

PROSES INDUSTRI KIMIA II

PROSES PEMBUATAN SEMEN PADA PT. HOLCIM INDONESIA tbk.

Disusun untuk memenuhi tugas akhir mata Kuliah Proses Industri Kimia II

Dosen : Tri Wibowo S. Purnomo, Ir., MEng.



Disusun Oleh:

1. **Apriyadi Firdaus (040357)**
- 2.

**Jurusan Teknik Kimia
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON – BANTEN
2007**

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat mengerjakan dan menyelesaikan penulisan makalah dengan judul "Proses Pembuatan Semen pada PT. Holcim Indonesia Tbk".

Dengan segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa dalam menyusun laporan ini masih banyak kekurangan dan kelemahan. Dalam penyusunan laporan ini, penulis telah mendapat pengarahan serta bimbingan dan petunjuk-petunjuk dari berbagai pihak, karena itu selayaknya penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak Tri Wibowo S. Purnomo, Ir., MEng. selaku dosen pengajar mata kuliah Proses Industri Kimia II
2. Kedua orang tua tercinta dan tersayang yang selalu mendoakan serta memberi dorongan baik moril maupun materi kepada penulis dalam menyelesaikan laporan ini.
3. Rieko Kristian, sahabat setia sekaligus editor pada penulisan makalah ini.
4. Sahabat-sahabat terbaik di Jurusan Teknik Kimia UNTIRTA yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan makalah ini.

Akhir kata, penulis menyadari laporan ini masih kurang sempurna, namun laporan perancangan pabrik ini diharapkan dapat memberikan masukan positif bagi yang membaca.

Cilegon, Desember 2007

Penulis

DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
I. PENDAHULUAN	1
II. TINJAUAN SINGKAT TENTANG INDUSTRI SEMEN	6
III. DESKRIPSI PROSES PEMBUATAN SEMEN PADA PT. HOLCIM INDONESIA tbk.	20
IV. UNIT PENUNJANG PRODUKSI	31
V. PENUTUP	36
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel II.1 Zat warna dari warna yang dihasilkan	11
Tabel II.2. Komposisi Kimia Semen Portland	11
Tabel II.3. Sfesifikasi Fisika Semen Portland	12
Tabel II.4 Jenis-jenis Proses Pembuatan Semen	20
Tabel III.1 Jenis-jenis Bahan Baku Semen	20
Tabel III.2. Profil tempratur aliran gas panas dan material padat di <i>pre-heater</i>	26

I. PENDAHULUAN

I.1 Sejarah Berdirinya PT. Holcim Indonesia, Tbk.

Pada tahun 1962, Direktorat Geologi Departemen Pertambangan Indonesia membentuk team survei untuk melakukan studi kelayakan mengenai kemungkinan didirikannya pabrik semen di Jawa Barat. Pada tahun 1963 dilakukan penelitian mengenai cadangan bahan baku di sukabumi oleh E.J Patty dan di Cibadak oleh B.N Wahyu, sehingga pada tahun 1964 ditemukan bahan tambang silka di cibadak

Tak lama kemudian B.N Wahyu dan Prayitno melakukan penelitian di daerah walihir, Cibinong dan ditemukan tambang batu kapur (*limes Stone*) dan tanah liat (*Shale*). Pada tahun yang sama, Goei Tjoe Houw juga mengadakan penelitian mengenai cadangan batu kapur di daerah Kemuning, Kelurahan Kelapa Nunggal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah tersebut sangat potensial untuk mendirikan pabrik semen dan disertai studi perbandingan yang menunjukkan pendirian lokasi pabrik tepat, hal ini dikarenakan :

1. Persediaan Bahan Baku yang cukup.
2. Mudah mendapatkan tenaga kerja.
3. Mudah mendapatkan sumber tenaga listrik.
4. Dekat dengan daerah pemasaran.
5. Persediaan sumber air yang cukup.
6. Letak pelabuhan yang tidak terlalu jauh, sehingga memudahkan untuk ekspor, untuk memasukan alat – alat berat pada saat pembangunan pabrik, dan bahan baku yang didatangkan dari tempat lain seperti gypsum, Bahan bakar, Dan lain sebagainya.

Pada tanggal 24 mei 1968, Direktorat Geologi dan PT. Semen Gersik melakukan penandatanganan kontrak kerja sama penelitian bahan baku semen di daerah Kelapa Nunggal dan sekitarnya. Proyek ini dilaksanakan antara bulan Juni hingga Desember 1968 dibantu oleh International Finance Cooperation (IFC), Wahsington D.C, USA. Hasil penelitian menunjukkan :

1. Sumber batu kapur (*Limes stone*) terletak di daerah Kelapa Nunggal, Pasir Kemuning, Pasir Bali , dan Pasir Guha.

2. Sumber tanah liat (*Shale*) terletak di daerah Pasir Tangkil, Pasir Wilihir, Pasir Leutik, dan Pasir Kemuning.
3. Sumber pasir *silica* terletak di daerah Cibadak.
4. Lokasi pabrik adalah di Desa Narogong, Kelurahan Kelapa Nuggal, Kecamatan Cileungsi, Kabupaten Bogor, Jawa Barat.

Pada tanggal 5 Juli 1971 didirikanlah pabrik semen Cibinong dengan akte notaris Abdul Latief dari Jakarta dan memperoleh persetujuan dari Menteri Kehakiman berdasarkan Surat Keputusan No.1.A.S/159/1971 serta dalam Berita Negara No. 82 pada tanggal 18 Oktober 1971, yang selanjutnya dilengkapi dengan Berita Negara No. 466.

Konstruksi pembangunan pabrik dimulai pada tahun 1972, dilakukan oleh *Kaiser Engineering International Inc.* Amerika, kemudian direalisasikan oleh kontraktor Indonesia dan *Mitsubishi Heavy Industries Ltd.* Jepang.

Resminya perusahaan patungan ini berdiri pada tanggal 15 Juni 1971 dengan nama PT. Semen Tjibinong. Pembangunan pabrik semen PT. Semen Cibinong unit 1 dengan kapasitas 600.000 ton/tahun baru dimulai pada tahun 1973 dan secara resmi dibuka oleh Presiden Soeharto pada tanggal 14 Agustus 1975.

Pembangunan pabrik PT.Semen Cibinong Tbk. Unit II dengan kapasitas 600.000 ton/tahun, diselesaikan dengan baik pada bulan Juli 1977 sehingga kapasitas produksi total menjadi 1,2 ton/tahun. Melalui perencanaan, program perbaikan dan modifikasi yang baik maka pada tahun 1985 PT.Semen Cibinong berhasil memperbesar kapasitas semen mencapai 1,5 ton/tahun.

Sejak berstatus PMDN pada tanggal 19 November 1988, Perseroan telah melakukan misi untuk menjadikan dirinya sebagai produsen semen dan beton yang terdepan dalam konteks industri semen Indonesia dan dalam rangka menjaga citra dirinya sebagai produsen semen handal dalam mutu dan pelayanan kepada pelanggannya, maka dilakukan usaha – usaha sebagai berikut :

1. Pemasangan penghisap debu yang baru pada tahun 1990, berhasil menurunkan emisi debu dari cerobongnya, menjadi pabrik semen yang terbersih di Indonesia yang berwawasan lingkungan.

2. Berkat berhasilnya konvensi bahan bakar dalam tanur putarnya dari gas menjadi batu bara, sejak tahun 1991 biaya produksi semen dapat ditekan
3. Agar jaringan distribusi semen dapat mencapai konsumen tepat waktu, sejak 1991 dibentuk Armada angkutan sendiri yang dikelola oleh PT. Wahana Transtama, yang merupakan anak perusahaan.
4. Dalam rangka mendekati diri kepada konsumen dan dalam rangka meraup keuntungan nilai tambah, telah dibentuk sebuah anak perusahaan yang bergerak dibidang pembuatan serta pemasaran beton siap pakai, yaitu PT. Trumix Beton.

Perluasan pabrik tersebut terus dilaksanakan. Salah satu wujud tindak lanjutnya adalah dengan dibangunnya unit III yang pembangunannya dimulai pada tanggal 2 maret 1990. Proyek ini selesai kurang lebih dua tahun kemudian (1992) dan langsung beroperasi. Hyundai dari korea selatan bertindak sebagai kontraktor sedangkan fuller dari amerika serikat merupakan pembuat mesin dan peralatan utamanya yang dilengkapi dengan proses pembuatan semen terbaru serta teknologi pengendalian debu. Dengan dioperasikannya unit III tersebut, membuat total kapasitas PT. Semen Cibinong bertambah menjadi 3.000.000,- ton / tahun.

Pada bulan juni 1993, perusahaan melakukan akuisisi terhadap seluruh saham PT. Semen Nusantara yang berlokasi Cilacap Jawa Barat. PT. Semen Nusantara ini memiliki kapasitas produksi 1.000.000,- ton/tahun. Satu tahun kemudian perusahaan menambah kapasitas produksi dengan membangun unit II di Cilacap dengan kapasitas produksi 2.600.000,- ton / tahun unit dua yang dibangun pada tahun 1994 mulai beroperasi tahun 1997 sehingga kapasitas total produksi di Cilacap sebesar 4.100.000 ton / tahun.

Pada bulan agustus 1995 perusahaan mengakuisisi seluruh saham PT. Dwima Agung Tuban Jawa Timur. Bulan desember tahun yang sama perusahaan melakukan penandatanganan kontrak dengan konsorsium *Fuller* amerika dan Han jung Korea dalam rangka pembangunan unit IV di Narogong dengan kapasitas 2.600.000. ton/tahun. Sehingga pada tahun 1998 diharapkan kapasitas total 9.700.000. ton /tahun.

Pada tahun 1996, perusahaan menandatangani kontrak usaha patungan dengan The Union Myanmar Economic Holding Limited (BUMN Myanmar) dalam bidang industri semen bernama Myanmar *Cement Company* Ltd. Perusahaan ini merupakan pabrik semen asing pertama di Negara tersebut dan direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2000.

