



## BAB IX TUGAS KHUSUS

### 9.1 Judul Tugas Khusus

Perhitungan Neraca Massa pada Sistem Kiln RKC 2.

### 9.2 Tujuan Tugas Khusus

Tujuan tugas khusus ini adalah melakukan perhitungan neraca massa yang masuk maupun yang keluar untuk mengetahui kesetimbangan massa setiap alat dari Sistem Kiln RKC 2.

### 9.3 Manfaat Tugas Khusus

Manfaat dari tugas khusus ini untuk mengetahui ada kemungkinan berkurangnya kinerja dari setiap alat, sehingga mengakibatkan adanya massa yang hilang. Untuk itu perlu dijaga dengan melakukan analisa dan perhitungan terhadap aliran massa pada Sistem Kiln RKC 2.

### 9.4 Penyelesaian Tugas Khusus

#### Pengumpulan Data

##### A. Data Primer

Data ini diperoleh dari Laboratorium Pengendalian Proses, dan Unit Seksi Evaluasi Proses pada tanggal 15 November 2022 di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk Pabrik Tuban, Data yang digunakan merupakan data dari Unit Seksi RKC Tuban 1 dikarenakan Unit Seksi RKC Tuban 2 sedang tidak beroperasi, yang meliputi :



### 1. Data Komponen Raw Mill

Komponen	% Massa
SiO <sub>2</sub>	13,43
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,64
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,20
CaCO <sub>3</sub>	77,80
MgCO <sub>3</sub>	2,43
SO <sub>3</sub>	0,10
Na <sub>2</sub> O	0,08
K <sub>2</sub> O	0,28
Cl	0,06
H <sub>2</sub> O	0,85
<b>Total</b>	<b>100</b>

(Data dari Unit Seksi Pengendalian Proses, 15 November 2022)

### 2. Data Umpan Kiln dan Coal Mill

Batu bara ILC = 7141,77 Kg/jam

Batu Bara SLC = 14854,68 Kg/jam

Komposisi	Kapasitas (Kg/Jam)
Umpan kiln masuk Suspension Pre-Heater	547083,83
Kebutuhan Batu bara di Suspension Pre-Heater	21996,45
Kebutuhan Batu bara di kiln	21409,89

(Data dari Unit Seksi Evaluasi Proses, 15 November 2022)



### 3. Komposisi Batu Bara

Komposisi	%massa
Fixed Carbon (C )	34,53
Volatile Matter (N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> )	36,54
Total Sulfur (S)	0
Total Moisture (H <sub>2</sub> O)	17,68
Ash content	11,25
<b>Total</b>	<b>100</b>

(Data dari Unit Seksi Evaluasi Proses, 15 November 2022)

### 4. Komposisi Ash Batu Bara

Komponen	% massa
SiO <sub>2</sub>	44,63
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14
MgO	3,81
CaO	17,07
Na <sub>2</sub> O	1,39
K <sub>2</sub> O	1,1
SO <sub>3</sub>	0
<b>Total</b>	<b>100</b>

(Data dari Unit Seksi Evaluasi Proses, 15 November 2022)



## 5. Komposisi Umpan Masuk Kalsiner

Komponen	% Massa	Massa (kg)
SiO <sub>2</sub>	13,43	65558,63
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,64	17768,68
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,20	10739,31
CaCO <sub>3</sub>	77,79	379775,61
MgCO <sub>3</sub>	2,43	11845,54
Na <sub>2</sub> O	0,08	390,52
K <sub>2</sub> O	0,28	1366,82
Cl	0,06	292,89
SO <sub>3</sub>	0,10	488,15
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>488226,17</b>

(Data dari Unit Seksi Evaluasi Proses, 15 November 2022)

## 6. Efisiensi Cyclone : 90%

(Data dari Unit Seksi Evaluasi Proses, 15 November 2022)

## 7. Efisiensi Pemisahan EP : 99,9%

(Data dari Unit Seksi Evaluasi Proses, 15 November 2022)

