



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Semen berasal dari bahasa Latin “cementum” yang artinya bahan pengikat. Semen merupakan suatu bahan anorganik yang bersifat adhesif dan kohesif, yang digunakan sebagai bahan pengikat (bonding material) sehingga mampu merekatkan berbagai jenis padatan menjadi sebuah material yang kompak dengan penambahan sejumlah air. Reaksi kimia antara semen dan air ini disebut hidrasi.

PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, dalam proses produksi semen memiliki 3 jenis bahan. Bahan pertama adalah bahan baku utama dari pembuatan semen dengan menggunakan batu kapur dengan kualitas *High Grade Limestone* dan *Medium Grade Limestone*, serta tanah liat sebesar kurang lebih 9%. Bahan kedua adalah bahan koreksi yang digunakan adalah pasir silika dan Cooper slag. Dimana pasir silika ini memiliki kadar SiO_2 sebesar 90%, sedangkan Cooper slag digunakan sebagai bahan pengganti dari pasir besi. Bahan ketiga adalah bahan pembantu yang digunakan antara lain Gypsum, Trass, Batu Kapur dolomit, Fly Ash, Dust dan GBFS. (Sulistyowati, 2018)

II.1 Uraian Proses

II.1.1 Bahan Baku Semen

1. Bahan Baku

a. Batu Kapur (CaCO_3 / *Calcium Carbonat*)

Dalam keadaan murni, batu kapur berupa bahan CaCO_3 yang mengandung calcite dan aragonite. Batu kapur tersusun atas kristal halus dan kasar yang kekerasannya dipengaruhi oleh umur geologinya. Semakin tua umur batu kapur biasanya semakin keras. Batu kapur pada umumnya tercampur MgCO_3 dan MgSO_4 . Batu kapur yang baik dalam penggunaan pembuatan semen memiliki kadar air $\pm 5\%$ dan penggunaan batu kapur dalam pembuatan semen itu sendiri sebanyak $\pm 81\%$. Semen Indonesia (Persero), Tbk. menggunakan batu kapur dengan kualitas *High Grade Limestone* dan *Medium Grade Limestone*.



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3

Tabel 1. Spesifikasi Batu Kapur Secara Umum

Parameter	<i>High Grade</i>	<i>Medium Grade</i>	<i>Low Grade</i>
Kenampakan	Putih	Lebih Kusam	Kusam
CaCO ₃	97 – 99%	88 – 90%	85 – 87%
MgCO ₃	Maksimal 2%	Maksimal 2%	Maksimal 2%
SiO ₂	0,08 – 2%	0,08 – 2%	0,08 – 2%
Fe ₂ O ₃	0,01 – 0,4%	0,01 – 0,4%	0,01 – 0,4%
P Al ₂ O ₃	0,09 – 1%	0,09 – 1%	0,09 – 1%
TH ₂ O, Na ₂ O, K ₂ O	Sisa	Sisa	Sisa

(H.N Banerjea, 1980)

Tabel 2. Komposisi Batu Kapur pada Pembuatan Semen Portland

CaO (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	Alkali (%)	SO ₃ (%)	Cl (%)	H ₂ O (%)
40 – 55	1 – 15	1 – 6	0,2 – 5	0,2 – 4	0,2 – 4	1 – 3	0,2 – 1	7 – 10

(H.N Banerjea, 1980)

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

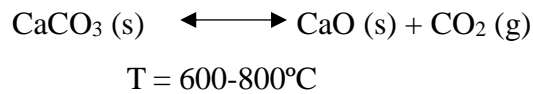
- Fase: Padat
- Warna : Putih
- Kadar air : 7 – 10 % H₂O
- Bulk density* : 1,3 ton/m³
- Spesific gravity* : 2,49
- Titik Leleh : 825 °C
- Kandungan CaO : 47 -56 %
- Kuat tekan : 31,6 N/mm²
- Silika *ratio* : 2,6
- Alumina *ratio* : 2,57

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



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3**

Reaksi :



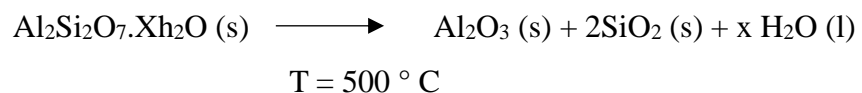
b. Tanah Liat ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$)

Semua jenis tanah liat adalah hasil pelapukan kimia yang disebabkan adanya pengaruh air dan gas CO_2 , batuan andesit, granit, dan sebagainya. Batuan-batuan ini menjadi bagian yang halus dan tidak larut dalam air tetapi mengendap berlapis-lapis. Senyawa kimia yang membentuk tanah liat antara lain alkali silikat dan beberapa jenis mika. Pada dasarnya warna dari tanah liat adalah putih, tetapi dengan adanya senyawa-senyawa kimia lain seperti $\text{Fe}(\text{OH})_3$, Fe_2S_3 , dan CaCO_3 menjadi berwarna abu-abu sampai kuning. Tanah liat yang baik untuk digunakan memiliki kadar air $\pm 20\%$, kadar SiO_2 tidak terlalu tinggi $\pm 46\%$, dan penggunaan tanah liat dalam pembuatan semen itu sendiri sebesar $\pm 9\%$.

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

- a. Fase : Padat
- b. Warna : Coklat kekuningan
- c. Kadar air : 18 – 25% H_2O
- d. *Bulk density* : 1,7 ton/ m^3
- e. Titik Leleh : 1999 – 2032 $^\circ\text{C}$
- f. *Spesific gravity* : 2,36 gr/ cm^3
- g. *Silika ratio* : 2,9
- h. *Alumina ratio* : 2,7

Menurut R.H. Perry, 1984, salah satu sifat kimia tanah liat yaitu dapat mengalami pelepasan air hidrat bila dipanaskan pada suhu 500 $^\circ\text{C}$. Sifat dari tanah liat jika dipanaskan atau dibakar akan berkurang sifat keliatannya dan menjadi keras bila ditambah air. Reaksinya :





**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3**

Tabel 3. Komposisi Tanah Liat pada Pembuatan Semen Portland

CaO (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	Alkali (%)	SO ₃ (%)	H ₂ O (%)
1– 10	40 – 70	15– 30	3 – 10	1 – 5	1– 4	< 2	1– 25

(H.N Banerjea, 1980)

2. Bahan Koreksi

a. Pasir Silika (SiO₂)

Pada umumnya pasir silika terdapat bersama oksida logam lainnya, semakin murni kadar SiO₂ semakin putih warna pasir silikanya, semakin berkurang kadar SiO₂, semakin berwarna merah atau coklat, disamping itu semakin mudah menggumpal karena kadar airnya yang tinggi. Pasir silika yang baik untuk pembuatan semen adalah dengan kadar SiO₂ ± 90%, dan penggunaan pasir silika dalam pembuatan semen itu sendiri sebesar ± 9%.

Tabel 4. Komposisi Pasir Silika Pada Pembuatan Semen Portland

CaO (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	Alkali (%)	LOI (%)
1 – 3	85 – 95	2 – 5	1 – 3	1 – 3	1 – 2	2 – 5

(H.N Banerjea, 1980)

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

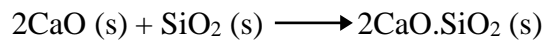
- Fase : Padat
- Warna : Coklat kemerahan
- Kadar air : 6% H₂O
- Bulk density* : 1,45 ton/m³
- Specific gravity* : 2,37 gr/cm³
- Silika ratio* : 5,29
- Alumina ratio* : 2,37

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



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3**

Reaksi :



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

Pasir silika banyak terdapat didaerah pantai. Derajat kemurnian pasir silika dapat mencapai 95 – 99,8 % SiO_2 . Warna pasir silika dipengaruhi oleh adanya kotoran seperti oksida logam dan bahan organik.

b. Cooper Slag

Copper slag ini sebagai pengganti pasir besi. Pasir besi (Fe_2O_3) berfungsi sebagai penghantar panas dalam proses pembuatan terak semen. Penggunaan pasir besi dalam pembuatan semen itu sendiri sebesar $\pm 1\%$. *Copper slag* digunakan karena mempunyai kandungan besi yang tinggi, sehingga menyebabkan material ini mempunyai densitas lebih tinggi dibandingkan pasir alam. Material ini mempunyai sifat fisik yang sangat keras dan porositas optimum.

Tabel 5. Komposisi *Cooper Slag* Pada Pembuatan Semen Portland

SiO₂ (%)	Al₂O₃ (%)	Fe₂O₃ (%)	LOI (%)
5 – 10	2 – 5	85 – 95	0 – 5

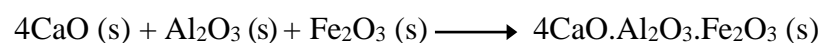
(H.N Banerjea, 1980)

Sifat fisiknya, antara lain:

- a. Fase : Padat
- b. Warna : Hitam
- c. *Bulk density* : 1,8 ton/m³

(Dokumen PT. Smelting, 2010)

Menurut R.H. Perry, 1984, salah satu sifat kimia *copper slag* yaitu dapat bereaksi dengan Al_2O_3 dan CaO membentuk *calcium alumina ferrit*. Reaksi :



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



3. Bahan Pembantu

a. Gypsum ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)

Gypsum adalah bahan sedimen $CaSO_4$ yang mengandung 2 molekul hidrat yang berfungsi sebagai penghambat proses pengeringan pada semen. *Gypsum* dapat diambil dari alam ataupun secara sintesis. *Gypsum* terdapat di danau atau gunung, warna kristalnya adalah putih. Penambahan *gypsum* dengan kadar 91% dilakukan pada penggilingan akhir dengan perbandingan 96:4.

Menurut Puja Hadi Purnomo, 1994, sifat fisika *gypsum* sebagai berikut:

- Fase : Padat
- Warna : Putih
- Kadar air : 10% H_2O
- Bulk density* : 1,7 ton/ m^3
- Ukuran material : 0 – 30 mm

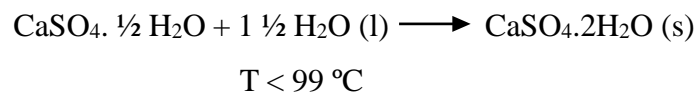
Menurut E.Jasjfi, 1985, sifat kimia *gypsum* yaitu dapat mengalami pelepasan air hidrat bila dipanaskan sedikit.