Bulan februari 1997 PT. Semen Cibinong tbk. Mendapat sertifikat ISO 9002 dari SGS yarsley London, yang diserahkan oleh Presiden Direktur SGS ICS Indonesia Mr. Erik Roger pada Bpk. Hasyim Sumitro Djojohadi Kusumo selaku Persiden Direktur PT. Semen Cibinong tbk.

Pada bulan juni tahun 2000 Holcim Ltd sebuah perusahaan semen yang berpusat di Switserlan melakukan penawaran resmi terhadap saham PT. Semen Cibinong. Pada bulan desember tahun 2000 The Jakarta Intiative Force mengeluarkan pengumuman bahwa Holcim Ltd dan Steering Committee Of Creditors telah mencapai kesepakatan untuk merestrukturisasi hutang PT. Semen Cibinong. Pada tanggal 13 Desember 2001 Holcim Ltd resmi menjadi pemegang saham utama PT. Semen Cibinong tbk, dengan total saham 77,33 %.

Pada tahun 2006 PT. Semen Cibinong resmi berganti nama menjadi PT. Holcim Indonesia Tbk

I.2 Lokasi Pabrik.

Secara administratif daerah PT. Holcim Indonesia Tbk termasuk dalam daerah Daerah Narogong Kecamatan Cileungsi, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. Terletak sekitar 15 km dari Cibinong, 42 km dari pelabuhan Tanjung Priok dan sekitar 35 km dari Jakarta. Areal keseluruhan pabrik sekitar 838,3 ha, terdiri dari : Hak guna bangunan (91,6 ha) dan hak pakai (746,7 ha). Hak guna bangunan meliputi :

1. Pabrik : 15 ha.
2. Perumahan : 40 ha.
3. Parkir dan perluasan pabrik : 36,6 ha.

Hak pakai meliputi :

1. Penambangan batu kapur. : 535,6 ha.
2. Penambangan tanah liat. : 211,1 ha.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan lokasi pabrik yaitu :

1. Faktor bahan baku.

Bahan baku utama dalam industri ini adalah batu kapur dan tanah liat, karena itu pabrik didirikan tidak jauh dari daerah penambangan batu kapur dan tanah liat. Bahan lainnya seperti pasir besi, silika dan gypsum yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit didatangkan dari daerah lain.

2. Faktor Bahan Bakar.

Terdapat empat jenis bahan bakar yang dipakai, yaitu : batu bara, solar, AFR, dan bahan bakar sintetis. Batu bara dipasok dari Kalimantan sedangkan solar dan dipasok dari Pertamina, untuk bahan bakar sintetis dipasok dari PPLI.

3. Faktor Air.

Air memegang peranan penting dalam proses produksi. Untuk memenuhinya air diambil dari sungai Cileungsi yang terletak tidak jauh dari pabrik.

4. Faktor Transportasi.

Pabrik terletak tidak jauh dari Jakarta yang menjadi pusat pemasaran dan dengan beroperasinya Tol Jagorawi maka transportasi bahan baku maupun produk menjadi makin mudah dan cepat.

5. Faktor Tenaga Kerja

Lokasi pabrik dinilai sangat potensial untuk memperoleh tenaga kerja dalam jumlah besar.

6. Faktor Lingkungan

Pabrik terletak jauh dari perkotaan, sehingga polusi debu yang dihasilkan relatif tidak merugikan.

I.3 Tata Letak Pabrik.

Proses operasional PT. Holcim Indonesia Tbk berlangsung di dalam lahan seluas 839 ha dengan perincian sebagai berikut:

1. Penambangan. : 746,7 ha.
2. Pabrik. : 15 ha.
3. Perumahan. : 40 ha.
4. Lain – lain. : 37 ha.

PT. Holcim Indonesia Tbk terbagi menjadi beberapa area, yaitu :

1. Area penambangan bahan baku.
2. Area pemecahan bahan baku.
3. Area pengeringan bahan baku.
4. Area pembakaran dan pendinginan bahan baku.
5. Area penyimpanan bahan baku.
6. Area penggilingan bahan baku dan klinker.
7. Area Pembuatan kantong semen dan pengantongan.
8. Area pengolahan air (*water treatment*).
9. Area perkantoran

II. TINJAUAN SINGKAT TENTANG INDUSTRI SEMEN

Semen adalah suatu campuran senyawa kimia yang bersifat *hidrolis* artinya jika dicampur dengan air dalam jumlah tertentu akan mengikat bahan–bahan lain menjadi satu kesatuan massa yang dapat memadat dan mengeras. Secara umum semen dapat didefinisikan sebagai bahan perekat yang dapat merekatkan bagian–bagian benda padat menjadi bentuk yang kuat kompak dan keras.

II. 1 Sejarah perkembangan semen

Semen berasal dari kata *caementum* yang berarti bahan perekat yang mampu mempersatukan atau mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kokoh atau suatu produk yang mempunyai fungsi sebagai bahan perekat antara dua atau lebih bahan sehingga menjadi suatu bagian yang kompak atau dalam pengertian yang luas adalah material plastis yang memberikan sifat rekat antara batuan-batuan konstruksi bangunan.

Semen pada awalnya dikenal di Mesir tahun 500 SM pada pembuatan piramida, yaitu sebagai pengisi ruang kosong diantara celah-celah tumpukan batu. Semen yang dibuat bangsa Mesir merupakan kalsinasi *gypsum* yang tidak murni, sedang kalsinasi batu kapur mulai digunakan pada zaman Romawi. Kemudian bangsa Yunani membuat semen dengan cara mengambil tanah vulkanik (*vulcanic tuff*) yang berasal dari pulau Santoris yang kemudian dikenal dengan *santoris cement*. Bangsa Romawi menggunakan semen yang diambil dari material vulkanik yang ada dipengunungan Vesuvius dilembah Naples yang kemudian dikenal dengan nama *pozzolona cement*, yang diambil dari sebuah nama kota di Italia yaitu Pozzuola.

Penemuan bangsa Yunani dan Romawi ini mengalami perkembangan lebih lanjut mengenai komposisi bahan dan cara pencampurannya, sehingga diperoleh *mortar* yang baik. Pada abad pertengahan, kualitas mortar mengalami penurunan yang disebabkan oleh pembakaran *limestone* kurang sempurna, dengan tidak adanya tanah vulkanik.

Pada tahun 1756 Jhon Smeaton seorang Sarjana Inggris berhasil melakukan penyelidikan terhadap batu kapur dengan pengujian ketahanan air. Dari hasil percobaannya disimpulkan bahwa batu kapur lunak yang tidak murni dan mengandung tanah liat merupakan bahan pembuat semen *hidrolis* yang baik. Batu kapur yang dimaksud tersebut adalah kapur hidrolis (*hydroulic lime*). Kemudian oleh Vicat ditemukan bahwa sifat hidrolis akan bertambah baik jika ditambahkan juga silika atau tanah liat yang mengandung alumina dan silika. Akhirnya Vicat membuat kapur hidrolis dengan cara pencampuran tanah liat (*clay*) dengan batu kapur (*limestone*) pada perbandingan tertentu, kemudian campuran tersebut dibakar (dikenal dengan *Artificial lime twice kilned*).

Pada tahun 1811, James Frost mulai membuat semen yang pertama kali dengan menggunakan cara seperti Vicat yaitu dengan mencampurkan dua bagian kapur dan satu bagian tanah liat. Hasilnya disebut *Frost's cement*. Pada tahun 1812 prosedur tersebut diperbaiki dengan menggunakan campuran batu kapur yang mengandung tanah liat dan ditambahkan tanah Argillaceous (mengandung 9-40 % *silica*). Semen yang dihasilkan disebut *British cement*.

Usaha untuk membuat semen pertama kali dilakukan dengan cara membakar campuran batu kapur dan tanah liat. Joseph Aspadin yang merupakan orang Inggris pada tahun 1824 mencoba membuat semen dari kalsinasi campuran batu kapur dengan tanah liat yang telah dihaluskan, digiling, dan dibakar menjadi lelehan dalam tungku, sehingga terjadi penguraian batu kapur (CaCO_3) menjadi batu tohor (CaO) dan karbondioksida (CO_2). Batu kapur tohor (CaO) bereaksi dengan senyawa-senyawa lain membentuk *klinker* kemudian digiling sampai menjadi tepung yang kemudian dikenal dengan portland.

[*Walter H. Duda, 1976*]

II.2 Jenis – Jenis Semen

1. *Portland Cement*

Semen portland adalah semen *hidraulis* yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker* yang terdiri dari silikat – silikat kalsium yang bersifat *hidraulis*, bersama bahan tambahan yang biasanya digunakan adalah *gypsum*. *Klinker* adalah penamaan untuk gabungan komponen produk semen yang belum diberikan tambahan bahan lain untuk memperbaiki sifat dari semen. Tipe – tipe semen portland:

a. Tipe I (*Ordinary Portland Cement*)

Ordinary Portland Cement adalah semen portland yang dipakai untuk segala macam konstruksi apabila tidak diperlukan sifat-sifat khusus, misalnya ketahanan terhadap sulfat, panas hidrasi dan sebagainya. *Ordinary Portland Cement* mengandung 5 % MgO , dan 2,5–3 % SO_3 . Sifat-sifat *Ordinary Portland Cement* berada diantara sifat-sifat *moderate heat* semen dan *high early strength portland cement*.

b. Tipe II (*Moderate Heat Portland Cement*)

Moderate Heat Portland Cement adalah semen portland yang dipakai untuk pemakaian konstruksi yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang, biasanya digunakan untuk daerah pelabuhan dan bangunan sekitar pantai. *Moderate Heat Portland Cement* terdiri dari 20 % SiO_2 , 6 % Al_2O_3 , 6 % Fe_2O_3 , 6 % MgO , dan 8 % C_3A .