## 8. Debu yang ditarik Fan ke EP : 10%

(Data dari Unit Seksi Evaluasi Proses, 15 November 2022)

## 9. Data ditiap alat

- Derajat kalsinasi CaCO<sub>3</sub> dan MgCO<sub>3</sub> = 90%
- NHV batu bara = 4.905 kcal/kg
- Debu keluar 10% dari umpan kering
- Derajat kesempurnaan reaksi pembakaran 100%
- Udara pembakaran excess 2%

(Data dari Unit Seksi Evaluasi Proses, 15 November 2022)



## **B. Data Sekunder**

Data ini diperoleh dari literatur – literatur atau studi pustaka, meliputi:

1. Data panas jenis (specific heat) klinker ataupun batubara
2. Data massa jenis udara
3. Data berat molekul beberapa komponen

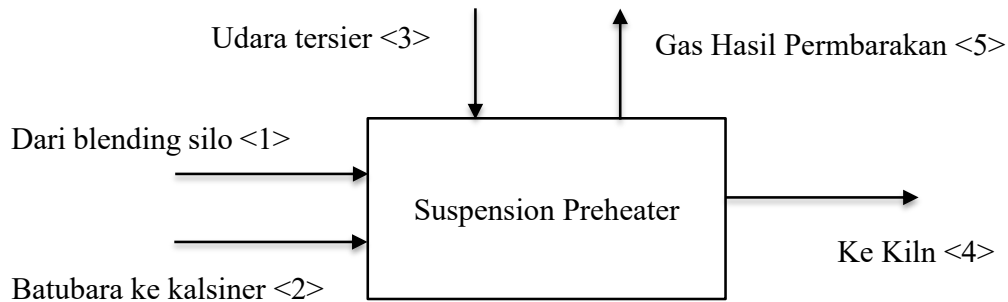
## **C. Asumsi**

1. Udara sebagai gas ideal
2. Pembakaran berlangsung secara sempurna
3. Basis perhitungan 1 jam

## 9.5 Perhitungan Neraca Massa

### 1. Neraca massa Suspension Pre-Heater

**Preheater : Berfungsi untuk proses pemanasan awal sebelum masuk kedalam alat Rotary Kiln**



Gambar 9.1 Blok diagram neraca masa suspension preheater

Udara Tersier : Udara panas dari cooler yang dimanfaatkan kembali untuk udara pembakaran di kalsiner

#### Kondisi operasi:

- Udara pembakaran = 2%
- Effisiensi pre-heater = 90%
- Basis operasi = 1 Jam

#### Komposisi umpan masuk pre-heater <1>

Tabel 9.1 Komposisi umpan masuk pre-heater

Komponen	% Massa
SiO <sub>2</sub>	13,43
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,64
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,20
CaCO <sub>3</sub>	77,80
MgCO <sub>3</sub>	2,43
SO <sub>3</sub>	0,10
Na <sub>2</sub> O	0,08
K <sub>2</sub> O	0,28
Cl	0,06
H <sub>2</sub> O	0,85
<b>Total</b>	<b>100</b>

(Sumber : Unit Seksi Pengendalian Proses, 15 November 2022)



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANGAN  
PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk  
SECTION OF RKC 2 OPERATION

Massa umpan masuk pre-heater

$$\begin{aligned} \text{Umpan masuk} &= 547,08383 \text{ ton/ jam} \\ &= 547.083,83 \text{ kg/ jam} \end{aligned}$$

(Sumber : Unit Seksi Evaluasi Proses, 15 November 2022)

