belt*

Bahan = *Steel SA 167 Grade Tipe 321*

Rate massa = 2.886.859,74 kg/hari
= 120,29 ton/jam

Berdasarkan *Perry's Chemical Engineering Table 21-8,*

Ukuran *Bucket Elevator* = width x projection x depth
= 16 x 8 x 81/2

Bucket spacing = 18 in

Putaran <i>head shaft</i>	= 38 rpm
Kecepatan	= 300 ft/min
Lebar belt	= 18 in
Tinggi elevator	= 25 ft
Power poros	= 8,5 hp
Rasio penambahan hp/ft	= 0,165 hp/ft
	= 0,165 x 25
	= 4,125 hp
Power total	= 4,375 hp
Efisiensi	= 85 %
Power yang digunakan	= 4,38 / 85%
	= 5,468 hp

4. Rotary Kiln

Fungsi	= Tempat terjadinya dekomposisi CaCO_3 menjadi CaO dan MgCO_3 menjadi MgO
Kondisi	= 1 atm, 1450°C
Bahan	= <i>Carbon steel</i>
Laju alir umpan	= 5.280.912,09 kg/hari
Kadar air umpan	= 0%

Maka kapasitas *over design* 10% :
 = 5.280.912 kg/hari x 1,1
 = 5.809.003 kg/hari
 = 5.809 ton/hari

Berdasarkan Tabel pada *Guidelines for standard cement kiln dimensions*, diperoleh data :

Panjang	= 62 m	= 203,4 ft
Diameter	= 5,25 m	= 17,22 ft

1. Menentukan koefisien perpindahan panas volumetric

$$U_a = \frac{0,5 \times G'G^{0,67}}{2a}$$

Keterangan :

U_a = Koefisien perpindahan panas volumetric, BTU/ft³ jam^oF

(G'_{G}) = Kecepatan superficial udara, kg/sm² = 369 lb/jam ft²
(Range 369-3687 lb/jam ft², Perry's 7th)

D = Diameter *Kiln* , ft

Maka :

$$U_a = \frac{0,5 \times 369^{0,67}}{17}$$

$$= 1,54 \text{ BTU/ft}^3\text{jam}^o\text{F}$$

2. Menentukan Luas Penampang *Rotary Kiln*

$$S = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$S = \frac{\pi}{4} \times 17^2$$

$$= 227,07 \text{ ft}^2$$

3. Menentukan Tekanan Desain

Asumsi :

a. Tekanan ke arah *Kiln* diabaikan karena material termasuk free flowing sehingga pada proses pengeluaran bahan tidak menempel pada dinding *Kiln*.

b. Tekanan di dalam *Kiln* hanya terjadi karena akibat gaya gravitasi yaitu berupa tekanan hidrostatik saja.

$$P_{\text{design}} = P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = \rho \cdot g \cdot h$$

Keterangan :

ρ = Bulk density material, kg/m³ = 1201,38 kg/m³

g = Tetapan gaya gravitasi, m/s² = 9,8 m/s²

h = Diameter *Kiln*, m = 5,25 m

$$P_{\text{hidrostatik}} = 1201,38 \times 9,8 \times 5,25 \\ = 61.811,00 \text{ kg/ms}^2 = 8,96 \text{ psi}$$

$$P_{\text{design}} = P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}} \\ = 14,7 + 8,96 \\ = 23,66 \text{ psi}$$

4. Menentukan putaran Rotary Kiln

Dimana :

N : Putaran Rotary Kiln, (rpm)

V_p : Kecepatan peripheral, (ft/menit)

= 75 ft/menit, (V_p=60-75 ft/menit, Perry's ed. 7th)

D = Diameter inside *Rotary Kiln*, (ft) = 17,22 ft

Maka :

$$N = \frac{75}{\pi \times 17,22} \\ = 1,38 \approx 2 \text{ rpm}$$

5. Menentukan waktu tinggal (θ)

$$\theta = \frac{0,19 \times L}{N \times D \times S}$$

(Perry's 7th, pers 12-58, hal 12-60)

Keterangan :

θ = Waktu tinggal, menit

L = Panjang Kiln, ft

S = Slope/kemiringan kiln, ft/ft

N = Putaran kiln, rpm (S = 0 – 8 cm/m, Perry's 7th, hal 12-56)

D = Diameter kiln, ft

Maka :

$$\theta = \frac{0,19 \times 203,4}{2 \times 17,22 \times 0,06}$$

$$= 18,70 = 19 \text{ menit}$$

6. Menentukan Daya *Rotary Kiln*

Berdasarkan Perry's 7th, jumlah total daya untuk fan, penggerak dryer dan conveyor umpan maupun produk berkisar antara $0,5 D^2$ - $1,0 D^2$ (kW).