Reaksi :



Jika pemanasan dilakukan pada suhu yang lebih tinggi, *gypsum* akan kehilangan semua airnya dan menjadi kalsium sulfat anhidrat. *Gypsum* juga dapat mengalami hidrasi dengan air menjadi hidrat kristal padat.

Reaksi :



b. Trass ($2CaO \cdot SiO_2$)

Trass adalah bahan hasil letusan gunung berapi yang berbutir halus dan banyak mengandung oksida silika amorf (SiO_2) yang telah mengalami pelapukan hingga derajat tertentu. *Trass* digunakan sebagai bahan campuran semen PPC sebagai *pozzolan activity*. Penambahan *trass* bertujuan agar kadar frelime dapat direduksi sehingga kualitas semen menjadi lebih baik dan



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3**

memberikan kuat tekan awal yang kurang tetapi kuat tekan akhir yang stabil. Penambahan *trass* dilakukan di dalam finish mill dengan gypsum dan terak.

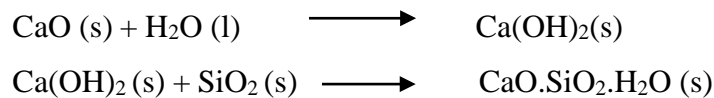
Sifat Fisika :

- a. Fasa : Padat
- b. Warna : Putih keabu-abuan
- c. Bentuk : Butiran
- d. Ukuran Material : 0 – 30 mm
- e. Specific Gravity : 2,68 gr/cm³

Sifat Kimia :

Trass dimana kandungan utamanya silika aktif SiO₂ maka pada saat ditambahkan air akan bereaksi dengan CaOH₂ membentuk CSH dimana senyawa ini memberikan kontribusi terhadap kuat tekan. CaOH₂ ini didapat dari reaksi CaO free dalam terak dengan H₂O

Reaksi :



c. Batu Kapur dan Dolomit

Digunakan untuk menambah kuat tekan. Batu kapur dan dolomit merupakan bahan pencampur pada pembuatan semen OPC maupun PPC yang didapatkan dari tambang Semen Indonesia.

d. Fly Ash

Digunakan sebagai filler. Fly Ash merupakan bahan pencampur pada pembuatan semen PPC yang didapatkan dari PLTU Paiton, Jepara, dan Tuban.

e. Dust

Digunakan sebagai filler. Dust merupakan bahan pencampur pada pembuatan semen OPC yang didapatkan dari Semen Indonesia (Raw Mill).

f. GBFS (Granular Blast Furnace Slag)

Digunakan untuk substitusi terak atau clinker. GBFS merupakan bahan pencampur pada pembuatan semen OPC yang didapatkan dari Krakatau.



II.1.2 Teknologi Pembuatan Semen

1. Proses Basah (Wet Process)

Proses basah ini merupakan proses dimana bahan baku dihancurkan dalam raw mill dan digiling dengan penambahan air dalam jumlah tertentu yang menghasilkan slurry. Kemudian dikeringkan menggunakan rotary dryer hingga terbentuk umpan tanur berupa slurry dengan kadar air 25 – 40 %. Untuk menghasilkan terak umumnya digunakan “Long Rotary Kiln”. Terak lalu didinginkan dan dicampur dengan gypsum untuk selanjutnya digiling dalam finish mill hingga terbentuk semen.

Keuntungan dan Kerugian Proses Basah antara lain :

Keuntungan :

- a. Pencampuran dari komposisi *slurry* lebih mudah karena berupa luluhan.
- b. Kadar Na_2O dan K_2O tidak menimbulkan gangguan penyempitan dalam saluran *preheater* atau pipa.
- c. Debu yang dihasilkan relatif sedikit
- d. Deposit yang tidak homogen tidak berpengaruh karena mudah mencampur dan mengoreksinya.

Kerugian :

- a. Tanur putar yang digunakan ukurannya lebih panjang dibandingkan tanur putar pada proses kering.
- b. Pemakaian bahan bakar lebih banyak dibandingkan proses lain karena kebutuhan panas pembakaran tinggi 1.500 – 1.900 kcal untuk setiap kilogram teraknya.
- c. Memerlukan air proses untuk membentuk material menjadi seperti lumpur.
- e. Kapasitas produksi lebih sedikit dibandingkan dengan proses lain apabila menggunakan peralatan dengan ukuran yang sama, maka akan didapatkan hasil yang relatif lebih sedikit akibat adanya pencampuran bahan dengan air pada awal proses, yaitu pada proses penggilingan.



2. Proses Semi Basah (Semi Wet Process)

Pada proses semi basah, bahan baku (batu kapur, pasir besi, pasir silika) dipecah, kemudian pada unit homogenisasi ditambahkan air dalam jumlah tertentu serta dicampur dengan luluhan tanah liat, sehingga terbentuk bubur halus dengan kadar air 15 - 25% (slurry) disini umpan tanur disaring terlebih dahulu dengan filter press. Filter cake yang berbentuk pellet kemudian mengalami kalsinasi dalam tungku putar panjang (Long Rotary Kiln). Dengan perpindahan panas awal terjadi pada rantai (chain section). Sehingga terbentuk Clinker sebagai hasil proses kalsinasi. (Walter H. Duda, 1983).

Keuntungan dan Kerugian Proses Semi Basah antara lain:

Keuntungan :

- a. Umpan mempunyai komposisi yang lebih homogen dibandingkandengan proses kering.
- b. Debu yang dihasilkan sedikit. (I Ketut Arsha Putra,1995)

Kerugian :

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

3. Proses Semi Kering (Semi Dry Process)

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

Keuntungan dan Kerugian Proses Semi Kering antara lain :

Keuntungan :



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3**

- a. Tanur yang digunakan lebih pendek dari proses basah.
- b. Pemakaian bahan bakar lebih sedikit.

Kerugian :

- a. Menghasilkan debu
- b. Campuran tepung baku kurang homogen karena pada saat penggilingan bahan dalam keadaan kering

4. Proses Kering (Dry Process)

Pada proses ini bahan baku dipecah dan digiling disertai pengeringan dengan jalan mengalirkan udara panas ke dalam raw mill sampai diperoleh tepung baku dengan kadar air 0,5 - 1%. Selanjutnya, tepung baku yang telah homogen ini diumpankan ke dalam suspension preheater sebagai pemanasan awal, disini terjadi perpindahan panas melalui kontak langsung antara gas panas dengan material dengan arah berlawanan (Counter Current). Adanya sistem suspension preheater akan menghilangkan kadar air dan mengurangi beban panas pada kiln.

Material yang telah keluar dari suspension preheater siap menjadi umpan kiln dan diproses untuk mendapatkan terak. Terak tersebut kemudian didinginkan secara mendadak agar terbentuk kristal yang bentuknya tidak beraturan (amorf) agar mudah digiling. Selanjutnya dilakukan penggilingan di dalam finish mill dan dicampur dengan gypsum dengan perbandingan 96: 4 sehingga menjadi semen.

Keuntungan dan Kerugian Proses Kering antara lain :

Keuntungan :

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

Kerugian :

- a. Impuritas Na_2O dan K_2O menyebabkan penyempitan pada saluran *preheater*.
- b. Campuran tepung kurang homogen karena bahan yang digunakan dicampur dalam keadaan kering.
- c. Adanya air yang terkandung dalam material sangat mengganggu operasi



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk. UNIT OPERASI RKC 3

karena material lengket pada *inlet chute*.

- d. Banyak debu yang dihasilkan sehingga dibutuhkan alat penangkap debu.

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

Tabel 6. Jenis – Jenis Proses Pembuatan Semen

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

II.I.3 Proses Umum Pembuatan Semen

Berdasarkan Diktat Teknologi Semen PT. Semen Indonesia (Persero), Tbk. tahun 1995, secara umum proses pembuatan semen dengan proses kering dibagi atas lima bagian yaitu :

1. Penyediaan Bahan Baku

Untuk pembuatan semen menggunakan bahan baku yang terdiri dari:

- a. Calcareous group

Batuan yang mengandung kadar CaCO_3 lebih dari 75% contohnya limestone dengan kadar CaCO_3 96 – 98% yang tergolong “High grade limestone”, yang lebih sering dipakai untuk membuat semen.

- b. Silicions group

Material yang mengandung mineral silika (SiO_2) dan alumina besi (FeO_2) serta kandungan CaCO_3 nya kurang dari 75%, contohnya clay atau tanah liat.

- c. Argillaceonss group

Material yang menyumbangkan komponen alumina.



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3**

d. Ferry Ferrons group

Material yang menyumbangkan komponen besi.

Langkah- langkah penyediaan bahan baku, antara lain:

a. Pembersihan (*Cleaning*)

Hal ini dilakukan untuk membuka daerah penambangan yang baru. Tujuannya untuk membersihkan permukaan tanah dari kotoran yang mengganggu proses penambangan.

b. Pengupasan (*Stripping*)

Dilakukan dengan cara mengupas tanah yang berada di lapisan atas permukaan batuan dengan menggunakan bulldozer dan shovel.

c. Pengeboran (*Drilling*)

Pengeboran dilakukan untuk membuat lubang-lubang pada batuan kapur yang akan diberi bahan peledak. Jarak dan kedalaman lubang pengeboran disesuaikan dengan kondisi batuan dan lokasi. Umumnya kedalaman lubang 5 – 9 m, diameter lubang 3 inch dan jarak antar lubang 1,5 – 3 m. Peralatan yang digunakan untuk pengeboran adalah :

1. Alat bor (*Crawl Air Drill*)
2. Alat penggerak bor (*Compressor*)

d. Peledakan (*Blasting*)

Untuk melepaskan batuan kapur yang diinginkan dari batuan induknya perlu dilakukan pengeboman. Setelah dilakukannya pengeboran lubang-lubang tersebut akan diisi dengan bahan peledak. Batuan kapur hasil dari peledakan memiliki ketentuan ukuran maksimal 300 mm dan siap diangkut menuju hopper limestone. Bahan-bahan peledak yang digunakan adalah:

1. Dynamit ammonium gelatin (*Damotin*), merupakan bahan peledak primer
2. Campuran 96% Ammonium Nitrat dan 4% Fuel Oil (*ANFO*), merupakan bahan peledak sekunder
3. Detonator

Peralatan-peralatan yang digunakan untuk peledakan adalah :



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk. UNIT OPERASI RKC 3

- a. Mesin peledak (*Blasting Machine*)
- b. Alat ukur daya ledak (*Blasting Ohmmeter*)
- c. Pengangkutan dan pengerukan

Batuan kapur yang sudah diledakkan kemudian dikeruk dan diangkat dengan menggunakan *shovel* atau *loader* menuju *hopper limestone* menggunakan *dump truck* yang mempunyai kapasitas 20-30 ton setiap trucknya, pengangkutan yang dilakukan 25-30 kali/ hari.