Tabel 9.2 Komposisi umpan massa masuk preheater

komponen	Input		
	%massa	Massa (Ton)	Massa (kg)
SiO <sub>2</sub>	13,43	73,47	73473,35
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,64	19,91	19913,85
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,2	12,04	12035,84
CaCO <sub>3</sub>	77,80	425,62	425620,25
MgCO <sub>3</sub>	2,43	13,27	13272,25
SO <sub>3</sub>	0,1	0,55	547,08
Na	0,08	0,44	437,67
K <sub>2</sub> O	0,28	1,53	1531,83
Cl	0,06	0,33	328,25
H <sub>2</sub> O	0,85	4,65	4650,21
Total	100	551,81	551811

**Massa umpan tanpa H<sub>2</sub>O (umpan kering)**

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O yang dilepaskan} &= 4,65 \text{ ton} \\ &= 4650,21 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Umpan kering} &= \text{Massa umpan} - \text{massa H}_2\text{O yang terlepas} \\ &= 551,81 \text{ ton} - 4,65 \text{ ton} \\ &= 547,16 \text{ ton} \\ &= 547160,39 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Massa dust loss dari pre-heater**

$$\begin{aligned} \text{Asumsi} &= \text{massa dust loss diasumsikan } 10\% \text{ umpan kering} \\ \text{Dust loss} &= 10\% \times 547160,39 \text{ kg} \\ &= 54716,039 \text{ kg} \end{aligned}$$



### Massa umpan pre-heater sesungguhnya

$$\begin{aligned} \text{Massa umpan kering} - \text{dust loss} &= 547160,39 \text{ kg} - 54716,039 \text{ kg} \\ &= 492444,353 \text{ kg} \\ &= 492,44 \text{ ton} \end{aligned}$$

Tabel 9.3 Komposisi massa umpan pre-heater sesungguhnya

komponen	Input		
	%massa	Massa (Ton)	Massa (kg)
SiO <sub>2</sub>	13,43	66,13	66126,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,64	17,92	17922,47
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,20	10,83	10832,26
CaCO <sub>3</sub>	77,79	383,06	383058,23
MgCO <sub>3</sub>	2,43	11,95	11945,03
SO <sub>3</sub>	0,10	0,49	492,38
Na	0,08	0,39	393,90
K <sub>2</sub> O	0,28	1,38	1378,65
Cl	0,06	0,30	295,43
Total	100	492,44	492444

### Perhitungan massa total CO<sub>2</sub>

Komponen yang mengalami kalsinasi yaitu CaCO<sub>3</sub> dan MgCO<sub>3</sub>

Derajat kalsinasi = 90%

#### Reaksi Kalsinasi CaCO<sub>3</sub> :



$$\text{Mol CaCO}_3 = \text{CaCO}_3 \text{ yang terkalsinasi} \times \text{Berat Molekul CaCO}_3$$

$$= 344752,41 \text{ kg} \times 100 \text{ mol}$$

$$= 3447,52 \text{ kmol}$$

$$\text{CaCO}_3 \text{ yang terkalsinasi} = 90\% \times \text{mol CaCO}_3 \text{ dalam umpan}$$

$$= 344752,41 \text{ kg}$$

$$= 344,75 \text{ ton}$$





LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANGAN  
PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk  
SECTION OF RKC 2 OPERATION

---

$$\begin{aligned}\text{CaCO}_3 \text{ sisa} &= \text{Massa umpan CaCO}_3 \times 10\% \\ &= 383058.23 \text{ kg} \times 10\% \\ &= 38305,82 \text{ kg} \\ &= 38,31 \text{ ton}\end{aligned}$$

CaO yang terbentuk

$$\begin{aligned}\text{CaO} &= \text{mol CaCO}_3 \times \text{Berat Molekul CaO} \\ &= 3447,52 \text{ kmol} \times 56 \text{ mol} \\ &= 193061,35 \text{ kg} \\ &= 193,06 \text{ ton}\end{aligned}$$

CO<sub>2</sub> yang terbentuk

$$\begin{aligned}\text{CO}_2 &= \text{mol CaCO}_3 \times \text{Berat Molekul CO}_2 \\ &= 3447,52 \text{ kmol} \times 44 \text{ mol} \\ &= 151691,06 \text{ kg} \\ &= 151,69 \text{ ton}\end{aligned}$$