Pada perhitungan ini diambil total daya sebesar $1 D^2$ sehingga :

$$P = 1 \times 17,222$$

$$= 296,5284 \text{ kW} = 397,65 \text{ hp}$$

Spesifikasi Rotary Kiln

Fungsi = Tempat terjadinya dekomposisi CaCO_3 menjadi CaO dan MgCO_3 menjadi MgO

Kapasitas = 5280912,09 kg/hari

P Operasi = 14,7 psi

Bahan Konstruksi = Carbon Steel SA-240 grade T

Dimensi :

Panjang = 203,40 ft

Diameter = 17,22 ft

Kecepatan putar = 2 rpm

Daya = 397,65 hp

Jumlah unit = 1 buah

5. Clinker Storage

Fungsi = Sebagai tempat penyimpanan terak yang keluar dari *clinker cooler*

Tipe = Vertikal

Dasar Pemilihan = Fabrikasi mudah dan tidak membutuhkan lahan yang luas

Bahan Konstruksi = Beton

Bentuk = Silinder dengan tutup kerucut

Sudut puncak = 120°

Kondisi penyimpanan :

Suhu = 30°C

Tekanan = 1 atm

Kapasitas penyimpanan = 4.424.778,76 kg/hari

Densitas terak, $\rho = 130 \text{ lb/ft}^3 = 2082,34 \text{ kg/m}^3$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu penyimpanan} &= 2 \text{ hari} \\
 \text{Kapasitas} &= 4.424.778,76 \times 2 \\
 &= 8.849.557,52 \text{ kg} \\
 \text{Kecepatan volumetrik} &= \frac{\text{Kapasitas}}{\text{Densitas terak}} \\
 &= \frac{8.849.557,52 \text{ kg/hari}}{2.082,34 \text{ kg/m}^3} \\
 &= 4.249,81 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Asumsi *clinker storage* terisi 80 % feed masuk, sehingga :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume } \textit{clinker storage} &= \frac{\text{Kecepatan volumetrik}}{80\%} \\
 &= \frac{4.249,81}{80\%} \\
 &= 5.312,27 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Direncanakan} &= \frac{\text{Tinggi silinder (H)}}{\text{Diameter silinder (D)}} = 2 \\
 \text{H} &= 2 \text{ D}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Clinker storage} &= \frac{\pi D^2 H}{4} \\
 5.312,27 &= \frac{\pi D^2 2D}{4} \\
 3.380,53 &= D^3 \\
 D &= 15,01 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi silinder (H)} &= 2 \text{ D} \\
 &= 30,02 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mencari tinggi kerucut} &= \\
 \text{Tan } (1/2\alpha) &= \frac{\text{Tinggi kerucut}}{\text{jari-jari silinder}} \\
 1,73 &= \frac{\text{Tinggi kerucut}}{7,50}
 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi kerucut} = 13,00 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga tinggi clinker storage} &= \text{T kerucut} + \text{T silinder} \\
 &= 13,00 \text{ m} + 30,02 \text{ m} \\
 &= 43,01 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Spesifikasi Clinker storage :

- Fungsi = Sebagai tempat penyimpanan terak hasil dari clinker cooler
 Kapasitas = 4.424.778,76 kg/hari
 Bahan = Beton
 Bentuk = Silinder dengan tutup kerucut
 Diameter = 15,01 m
 Tinggi = 43,01 m
 Jumlah = 1

6. *Raw Mill*

- Fungsi = Untuk menggiling dan mengeringkan bahan campuran material
 Kapasitas = 7.534.975,11 kg/hari = 313,96 ton/jam

Sr no	Description	Manual mining	Mechanised Mining				
			Size of shovel m ³ bucket capacity				
			1.5	2	2.5	3	4
1.	Size of stone mms	300	800×1150	900×1200	1000×1200	1200×1400	1200×1500
2.	Type of mill		Ball mill				
3.	Size of feed		- 25 mm				
4.	Reduction ratio	12	46	48	48	56	60
5.	No. of stages of crushing	1	←----- 2 -----→ Single stage hammer crusher for manual mining Jaw and hammer crusher for two stage crushing				
6.	Type of mill		V.R.Mill or Roller Press				
7.	Size of feed		- 75 mm				
8.	Reduction ratio		15	18	18	18	20
9.	No. of stages of crushing		1 Stage Hammer or Impactor				