2. Penyediaan Bahan Lain

Bahan tambahan selain bahan baku berupa copper slag, pasir silika dan gypsum tidak berasal dari tambang yang dimiliki PT. Semen Indonesia Pabrik Tuban.

- a. *Copper Slag* diperoleh dari PT. Smelting
- b. Pasir silika diperoleh dari daerah Cilacap, Bangkalan dan sekitar Tuban
- c. *Gypsum* diperoleh dari PT. Petrokimia Jepara

3. Pengolahan Bahan

Bahan-bahan yang sudah dikumpulkan seperti bahan baku dan bahan tambahan selanjutnya dengan komposisi tertentu diumpankan kedalam raw mill. Dalam raw mill bahan-bahan tersebut mengalami penggilingan dan pencampuran serta pengeringan, sehingga dapat diperoleh produk raw mill dengan kehalusan 90% lolos ayakan dengan ukuran 90 mikron dan kandungan air kurang dari 1%. Dari raw mill material selanjutnya dimasukkan ke dalam blending silo. Fungsinya adalah sebagai tempat penampungan sementara material sebelum diumpankan ke kiln, blending silo juga berguna sebagai alat homogenisasi produk raw mill agar komposisi kimia produk tersebut lebih merata sehingga siap diumpankan ke kiln.

4. Pembakaran dan Pendinginan

Umpan yang berasal dari raw mill selanjutnya diumpankan ke kiln. Unit pembakaran inilah merupakan bagian terpenting karena terjadi

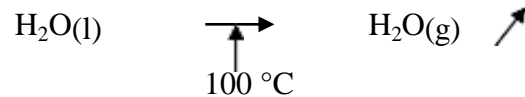


**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3**

pembentukankomponen utama semen. Unit ini terdapat suspenser preheater, kiln dan great cooler.

Menurut I Ketut Arsha Putra, 1995, proses yang terjadi pada unit ini adalah:

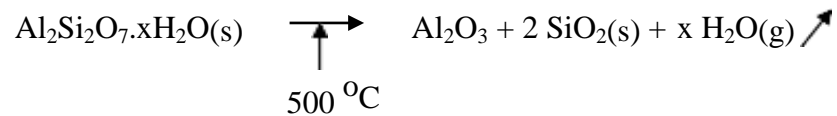
- 1) Proses pengurangan kadar air. Terjadi pada suhu 100°C Reaksi :



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

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

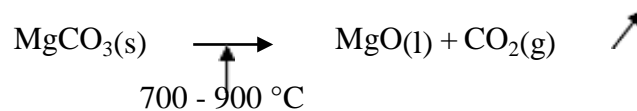
Reaksi:



- 3) Terjadi proses kalsinasi

Tahapan penguapan CO₂ dari *limestone* dan mulai *calsinasi* terjadi pada suhu 700 - 900 °C.

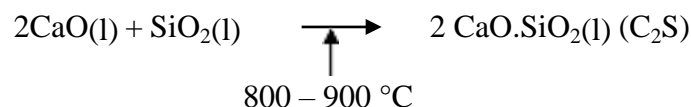
Reaksi:



- 4) Reaksi pembentukan senyawa semen C₂S

Pada suhu 800 – 900 °C terjadi pembentukan *calسيوم silikat*, sebenarnya sebelum suhu 800 °C sebagian kecil sudah terjadi pembentukan garam *calسيوم silikat* terutama C₂S

Reaksi:



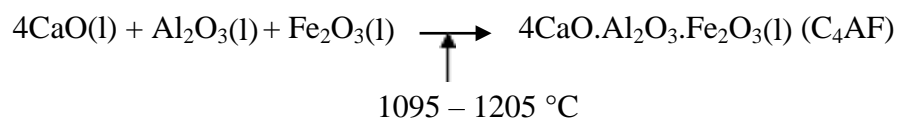
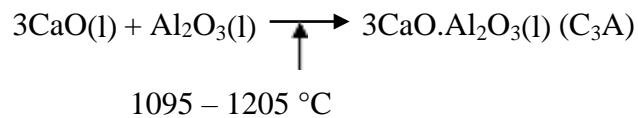


LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3

5) Reaksi pembentukan senyawa semen C₃A dan C₄AF

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

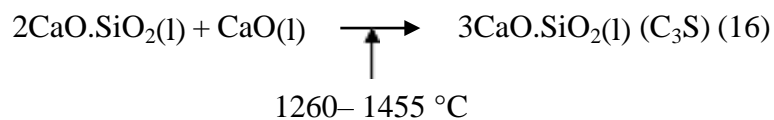
Reaksi:



6) Reaksi pembentukan senyawa semen C₃S

Pada suhu 1260 - 1455 °C terjadi pembentukan *calcium silikat* terutama C₃S yang mana persentase C₂S mulai menurun karena membentuk C₃S.

Reaksi:



5. Penggilingan Semen

Clinker hasil *kiln* yang sudah didinginkan di dalam *cooler* selanjutnya dilakukan proses penggilingan di *finish mill*. Pada proses ini bahan-bahan tadi diberi tambahan *gypsum* dengan kadar 91% dengan perbandingan 96:4 berfungsi sebagai penghambat proses pengeringan pada semen. Penggilingan dilakukan dalam *Tube mill* yang di dalamnya terdapat bola-bola (*grinding ball*) yang berfungsi sebagai penggiling bahan. Dalam proses ini semen mengalami pengecilan ukuran dari 100 mesh menjadi 325 mesh dan lolos ayakan 90%.

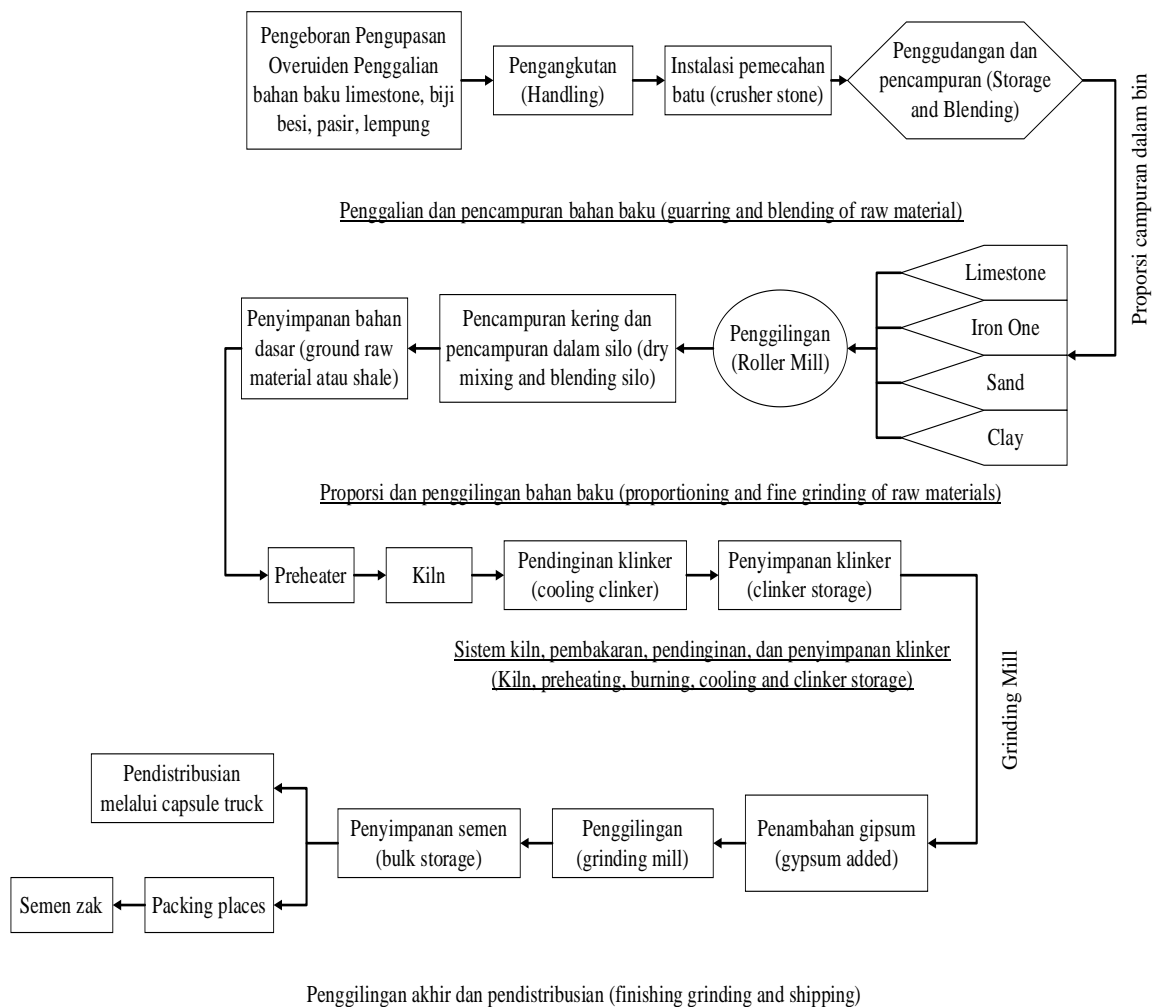
6. Pengisian dan Pengantongan Semen

Hasil produk dari *finish mill* kemudian diangkut oleh *air slide* menuju *cement silo*. Semen dilewatkan *vibrating screen* untuk dipisahkan semen dari kotoran pengganggu seperti logam, kertas, plastic atau bahan lainnya yang terikut. Selanjutnya semen dimasukkan ke dalam *bin*. Semen yang sudah jadi



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk. UNIT OPERASI RKC 3

selanjutnya melalui tahap pengantongan. Semen curah akan langsung dibawa ke *bin* dan selanjutnya dimasukkan dalam truck dengan kapasitas 25-50 ton untuk didistribusikan kepada konsumen. Sedangkan untuk semen kantong dibawa menuju bagian *packer* untuk dilakukan pengisian dan pengantongan semen. Kapasitas harian atau jumlah kantong semen yang dihasilkan setiap harinya bervariasi sesuai dengan Rencana Kerja Anggaran Perusahaan (RKAP), kebijakan pemerintah, dan kemampuan dari pabrik, sehingga sifatnya tergantung pada permintaan pasar maupun konsumen. Terdapat 2 jenis ukuran kemasan, yaitu kemasan 40 dan 50 kg sesuai standar SNI untuk jenis semen PCC. Jenis produksi semen pabrik Tuban yaitu OPC dan PCC.