**Reaksi Kalsinasi MgCO<sub>3</sub> :**



$$\begin{aligned}\text{Mol MgCO}_3 &= \text{MgCO}_3 \text{ yang terkalsinasi} \times \text{BM MgCO}_3 \\ &= 10751 \text{ kg} \times 84 \text{ mol} \\ &= 127,98 \text{ kmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MgCO}_3 \text{ yang terkalsinasi} &= 90\% \times \text{mol MgCO}_3 \text{ dalam umpan} \\ &= 10751 \text{ kg} \\ &= 10,75 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MgCO}_3 \text{ sisa} &= \text{Massa umpan MgCO}_3 \times 10\% \\ &= 11945,03 \text{ kg} \times 10\% \\ &= 1194,50 \text{ kg} \\ &= 1,195 \text{ ton}\end{aligned}$$

MgO yang terbentuk

$$\begin{aligned}\text{MgO} &= \text{mol MgCO}_3 \times \text{BM MgO} \\ &= 127,98 \text{ kmol} \times 40 \text{ mol}\end{aligned}$$



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANGAN  
PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk  
SECTION OF RKC 2 OPERATION

$$= 5119,30 \text{ kg}$$

$$= 5,12 \text{ ton}$$

CO<sub>2</sub> yang terbentuk

$$\text{CO}_2 = \text{mol MgCO}_3 \times \text{BM CO}_2$$

$$= 127,98 \text{ kmol} \times 44 \text{ mol}$$

$$= 5631,23 \text{ kg}$$

$$= 5,63 \text{ ton}$$

Total CO<sub>2</sub> hasil kalsinasi = CO<sub>2</sub> yang terbentuk dari CaCO<sub>3</sub> + CO<sub>2</sub>

yang terbentuk dari MgCO<sub>3</sub>

$$= 151691,06 \text{ kg} + 5631,23 \text{ kg}$$

$$= 157322,29 \text{ kg}$$

$$= 157,322 \text{ ton}$$

**Massa umpan batu bara pre-heater <2>**

a. Batu bara pre-heater ILC = 7,14177 ton/jam

b. Batu bara pre-heater SLC = 14,85468 ton/jam

(Sumber : Unit Seksi Evaluasi Proses, 15 November 2022)

Maka didapatkan total umpan batu bara pre-heater

Umpan batu bara = 21,99645 ton/jam

$$= 21.996,45 \text{ kg/jam}$$

Tabel 9.4 Komposisi batu bara

Komponen	% Massa	Masaa (Ton)	Masaa (kg)
C	34,53	7,60	7595,22
H <sub>2</sub>	9,135	5,79	5787,15
N <sub>2</sub>	1,10	0,24	241,96
O <sub>2</sub>	26,31	2,01	2009,33
S	0	0,00	0,00
H <sub>2</sub> O	17,68	3,89	3888,89
Ash	11,25	2,47	2474,55
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>22,00</b>	<b>21997,10</b>

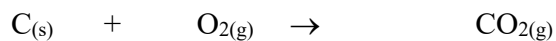


### Perhitungan massa O<sub>2</sub> yang dibutuhkan untuk reaksi

Asumsi : Reaksi pembakaran yang berlangsung sempurna, dimana derajat kesempurnaan reaksinya adalah 100% (*Sumber : Unit Seksi Pengendalian Proses*), komponen yang bereaksi C dan H<sub>2</sub>.