Semen tipe ini lebih banyak mengandung C_2S dan mengandung lebih sedikit C_3A dibandingkan dengan semen tipe I.

c. Tipe III (*High Early Strength Portland Cement*)

High Early Strength Portland Cement adalah semen portland yang digunakan keadaan-keadaan darurat dan musim dingin. Juga dipakai untuk produksi beton tekan. *High Early Strength Portland Cement* ini mempunyai kandungan C_3S lebih tinggi dibandingkan dengan semen tipe lainnya sehingga lebih cepat mengeras dan cepat mengeluarkan kalor. *High Early Strength Portland Cement* tersusun atas 6 % MgO , 3,5–4,5 % Al_2O_3 , 35 % C_3S , 40 % C_2S , dan 15 % C_3A . Semen tipe ini sangat cocok digunakan untuk pembangunan gedung-gedung besar, pekerjaan-pekerjaan berbahaya, pondasi, pembetonan pada udara dingin, dan pada prestressed coccretel, yang memerlukan kekuatan awal yang tinggi.

d. Tipe IV (*Low Heat Portland Cement*)

Low Heat Portland Cement adalah semen portland yang digunakan untuk bangunan dengan panas *hiderasi* rendah misalnya pada bangunan beton yang besar dan tebal, baik sekali untuk mencegah keretakan. *Low Heat Portland Cement* ini mempunyai kandungan C_3S dan C_3A lebih rendah sehingga pengeluaran kalornya lebih rendah. *Low Heat Portland Cement* tersusun atas 6,5 % MgO , 2,3 % SO_3 , dan 7 % C_3A . Semen ini biasa digunakan untuk pembuatan atau keperluan *hidraulik engineering* yang memerlukan panas *hiderasi* rendah.

e. Tipe V (*Shulphato Resistance Portland Cement*)

Shulphato Resistance Portland Cement adalah semen portland yang mempunyai kekuatan tinggi terhadap sulfur dan memiliki kandungan C_3A lebih rendah bila dibandingkan dengan tipe-tipe lainnya, sering digunakan untuk bangunan di daerah yang kandungan sulfatnya tinggi, misalnya: pelabuhan, terowongan, pengeboran di laut, dan bangunan pada musim panas. *Shulphato Resistance Portland Cement* tersusun atas 6 % MgO , 2,3 % SO_3 , 5 % C_3A .

f. Semen Putih (*White Cemen*)

Semen Putih adalah semen yang dibuat dengan bahan baku batu kapur yang mengandung oksida besi dan oksida magnesia yang rendah (kurang dari 1%) sehingga dibutuhkan pengawasan tambahan agar semen ini tidak terkontaminasi dengan Fe_2O_3 selama proses berlangsung. Pembakaran pada tanur putar menggunakan bahan bakar gas, hal ini dimaksudkan untuk mengurangi kontaminasi terhadap abu hasil pembakaran, juga terhadap oksida mangan sehingga warna dari semen putih tersebut tidak terpengaruh. Semen putih mengandung 24,2% SiO_2 , 4,2% Al_2O_3 , 0,39% Fe_2O_3 , 65,8% CaO , 1,1% MgO dan 0,02% Mn_2O_3 . Semen Putih digunakan untuk bangunan arsitektur dan dekorasi.

g. Semen Sumur Minyak (*Oil Well Cement*)

Semen Sumur Minyak adalah semen portland yang dicampur dengan bahan retarder khusus seperti *lignin*, *asam borat*, *casein*, gula, atau *organic hidroxid acid*. Semen Sumur Minyak mengandung 6 % MgO , 3 % SO_3 , 48 – 65 % C_3S , 3% C_3A , 24 % $\text{C}_4\text{AF} + 2\text{C}_3\text{A}$, dan 0,75 % alkali (N_2O). Fungsi *retarder* disini adalah untuk mengurangi kecepatan pengerasan semen atau memperlambat waktu pengerasan semen, sehingga adukan dapat dipompakan kedalam sumur minyak atau gas. Semen Sumur Minyak digunakan antara lain untuk melindungi ruangan antara rangka sumur minyak dengan karang atau tanah sekelilingnya, sebagai rangka sumur minyak dari pengaruh air yang korosif.

h. *Semen Masonry*

Semen Masonry adalah semen *hidraulik* yang digunakan sebagai adukan konstruksi *masonry*, mengandung satu atau lebih *blast furnance slag cement* (semen kerak dapur tinggi), *semen portland pozzolan*, *semen alam* atau *kapur hidraulik* dan bahan penambahnya mengandung satu atau lebih bahan-bahan seperti: kapur padam, batu kapur, *chalk*, *calceous shell*, *talk*, *slag*, atau tanah liat yang dipersiapkan untuk keperluan ini. Sifat semen ini mempunyai penyerapan air yang baik, berdaya *plastissitas* yang tinggi dan kuat tekan yang rendah [*Rudi Pringadi .ir, 1995*]

i. Semen Berwarna

Sering dibutuhkan semen yang mempunyai warna yang sama dengan bahan atau material yang akan direkatkannya. Semen Berwarna dibuat dengan menambahkan zat warna (*pigmen*) sebanyak 5 – 10 % pada saat semen putih digiling. Zat warna yang ditambahkan harus tidak mempengaruhi selama penyimpanan atau selama pemakaian semen tersebut.

Tabel II.1 Zat warna dari warna yang dihasilkan

Zat Warna	Warna Yang Dihasilkan
Oksida – Oksida besi	Merah, kuning, Cokelat, dan Hitam
Mangan Dioksida	Cokelat, dan Hitam
Chromium Oksida	Hijau
Ultramarine Blue	Biru
Cobalt Blue	Biru
Carbon Blue	Hitam

j. Semen Cat

Semen Cat merupakan tepung semen dari semen portland yang digiling bersama –sama dengan zat warna, filter, dan water repellent agent. Sement cat biasanya dibuat waran putih yaitu dengan titanium oksida atau ZnS. Sebagai filter biasanya dipakai water repellent agent atau bahan silika, sedangkan sebagai accelerator dipakai CaCl_2 dan sebagai water repellent agent dipakai kalsium atau aluminium stearat.

Tabel II.2. Komposisi Kimia Semen Portland

Komposisi (%)	Tipe				
	I	II	III	IV	V
1. SiO ₂ minimal	-	20,0	-	-	-
2. Al ₂ O ₃ maksimal	-	6,0	-	-	-
3. Fe ₂ O ₃ maksimal	-	6,0	-	6,5	-
4. MgO maksimal	5,0	6,0	6,0	6,0	6,0

5. SO ₃ maksimal bila C ₃ A < 8 %	2,5	3,0	3,5	2,3	2,3
6. SO ₃ maksimal bila C ₃ A > 8 %	3,0	-	4,5	-	-
7. Hilang penyalaan maksimal	3,0	3,0	3,0	2,5	3,0
8. Residu tak larut maksimal	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
9. C ₃ S maksimal	-	-	-	35,0	-
10. C ₂ S minimal	-	-	-	40,0	-
11. C ₃ A	-	8,0	15,0	7,0	5,0

[*Walter H. Duda, 1976*]

Tabel II.3. Sfesifikasi Fisika Semen Portland

Spesifikasi	Tipe				
	I	II	III	IV	V
1. Kehalusan :					
a. Sisa diatas ayakan 0,09 mm maksimal %	0	0	0	0	0
b. Dengan alat blaine, minimal (cm ² / gr)	800	800	800	800	800
2. Waktu pengikatan :					
a. Dengan alat vlost, awal minimal (menit)	5	5	5	5	5
b. Dengan alat vlost, akhir minimal (menit)	5	5	5	5	5
c. Dengan alat gillmore, awal minimal (menit)	0	0	0	0	0
d. Dengan alat gillmore, akhir minimal (menit)	0	0	0	0	0
3. Pemuaiian dengan autoclave maksimal	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

4. Kuat tekan :					
a. Satu hari, minimal (kg/cm ²)	-	-	25	-	-
b. Tiga hari, minimal (kg/cm ²)	-	-	50	-	-
c. Tujuh hari, minimal (kg/cm ²)	25	0	-	-	50
d. Dua puluh delapan hari, minimal (kg/cm ²)	0	75	-	-	10
5. Panas hiderasi :					
a. Tujuh hari, maksimal (cal/gr)	-	0	-	0	-
b. Dua puluh delapan hari, maksimal (cal/gr)	-	0	-	0	0
6. Pengikatan semu penetrasi akhir. (%)	0	0	0	0	0
7. Pemuaian karena empat belas hari maks.	-	-	-	-	0,5

2. Semen Non Portland

a. Semen Alam (*Natural Cement*)

Semen alam merupakan semen yang dihasilkan dari proses pembakaran batu kapur dan tanah liat pada suhu 850–1000 °C kemudian tanah yang dihasilkan digiling menjadi semen halus.

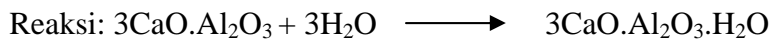
b. Semen Alumina Tinggi (*High Alumina Cement*)

Semen Alumina Tinggi pada dasarnya adalah suatu semen kalsium aluminat yang dibuat dengan meleburkan campuran batu gamping, bauksit, dan bauksit ini biasanya mengandung oksida besi, silika, magnesia, dan ketidak murnian lainnya. Cirinya ialah bahwa kekuatan semen ini berkembang dengan cepat, dan ketahanannya terhadap air laut dan air yang mengandung sulfat lebih baik.

c. Semen *Portland Pozzolan*.

Semen Portland Pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina dimana bahan pozzolan itu sendiri tidak mempunyai sifat

seperti semen akan tetapi dalam bentuk halusny dan dengan adanya air, maka senyawa – senyawa tersebut akan bereaksi membentuk kalsium aluminat hidrat yang bersifat hidraulis.