Gambar 3. Bagan Alir Proses Pabrikasi Semen



II.1.4 Karakteristik Semen

a. Sifat Fisika Semen

1) Hidrasi Semen

Hidrasi pada semen terjadi jika ada kontak antara mineral alam dalam semen dengan air. Faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi hidrasi diantaranya jumlah air yang ditambahkan, temperatur, kehalusan semen dan bahan tambahan. Faktor-faktor tersebut yang akan mengakibatkan terbentuknya pasta semen yang mana dalam jangka waktu tertentu akan mengalami pengerasan.

2) Panas Hidrasi

Panas hidrasi adalah panas yang dihasilkan oleh reaksi hidrasi (reaksi eksoterm) apabila semen dicampur dengan air.

3) Setting time dan Hardening

Setting time sangat dipengaruhi oleh temperatur dan kelembaban relatif. Setting time akan menurun jika klinker tidak terbakar sempurna, partikel semen halus, tingginya kandungan alumina, alkali dan soda kasitik. Setting time akan meningkat jika klinker dibakar pada temperatur yang sangat tinggi, partikel semen kasar, gypsum yang ditambahkan berlebih, tingginya kadar silika, Natrium Klorida (NaCl), Barium Klorida (BaCl₂), Sulfida (SO₃), senyawa sulfat dan air sadah.

4) False set

False set merupakan hasil dari dehidrasi gypsum yang disebabkan karena pemanasan berlebih. False set merupakan proses pengerasan semen yang tidak normal apabila air ditambahkan ke dalam semen, sehingga dalam beberapa menit pengerasan segera terjadi. Pengerasan ini terjadi karena adanya CaSO₄. ½ H₂O dalam semen. Plastisitas akan diperoleh apabila campuran tersebut diaduk kembali. False set dapat dihindari dengan mengatur temperatur semen saat penggilingan di dalam Cement Mill agar gypsum tidak berubah menjadi CaSO₄. ½ H₂O, selain itu gypsum yang digunakan harus cukup kuat dan belum di dehidrasi



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3**

5) Kuat tekan

Kuat tekan adalah kemampuan suatu material menahan beban. Kuat tekan sangat diperlukan dalam menentukan mix design dari beton untuk suatu konstruksi tertentu. Nilai kuat tekan akan meningkat jika nilai Lime Saturation Factor (LSF) tinggi, nilai alumina Ratio rendah, nilai silica Ratio tinggi, kandungan SO_3 rendah, dan tingkat kehalusan semen tinggi.

6) Kelembaban Semen mudah menyerap uap air dan CO_2 dari udara selama penyimpanan atau pengangkutan. Hal ini akan mengakibatkan menurunnya kualitas semen.

7) Penyusutan Ada tiga macam penyusutan yang terjadi pada pasta semen dalam campuran beton, yaitu Hidration Shrinkage, Drying Shrinkage dan Carbonation Shrinkage. Yang paling mempengaruhi keretakan beton adalah Drying Shrinkage. Penyusutan terjadi karena adanya penguapan air bebas dari pasta semen selama proses Setting time dan Hardening.

8) Daya Tahan Semen terhadap Asam dan Sulfat Pada umumnya daya tahan semen terhadap asam lemah, sehingga mudah terdekomposisi atau terurai oleh asam-asam kuat seperti asam klorida (HCl) dan asam sulfat (H_2SO_4).

9) Kehalusan (Blaine) Semakin halus semen, panas hidrasi, kebutuhan air satu per satuan berat semen akan semakin tinggi, serta reaksi hidrasi akan semakin cepat.

10) Napa soil Penambahan Napa soil menyebabkan tingginya kadar SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 dalam semen, sedangkan komposisi lain dalam semen seperti CaO, MgO, dan SO_3 menurun.

b. Sifat Kimia Semen

1) Hilang Pijar (LOI)

Pada semen sifat ini disebabkan karena terjadinya penguapan air kristal yang berasal dari gypsum serta penguapan CO_2 .



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk. UNIT OPERASI RKC 3

2) Silica Ratio (SR)

Perubahan Silica Ratio dapat menyebabkan perubahan pada pembentukan Coating pada Burning Zone dan Burnability Clinker. Silica Ratio yang rendah dapat menyebabkan Raw meal mudah dibakar, temperatur klinkerisasi rendah, cenderung membentuk ring coating dalam Kiln apalagi bila Lime Saturation Factor (LSF) rendah, kekuatan awal tinggi tetapi dengan penambahan waktu sedikit sekali kenaikannya, dan C_3S banyak.

3) Alumina Ratio (AR)

Jika nilai alumina ratio (AR) tinggi, maka akan menurunkan silica ratio (SR), sehingga akan menghasilkan semen dengan waktu pengikatan yang cepat. Jika Alumina Ratio (AR) rendah maka akan menyebabkan semen yang dihasilkan tahan terhadap sulfat yang tinggi, mudah dibakar, temperatur klinkerisasi lebih rendah, reaksi klinkerisasi lebih cepat, fasa cair banyak dan resistensi terhadap uap air laut serta senyawa kimia tinggi.

II.1.5 Macam - Macam Semen

Perbedaan macam – macam semen tergantung pada komposisi unsur-unsur penyusunnya dan unsur tambahan lain yang ditamapkannya. Berbagai jenis semen, antara lain:

1. *Semen Portland*

Merupakan semen hidrolis yang diperoleh dengan menggiling terak yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis, bersama bahan tambahan biasanya digunakan gypsum.

Berdasarkan banyaknya presentase kadar masing-masing komponen ASTM (*American Society of Testing Material*) C 150 – 95 membagi lima macam type semen portland. Kelima tipe semen portland tersebut yaitu :

a. *Ordinary Portland Cement* (Semen Tipe 1)

Menurut G.T. Austin (1985), yaitu semen Portland yang umum digunakan untuk bangunan biasa. Semen ini ada beberapa jenis pula, misalnya semen putih yang kandungan feri oksidanya



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk. UNIT OPERASI RKC 3

lebih kecil, semen sumur minyak, semen cepat keras, dan beberapa jenis lain untuk penggunaan khusus.

b. *Moderate Heat Cement* (Semen Tipe 2)

Menurut G.T. Austin (1985), semen ini digunakan dalam situasi yang memerlukan kalor hidrasi yang tidak terlalu tinggi atau untuk bangunan beton biasa yang dapat terkena aksi sulfat. Kalor yang dilepas saat semen ini mengeras tidak boleh lebih dari 295 joule/gram sesudah 7 hari dan 335 joule/gram sesudah 28 hari.

c. *High Early Strength Cement* (Semen Tipe 3)

Menurut G.T. Austin (1985), yaitu semen dengan kekuatan awal tinggi yang terbentuk dari bahan baku yang mengandung perbandingan gamping-silika lebih tinggi dari yang digunakan untuk semen type I, dan penggilingannya pun lebih halus dari type I. Semen ini mengandung trikalsium silikat lebih banyak dari semen portland biasa. Hal ini disamping kehalusannya menyebabkan semen ini lebih cepat mengeras dan lebih cepat mengeluarkan kalor.

d. *Low Heat Cement* (Semen Tipe 4)

Menurut G.T. Austin (1985), yaitu semen portland kalor-rendah, persen kandungan C_3S dan C_3A lebih rendah. Akibatnya persen tetra kalsium aluminoforit (C_4AF) lebih tinggi karena adanya Fe_2O_3 yang ditambahkan untuk mengurangi C_3A . Kalor yang dilepas pun tidak boleh lebih dari 250 dan 295 joule/gram masing-masing sesudah 7 dan 28 hari, dan kalor hidrasinya adalah 15 – 35 % dari kalor hidrasi semen biasa/HES.

e. *Sulfat Resistance Cement* (Semen Tipe 5)

Menurut G.T. Austin (1985), semen portland tahan sulfat adalah semen yang karena komposisinya atau cara pengolahannya, lebih tahan terhadap sulfat daripada keempat jenis lainnya. Semen type V ini digunakan bila penerapannya



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk. UNIT OPERASI RKC 3

memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat. Semen ini mengandung C_3A lebih rendah dari ketiga semen lain. Akibatnya kandungan C_4AF -nya lebih tinggi.

2. *Semen Putih*

Menurut I Ketut Arsha Putra (1995), semen putih dibuat untuk tujuan dekoratif bukan untuk tujuan konstruktif, misalnya untuk bangunan arsitektur. Pembuatan semen ini membutuhkan persyaratan bahan baku dan proses pembuatan yang khusus, misalnya bahan mentah mengandung oksida besi dan oksida mangan yang sangat rendah yaitu dibawah 1%.

3. *Semen Alumina Tinggi*

Menurut E. Jasjfi (1985), semen ini pada dasarnya adalah Semen Kalsium Aluminat yang dibuat dengan melebur campuran batu kapur dan bauksit. Bauksit ini biasanya mengandung oksida besi, silika, dan magnesium. Semen ini mengeras sangat cepat dan banyak digunakan pada daerah pelabuhan, namun semen ini tidak tahan terhadap sulfat.

4. *Semen Anti Bakteri*

Menurut G.T. Austin (1985), semen ini adalah campuran yang homogen antara semen portland dengan anti bacteriac agent seperti germicide. Bahan tersebut ditambahkan untuk self desinfectant beton terhadap serangan bakteri dan jamur yang tumbuh. Biasa digunakan pada pembuatan kolam dan kamar mandi. Semen ini mempunyai sifat hampir sama dengan semen portland type I.

5. *Semen Pozzoland*

Menurut G.T. Austin (1985), semen ini diperoleh dengan menggiling terak. Semen portland dengan trass sebagai bahan pozzolannya. Jenis semen ini diproduksi untuk pengecoran beton massa, irigasi, bangunan di tepi laut dan tanah rawa yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi rendah.



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3**

6. *Water Proofed Cement*

Menurut G.T. Austin (1985), semen ini adalah campuran yang homogen antara Semen Portland dengan Water Proofing agent dalam jumlah kecil seperti kalsium, aluminium atau logam stearat lainnya. Semen ini dipakai untuk konstruksi beton yang berfungsi sebagai penahan tekanan hidrolis, misalnya tangki penyimpanan cairan kimia.