Derajat kalsinasi = 100%

### Reaksi Pembakaran Batubara :



Mol CO<sub>2</sub> yang terbentuk = Massa Karbon (C) yang masuk x BM C  
= 7595,22 kg x 12 mol  
= 632,93 kmol

Mol O<sub>2</sub> yang bereaksi = 632,93 kmol

CO<sub>2</sub> yang terbentuk = mol CO<sub>2</sub> yang terbentuk x BM CO<sub>2</sub>  
= 632,93 kmol x 44 mol  
= 27849,14 kg  
= 27,85 ton

O<sub>2</sub> yang diperlukan

O<sub>2</sub> = mol O<sub>2</sub> yang bereaksi x BM O<sub>2</sub>  
= 632,93 kmol x 32 mol  
= 20253,92 kg  
= 20,25 ton



Mol H<sub>2</sub>O yang terbentuk = Massa Hidrogen (H<sub>2</sub>) yang masuk x BM H<sub>2</sub>  
= 5787,15 kg x 2 mol  
= 2893,57 kmol



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANGAN  
PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk  
SECTION OF RKC 2 OPERATION

---

$$\begin{aligned}\text{Mol O}_2 \text{ yang bereaksi} &= \text{mol H}_2\text{O yang terbentuk} \times \frac{1}{2} \\ &= 2893,57 \text{ kmol} \times \frac{1}{2} \\ &= 1446,79 \text{ kmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{H}_2\text{O yang terbentuk} &= \text{mol H}_2\text{O yang terbentuk} \times \text{BM H}_2\text{O} \\ &= 2893,57 \text{ kmol} \times 18 \text{ mol} \\ &= 52084,33 \text{ kg} \\ &= 52,08 \text{ ton}\end{aligned}$$

O<sub>2</sub> yang diperlukan

$$\begin{aligned}\text{O}_2 &= \text{mol H}_2\text{O yang terbentuk} \times \text{BM O}_2 \\ &= 2893,57 \text{ kmol} \times 32 \text{ mol} \\ &= 46297,18 \text{ kg} \\ &= 46,30 \text{ ton}\end{aligned}$$

Total massa O<sub>2</sub> yang dibutuhkan untuk bereaksi :

$$\begin{aligned}\text{Massa O}_2 &= \text{massa O}_2 \text{ dari CO}_2 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \\ &= 27849,14 \text{ kg} + 0 \text{ kg} + 46297,18 \text{ kg} \\ &= 66551,10 \text{ kg} \\ &= 66,55 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Komposisi O}_2 \text{ dalam batu bara} &= 2009,33 \text{ kg} \\ &= 2,01 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka massa O}_2 \text{ teoritis} &= \text{Massa O}_2 \text{ dari ketiga reaksi} \\ &\quad - \text{massa O}_2 \text{ dalam batu bara} \\ &= (66551,10 - 2009,33) \text{ kg} \\ &= 64541,76 \text{ kg} \\ &= 64,54 \text{ ton}\end{aligned}$$

Asumsi : Udara pembakaran yang digunakan 2% excess

$$\begin{aligned}\text{Massa O}_2 \text{ sesungguhnya} &= 102\% \times \text{Kebutuhan O}_2 \text{ teoritis} \\ &= (100\% + 2\%) \times 64541,76 \text{ kg}\end{aligned}$$



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANGAN  
PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk  
SECTION OF RKC 2 OPERATION

$$= 65832,60 \text{ kg}$$

$$= 65,83 \text{ ton}$$

**Perhitungan massa udara (O<sub>2</sub>) tersier <3>**

Konsentrasi O<sub>2</sub> dalam udara = 21% x Kebutuhan O<sub>2</sub> yang sesungguhnya