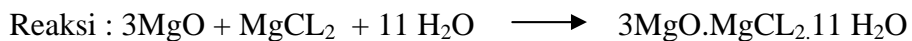


Bahan pozzolan tersusun atas 45–72 % SiO_2 , 10–18 % Al_2O_3 , 1–6 % Fe_2O_3 , 0,5–3 % MgO , 0,3–1,6 % SO_3 .

Semen *portland pozzolan* merupakan suatu bahan pengikat hidraulis yang dibuat dengan menggiling bersama–sama terak semen portland dan bahan yang mempunyai sifat *pozzolan*, atau mencampur secara merata bubuk semen portland dan bubuk bahan lain yang mempunyai sifat *pozzolan*. Bahan pozzolan yang ditambahkan besarnya antara 15–40 %.

d. Semen Sorel.

Semen Sorel adalah semen yang dibuat melalui reaksi eksotermik larutan magnesium klorida 20 % terhadap suatu ramuan magnesia yang didapatkan dari kalsinasi magnesit dan magnesia yang didapatkan dari larutan garam.



Semen Sorel mempunyai sifat keras dan kuat, mudah terserang air dan sangat korosif. Penggunaannya terutama adalah semen lantai, dan sebagai dasar pelantai dasar seperti ubin dan terazu.

e. *Portland Blast Furnance Slag Cement*.

Portland Blast Furnance Slag Cement adalah semen yang dibuat dengan cara menggiling campuran *klinker* semen *portland* dengan kerak dapur tinggi (*Blast Furnance Slag*) secara homogen. Kerak (*slag*) adalah bahan non metal hasil samping dari pabrik pengecoran besi dalam tanur (Dapur Tinggi) yang mengandung campuran antara kapur (CaCO_3) silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3). Sifat semen ini jika kehalusannya cukup, mempunyai kuat tekan yang sama dengan semen portland, betonnya lebih stabil dari beton semen *portland*, *permeabilitinya* rendah, pemuaian dan penyusutan dalam udara kering sama dengan semen portland.

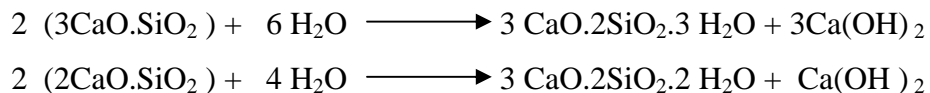
II.3. Sifat – Sifat Semen Portland

1. Hiderasi Semen.

Hiderasi semen adalah reaksi antara komponen-komponen semen dengan air. Untuk mengetahui hiderasi semen, maka harus mengenal hiderasi dari senyawa – senyawa yang terkandung dalam semen (C_2S , C_3S , C_3A , C_4AF).

a. Hiderasi Kalsium Silikat (C_2S dan C_3S)

Kalsium silikat di dalam air akan terhidrolisa menjadi kalsium hidroksida $Ca(OH)_2$ Dan kalsium silikat hidrat ($3CaO.2SiO_2.3H_2O$) pada suhu $30^\circ C$.



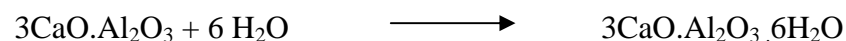
Kalsium silikat hidrat (CSH) adalah silikat di dalam kristal yang tidak sempurna, bentuknya padatan berongga yang sering di sebut *Tobermorite Gel*.

Adanya kalsium hidroksida akan membuat pasta semen bersifat basa kuat (pH=12,5) hal ini dapat menyebabkan pasta semen sensitif terhadap asam kuat tetapi dapat mencegah baja mengalami korosi.

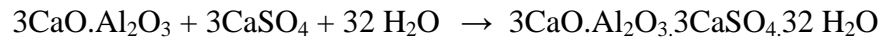
b. Hiderasi C_3A

Hiderasi C_3A dengan air yang berlebih pada suhu $\pm 30^\circ C$ akan menghasilkan kalsium alumina hidrat ($3CaO.Al_2O_3.3 H_2O$) yang mana kristalnya berbentuk kubus, di dalam semen karena adanya *gypsum* maka hasil hiderasi C_3A sedikit berbeda. Mula-mula C_3A akan bereaksi dengan *gypsum* menghasilkan *sulfo aluminate* yang kristalnya berbentuk jarum dan biasa disebut *ettringite* namun pada akhirnya *gypsum* bereaksi semua, baru terbentuk kalsium *aluminate hidrat* (CAH)

- Hiderasi C_3A tanpa *gypsum* ($\pm 30^\circ C$):

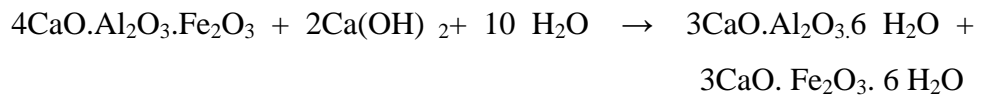


- Hiderasi C_3A dengan *gypsum* ($\pm 30^\circ C$):



Penambahan *gypsum* pada semen dimaksudkan untuk menunda pengikatan, hal ini disebabkan karena terbentuknya lapisan *ettringite* pada permukaan–permukaan kristal C_3A sehingga dapat menunda hidrasi C_3A .

c. Hidrasi C_4AF ($\pm 30 \text{H}_2\text{O} \text{ } ^\circ\text{C}$) :



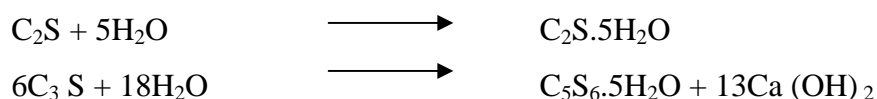
2. Setting Dan Hardening.

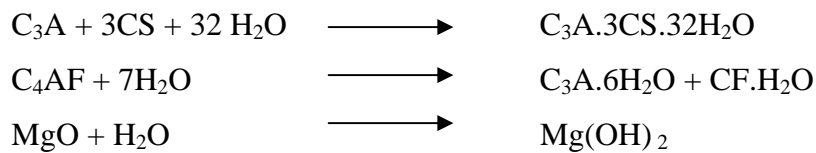
Setting dan *Hardening* adalah pengikatan dan pengerasan semen setelah terjadi reaksi hidrasi. Semen apabila dicampur dengan air akan menghasilkan pasta yang plastis dan dapat dibentuk (*Workable*) sampai beberapa waktu karakteristik dari pasta tidak berubah dan periode ini sering disebut *Dorman Period* (periode tidur).

Pada tahapan berikutnya pasta mulai menjadi kaku walaupun masih ada yang lemah, namun sudah tidak dapat dibentuk (*Unworkable*). Kondisi ini disebut *Initial Set*, sedangkan waktu yang diperlukan mulai dibentuk (ditambah air) sampai kondisi *Initial Set* disebut *Initial Setting Time* (waktu pengikatan awal). Tahapan berikutnya pasta melanjutkan kekuatannya sehingga didapat padatan yang utuh dan bias disebut *Hardened Cement Pasta*. Kondisi ini disebut *final set* sedangkan waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi ini disebut *Final Setting Time* (waktu pengikatan akhir). Proses pengerasan berjalan terus berjalan seiring dengan waktu akan diperoleh kekuatan proses ini dikenal dengan nama *hardening*.

Waktu pengikatan awal dan akhir dari semen dalam prakteknya sangat penting, sebab waktu pengikatan awal akan menentukan panjangnya waktu dimana campuran semen masih bersifat plastik. Waktu pengikatan awal minimum 45 menit sedangkan waktu pengikatan akhir maksimum 8 jam.

Reaksi pengerasan :





3. Panas Hiderasi

Panas Hiderasi adalah panas yang dilepaskan selama semen mengalami proses hiderasi. Jumlah panas hiderasi yang terjadi tergantung tipe semen, kehalusan semen, dan perbandingan antara air dengan semen.

Kekerasan awal Semen yang tinggi dan panas hiderasi yang besar kemungkinan terjadi retak – retak pada beton, hal ini disebabkan oleh *phosfor* yang timbul sukar dihilangkan sehingga terjadi pemuaian pada proses pendinginan.

4. Penyusutan

Ada tiga macam penyusutan yang terjadi didalam semen:

- *Drying Shrinkage* (Penyusutan karena pengeringan)
- *Hideration Shrinkage* (Penyusutan karena hiderasi)
- *Carbonation Shrinkage* (Penyusutan karena carbonasi)

Yang paling berpengaruh terhadap permukaan beton adalah *Drying Shrinkage*, penyusutan ini terjadi karena penguapan selama proses *setting* dan *hardening*. Bila besaran kelembapannya dapat dijaga, maka keretakan beton dapat dihindari. Penyusutan ini dipengaruhi juga kadar C_3A yang terlalu tinggi.

5. Kelembaban

Kelembaban timbul karena semen menyerap uap air dan CO_2 dalam jumlah yang cukup banyak sehingga terjadi penggumpalan. Semen yang menggumpal kualitasnya akan menurun karena bertambahnya *loss on ignition* (LOI) dan menurunnya spesifik gravity sehingga kekuatan semen menurun, waktu pengikatan dan pengerasan makin lama, dan terjadinya *false set*.

- *Loss On Ignation (Hilang Pijar)*
Loss on ignition dipersyaratkan untuk mencegah adanya mineral – mineral yang terurai pada saat pemijaran, dimana proses ini dapat menimbulkan kerusakan pada batu setelah beberapa tahun kemudian.
- *Spesifik Gravity*
 Spesifik Gravity dari semen merupakan informasi yang sangat penting dalam perancangan beton. Didalam pengontrolan kualitas *Spesifik Gravity* digunakan untuk mengetahui seberapa jauh kesempurnaan pembakaran *klinker*, juga apakah *klinker* tercampur dengan *impuritis*.
- *False Set*
 Proses yang terjadi bila adonan mengeras dalam waktu singkat. *False set* dapat dihidari dengan melindungi semen dari pengaruh udara luar, sehingga *alkali karbonat* tidak terbentuk didalam semen.