7. *Oil Well cement*

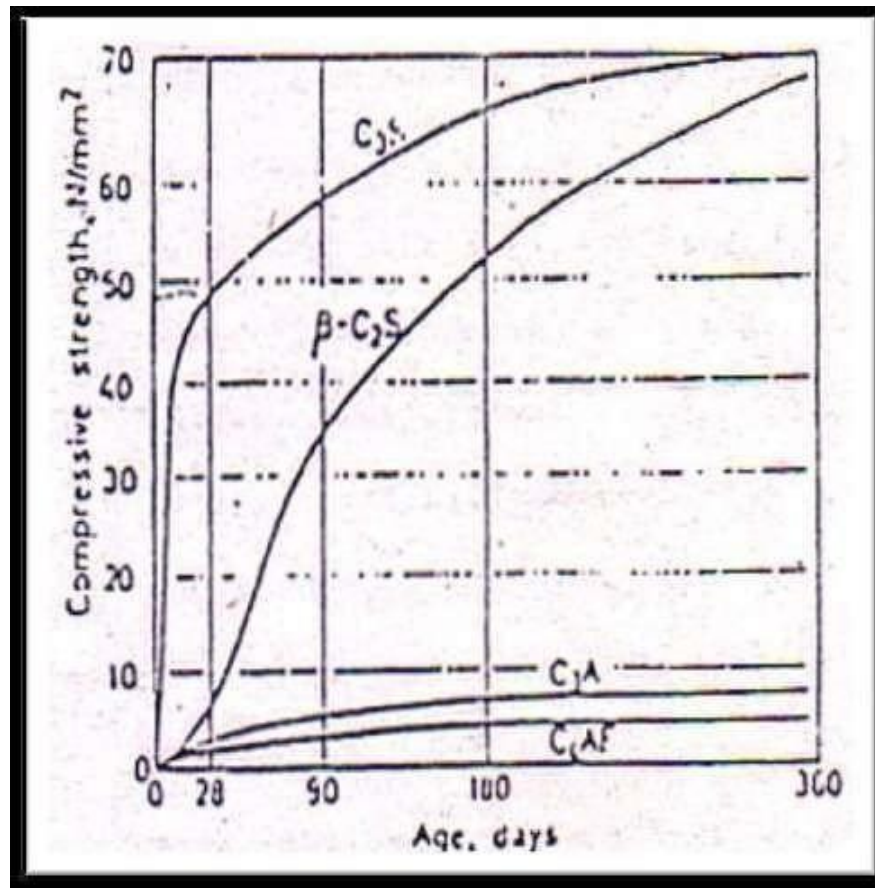
Menurut G.T. Austin (1985), semen ini adalah *Semen Portland* yang dicampur dengan bahan retarder seperti *asam borat, casein, lignin, gula atau organik hidroxid acid*. Fungsi retarder untuk mengurangi kecepatan pengerasan semen, sehingga adukan dapat dipompakan dalam sumur minyak atau gas. Umumnya semen ini digunakan pada *primary cementing*.

II.1.6 Fungsi Semen

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

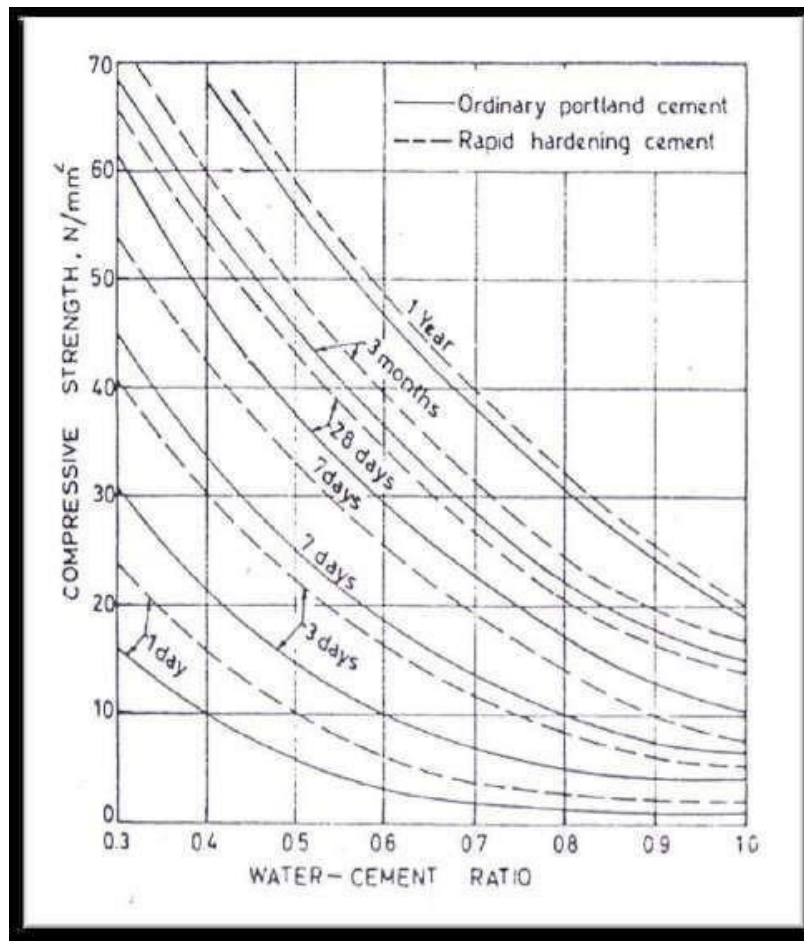
II.1.7 Hubungan antara Kekuatan dan Komposisi Semen

Sifat yang paling penting dari semen adalah kekuatan tekannya atau *compressive strength*. Kekuatan tekan semen sangat dipengaruhi oleh komponen kimia semen yaitu C_3S dan C_2S . Untuk komponen C_3S memberikan kekuatan tekan awal pada semen sedangkan untuk C_2S memberikan pengaruh kekuatan tekan akhir pada semen yang hampir sama dengan semen komponen C_3S . Komponen C_3A berpengaruh pada kecepatan pengerasan semen dan C_3AF berpengaruh pada warna semen. (Ir. E. Jasjfi, 1985).



Gambar 4. Kekuatan Tekan Vs Waktu yang Dialami oleh Komponen –
Komponen Semen

Berdasarkan gambar diatas diketahui bahwa komponen C₃S memiliki perkembangan kekuatan yang lebih cepat daripada ketiga komponen semen yang lain. Grafik untuk komponen C₂S menunjukkan bahwa perkembangan kekuatannya stabil dan melambat pada beberapa minggu kemudian pada hari ke-28 hingga seterusnya perkembangan kekuatan meningkat hingga akhirnya kekuatan tekannya hampir sama dengan C₃S. Perkembangan kekuatan untuk komponen C₃A terjadi kenaikan pada hari pertama dan kedua setelah itu perkembangan kekuatannya sangat rendah. Perkembangan kekuatan untuk komponen C₄AF hampir menyerupai perkembangan C₃A pada hari pertama dan kedua tetapi mengalami perkembangan kekuatan yang lebih rendah dari pada C₃A. (Walter H. Duda, 1983)



Gambar 5. Perkembangan Kuat Tekan Semen Ordinary Portland Cement dan Rapid Hardening Cement Vs Water Cement Ratio

Berdasarkan gambar di atas dapat diketahui bahwa kuat tekan OPC lebih rendah daripada Rapid Hardening Cement (Semen Portland Tipe 3). Perbandingan air dan semen sebesar 0,3 untuk semen OPC dan RHC menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi daripada perbandingan air dan semen yang lain. Semakin besar perbandingan semen dan air yang digunakan maka makin rendah kuat tekan yang dihasilkan (ML. Gambhir,1986).

II.2 Uraian Tugas Khusus

Dalam melaksanakan Praktik Kerja Lapangan di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban, kami diberi kesempatan melaksanakan praktik kerja lapangan pada unit kerja section of RKC 3 Operation. Unit kerja RKC 3 memiliki tugas pokok yaitu bertanggung jawab dalam proses pembuatan clinker. Pada unit RKC 3 terdiri dari 3 bagian. Bagian pertama adalah seksi Raw Mill, dimana pada



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk. UNIT OPERASI RKC 3

seksi Raw Mill bertugas mempersiapkan bahan umpan kiln. Bagian kedua adalah seksi Kiln, pada seksi Kiln bertugas dalam pembuatan clinker. Bagian ketiga adalah seksi Coal Mill yang memiliki tugas mempersiapkan batu bara yang sesuai dengan standar guna bahan bakar dalam proses RKC 3.

Dalam plant produksi semen pada seksi Raw Mill untuk mempersiapkan bahan umpan sistem kiln diperlukan alat utama yaitu roller mill. Roller Mill digunakan untuk memperkecil ukuran dan mengurangi kadar air dari suatu material. Dalam mengurangi kadar air material tersebut dilakukan pengeringan menggunakan udara panas yang berasal dari suspension preheater dan cooler. Untuk kelayakan operasi alat Raw Mill pada unit RKC 3 diperlukan evaluasi aliran massa dan panas. Evaluasi ini dapat membantu menganalisa massa bahan baku dan produk yang keluar serta energi panas yang dibutuhkan dalam proses Raw Mill.

II.2.1 Judul Tugas

Pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan di unit RKC 3, kami mendapat tugas khusus yang berjudul “**Neraca Massa dan Neraca Panas sistem Raw Mill pada unit RKC 3 PT.Semen Indonesia (Persero) Tbk Pabrik Tuban III**”.

II.2.2 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas khusus ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa aliran massa masuk dan massa keluar pada setiap alat sistem Raw Mill
2. Mengetahui besarnya energi panas yang diperlukan dalam menjalankan proses pada Raw Mill

II.2.3 Manfaat

Dari analisis perhitungan neraca massa dan neraca panas pada sistem Raw Mill unit RKC 3 diharapkan dapat diketahui energi yang dibutuhkan dalam proses pengecilan ukuran dan pengurangan kadar air material agar dihasilkan produk yang optimal.