$$= 65832,60 \text{ kg} \times \frac{100\%}{21\%}$$

$$= 313488,56 \text{ kg}$$

$$= 313,49 \text{ ton}$$

**Perhitungan massa udara (N<sub>2</sub>)**

Massa udara N<sub>2</sub> = Kebutuhan O<sub>2</sub> yang sesungguhnya x 79%

$$= 65832,60 \text{ kg} \times \frac{79\%}{100\%}$$

$$= 247655,96 \text{ kg}$$

$$= 247,66 \text{ ton}$$

**Perhitungan massa sisa udara (O<sub>2</sub>) pembakaran**

Massa sisa udara = Kebutuhan O<sub>2</sub> sesungguhnya - O<sub>2</sub> teoritis

$$= 65832,60 \text{ kg} - 64541,76 \text{ kg}$$

$$= 1290,84 \text{ kg}$$

$$= 1,29 \text{ ton}$$

**Perhitungan gas hasil pembakaran preheater <5>**

Tabel 9.5 Komposisi gas hasil pembakaran preheater

Komponen	Massa (Ton)	Massa (kg)
CO <sub>2</sub>	27,85	27849,14
N <sub>2</sub>	247,66	247655,96
H <sub>2</sub> O	52,08	52084,33
SO <sub>2</sub>	0,00	0,00
Total	327,59	327589,43



**Perhitungan komposisi massa output preheater <4>**

Tabel 9.6 Komposisi massa umpan kiln

Komponen	Massa (Ton)	Massa (Kg)
SiO <sub>2</sub>	66,13	66126,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,92	17922,47
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,83	10832,26
CaCO <sub>3</sub> sisa	38,31	38305,82
MgCO <sub>3</sub> sisa	1,19	1194,50
CaO	193,06	193061,35
MgO	5,12	5119,30
SO <sub>3</sub>	0,49	492,38
Na	0,39	393,90
K <sub>2</sub> O	1,38	1378,65
Cl	0,30	295,43
Ash	2,47	2474,55
Total	337,60	337596,62



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANGAN  
PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk  
SECTION OF RKC 2 OPERATION

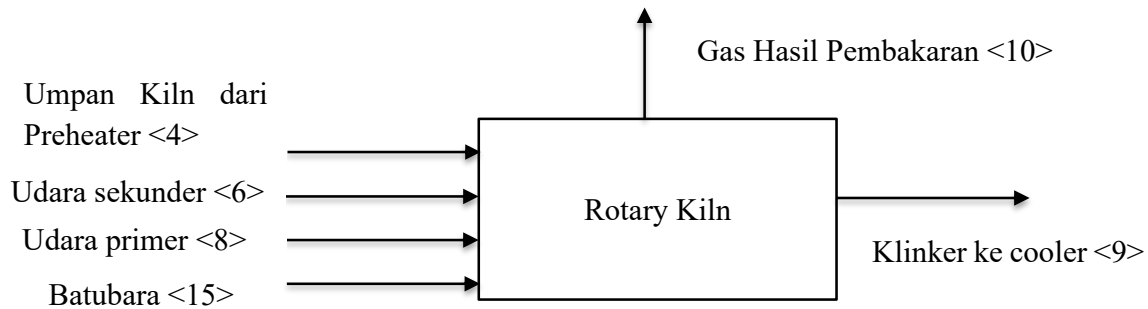
Sehingga didapatkan neraca massa pre-heater