Berdasarkan Tabel 2.1 Deolalkar, diketahui raw mill menggunakan vertical raw mill dengan shovel size 2 m³

- Tipe = Vertical Roller mill
 Jumlah Raw mill = 1
 shovel size = 20 m³
 Jumlah ring = 3
 feed size = 100 mm
 reduction ratio = 20
 product size = 5 mm

7. Cyclone

Fungsi = Menangkap debu yang terikut udara panas dari Raw mill

Feed rate = 7.070.188,24 kg/hari

Viskositas udara = 0,0576 kg/ms (Fig. A.3-2 Appendix A-3 Geankoplis 1993)

Densitas udara (ρ_g) = 0,087 lb/ft³

Penentuan dimensi Cyclone

$$Dp, th = \sqrt{\frac{9\mu_g Bc}{\pi \cdot Ns \cdot Vmax \cdot (\rho p - \rho g)}}$$

Referensi: Perry's Chemical Engineer Handbook, 1999 (page 17-28)

Ns = jumlah putaran efektif dalam Cyclone = 4

Vmax = 20 m/s

Referensi: Perry's Chemical Engineer Handbook, 1999 (Fig. 17-38)

Eo = 92%

Dpi/Dp,th = 6

Dpismaller solid = 0,00003

Dp,th = Dpi/2
= 0,000005

$$0,000005 = \sqrt{\frac{9 \times 0,0576 \times Bc}{\pi \times 4 \times 20 \times (1,505,9 - 1,0601)}}$$

$$0,000005 = \frac{0,5184 Bc}{378360}$$

Bc = 3,65 m

Dimensi Cyclone :

Bc = Dc/4

Dc = 14,6 m

De = Dc/2

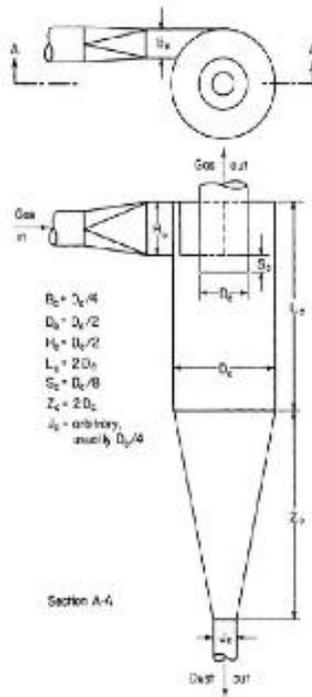
$$\begin{aligned}
 &= 7,3 \text{ m} \\
 \text{Hc} &= Dc/2 \\
 &= 7,3 \text{ m} \\
 \text{Lc} &= 2 \cdot Dc \\
 &= 29,2 \text{ m} \\
 \text{Sc} &= Dc/8 \\
 &= 1,825 \text{ m} \\
 \text{Zc} &= 2 \cdot Dc \\
 &= 29,2 \text{ m} \\
 \text{Jc} &= Dc/4 \\
 &= 3,65 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Spesifikasi Cyclone :

Kecepatan gas yang masuk = 20 m/s

Dimensi Cyclone :

$$\begin{aligned}
 \text{Bc} &= 3,65 \text{ m} \\
 \text{Dc} &= 14,6 \text{ m} \\
 \text{De} &= 7,3 \text{ m} \\
 \text{Hc} &= 29,2 \text{ m} \\
 \text{Lc} &= 29,2 \text{ m} \\
 \text{Sc} &= 1,825 \text{ m} \\
 \text{Zc} &= 29,2 \text{ m} \\
 \text{Jc} &= 3,65 \text{ m}
 \end{aligned}$$



8. Ball Mill

- Fungsi = Memperkecil ukuran semen
- Bahan = Carbon Steel SA-283 C
- Asumsi = Kapasitas ball mill 10% lebih besar
- Feed rate = 5.663.716,81 kg/hari
- Kapasitas = 110% x 5.663.716,81
= 6.230.088,50 kg/hari
= 6230,08 ton/hari