II.4. Teknologi Pembuatan Semen

1. Proses Basah

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

Keuntungan:

- Umpan lebih homogen, semen yang diperoleh lebih baik
- Efisiensi penggilingan lebih tinggi dan tidak memerlukan suatu unit *homogenizer*
- Debu yang timbul relatif sedikit

Kerugian:

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

2. Proses Semi Basah

Pada proses ini penyediaan umpan tanur hampir sama seperti proses basah. Hanya saja disini umpan tanur disaring lebih dahulu dengan filter press. Filter cake dengan kadar 15-25 % digunakan sebagai umpan tanur. Konsumsi panas pada proses ini sekitar 1000-1200 Kcal / Kg klinker. Proses ini jarang dipakai karena biaya produksi yang terlalu tinggi dan kurang menguntungkan.

3. Proses Semi kering

Proses ini dikenal sebagai *grate proses*, dimana merupakan transisi dari proses basah dan proses kering dalam pembentukan semen. Pada proses ini umpan tanur disemprot dengan air dengan alat yang disebut *granulator (pelletizer)* untuk diubah menjadi *granular* atau *nodule* dengan kandungan air 10 - 12 % dan ukurannya 10 - 12 mm seragam.

Proses ini menggunakan tungku tegak (*shaft kiln*) atau *long rotary kiln*. Konsumsi panas sekitar 1000 Kcal / Kg *klinker*.

4. Proses Kering.

Pada proses ini bahan baku diolah (dihancurkan) di dalam *Raw Mill* dalam keadaan kering dan halus dan hasil penggilingan (tepung baku) dengan kadar air 0,5–1% dikalsinasikan dalam rotari kiln. Proses ini menggunakan panas sekitar 1500 – 1900 kcal/kg *klinker*

Keuntungan :

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

Kerugian :

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

Tabel II.4 Jenis-jenis Proses Pembuatan Semen

Nama Proses	Umpan Masuk Tanur	
	Nama Material	Kandungan Air (%)
1. Proses Basah	Slurry	25 – 40
2. Proses Semi Basah	Pellet atau Cake	15 – 25
3. Proses Semi Kering	Granular atau Nodule	10 – 12
4. Proses Kering	Tepung Baku	0,5 – 10

III. DESKRIPSI PROSES PEMBUATAN SEMEN PADA PT. HOLCIM INDONESIA, TBK

Dalam produksinya PT. Holcim Indonesia menggunakan proses kering dalam proses pembuatan semennya. Keuntungan proses kering ini bila dibandingkan dengan proses basah adalah penggunaan bahan bakar yang lebih sedikit, dan energi yang dikonsumsi lebih kecil. ukuran tanur yang lebih pendek serta perawatan alatnya lebih mudah.

Adapun jenis bahan baku yang dibutuhkan pada pembuatan semen ini dapat terlihat pada tabel 3.1 berikut ini :

Tabel III.1 Jenis-jenis Bahan Baku Semen

Jenis – Jenis Bahan Baku	Perbandingan Berat (%)
Batu Kapur	80 – 85
Tanah Liat	6 – 10
Pasir Silika	6 – 10
Pasir besi	1
Gypsum	3 – 5

Proses pembuatan semen PT. Holcim Indonesia unit NG-IV, secara garis besar melalui proses – proses sebagai berikut :

1. Penghancuran (*Crushing*) bahan baku.
2. Penyimpanan dan pengumpanan bahan baku.

3. Penggilingan dan pengeringan bahan baku.
4. Pencampuran (*Blending*) dan homogenisasi.
5. Pemanasan awal (*Pre-heating*)
6. Pembakaran (*Firing*)
7. Pendinginan (*Colling*)
8. Penggilingan akhir.

Alat utama untuk menghancurkan bahan mentah adalah *crusher*, sedangkan alat – alat pendukung dalam proses ini adalah :

- a. *Dump Truck*
- b. *Hopper*.
- c. *Feeder*.

Bahan baku hasil penambangan dari tempat penambangan, diangkut dengan menggunakan *dump truck* dan kemudian dicurahkan kedalam *hopper*. Fungsi dari *hopper* ini adalah sebagai alat penampungan awal untuk masukan kedalam *crusher*.

Hopper yang digunakan untuk menampung batu kapur tidak menggunakan kisi – kisi pada bagian atasnya, sedangkan yang digunakan untuk menampung tanah liat, silica dan pasir besi, dilengkapi dengan kisi – kisi. Kisi – kisi ini berguna untuk menyaring bahan yang ukuran diameternya lebih besar dan diperkirakan dapat mengganggu system kerja *crusher*. Alat penghancur *crusher* dilengkapi dengan sebuah alat untuk mengumpulkan bahan kedalamnya, yang dinamakan *feeder*.

Crusher yang digunakan untuk menghancurkan batu kapur terdiri dari dua bagian. Bagian yang pertama disebut *vibrator*, yang berfungsi untuk mengayak atau menyaring batu kapur sehingga batu kapur yang ukurannya lebih kecil akan langsung jatuh menuju *belt conveyor*. Batu kapur yang tertinggal akan secara langsung menuju bagian kedua, yaitu bagian yang memiliki alat penghancur yang dinamakan *hammer*. Setelah mengalami penghancuran, batu kapur tersebut akan jatuh menuju *belt conveyor* yang sama.

Crusher yang digunakan untuk menghancurkan tanah liat, dan silica tidak dilengkapi dengan bagian *hammer*, hal ini dilakukan karena bahan – bahan

tersebut cukup lunak. Jadi proses penghancuran bahan – bahan tersebut hanya merupakan proses penggilingan / penghancuran menjadi bahan – bahan dengan ukuran lebih kecil.

Kapasitas masing – masing *hopper* adalah :

- Batu Kapur. : 300 ton
- Tanah Liat. : 50 ton
- Silika. : 50 ton

Setelah mengalami proses penghancuran, bahan – bahan tersebut dikirim menuju tempat penyimpanan yaitu *Stock Pile* dengan menggunakan *belt conveyor*.

1. Penyimpanan Bahan Baku.

Tempat penyimpanan bahan baku terdiri dari bagian utama yaitu :

- a. *Stock Pile*.
- b. *Bin*

Sedangkan alat – alat penunjang yang membantu dalam penyimpanan bahan baku adalah

- a. *Tripper*.
- b. *Reclaimer*

Kapasitas stock pile masing – masing bahan baku adalah:

- Batu Kapur. : 94.000 ton
- Silika. : 12.000 ton.
- Pasir besi. : 2.000 ton.
- Tanah liat. : 45.000 ton.
- Gypsum. : 10.000 ton.

Umumnya, *stock pile* dibagi menjadi dua bagian yaitu sisi kanan dan sisi kiri hal ini dilakukan untuk menunjang proses, jika *stock pile* bagian kanan sedang digunakan sebagai masukan proses, maka sisi bagian kiri akan diisi bahan baku dari *crusher*. Begitu juga sebaliknya. Untuk mengatur letak penyimpanan bahan baku, digunakan *tripper* selain itu *stock pile* juga dilengkapi dengan *reclaimer*. *Reclaimer* ini berfungsi untuk memindahkan atau mengambil *raw material* dari *stock pile* ke *belt conveyor* dengan kapasitas tertentu, sesuai dengan kebutuhan

proses, alat ini sendiri berfungsi untuk menghomogenkan bahan baku yang akan dipindahkan ke *belt conveyor*.

Selanjutnya bahan baku dikirim dengan menggunakan *belt conveyor* menuju tempat penyimpanan kedua, yang bias dikatakan merupakan awalan masukan proses pembuatan semen, yaitu *Bin*.

Kapasitas masing – masing bin adalah sebagai berikut :

- Batu Kapur. : 250 ton
- Silika. : 150 ton.
- Pasir besi. : 150 ton.
- Tanah liat. : 70 ton.
- Gypsum. : 175 ton

Semua bin dilengkapi dengan alat pendeteksi ketinggian atau *level indicator* sehingga apabila *bin* sudah penuh, maka secara otomatis masukan material kedalam *bin* akan terhenti.

Khusus dalam penanganan *gypsum*, *stock pile gypsum* tidak dilengkapi dengan *reclaimer*. Di daerah *stock pile*, *gypsum* dimasukan kedalam *hopper* dengan menggunakan truck penyodok dan dikirim ke *bin* dengan menggunakan *belt conveyor*. Kapasitas *hopper* ini adalah 50 ton.

2. Pengumpanan Bahan Baku.

Pengumpanan bahan baku ke dalam system proses selanjutnya diatur oleh *weight feeder*, yang diletakkan tepat di bawah *bin*. Perinsip kerja *weight feeder* ini adalah mengatur kecepatan *scavenger conveyor*, yaitu alat untuk mengangkat material dengan panjang tertentu dan mengatur jumlah bahan baku sehingga jumlah bahan baku yang ada pada *scavenger conveyor* sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan. Selanjutnya bahan baku dijatuhkan ke *belt conveyor* dan dikirim ke *vertical roller mill* untuk mengalami penggilingan dan pengeringan. Pada *belt conveyor* terjadi pencampuran batu kapur, silica pasir besi dan tanah liat.

3. Penggilingan Dan Pengeringan Bahan Baku.

Alat utama yang digunakan dalam proses penggilingan dan pengeringan bahan baku adalah *vertical roller mill*. Media pengeringannya adalah udara panas yang berasal dari *coller* dan *pre-heater*. Udara panas tersebut juga berfungsi sebagai media pembawa bahan – bahan yang telah halus menuju alat proses selanjutnya.

Alat – alat yang mendukung proses ini :

1. *Cyclon*.
2. *Electrostatic Precipitator*.
3. *Stack*.
4. *Dust Bin*

Bahan baku masuk kedalam *vertical roller mill (Raw Mill)* pada bagian tengah (Tempat Penggilingan) sementara itu udara panas masuk kedalam bagian bawahnya. Material yang sudah tergiling halus akan terbawa udara panas keluar *raw mill* melalui bagian atas alat tersebut.