Tabel 9.7 Neraca masa preheater

Input			Output		
Dari Blending Silo <1>			Kiln Feed <4>		
Komponen	xmass	Massa (kg)	Komponen	xmass	Massa (kg)
SiO <sub>2</sub>	0,134	73473,35	SiO <sub>2</sub>	0,196	66126,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,036	19913,85	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,053	17922,47
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,022	12035,84	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,032	10832,26
CaCO <sub>3</sub>	0,778	425620,25	CaCO <sub>3</sub> sisa	0,113	38305,82
MgCO <sub>3</sub>	0,024	13272,25	MgCO <sub>3</sub> sisa	0,004	1194,50
SO <sub>3</sub>	0,001	547,08	CaO	0,572	193061,35
Na	0,001	437,67	MgO	0,015	5119,30
K <sub>2</sub> O	0,003	1531,83	SO <sub>3</sub>	0,001	492,38
Cl	0,001	328,25	Na	0,001	393,90
H <sub>2</sub> O	0,009	4650,21	K <sub>2</sub> O	0,004	1378,65
Total	1	551810,60	Cl	0,001	295,43
<b>Batubara Kalsiner &lt;2&gt;</b>			Ash	0,007	2474,55
Komponen	xmass	Massa (kg)	Total	1	337596,62
C	0,345	7595,22	<b>Gas Hasil Pembakaran &lt;5&gt;</b>		
H <sub>2</sub>	0,263	5787,15	Komponen	xmass	Massa (kg)
N <sub>2</sub>	0,011	241,96	CO <sub>2</sub>	0,085	27849,14
O <sub>2</sub>	0,091	2009,33	N <sub>2</sub>	0,756	247655,96
S	0,000	0,00	H <sub>2</sub> O	0,159	52084,33
H <sub>2</sub> O	0,177	3888,89	SO <sub>2</sub>	0,000	0,00
Ash	0,112	2474,55	Total	1	327589,43
Total	1	21997,10			
<b>Udara Tersier &lt;3&gt;</b>			CO <sub>2</sub> Hasil kalsinasi		157322,29
Komponen	xmass	Massa (kg)	O <sub>2</sub> sisa GHP		1290,84
N <sub>2</sub>	0,79	247655,96	Uap H <sub>2</sub> O		4650,212
O <sub>2</sub>	0,21	65832,60	N <sub>2</sub> di Batubara		241,96
Total	1	313488,56	H <sub>2</sub> O di batubara		3888,89
			Debu		54716,039
<b>Total</b>		<b>887296,27</b>	<b>Total</b>		<b>887296,27</b>

## 2. Neraca massa Rotary Kiln

Fungsi : Digunakan sebagai tempat terjadinya kalsinasi lanjutan dan terjadi proses klinkerisasi



Gambar 9. 2 Blok diagram neraca masa rotary kiln

### Kondisi operasi:

- Reaksi Pembakaran batu bara = 100%
- Derajat kalsinasi = 10%

### Komposisi produk umpan kiln dari Preheater <4>

Tabel 9.8 Komposisi produk umpan kiln

Komponen	xmass	Massa (Ton)	Massa (Kg)
SiO <sub>2</sub>	0,196	66,13	66126,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,053	17,92	17922,47
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,032	10,83	10832,26
CaCO <sub>3</sub> sisa	0,113	38,31	38305,82
MgCO <sub>3</sub> sisa	0,004	1,19	1194,50
CaO	0,572	193,06	193061,35
MgO	0,015	5,12	5119,30
SO <sub>3</sub>	0,001	0,49	492,38
Na	0,001	0,39	393,90
K <sub>2</sub> O	0,004	1,38	1378,65
Cl	0,001	0,30	295,43
Ash	0,007	2,47	2474,55
Total	1	337,60	337596,62

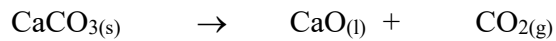




**Reaksi kalsinasi lanjutan :**

Di dalam rotary kiln terjadi kalsinasi lanjutan dari komponen  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{MgCO}_3$  yang belum terkalsinasi sempurna di preheater.

**Reaksi Kalsinasi  $\text{CaCO}_3$  :**



$$\text{Mol CaCO}_3 = 383,06 \text{ kmol}$$

$$\begin{aligned} \text{CaCO}_3 \text{ yang terkalsinasi} &= 38305,82 \text{ kg} \\ &= 38,31 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CaO yang terbentuk} &= \text{mol CaCO}_3 \times \text{Berat Molekul CaO} \\ &= 21451,26 \text{ kg} \\ &= 21,45 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ yang terbentuk} &= \text{mol CaCO}_3 \times \text{Berat Molekul CO}_2 \\ &= 16854,56 \text{ kg} \\ &= 16,85 \text{ ton} \end{aligned}$$