TABLE 20-16 Illustrative Performance of Marcy Ball Mills

Size, ft.	Ball charge, tons	H.p. to run	Mill speed, r.p.m.	Capacity, tons/24 hr. (based on medium-hard ore)									
				No. 8 sieve*	No. 20 sieve	No. 35 sieve	No. 48 sieve	No. 65 sieve	No. 80 sieve	No. 100 sieve	No. 150 sieve	No. 200 sieve	
				20% -200	35% -200	50% -200	60% -200	70% -200	80% -200	85% -200	93% -200	97% -200	
3 x 3	0.85	5-7	35	19	15	12	10	8	6½	5	4	3	
4 x 3	2.73	20-24	30	80	64	53	45	36	28	22	18	14	
5 x 4	5.25	44-50	27	180	145	120	102	82	63	51	41	32	
6 x 4½	8.00	85-93	24	375	300	250	210	170	135	105	85	66	
7 x 5	13.10	135-150	22½	640	510	425	360	290	225	180	145	113	
8 x 6	20.2	220-245	21	1100	885	735	625	500	390	310	250	195	
9 x 7	30.0	345-380	20	1800	1450	1200	1020	815	635	505	410	315	
10 x 10	56.50	700-750	18	3800	2960	2450	2100	1700	1325	1050	850	655	
12 x 12	90.5	1260-1345	16.4	7125	5725	4750	4070	3280	2570	2035	1650	1275	

*Sieve through which substantially all the material can pass.

NOTE: To convert horsepower to kilowatts, multiply by 0.746; to convert tons to megagrams, multiply by 0.907, and to convert tons per 24 hours to megagrams per day, multiply by 0.907.

Sehingga dipilih ball mill dengan spesifikasi (Perry, 1997)\

- Kapasitas = 3680 ton/hari
- Ukuran = 10 x 10 ft
- Berat = 56,5 ton
- Power = 720 hp
- Kecepatan = 18 rpm
- Jumlah = 2 buah

9. Screen

- Fungsi = Untuk menyeragamkan ukuran semen sehingga menjadi 325 mesh
- Kapasitas = 5.663.716,81 kg/hari = 520.353,98 lb/jam
- Jenis = High speed vibrating screen

Berdasarkan Perry, 1997 Tabel 19-6, diperoleh data :
Diameter wire (d) = 0,03 mm = 0,0012 in
Sieve opening (a) = 0,044 mm = 0,0017 in

Perkiraan kapasitas screen

$$A = \frac{0,4 \times Ct}{Cu \times Foa \times Fs} \quad (\text{Eq. 19-7, Perry 7th edition})$$

Ditetapkan

Ct = Rate bahan yang masuk (lb/jam)
Cu = Kapasitas unit = 3 ton/hr.ft² (fig.19-21,Perry 7th edition)
Foa = Luas bukaan (%)
Fs = Luas faktor slot = 4 (tabel 19-7, Perry 7th edition)

Dari persamaan 21-5 fig 21-16 Perry's 7ed :

$$Foa = \frac{0,4 \times Ct}{Cu \times Foa \times Fs}$$

dimana :

a = Diameter bukaan
d = Diameter weir

$$= \frac{100 \times 0,044}{0,044 + 0,0012}$$

Foa = 97,35
A = 178,18 ft²

Disiapkan screen dengan tambahan luas sebesar 50 %
Sehingga, Luas total = A x 1,5
= 267,27 ft²

10. Cooler

Fungsi	= Menurunkan suhu clinker yang keluar dari rotary kiln
Bentuk	= Ruang berbentuk balok yang didalamnya terdapat belt conveyor untuk memindahkan clinker dari rotary kiln hingga keluar dari clinker cooler setelah mengalami proses heat transfer
Kapasitas	= 4.425.221,28 kg/hari = 4425,22 ton/hari = 184,3842201 ton/jam

Dimensi belt conveyor berdasarkan Tabel 21-7 (Perry, 1997), maka dipilih belt conveyor untuk kapasitas 184,3842201 ton/jam adalah sebagai berikut :

Lebar belt	= 18 in	= 0,45 m
Luas area	= 0,18 in	= 0,013 m
Kecepatan putar	= 350 ft/min	= 106,7 m/min = 1,78 m/s
Power	= 2 hp	
dimana		
feed rate	= 184,38	ton/jam
L (panjang belt)	= 50 m	

maka :

$$\begin{aligned}
 \text{kecepatan} &= \frac{\text{kap. Belt conveyor} \times \text{kecepatan putar}}{\text{kap. Belt conveyor secara teori}} \\
 &= \frac{184,38}{44} \times 350 \text{ ft/min} \\
 &= 1.466,69 \text{ ft/min}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan belt conveyor ditetapkan ukuran ruangan clinker cooler sebesar :

panjang	= 60 m
Lebar	= 2 m
tinggi	= 2 m

Clinker cooler ini dilengkapi dengan fan yang menghembuskan udara dengan suhu 32°C melalui bagian bawah belt conveyor, sehingga udara akan berkontak dengan produk dan terjadilah perpindahan panas.