Vertical roller mill memiliki bagian yang dinamakan *classifier* yang berfungsi untuk mengendalikan ukuran partikel yang boleh keluar dari *raw mill*, partikel dengan ukuran besar akan dikembalikan kedalam *raw mill* untuk mengalami penghalusan selanjutnya sampai ukurannya mencapai ukuran yang diharapkan.

Sementara itu partikel yang ukurannya telah memenuhi kebutuhan akan terbawa udara panas menuju *cyclon*. *Cyclon* berfungsi untuk memisahkan antara partikel yang cukup halus dan partikel yang terlalu halus (debu) partikel yang cukup halus akan turun kebagian bawah *cyclon* dan dikirim ke *blending silo* untuk mengalami pengadukan dan *homogenisasi*. Partikel yang terlalu halus (Debu) akan terbawa udara panas menuju *electrostatic precipitator*. Alat ini berfungsi untuk menangkap debu-debu tersebut sehingga tidak lepas ke udara. *Effisiensi* alat ini adalah 95-98 %. Debu-debu yang tertangkap, di kumpulkan di dalam *dust bin*, sementara itu udara akan keluar keluar melalui *stack*.

4. Pencampuran (*blending*) dan *Homogenisasi*

Alat utama yang digunakan untuk mencampur dan menghomogenkan bahan baku adalah *blending silo*, dengan media pengaduk adalah udara.

Bahan baku masuk dari bagian atas *blending silo*, oleh karena itu alat transportasi yang digunakan untuk mengirim bahan baku hasil penggilingan *blending silo* adalah *bucket elevator*, dan keluar dari bagian bawah *blending silo* dilakukan pada beberapa titik dengan jarak tertentu, dan diatur dengan menggunakan *valve* yang sudah diatur waktu bukaannya. Proses pengeluarannya dari beberapa titik dilakukan untuk menambah kehomogenan bahan baku.

Blending silo dilengkapi dengan alat pendeteksi ketinggian (*level indicator*), sehingga jika *blending silo* sudah penuh, maka pemasukan bahan baku terhenti secara otomatis.

Blending silo yang digunakan di unit – IV ada dua buah, yaitu *blending silo* timur dan *blending silo* barat, dengan kapasitas masing – masing silo adalah 20.000 ton. Tinggi *effisiensi blending silo* adalah 55 meter dan diameter dalamnya adalah 20 meter. Pelaksanaan operasi sumber bahan baku yang telah *homogen* diambil dari kedua *silo* tersebut.

5. Pemanasan Awal (*Pre-heating*)

Alat utama yang digunakan untuk proses pemanasan awal bahan baku adalah *suspension pre-heater*, sedangkan alat bantuannya adalah *kiln feed bin*.

Setelah mengalami *homogenisasi di blending silo*, material terlebih dahulu ditampung di dalam *kiln feed bin*, *bin* ini merupakan tempat umpan yang akan masuk ke dalam *pre-heater*. *Suspension pre-heater* merupakan suatu susunan empat buah *cyclon* dan satu buah *calsiner* yang tersusun menjadi satu *string*. *Suspension pre-heater* yang digunakan terdiri dari dua bagian yaitu : *in-line calcsiner* (ILC) dan *separate line calcsiner* (SLC). Jadi *pre-heater* yang digunakan adalah *suspension pre-heater* dengan dua *string* dan masing – masing *string* terdiri dari empat tahap pemanasan dan satu *calcsinasi*.

Masing – masing *string* mempunyai *inlet* sendiri – sendiri, dan material yang masuk melalui ILC akan mengalami *calcsinasi*, karena setelah sampai

calsiner ILC material tersebut ditransfer ke SLC, sedangkan material yang masuk melalui SLC hanya akan mengalami satu kali *kalsinasi*, karena setelah sampai ke *calsiner* SLC material akan langsung masuk ke dalam *rotary kiln*. Proses yang terjadi dengan menggunakan *calsiner* dapat mencapai 93 %. Kapasitas desain *pre-heater* adalah 7800 ton / hari pemanasan material dilakukan dengan menggunakan uap panas yang diperoleh dari *rotary kiln*

Tabel III.2. Profil temperatur aliran gas panas dan material padat di *pre-heater*.

Aliran Material	Temperatur (°C)	Aliran Gas	Temperatur (°C)
Masuk Tahap I	50 - 80	Masuk Tahap IV	1050 - 1100
Keluar Tahap I	330 - 350	Keluar Tahap IV	800 – 850
Keluar Tahap II	500 –550	Keluar Tahap III	650 – 700
Keluar Tahap III	640 – 680	Keluar Tahap II	525 – 575
Keluar Tahap IV	750 – 850	Keluar Tahap I	350 – 400

6. Pembakaran (*Firing*)

Alat utama yang digunakan adalah tanur putar atau *rotary kiln*. *Rotary kiln* adalah alat berbentuk *silinder* memanjang horizontal yang diletakkan dengan kemiringan tertentu. Kemiringan *Rotary kiln* yang digunakan di unit NG-IV adalah sekitar 4° dengan arah menurun (*declinasi*). Dari ujung tempat material masuk (*in-let*), sedangkan di ujung lain adalah tempat terjadinya pembakaran bahan bakar (*burning zone*). Jadi material akan mengalami pembakaran dari temperatur yang rendah menuju temperatur yang lebih tinggi.

Diameter tanur putar adalah 5,6 meter dan panjangnya adalah 84 meter, sedangkan kapasitas desainnya adalah 7800 ton / hari. Bahan bakar yang digunakan adalah batu bara, sedangkan untuk pemanasan awal digunakan *Industrial Diesel Oil* (*IDO*).

Untuk mengetahui sistem kerja tanur putar, proses pembakaran bahan bakarnya, tanur putar dilengkapi dengan *gas analyzer*. *Gas analyzer* ini berfungsi untuk mengendalikan kadar O₂, CO, dan NO_x pada gas buang jika terjadi kelebihan atau kekurangan, maka jumlah bahan bakar dan udara akan disesuaikan.

Daerah proses yang terjadi didalam tanur putar dapat dibagi menjadi empat bagian yaitu :

1. Daerah transisi (*Transision zone*)
2. Daerah pembakaran (*Burning zone*)
3. Daerah pelelehan (*Sintering zone*)
4. Daerah pendinginan (*Colling zone*)

Didalam tanur putar terjadi proses *kalsinasi* (Hingga 100 %), *sintering*, dan *clinkering*. Temperatur material yang masuk ke dalam tanur putar adalah 800 – 900 °C sedangkan temperatur *clinker* yang keluar dari tanur putar adalah 1300 – 1450 °C.

7. Pendinginan (*cooling*)

Alat utama yang digunakan untuk proses pendinginan *clinker* adalah *cooler*. *Cooler* ini dilengkapi dengan alat penggerak material, sekaligus sebagai saluran udara pendingin yang disebut *grate* dan alat pemecah *clinker* (*Clinker Breaker*).

Setelah proses pembentukan *clinker* selesai dilakukan di dalam tanur putar, *clinker* tersebut terlebih dahulu didinginkan di dalam *cooler* sebelum disimpan di dalam *clinker silo*. *Cooler* yang digunakan terdiri dari sembilan *compartemen* yang menggunakan uadara luar sebagai pendingin. Udara yang keluar dari *cooler* dimanfaatkan sebagai media pemanas pada *vertical roller mill* , sebagai pemasok udara panas pada *pre-heater*, dan sebagian lain dibuang ke udara bebas.

Kapasitas desain *cooler* adalah 7800 ton / hari sedangkan luas permukaan efektifnya adalah 160,6 m² diharapkan temperatur *clinker* yang keluar dari *cooler* adalah sekitar 90 °C sehingga tidak membahayakan lingkungan sekitar.

Clinker yang keluar dari tanur putar masuk kedalam *compartemen*, dan akan terletak di atas *grade*. Dasar *grade* ini mempunyai lubang – lubang dengan ukuran yang kecil untuk saluran udara pendingin. *Clinker* akan terus bergerak menuju *compartemen* yang kesembilan dengan bantuan *grade* yang bergerak secara *reciprocating*, sambil mengalami pendinginan pada ujung *compartemen*

kesembilan terdapat *clinker breaker* yang berguna untuk mengurangi ukuran *clinker* yang terlalu besar.

Selanjutnya *clinker* dikirim menuju tempat penampungan *clinker* (*clinker silo*) dengan menggunakan alat transportasi yaitu *deep drawn pan conveyor*. Sebelum sampai di *clinker silo*, *clinker* akan melalui sebuah alat pendeteksi kandungan kapur bebas, jika kandungan kapur bebas *clinker* melebihi batas yang diharapkan maka *clinker* akan dipisahkan dan disimpan dalam *bin* tersendiri. Kapasitas desain *clinker silo* adalah 75000 ton sedangkan *bin* penampung *reject clinker* kapasitasnya adalah 2000 ton

8. Penggilingan Akhir

Alat utama yang digunakan pada penggilingan akhir, dimana terjadinya pula penggilingan *clinker* dengan *gypsum* adalah *ball mill*. Peralatan yang menunjang proses penggilingan akhir ini adalah :

1. *Vertical Roller Mill*
2. *Separator (klasifire)*
3. *Bag Filter*

a. *Gypsum*

Gypsum adalah bahan tambahan dalam pembuatan semen, adalah merupakan bahan yang akan dicampur dengan *clinker* pada penggilingan akhir *gypsum* yang dapat digunakan adalah *gypsum* alami dan *gypsum sintetic*. *Gypsum* alami yang digunakan berasal dari negara Mesir, Australia dan Thailand sedangkan *gypsum sintetic* berasal dari Gresik. *Gypsum* yang di datangkan dari tempat lain disimpan di *stock pile gypsum* yang berkapasitas 20.000 ton, kemudian dengan menggunakan *dump truck*, *gypsum* tersebut dikirim ke dalam *bin gypsum* untuk siap diumpangkan ke dalam penggilingan akhir dan dicampur dengan *clinker*.