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3**

II.2.4 Perhitungan

A. Data Primer

1. Data Umpan Masuk Raw Mill

Umpan masuk Raw Mill : 631200 Kg

Bahan Baku	Massa (Kg)
Mix (Limestone + Clay)	561000
Limestone	38900
Cooper Slag	8400
Pasir Silika	22900
Total	631200

(Data dari unit Evaluasi Proses, November 2021)

2. Komposisi Umpan Masuk Raw Mill

Bahan Baku	Massa
Mix (Limestone + Clay)	88,75 %
Limestone	6,15 %
Cooper Slag	1,33 %
Pasir Silika	3,62 %
Total	100 %

(Data dari unit Evaluasi Proses, November 2021)

3. Kadar H₂O pada Umpan Raw Mill

Kadar H₂O pada Produk Raw Mill : 0,57%

Kadar H₂O pada Mix : 11,2%

Kadar H₂O pada Limestone : 8%

Kadar H₂O pada Cooper Slag : 6%

Kadar H₂O pada Pasir Silika : 12%

(Data dari unit Evaluasi Proses, November 2021)

4. Efisiensi Cyclone : 90%

(Data dari Pabrik, November 2021)

5. Debu Keluar dari Electrostatic Precipitator : 70 mg/Nm³

B. Data Sekunder

Data diperoleh dari literatur atau studi pustaka, meliputi:



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3**

1. Data panas jenis (Specific Heat) bahan baku ataupun udara
2. Data massa jenis udara
3. Data berat molekul beberapa komponen

C. Asumsi

1. Udara sebagai gas ideal
2. Basis perhitungan 1 jam operasi
3. Dust Loss 10%
4. Pembakaran berlangsung secara sempurna



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3**

1. Perhitungan Neraca Massa di Raw Mill

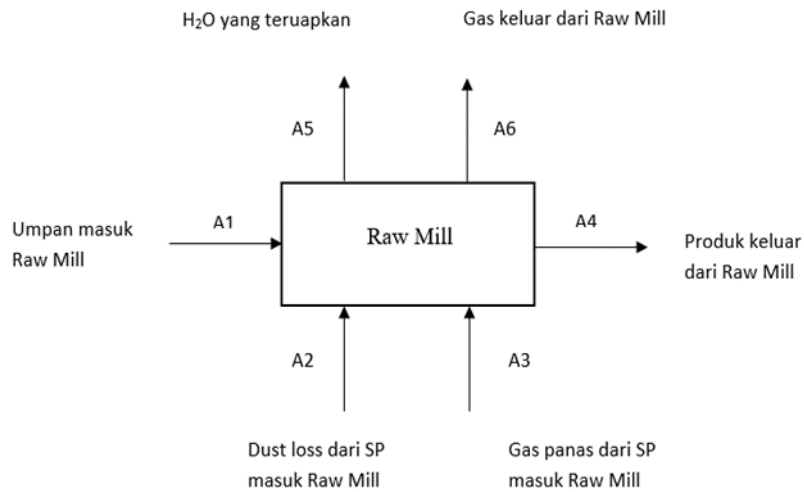


Diagram Alir Massa Pada Raw Mill

Umpan Masuk Raw Mill

Basis : 1 jam

Umpan masuk Raw Mill : 631.200 Kg

Komposisi Umpan Masuk Raw Mill

Bahan baku	% Massa	Massa (Kg)
Mix (Limestone & Clay)	88,75%	561.000
Limestone	6,15%	38.900
Cooper Slag	1,33%	8.400
Pasir Silika	3,62%	22.900
Total	100%	631.200

(Data dari unit Evaluasi Proses, November 2021)

Material yang terbawa Gas panas masuk Raw Mill

Dust Loss : 52.246 Kg

(Data dari Pabrik, November 2021)

Gas panas dari Preheater masuk ke Raw Mill

Gas panas masuk Raw Mill : 642.853,62 Kg

(Data dari Pabrik, November 2021)



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3**

Gas panas keluar membawa material dari Raw Mill

a. Aliran H₂O yang teruapkan

Kadar H₂O pada umpan masuk Raw Mill

Kadar H₂O pada Mix : 11,2%

Kadar H₂O pada Limestone : 8%

Kadar H₂O pada Cooper Slag : 6%

Kadar H₂O pada Pasir Silika : 12%

Kadar H₂O pada umpan masuk Raw Mill:

$$= \frac{(\%H_2O \times \text{Massa Mix}) + (\%H_2O \times \text{Massa Limestone}) + (\%H_2O \times \text{Massa Cooper Slag}) + (\%H_2O \times \text{Massa Pasir Silika})}{\text{Total Feed Masuk}} \times 100$$

$$= \frac{(11,2\% \times 56100 \text{ Kg}) + (8\% \times 38900 \text{ Kg}) + (6\% \times 8400 \text{ Kg}) + (12\% \times 22900 \text{ Kg})}{632100 \text{ Kg}} \times 100$$

$$= 10,9626109 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Massa H}_2\text{O dalam umpan} &= 10,963 \% \times \text{Umpan masuk Raw mill} \\ &= 10,963\% \times 631.200 \text{ Kg} \\ &= 69.196 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar H}_2\text{O yang teruapkan} &= \% \text{ H}_2\text{O pada umpan} - \% \text{ H}_2\text{O pada produk} \\ &= 10,963\% - 0,57\% \\ &= 10,392\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa H}_2\text{O yang teruapkan} &= \text{Massa H}_2\text{O umpan} - \text{Massa H}_2\text{O yang teruapkan} \\ &= 69.196 \text{ Kg} - 65.598 \text{ Kg} \\ &= 3.598 \text{ Kg} \end{aligned}$$

b. Gas panas keluar dari Raw Mill

$$\begin{aligned} \text{Gas panas keluar dari Raw Mill} &= \text{Total gas panas masuk Raw Mill} \\ &= 642.853,62 \text{ Kg} \end{aligned}$$

c. Produk Keluar dari Raw Mill

$$\begin{aligned} \text{Produk keluar Raw Mill} &= (\text{Umpan masuk} - \text{Massa H}_2\text{O yang teruapkan}) + \text{Dust Loss} \\ &= (631.200 \text{ Kg} - 65.598 \text{ Kg}) + 52.246 \text{ Kg} \\ &= 617.848,28 \text{ Kg} \end{aligned}$$



Tabel 7. Neraca Massa Raw Mill

Komponen		Input (Kg)	Output (Kg)
A1	Umpan masuk Raw Mill	631.200	
A2	Dust Loss dari Preheater masuk Raw Mill	52.246,4411	
A3	Gas panas masuk Raw Mill dari Preheater	642.853,6212	
A4	Produk keluar dari Raw Mill		617.848,2811
A5	H ₂ O yang teruapkan		65.598,16
A6	Gas keluar dari Raw mill		642.853,6212
Total		1.326.300,062	1.326.300,062

2. Perhitungan Neraca Massa di Cyclone

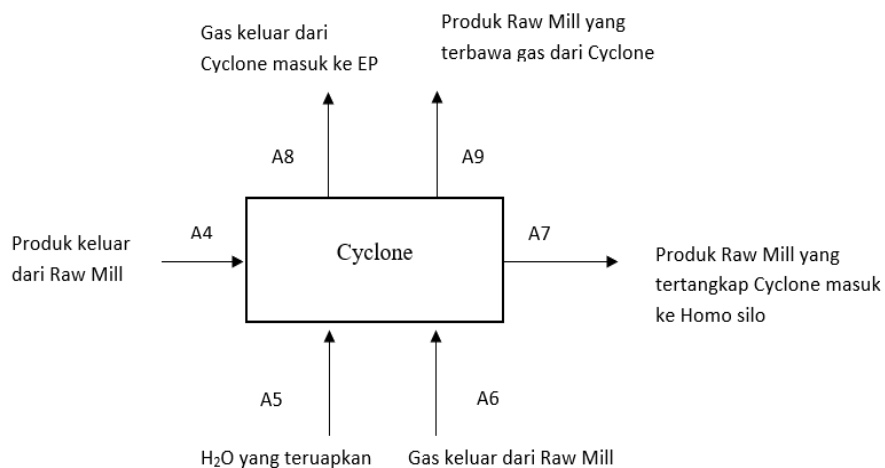


Diagram Alir Massa pada Cyclone

Umpan masuk Cyclone

Produk keluar dari Raw Mill : 617.848,28 Kg

H₂O yang teruapkan : 65.598,16 Kg

Gas keluar dari Raw Mill : 642.853,62 Kg



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3

Material yang tertangkap Cyclone

Efisiensi Cyclone : 90%

(Data dari Pabrik, November 2021)

$$\begin{aligned} \text{Produk Raw Mill yang tertangkap Cyclone} &= 90\% \times \text{Produk Keluar dari Raw Mill} \\ &= 90\% \times 617.848,28 \text{ Kg} \\ &= 556.6063,5 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produk Raw Mill yang tebawa gas keluar dari Cyclone} &= 10\% \times \text{Produk Keluar} \\ &= 10\% \times 617.848,28 \\ &= 61.784,82 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gas keluar dari Cyclone masuk ke EP} &= \text{Gas keluar dari RM} + \text{H}_2\text{O yang teruapkan} \\ &= 642.853,62 \text{ Kg} + 65.598,16 \text{ Kg} \\ &= 708.451,78 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Tabel 8. Neraca Massa Cyclone

Komponen		Input (Kg)	Output (Kg)
A4	Produk keluar dari Raw Mill	617.848,2811	
A5	H ₂ O yang teruapkan	65.598,16	
A6	Gas keluar dari Raw mill	642.853,6212	
A7	Produk Raw Mill yang tertangkap oleh Cyclone		556.063,453
A8	Gas keluar dari Cyclone masuk ke EP		708.451,7812
A9	Produk Raw Mill yang terbawa gas keluar dari Cyclone		61.784,82811
Total		1.326.300,062	1.326.300,062



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3

3. Perhitungan Neraca Massa di Electrostatic Precipitator

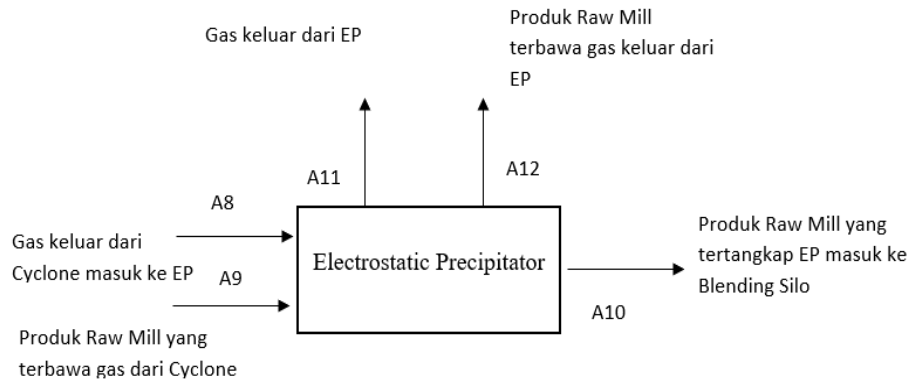


Diagram Alir Massa pada EP

Umpan masuk Electrostatic Precipitator

Produk Raw Mill yang terbawa gas masuk EP : 61.784,82 Kg
Gas keluar Cyclone masuk EP : 708.451,78 Kg
Partikulat yang terbawa gas keluar dari EP : 70 mg/Nm³