Melalui perhitungan neraca panas pada Appendiks B, didapatkan kebutuhan rate massa udara pendingin dalam *clinker cooler* adalah sebesar

$$= 4.802.156,08 \text{ kg/hari}$$

$$= 200.089,84 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas} = 1,17 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Flow rate} = 171.016,95 \text{ m}^3/\text{jam}$$

bila ditetapkan setiap fan memiliki kapasitas flow rate sebesar 20.000 m³/jam maka dengan kapasitas produksi 4425,22 ton/hari dibutuhkan fan untuk *clinker cooler* sebanyak :

$$= \frac{171.016,95}{20.000} \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 8,55$$

$$= 9 \text{ buah fan}$$

$$\text{Waktu tinggal} = \frac{\text{Panjang belt conveyor}}{\text{kecepatan belt}}$$

$$= \frac{50 \text{ m}}{1,78 \text{ m/s}} = 28,116 \text{ s}$$

Spesifikasi Alat :

Nama alat = Clinker cooler

Fungsi = Menurunkan suhu clinker yang keluar dari rotary kiln

Bentuk = Ruang berbentuk balok yang didalamnya terdapat belt conveyor untuk memindahkan clinker dari rotary kiln hingga keluar dari clinker cooler setelah mengalami proses heat transfer.

Tipe	= <i>Grate cooler</i>
Kapasitas	= 4.425.221,28 kg/hari
Lebar belt	= 18 in
Luas area	= 0,18 in
Kecepatan putar	= 350 ft/min
Power	= 2 hp
Jumlah fan	= 9 buah
Flowrate fan	= 20.000 m ³ /jam

BIODATA PENULIS

Penulis 1



Muhammad Fatah Wibiseno. Dilahirkan di Jakarta pada tanggal 13 Oktober 1997, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Menempuh pendidikan formal yaitu di TK Mutiara Indonesia Pamulang , SD Pelita Bangsa, SMPN 4 Tangerang Selatan, dan SMA Kharisma Bangsa. Setelah lulus dari SMA Kharisma Bangsa tahun 2015, penulis mengikuti Seleksi Ujian Masuk D3 ITS

dan diterima di Departemen Teknik Kimia Industri FV-ITS pada tahun 2015. Penulis juga aktif dalam organisasi di himpunan sebagai Kepala Divisi Departemen Kewirausahaan di HIMAD3KKIM FV-ITS. Penulis menyelesaikan Kerja Praktek di Semen Gresik. Dari setiap kegiatan banyak pelajaran dan pengalaman yang diperoleh untuk kebermanfaatan.