b. *Clinker*

Clinker yang akan digiling dan dicampur dengan *gypsum*, terlebih dahulu ditransfer dari *clinker silo* menuju *clinker bin*. Dengan menggunakan *bin* maka jumlah *clinker* yang akan digiling dapat diatur dengan baik. Sebelum masuk ke

dalam alat penggilingan akhir, *clinker* terlebih dahulu mengalami penggilingan awal dalam alat *vertical roller mill*

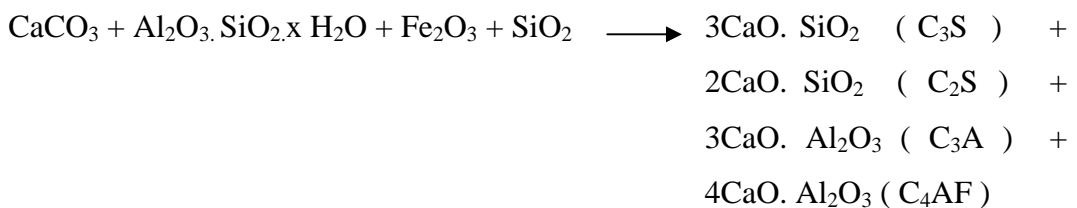
c. *Ball Mill*

Alat yang digunakan untuk melakukan penggilingan *clinker* dan *gypsum* disebut *ball mill*. Alat ini berbentuk *silinder horizontal* dengan panjang 13 m dan berdiameter 4,8 m. kapasitas desai *ball mill* adalah 210 ton / jam dengan tingkat kehalusan 3200 *blaine*. Bagian dalam *ball mill* terbagi menjadi dua bagian untuk memisahkan bola – bola baja yang berukuran besar dan berukuran kecil. Bagian utama diisi dengan bola – bola baja yang berdiameter lebih besar dari pada bola – bola yang ada pada bagian kedua. Prinsip penggunaan bola – bola baja dari ukuran yang besar ke ukuran yang lebih kecil adalah bahwa ukuran bola – bola baja yang lebih kecil menyebabkan luas kontak tumbukan antara bola – bola baja dengan material yang akan digiling akan lebih besar sehingga diharapkan ukuran partikelnya akan lebih halus.

Material yang telah mengalami penggilingan kemudian diangkut oleh *bucket elevator* menuju *separator*. *Separator* berfungsi untuk memisahkan semen yang ukurannya telah cukup halus dengan ukuran yang kurang halus. Semen yang cukup halus dibawa udara melalui *cyclon* kemudian disimpan didalam *silo cement*. dari *silo cement* ini semen kemudian dikantongi dan di masukan kedalam *truck semen curah* dan siap dipasarkan. Proses tersebut dilakukan oleh bagian khusus yaitu *unit pengantongan semen*.

9. Reaksi - Reaksi Pembuatan Semen

Proses pembentukan *clinker* pada dasarnya berdasarkan reaksi :



Reaksi di atas terjadi beberapa tahap reaksi atau proses yaitu :

a. Penguapan air bebas

Proses ini terjadi pada suhu 100 – 200 °C dan berlangsung secara endotermis.

b. Pelepasan air terikat (*Absorban water*)

Proses ini terjadi pada temperatur 100 – 400 °C dan berlangsung secara *Endotermis*.

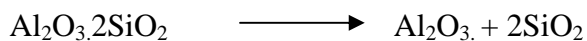
c. Dekomposisi tanah liat

Proses ini menghasilkan senyawa $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ berlangsung pada temperatur 400 – 750 °C berlangsung secara endotermis. Reaksi yang terjadi adalah:



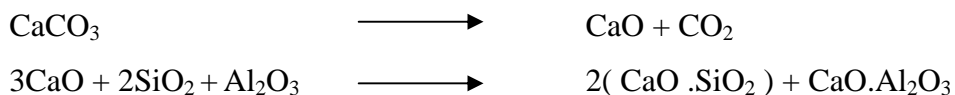
d. Decomposisi metakaolinit

Proses ini menghasilkan senyawa Al_2O_3 dan SiO_2 berlangsung pada temperatur 600 – 900 °C reaksi berlangsung secara endotermis, reaksi yang terjadi adalah :



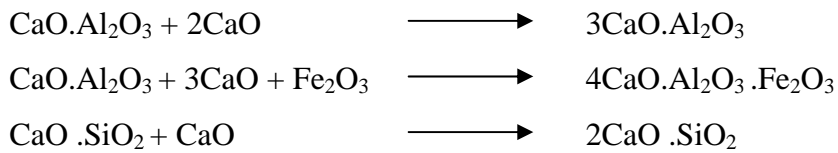
e. Dekomposisi karbonat

Proses ini menghasilkan C_3S dan C_3A berlangsung pada temperatur sekitar 600 – 1000 °C reaksi berjalan secara *endotermis*, reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



f. Reaksi fase padat

Reaksi ini berlangsung pada temperatur 800 – 1300 °C, reaksi ini menghasilkan komponen – komponen penting dalam *clinker* yaitu C_3A , C_2S dan C_4AF , reaksi yang terjadi adalah :



IV. UNIT PENUNJANG PRODUKSI

IV.I. Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan pabrik adalah limbah padat, cair dan gas yang dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

a. Limbah domestik

Limbah domestik berasal dari kegiatan kompleks perumahan karyawan dan perkantoran berupa kertas, sisa makanan, plastik, kaca, detergen, dan air kotor. Penanganan limbah domestik ini dilakukan dengan cara mengumpulkan limbah domestik di daerah bekas penambangan dan kemudian dibakar.

b. Limbah tambang

Limbah ini berasal dari lokasi dan kegiatan penambangan berupa debu, pecahan batu, dan tanah liat. Hal ini ditangani dengan cara membuat kantong-kantong Lumpur dan pengendapan dan terangkutnya limbah oleh air hujan.

c. Limbah produksi

Proses produksi ini menghasilkan limbah berupa debu dengan intensitas paling tinggi terdapat dalam proses penggilangan akhir dan penggilangan awal serta proses pencampuran dan pembakaran. Debu-debu ini ditangani dengan menggunakan alat penangkap debu yaitu *dust collector* dan *Electrostatic precipitator*. Alat-alat ini mempunyai efisiensi *dedusting* yang cukup tinggi, sehingga dapat mengurangi sekaligus merecover debu yang akan terbuang. Debu yang keluar dari kedua alat tersebut diharapkan berintensitas sekitar 40 – 50 ppm. Kondisi alat ini selalu dikontrol agar *efisiensinya* tetap tinggi, sehingga udara keluarannya hanya mengandung sedikit debu.

Limbah gas buang dihasilkan dari gas buang *stack*, hasil pembakaran batu bara dan gas penguraian bahan baku di *kiln*. Limbah gas dari *kiln* biasanya terbentuk apabila pada proses pembakaran terjadi kekurangan atau kelebihan

O₂. Bila terdapat O₂ berlebih maka akan terbentuk oksida-oksida dari unsur-unsur yang terkandung dari bahan baku. Dan apabila proses pembakaran kekurangan O₂ maka akan terbentuk gas CO. Kadar CO yang tinggi dapat mengganggu jalannya proses dan merusak *electrostatic precipitator*. Sebagai pencegahan dilakukan pengaturan bahan bakar dan O₂ yang masuk kedalam proses, yaitu dengan menggunakan *conditioning tower* atau melakukan pemanasan lebih lama yaitu dengan mengalirkan gas buang ke *suspension pre-heater*.

d. Limbah transportasi.

Limbah transportasi berupa limbah padat yang tercecer pada saat pengangkutan baik berupa bahan mentah maupun bahan yang sudah jadi.

IV.2. Unit Utilitas

Unit utilitas merupakan unit penunjang yang sangat vital bagi kelangsungan proses. Unit ini terdiri dari :

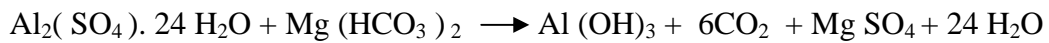
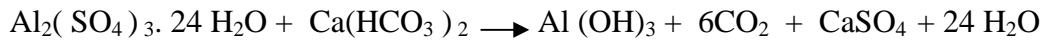
a. Unit Penyediaan Air.

Air yang digunakan oleh PT. Holcim Indonesia, baik untuk keperluan produksi maupun untuk keperluan perumahan dan perkantoran bersumber dari sungai Cileungsi.

Air dialirkan kedalam bak pengendap lumpur dengan menggunakan pompa berkapasitas 1662 m³ / menit. Setelah lumpur mengendap maka air ditampung kedalam kolam khusus. Kolam tersebut dibagi menjadi dua saluran yaitu saluran untuk air domestik dan saluran untuk proses

- Keperluan Domestik.

Air yang diperlukan untuk proses dialirkan kedalam kolam penampung menuju tangki air yang terletak diatas semen *silo*. Air dalam tangki ini digunakan pula sebagai air pemadam kebakaran. Dari tangki air mengalir ke unit pengolahan air bersih yaitu bak penampung yang diberi tawas 12,5% sebagai pengendap kotoran dengan kapasitas 300 ml / menit. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



$\text{Al}_2(\text{OH})_3$ adalah flog – flog yang mengangkat agregat – agregat dari lumpur, sehingga lumpur yang terikat akan terikat oleh flog, sehingga lama - kelamaan akan banyak yang terikat karena adanya gaya berat. Maka flog dengan kotoran akan mengendap sebanyak 80 %, sedangkan yang melayang sebanyak 20%. Dari bak penampungan pertama, air dialirkan ke bak penampungan kedua yang diberi tawas pula. Air yang kotorannya sudah terendam sebagian dialirkan kedalam *settler tank* yang dilengkapi dengan pengaduk yang bertujuan mempercepat reaksi pengendapan kotoran. Untuk menghilangkan kotoran – kotoran yang masih mengapung, maka air kemudian disaring melalui *sand filter tank*. Sebagai penyaring digunakan krikil besar setebal 15 cm, lapisan atas pasirangka setinggi 15 cm dan lapisan paling bawah ijuk setinggi 15 cm. setelah itu masuk kedalam *clean water reservoir* yang diberi *kaporit* sebanyak 100 cc/menit untuk aliran sebanyak 300 m³/ jam. Air yang sudah bersih selanjutnya dipompa menuju *domestic water tank* dan didistribusikan untuk keperluan air minum serta keperluan perumahan dan perkantoran.