(Data dari Pabrik, November 2021)

Komposisi Gas masuk Electrostatic Precipitator

Komponen	% massa	Massa (Kg)	Mol (Kgmol/jam)
CO ₂	42,532	301315,66	6848,08
N ₂	51,145	362338,77	12940,67
H ₂ O	5,0534	35800,70	1988,92
SO ₂	0,0352	249,17	3,89
O ₂	1,2347	8747,45	273,35
Total		708451,781	22054,933

Diketahui:

Suhu gas masuk : 85 °C
: 358,15 K



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3**

Suhu gas keluar : 66 °C
: 339,15 K
R : 0,08206 m³.atm/Kgmol.K
Mol (n) : 22.054,933 Kgmol/jam
Tekanan : 1 atm

Volume gas masuk Electrostatic Precipitator

$$P \times V = n \times R \times T$$
$$V = \frac{n \times R \times T}{P}$$
$$= \frac{22.054,934 \frac{\text{Kgmol}}{\text{jam}} \times 0,08206 \frac{\text{m}^3 \text{atm}}{\text{Kgmol.K}} \times 358,15 \text{ K}}{1 \text{ atm}}$$
$$= 64.819,84 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\frac{P1.V1}{T1} = \frac{P2.V2}{T2}$$

$$V1 (\text{m}^3/\text{jam}) = V2 (\text{Nm}^3/\text{jam}) \times \frac{1 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} \times \frac{T1}{T2}$$

$$64.819,84 \text{ m}^3/\text{jam} = V2 (\text{Nm}^3/\text{jam}) \times \frac{358,15 \text{ K}}{339,15 \text{ K}}$$

$$V2 (\text{Nm}^3/\text{jam}) = 613.803,11 \text{ Nm}^3/\text{jam}$$

Produk Raw Mill yang terbawa gas keluar EP = Volume gas masuk x 70 mg/Nm³

$$= 613.803,11 \text{ Nm}^3/\text{jam} \times 70 \text{ mg/Nm}^3$$
$$= 42.966.218 \text{ mg}$$
$$= 42,966 \text{ Kg}$$

Produk Raw Mill yang tertangkap Oleh EP = Umpan masuk – Produk Raw Mill terbawa gas keluar EP

$$= 61.784,82 \text{ Kg} - 42,966 \text{ Kg}$$
$$= 61.741,86 \text{ Kg}$$



Tabel 9. Neraca Massa Electrostatic Precipitator

Komponen		Input (Kg)	Output (Kg)
A8	Gas keluar dari Cyclone masuk ke Electrostatic Precipitator	70.8451,78	
A9	Produk Raw Mill yang terbawa gas keluar dari Cyclone	61.784,82	
A10	Produk Raw Mill yang terperangkap Electrostatic Precipitator		61.741,86
A11	Gas keluar dari Electrostatic Precipitator		708.451,78
A12	Produk Raw Mill yang terbawa gas keluar Electrostatic Precipitator		42,96
Total		770.236,60	770.236,60

4. Perhitungan Neraca Massa di Blending Silo

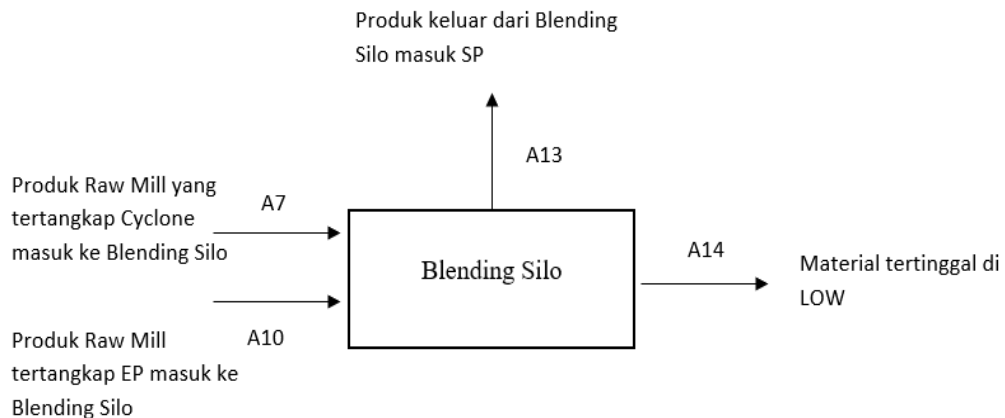


Diagram Alir Massa pada Blending Silo

Umpan masuk Blending Silo

Produk Raw Mill yang tertangkap Cyclone : 556.063,453 Kg

Produk Raw Mill yang tertangkap EP : 61.741,86 Kg



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3

Produk Blending Silo

Produk Raw Mill keluar Blending Silo masuk Preheater: 524.510 Kg

(Data dari unit Evaluasi Proses, November 2021)

$$\begin{aligned} \text{Material yang tertinggal di LOW} &= \text{Umpan masuk} - \text{Produk Keluar} \\ &= 617.805,31 \text{ Kg} - 524.510 \text{ Kg} \\ &= 93.295,31 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Tabel 10. Neraca Massa Blending Silo

Komponen		Input (Kg)	Output (Kg)
A7	Produk Raw Mill yang tertangkap oleh Cyclone	556.063,45	524.510
A10	Produk Raw Mill yang terperangkap Electrostatic Precipitator	61.741,86	
A13	Produk Raw Mill keluar dari Blending Silo masuk ke Preheater		
A14	Material tertinggal di LOW		
Total		617.805,31	617.805,31



5. Perhitungan Neraca Panas

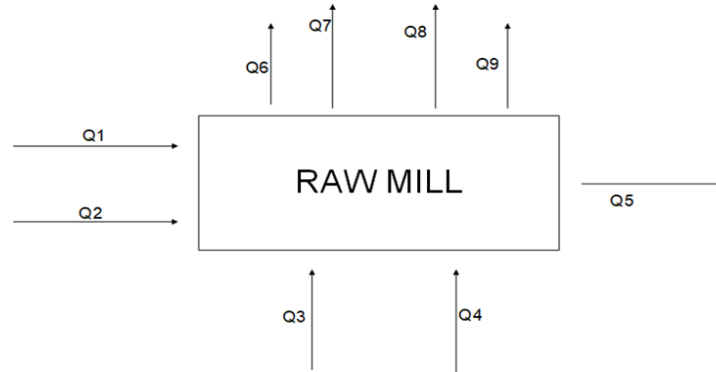


Diagram Alir Neraca Panas Raw Mill

Keterangan:

- Q_1 = Panas yang dibawa umpan masuk Raw Mill
- Q_2 = Panas dust loss dari Suspension Preheater
- Q_3 = Panas yang dibawa gas dari Suspension Preheater masuk Raw Mill
- Q_4 = Panas H_2O dari umpan masuk Raw Mill
- Q_5 = Panas produk keluar Raw Mill
- Q_6 = Panas laten penguapan H_2O
- Q_7 = Panas sensibel penguapan H_2O
- Q_8 = Panas gas keluar dari Raw Mill
- Q_9 = Panas yang hilang

Suhu referensi : 25 °C

1. Panas Masuk

Q1. Panas yang dibawa umpan masuk Raw Mill

Massa umpan masuk : 631.200 Kg

Suhu : 32 °C

: 305,15 K



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3**

Data Cp diperoleh dari buku Perry ed.7 Tabel 2.151

Komponen	Cp (Kcal/kgmol.K)	$\int_{298,15}^{305,15} Cp dT$ (Kcal/kgmol)
CaCO ₃	$19,68 + 0,01189 T - 307.600 T^{-2}$	139,1997125
Al ₂ O ₃	$22,08 + 0,008971 T - 522.500 T^{-2}$	133,3017807
SiO ₂	$10,87 + 0,008712 T - 241.200 T^{-2}$	75,92799516
Fe ₂ O ₃	$24,27 + 0,01604 T - 423.400 T^{-2}$	171,1830408

a) Mix (Limestone + Clay)

Massa : 561.000 Kg

$$Q = n \int_{T_0}^{T_1} Cp dT$$

Komponen	Massa (Kg)	Mol (Kgmol)
CaCO ₃	443.190	4.431,9
Al ₂ O ₃	117.810	1.155

a. CaCO₃

$$\begin{aligned} Q &= n \int_{298,15}^{305,15} Cp dT \\ &= 4.431,9 \text{ Kgmol} \times 139,199 \text{ Kcal/Kgmol} \\ &= 616.919,206 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

b. Al₂O₃

$$\begin{aligned} Q &= n \int_{298,15}^{305,15} Cp dT \\ &= 1.155 \text{ Kgmol} \times 133,301 \text{ Kcal/Kgmol} \\ &= 153.963,557 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Panas umpan Mix} &= 616.919,206 \text{ Kcal} + 153.963,557 \text{ Kcal} \\ &= 770.882,762 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

b) Limestone



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3**

$$\begin{aligned} \text{Massa} & : 38.900 \text{ Kg} \\ \text{Mol} & : 389 \text{ Kgmol} \\ Q & = n \int_{298,15}^{305,15} C_p dT \\ & = 389 \text{ Kgmol} \times 139,199 \text{ Kcal/Kgmol} \\ & = 54.148,688 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

c) Pasir Silika

$$\begin{aligned} \text{Massa} & : 22.900 \text{ Kg} \\ \text{Mol} & : 381,667 \text{ Kgmol} \\ Q & = n \int_{298,15}^{305,15} C_p dT \\ & = 381,667 \text{ Kgmol} \times 75,927 \text{ Kcal/Kgmol} \\ & = 28.979,184 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

d) Cooper Slag

$$\begin{aligned} \text{Masa} & : 8.400 \text{ Kg} \\ \text{Mol} & : 52,50 \text{ Kgmol} \\ Q & = n \int_{298,15}^{305,15} C_p dT \\ & = 52,50 \text{ Kgmol} \times 171,183 \text{ Kcal/Kgmol} \\ & = 8.987,109 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total panas Umpan} & = 770.882,762 \text{ Kcal} + 54.148,688 \text{ Kcal} + \\ \text{masuk Raw Mill} & \quad 28.979,184 \text{ Kcal} + 8.987,109 \text{ Kcal} \\ & = 862.997,745 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