Alamat email : wibiiseno@gmail.com

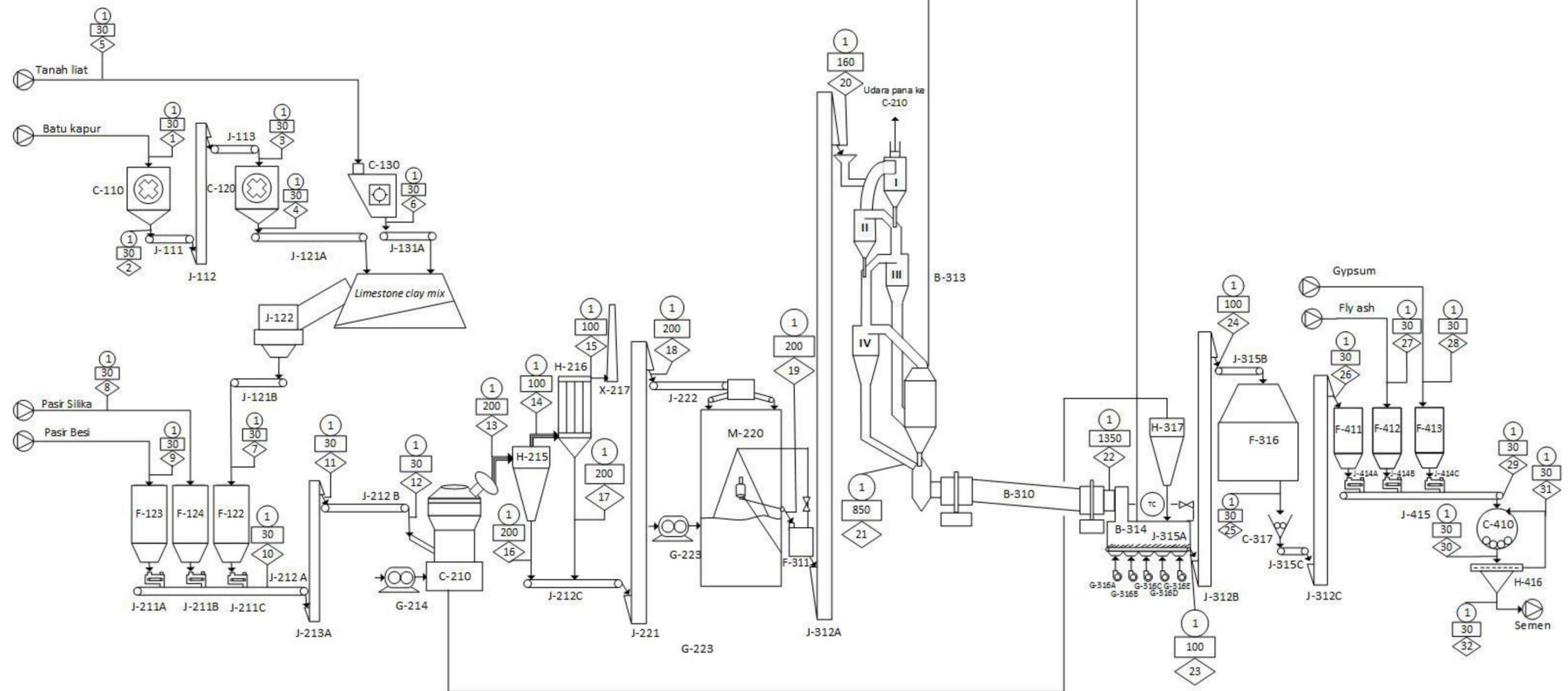
Penulis 2



Zulaikah, lahir tanggal 29 November 1996 di Tuban, Jawa Timur. Setelah menamatkan Sekolah Menengah Atas di SMA N 1 Tambakboyo - Tuban, penulis melanjutkan studi di Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS Surabaya) pada tahun 2015.

Alamat email : zulaikah1129@gmail.com

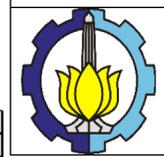
A-5



No	KODE	NAMA ALAT	JUMLAH
41	H-416	VIBRATING SCREEN	1
40	J-415	BELT CONVEYOR	4
39	J-414	WEIGHT FEEDER	1
38	F-413	BIN GYPSUM	1
37	F-412	BIN FLY ASH	1
36	F-411	CLINKER BIN	1
35	C-410	BALL MILL	1
34	C-319	ROLLER MILL	1
33	F-318	CLINKER DOME	1
32	H-317	CYCLONE	1
31	G-316	FAN	5
30	J-315	BELT CONVEYOR	3
29	B-314	COOLER	1
28	B-313	PREHEATER	1
27	J-312	BUCKET ELEVATOR	3
26	F-311	KILN FEED BIN	1
25	B-310	KILN	1
24	G-223	BLOWER	1
23	J-222	BELT CONVEYOR	1
22	J-221	BUCKET ELEVATOR	1
21	M-220	BLENDING SILO	1
20	X-217	CEROBONG ASAP	1
19	H-216	ELECTROSTATIC PRECIPITATOR	1
18	H-215	CYCLONE	1
17	G-214	BLOWER	1
16	J-213	BUCKET ELEVATOR	1
15	J-212	BELT CONVEYOR	3
14	J-211	BELT CONVEYOR	3
13	C-210	ROLLER MILL	1
12	J-131	BELT CONVEYOR	1
11	C-130	CLAY CUTTER	1
10	F-125	BIN PASIR SILIKA	1
9	F-124	BIN PASIR BESI	1
8	F-123	BIN LIMESTONE CLAY MIX	1
7	J-122	RECLAIMER	1
6	J-121	BELT CONVEYOR	2
5	C-120	CRUSHER	1
4	J-113	BELT CONVEYOR	1
3	J-112	BUCKET ELEVATOR	1
2	J-111	BELT CONVEYOR	1
1	C-110	CRUSHER	1