Pengujian kualitas air bersih dilakukan dengan analisa di Laboratorium.

Persyaratan air bersih adalah :

- ✓ Kadar klor bebas adalah 0.7 ppm
- ✓ Ph sekitar 7
- ✓ Kekeruhan maksimal 10 ppm

Kebutuhan air domestik di PT.Holcim Indonesia sekitar 1300 m³

- Keperluan Proses

Air proses terutama berfungsi sebagai pendingin alat dan mesin produksi serta air penyemprot pada pendinginan gas panas.dan untuk *suspension pre-heater*.Untuk keperluan proses ini tidak dibebani dengan persyaratan tertentu.

Air dari dalam kolam penampung dengan pompa dialirkan ke bak penampungan dan masuk ke proses. Air proses ini kemudian mengalami sirkulasi melalui *hot well*, masuk *cooling tower* dan dihembuskan oleh *fan*. Setelah itu masuk ke *cold well* sampai mengalami penurunan suhu sekitar 22 - 27 °C, lalu masuk ke proses. Apabila air yang ada dalam bak penampung sedikit sehingga air proses kurang, maka pompa akan menyuplai air dari dalam kolam sampai cukup.

b. Unit Penyediaan Udara

Kebutuhan udara di PT.Holcim Indonesia digunakan untuk keperluan proses pabrik. Udara terbagi atas :

1) Penyediaan udara

Digunakan untuk menghembuskan udara panas di *clinker cooler* , penghembusan udara panas dari *suspension pre-heater* ke *conditioning tower* serta penghembusan gas dari *dust collektor* ke *stack*.

2) Penyediaan udara tekan

Udara tekan digunakan untuk membersihkan debu pada peralatan proses, pengadukan material dalam *blending silo* dan pendorong material dari *fuller kinyon pump*. Udara ini mempunyai tekanan 2 – 7 kg / cm² dihasilkan dari empat buah plant air kompresor untuk unit produksi III.

c. Unit Penyediaan Pelumas

Minyak pelumas yang digunakan oleh PT. Holcim Indonesia terdiri atas 36 jenis. Minyak pelumas ini digunakan untuk mendinginkan peralatan proses. Setelah dipakai, minyak tersebut didinginkan dengan bantuan air pendingin dan disirkulasi untuk digunakan kembali.

Pelumas diperiksa pada tanggal 5 setiap bulannya dengan cara pengambilan sample untuk diperiksa oleh PT. Corelapp Indonesia Lube Oil Analysis. Bila hasil analisa dianggap membahayakan proses, bagian utilitas segera menghubungi bagian produksi untuk mengganti minyak pelumas.

d. Unit Penyediaan Bahan Bakar

PT. Holcim Indonesia menggunakan 4 jenis bahan bakar untuk keperluan proses produksinya, yaitu liquid natural gas, solar, batubara dan bahan bakar sintetik.

1. Liquid Natural Gas (gas Alam)

LNG yang digunakan disuplay dari Pertamina melalui pipa gas yang sengaja dipasang oleh PT.Holcim Indonesia. Gas ini digunakan di *Auxiliary Burner* pada *suspension pre-heater*. Awalnya proses pembakaran menggunakan bahan bakar gas, tetapi karena adanya pertimbangan bahan bakar minyak. Dan gas bumi serta biaya operasi maka gas tidak digunakan lagi dalam proses pembakaran.

2. Solar (IDO)

Solar disuplai oleh Pertamina langsung ke tangki – tangki solar yang ada di pabrik. Solar ini digunakan pada proses pemanasan kiln yaitu pada awal *Kiln* dijalankan atau *heating up* hingga temperature mencapai 800 °C. kebutuhan solar untuk proses adalah sebesar 8000 liter / jam.

3. Batu Bara

Batu bara untuk kebutuhan produksi di PT. Holcim Indonesia berasal dari *Arutmin*, Kalimantan. Bahan bakar ini digunakan untuk proses pemanasan lanjutan di *Kiln* sebagai pengganti solar. Batu bara yang ditampung di *storage* diangkut dan dimasukkan ke dalam *hooper*.

4. Bahan Bakar Sintetis (BBS)

BBS digunakan sebagai bahan bakar penunjang di *Rotary Kiln*. BBS diperoleh dari PPLI. BBS mengandung logam – logam berat yang akan mencemari lingkungan bila di buang ke alam, tetapi logam – logam tersebut akan hancur mengalami pemanasan pada suhu yang sangat tinggi, seperti suhu pembakaran di *Kiln* (1450 °C) sehingga tidak akan ada sisa dan aman bagi lingkungan serta membantu dalam proses pembakaran. Perbandingan menggunakan batu bara dan BBS adalah 80:20.

e. Unit Penyediaan Listrik

Listrik merupakan kebutuhan yang sangat besar dan vital bagi kelangsungan proses di pabrik . penyediaan listrik di PT.Holcim Indonesia ditangani oleh Departemen Listrik dan *Instrumentasi*.

Seluruh kebutuhan listrik di PT.Holcim Indonesia disuplay oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN-Persero), yang ditransmisikan dari gardu induk cicadas sekitar 4 km dari pabrik. Dari gardu listrik menjadi 2 saluran udara tegangan tinggi (SUTT) dan masing –masing bertegangan 70 KV, 3 fasa dan 50Hz. Sebelum digunakan,listrik yang berasal dari gardu induk (tegangan primer) diturunkan tegangannya menjadi 6300 v(tegangan skunder). Tegangan Sekunder masuk ke *feeder* utama dan melalui alat pemutus beban langsung masuk ke system.

Dalam keadaan darurat terdapat 2 *Emergency power* dengan daya masing – masing 1 MW, digunakan apabila aliran listrik dari PLN mati.Pemakaian listrik di PT.Holcim Indonesia secara keseluruhan sekitar 30 juta KWH untujk setiap bulannya.

V. PENUTUP

V.1 Kesimpulan

1. Secara umum proses pembuatan semen di PT. Holcim Indonesia terdiri dari 4 tahap pembuatan, yaitu :
 - Tahap pembuatan bahan baku
 - Tahap pengolahan bahan baku
 - Tahap pembakaran bahan baku menjadi klinker
 - Tahap penggilingan klinker dengan gypsum menjadi semen
2. Pembuatan semen di PT. Holcim Indonesia menggunakan proses kering, dimana proses kering ini memiliki beberapa keuntungan antara lain proses produksi lebih besar, hemat energi dan panjang kiln yang digunakan lebih pendek
3. Jenis semen yang diproduksi oleh PT. Holcim Indonesia adalah semen tipe I, II, III, IV, V, dan OWC (semen khusus).

4. Pengolahan limbah yang dilakukan PT. Holcim Indonesia sangat baik terbukti baik untuk pengolahan debu, limbah pengolahan bahan baku serta limbah domestik.
5. Sistem safety yang sangat baik karena lengkapnya alat pelindung diri (APD) dan adanya kerja sama dengan security.

V.2 Saran

1. Perlunya pemasangan alat pengontrol di setiap bagian parameter dan dikontrol secara rutin agar secara rutin agar bisa mengetahui kondisi operasi . seperti temperatur pada *pre-heater*, *kiln* dipasang alat untuk mengukur temperature pada bagian alat. Kemudian pengecekan parameter yang digunakan juga perlu sekali untuk dimasukan sebagai data yang lengkap pada waktu yang pendek, sehingga memudahkan untuk melihat kondisi yang tidak normal.
2. Untuk mengurangi terjadinya complaint pada saat peledakan bahan baku di tambang terutama pada saat cuaca mendung maka perlu dicari jalan keluar agar suara ledakan dapat di antisipasi sehingga tidak mengganggu penduduk setempat.
3. Sistem pengamanan lingkungan yang sangat perlu diperhatikan seperti lalu lalang orang masuk ke areal pabrik karena banyak kasus pencurian yang tidak terdeteksi karena kurangnya pengontrolan pegawai kontrak yang menggunakan kartu identitas yang sudah tidak berlaku masa kerjanya sehingga dipergunakan untuk mekakukan pencurian.
4. Infomasi bahaya apabila tidak menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) saat berada di daerah tambang seperti penggunaan masker, karena gas setelah peledakan sangat berbahaya bagi kesehatan orang yang menghirupnya seperti gas CO dan amoniak.

DAFTAR PUSTAKA

1. Austin, George T, 1984. "*Shreve`s Chemical Proses Industries*", 5th edition. Singapore.
2. Bernasconi, G 1995. "*Teknologi Kimia*". Terjemahan Dr. Ir; Lienda Hanjojo, M Eng. Pt Prandnya Paramitha, Jakarta
3. Duda, Walter H. 1984. "*Cement Data Book*", International process Engineering in the cement Industry, 2nd Edition . Boverlag Gm Bh. Weis Baden anf Berum, Mc Donald and Evan. London
4. Geankoplis C.J. 1983. "*Trasport Process and Unit Operation*". 2nd ed. Allyn And Bacon Inc, USA
5. Perry, J.H, 1950, "*Chemical Engineering Handbook*", 6th ed, Mc Graw Hill Book Company Inc, New York.
6. Richardho, Ivan. dan Hasudungan S. 2006. "*Proses Pembuatan Semen di Unit nr 4 pt. Holcim Indonesia tbk*", Jurusan Teknik Kimia FT. UNTIRTA, Cilegon.