Q2. Panas Dust Loss dari Preheater

$$\begin{aligned} \text{Massa} & : 52.246,44 \text{ Kg} \\ \text{Suhu} & : 370 \text{ }^\circ\text{C} \\ C_p & : 0,245 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} \\ & \text{(Diperoleh dari buku Peray, Tabel 13.03)} \\ Q & = m \times C_p \times \Delta T \\ & = 52.246,44 \times 0,245 \times (370-25) \\ & = 4.506.255,54 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

Q3. Panas yang dibawa gas panas dari Preheater masuk Raw Mill



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3**

$$\begin{aligned} \text{Massa} & : 642.853,62 \text{ Kg} \\ \text{Suhu} & : 370 \text{ }^\circ\text{C} \\ \text{Cp} & : 0,24 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} \\ \text{Q} & = m \times \text{Cp} \times \Delta T \\ & = 642,853,62 \times 0,24 \times (370-25) \\ & = 53.671.848,84 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

Q4. Panas H₂O dari umpan masuk Raw Mill

$$\begin{aligned} \text{Massa} & : 69.196 \text{ Kg} \\ \text{Suhu} & : 32 \text{ }^\circ\text{C} \\ \text{Cp} & : 0,46 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} \\ & \text{(Diperoleh dari buku Peray, Tabel 13.05)} \\ \text{Q} & = m \times \text{Cp} \times \Delta T \\ & = 69.196 \times 0,46 \times (32-25) \\ & = 222.811,12 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

2. Panas Keluar

Q5. Panas produk keluar Raw Mill

$$\begin{aligned} \text{Massa} & : 617.848,28 \text{ Kg} \\ \text{Suhu} & : 90 \text{ }^\circ\text{C} \\ \text{Cp} & : 0,21 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} \\ & \text{(Diperoleh dari buku Peray, Tabel 13.02)} \\ \text{Q} & = m \times \text{Cp} \times \Delta T \\ & = 617.848,28 \times 0,21 \times (90-25) \\ & = 8.433.629,04 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

Q6. Panas laten penguapan H₂O

$$\begin{aligned} \text{Massa} & : 69.196 \text{ Kg} \\ \text{Hf} & : 539 \text{ Kcal/Kg} \\ & \text{(Diperoleh dari buku Peray, Tabel 22.01)} \\ \text{Q} & = m \times \text{Hf} \\ & = 69.196 \times 539 \\ & = 37.296.644 \text{ Kcal} \end{aligned}$$



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3**

Q7. Panas sensible penguapan H₂O

Massa : 65.598,16 Kg

Suhu : 90 °C

Cp : 0,46 Kcal/Kg°C

(Diperoleh dari buku Peray, Tabel 13.05)

$$\begin{aligned} Q &= m \times Cp \times \Delta T \\ &= 65.598,16 \times 0,46 \times (90-25) \\ &= 1.961.384,98 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

Q8. Panas gas keluar dari Raw Mill

Massa : 642.853.62 Kg

Suhu : 90 °C

Cp : 0,242 Kcal/Kg°C

$$\begin{aligned} Q &= m \times Cp \times \Delta T \\ &= 642.853.62 \times 0,242 \times (90-25) \\ &= 10.112.087,46 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

Q9. Panas yang hilang

$$\begin{aligned} \Sigma Q \text{ input} &= \Sigma Q \text{ output} \\ (862.997,75 + 53.671.848,84 + &= (8.433.629,04 + 37.296.644 + \\ 4.506.255,54 + 222.811,12) & 1.961.384,98 + 10.112.087,46 + Q9) \\ Q9 &= 1.460.167,76 \text{ Kcal} \end{aligned}$$



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3

Tabel 11. Neraca Panas Raw Mill

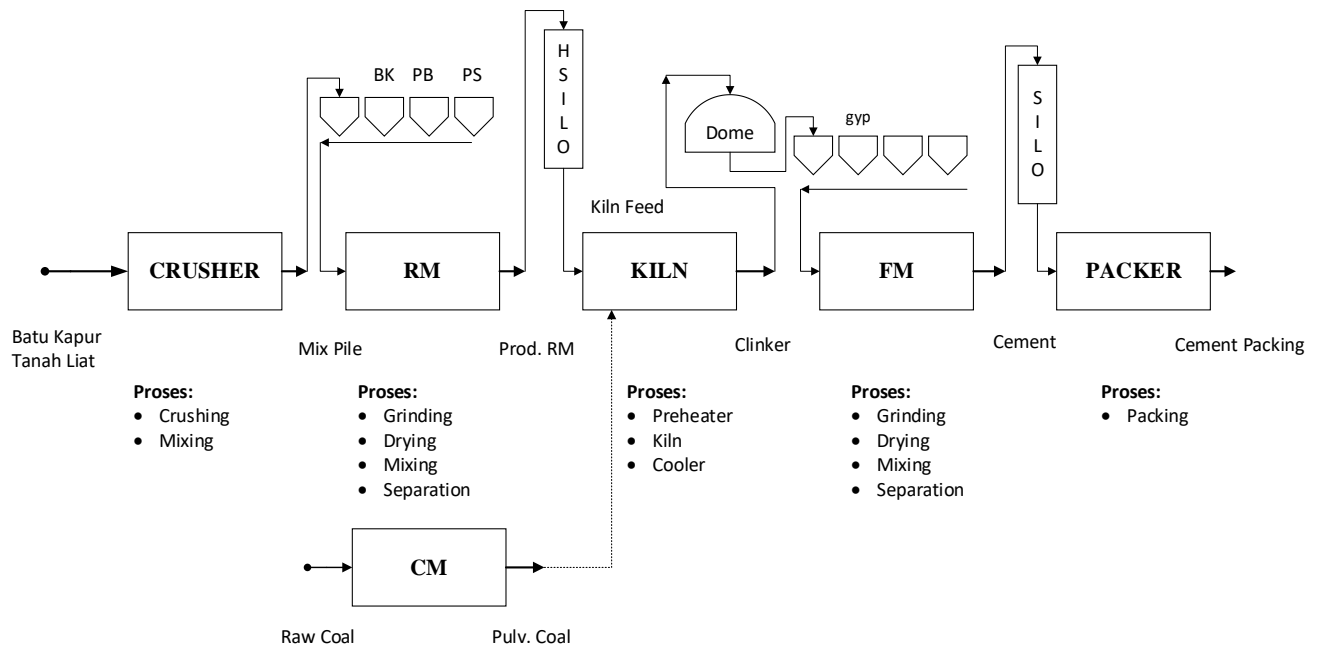
Komponen		Input (Kcal)	Output (Kcal)
Q1	Panas yang dibawa umpan masuk Raw Mill	862.997,75	
Q2	Panas dust loss dari Suspension Preheater	4.506.255,54	
Q3	Panas yang dibawa gas dari Suspension Preheater	53.671.848,84	
Q4	Panas H ₂ O dari umpan masuk Raw Mill	222.811,12	
Q5	Panas produk keluar Raw Mill		8.433.629,04
Q6	Panas laten penguapan H ₂ O		37.296.644,00
Q7	Panas sensibel penguapan H ₂ O		1.961.384,98
Q8	Panas gas keluar dari Raw Mill		10.112.087,46
Q9	Panas yang hilang		1.460.167,76
Total		59.263.913,25	59.263.913,25

$$\begin{aligned} \text{Panas yang hilang} &= \frac{\text{Panas hilang}}{\text{Panas total}} \times 100 \\ &= \frac{1.460.167,76}{59.263.913,25} \times 100 \\ &= 2,463 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi panas alat} &= \frac{\text{Panas total} - \text{Panas hilang}}{\text{Panas total}} \times 100 \\ &= \frac{59.263.913,25 - 1.460.167,76}{59.263.913,25} \times 100 \\ &= 97,536 \% \end{aligned}$$



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk. UNIT OPERASI RKC 3



Gambar 6. Flowsheet Proses Produksi Semen PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk

II.2.5 Pembahasan

Pada pembahasan kali ini berdasarkan dari hasil analisa neraca massa dan neraca panas alat Raw Mill unit RKC 3. Dilakukan perhitungan neraca massa dan neraca panas diatas guna dapat membantu dalam optimalisasi proses sehingga kapasitas produksi dapat tercapai. Pada perhitungan neraca massa digunakan beberapa asumsi yaitu kondisi massa steady state dan kondisi operasi 1 jam operasi. Berdasarkan hasil perhitungan produk keluar dari Raw Mill sebesar 617.848,2811 kg/jam untuk kapasitas produksi bahan baku 631.100 Kg/jam dan kebutuhan udara panas sebesar 642.853,62 Kg/jam. Berdasarkan perhitungan neraca massa alat sistem Raw Mill secara keseluruhan, tidak ada selisih massa yang masuk dan massa yang keluar maka sistem berada pada kesetimbangan (balance). Sedangkan pada hasil perhitungan neraca panas alat Raw Mill tidak ada selisih panas yang masuk dan panas yang keluar maka neraca panas sistem berada pada kesetimbangan (balance). Serta diperoleh efisiensi panas untuk peralatan Raw Mill adalah sebesar 97,53 % dan panas yang hilang sebesar 2,46%. Menurut (Budi Setiyana,2007) untuk efisiensi panas diatas menunjukkan harga relative baik, dikarenakan panas yang hilang atau yang bocor dari peralatan tersebut hanya sebesar 2,46%. Sebab



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk.
UNIT OPERASI RKC 3**

batas umum toleransi panas yang hilang sebesar 12-22%. Hal ini menunjukkan bahwa bagian-bagian saluran udara panas pada Raw Mill masih berfungsi dengan baik.

II.2.6 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil perhitungan neraca massa dan neraca panas pada sistem Raw Mill, dapat mengetahui kinerja sistem Raw Mill secara keseluruhan dengan menghitung efisiensi panas. Efisiensi panas Raw Mill merupakan parameter baik atau tidaknya pengoperasian Raw Mill. Hasil perhitungan neraca massa dan neraca panas diperoleh bahwa efisiensi panas untuk alat Raw Mill adalah sebesar 97,53% dan panas yang hilang sebesar 2,46%. Dengan mengetahui efisiensi panas tersebut menunjukkan bahwa alat Raw Mill masih berfungsi dengan baik serta dapat mengambil suatu tindakan yang tepat agar efisiensi yang ada tidak menurun. Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa Raw Mill yang dianalisis masih layak untuk dioperasikan.