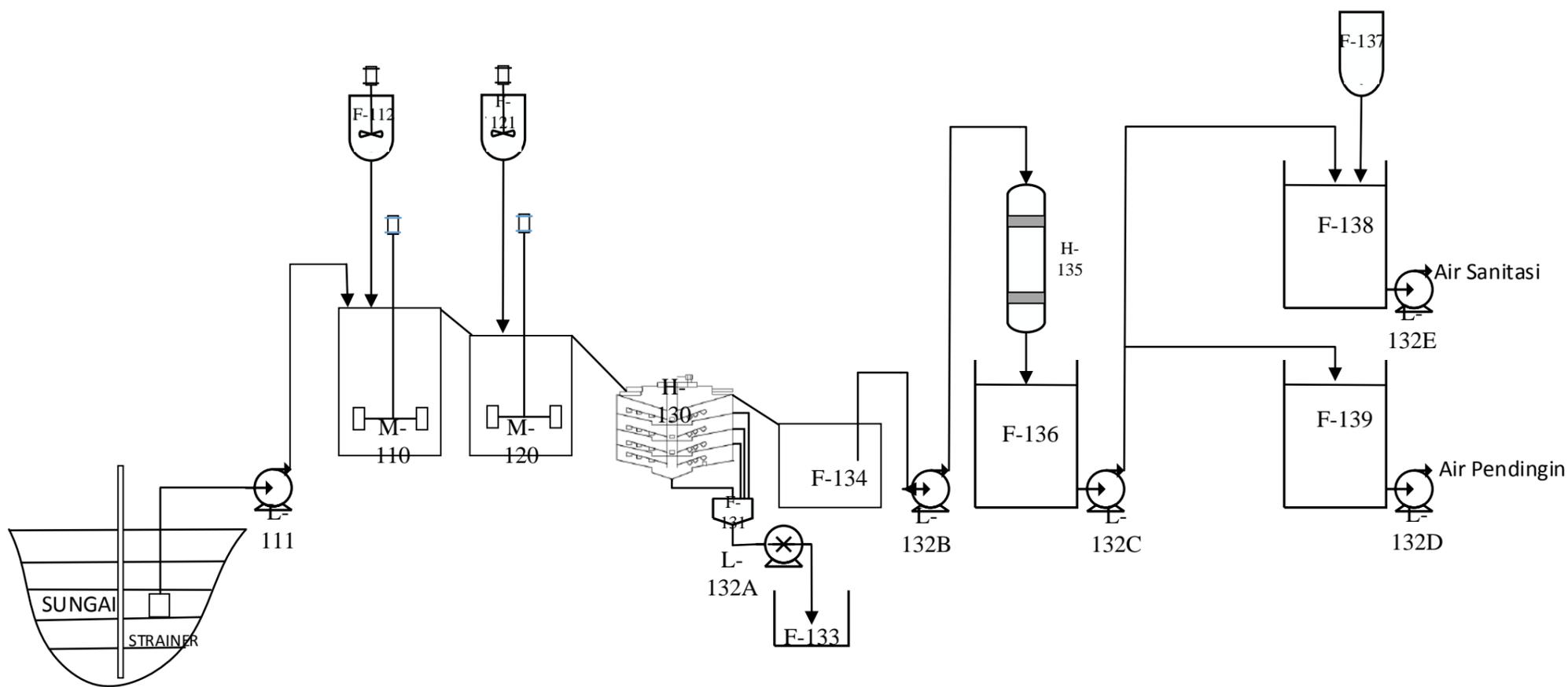
DIGAMBAR OLEH :
 1. M Fatah Wibiseno (1041150000059)
 2. Zulaikah (1041150000068)
 DIPERIKSA OLEH :
 Prof. Dr. Ir. Danawati Hari Prajitno, M.Pd
 NIP. 19510729 198603 2 001

FLWSHEET :
 PABRIK SEMEN PORTLAND POZZOLAN MENGGUNAKAN
 PROSES KERING



DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

Komponen	Aliran (1000kg/hari)																																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32			
CaCO ₃	5.210,44	5.210,44	5.210,44	5.210,44			5.210,44			5.210,44	5.210,44	5.210,44	5.210,44	416,84	0,4168	4.793,61	416,42	5.210,03	5.210,03	5.210,03	1.823,51														
SiO ₂	13,45	13,45	13,45	13,45			13,45			13,45	1.062,00	1.062,00	1.062,00	84,96	0,0850	977,04	84,88	1.061,92	1.061,92	1.061,92	1.061,92														
Al ₂ O ₃	53,20	53,20	53,20	53,20			53,20			53,20	176,55	176,55	176,55	14,12	0,0141	162,42	14,11	176,53	176,53	176,53	176,53														
MgCO ₃	94,12	94,12	94,12	94,12			94,12			94,12	94,12	94,12	94,12	7,53	0,0075	86,59	7,52	94,11	94,11	94,11	32,94														
Fe ₂ O ₃	111,07	111,07	111,07	111,07			111,07			111,07	191,17	191,17	191,17	15,29	0,0153	175,87	15,28	191,15	191,15	191,15	191,15														
H ₂ O	363,61	363,61	363,61	363,61			363,61			363,61	449,68	449,68	4,50	0,36	0,0004	4,14	0,36	4,50	4,50	4,50															
SiO ₂					399,01	399,01	399,01			399,01																									
Al ₂ O ₃					123,35	123,35	123,35			123,35																									
Fe ₂ O ₃					7,92	7,92	7,92			7,92																									
CaO					5,46	5,46	5,46			5,46	5,46	5,46	5,46	0,44	0,0004	5,02	0,44	5,46	5,46	5,46	1.901,91														
MgO					5,91	5,91	5,91			5,91	5,91	5,91	5,91	0,47	0,0005	5,44	0,47	5,91	5,91	5,91	35,04	50,73	50,72	50,72	50,72	50,72			50,72	58,33	7,61	50,72			
K ₂ O					20,85	20,85	20,85			20,85	20,85	20,85	20,85	1,67	0,0017	19,18	1,67	20,85	20,85	20,85	20,85	20,85	20,85	20,85	20,85	20,85			20,85	23,97	3,13	20,85			
Na ₂ O					0,97	0,97	0,97			0,97	0,97	0,97	0,97	0,08	0,0001	0,90	0,08	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97			0,97	1,12	0,15	0,97			
H ₂ O					86,06	86,06	86,06			86,06																									
Pasir Silika								649,54		649,54																									
Pasir Besi									72,17	72,17																									
C ₃ S																																			
C ₂ S																							2.366,67	2.366,44	2.366,44	2.366,44	2.366,44			2.366,44	2.721,40	354,97	2.366,44		
C ₃ A																							1.260,14	1.260,01	1.260,01	1.260,01	1.260,01			1.260,01	1.449,01	189,00	1.260,01		
C ₄ AF																							144,76	144,75	144,75	144,75	144,75			144,75	166,46	21,71	144,75		
Fly Ash																																			
Gypsum																																			
Total	5.845,89	5.845,89	5.845,89	5.845,89	649,54	649,54	6.495,43	649,54	72,17	7.217,15	7.217,15	7.217,15	6.771,97	541,76	0,54	6.230,21	541,22	6.771,43	6.771,43	6.771,43	5.244,82	4.425,22	4.424,78	4.424,78	4.424,78	4.424,78	132,74	442,48	442,48	199,12	66,37	132,74			



15	F-139	BAK AIR PENDINGIN	1
14	F-138	BAK AIR SANITASI	1
13	F-137	TANGKI DESINFECTAN (KALSIUM HIPOKLORIT)	1
12	F-136	BAK AIR BERSIH	1
11	H-135	SAND FILTER	1
10	F-134	TANGKI PENAMPUNG	1
9	L-133	DRYING BED	1
8	L-132	POMPA FEED DRYING BED	1
7	F-131	BAK PENAMPUNG LUMPUR	1
6	H-130	CLARIFIER	1
5	F-121	TANGKI Ca(OH) ₂	1
4	M-120	BAK FLOKULASI	1
3	F-112	TANGKI TAWAS	1
2	L-111	POMPA SENTRIFUGAL	1
1	M-110	BAK KOAGULASI	1
No	KODE	NAMA ALAT	JUMLAH

Digambar Oleh :

1. M Fatah Wibiseno (10411500000059)
2. Zulaikah (10411500000068)

Diperiksa Oleh :

Prof. Dr. Ir. Danawati Hari Prajitno. M.Pd
NIP. 19510729 198603 2 001

FLWSHEET :

**PENGOLAHAN AIR PABRIK SEMEN PORTLAND POZZOLAN
MENGUNAKAN PROSES KERING**



**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**