**Reaksi Kalsinasi  $\text{MgCO}_3$  :**



$$\text{Mol MgCO}_3 = 14,22 \text{ kmol}$$

$$\begin{aligned} \text{MgCO}_3 \text{ yang terkalsinasi} &= 1195 \text{ kg} \\ &= 1,19 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MgO yang terbentuk} &= \text{mol MgCO}_3 \times \text{Berat Molekul MgO} \\ &= 568,81 \text{ kg} \\ &= 0,57 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ yang terbentuk} &= \text{mol MgCO}_3 \times \text{Berat Molekul CO}_2 \\ &= 625,69 \text{ kg} \\ &= 0,63 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ hasil kalsinasi} &= \text{CO}_2 \text{ yang terbentuk dari CaCO}_3 + \text{CO}_2 \\ &\quad \text{yang terbentuk dari MgCO}_3 \end{aligned}$$



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANGAN  
PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk  
SECTION OF RKC 2 OPERATION

$$= .17480,25 \text{ kg}$$

$$= 17,480 \text{ ton}$$

Total CaO = CaO hasil kalsinasi di preheater + CaO hasil kalsinasi di kiln

$$= 214512,61 \text{ kg}$$

$$= 214,51 \text{ ton}$$

Total MgO = MgO hasil kalsinasi di preheater + MgO hasil kalsinasi di kiln

$$= 5688,11 \text{ kg}$$

$$= 5,69 \text{ ton}$$

**Komposisi umpan batu bara kiln <15>**

Tabel 9.9 Komposisi umpan batu bara kiln

Komponen	% massa	Massa (Ton)	Massa (Kg)
C	34,53	7,39	7392,53
H <sub>2</sub>	26,31	5,63	5632,71
N <sub>2</sub>	1,10	0,24	235,50
O <sub>2</sub>	9,14	1,96	1955,71
S	0,00	0,00	0,00
H <sub>2</sub> O	17,68	3,79	3785,11
Ash	11,25	2,41	2408,51
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>21,41</b>	<b>21410,07</b>

(Sumber : Unit Seksi Evaluasi Proses, 15 November 2022)

$$\text{Input batubara} = 21410,07 \text{ kg}$$

$$= 21,41 \text{ ton}$$

$$\text{Massa batubara kering} = 17624,89 \text{ kg}$$

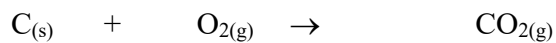
$$= 17,62 \text{ ton}$$

**Perhitungan massa O<sub>2</sub> yang dibutuhkan untuk reaksi**

Asumsi : Reaksi pembakaran batu bara berlangsung sempurna, dimana derajat kesempurnaan reaksinya adalah 100% (Sumber : Unit Seksi Pengendalian Proses), komponen yang bereaksi C, S, dan H<sub>2</sub>.



**Reaksi Pembakaran Batubara :**



Mol CO<sub>2</sub> yang terbentuk = Massa Karbon (C) yang masuk x BM C  
= 616,04 kmol

Mol O<sub>2</sub> yang bereaksi = 616,04 kmol

CO<sub>2</sub> yang terbentuk = mol CO<sub>2</sub> yang terbentuk x BM CO<sub>2</sub>  
= 27105,93 kg  
= 27,11 ton

O<sub>2</sub> yang diperlukan

O<sub>2</sub> = mol O<sub>2</sub> yang bereaksi x BM O<sub>2</sub>  
= 19713,41 kg  
= 19,71 ton



Mol H<sub>2</sub>O yang terbentuk = Massa Hidrogen (H<sub>2</sub>) yang masuk x BM H<sub>2</sub>  
= 2816,35 kmol

Mol O<sub>2</sub> yang bereaksi = mol H<sub>2</sub>O yang terbentuk x ½  
= 1408,18 kmol

H<sub>2</sub>O yang terbentuk = mol H<sub>2</sub>O yang terbentuk x BM H<sub>2</sub>O  
= 50694,37 kg  
= 50,69 ton

O<sub>2</sub> yang diperlukan

O<sub>2</sub> = mol H<sub>2</sub>O yang terbentuk x BM O<sub>2</sub>  
= 45061,66 kg  
= 45,06 ton



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANGAN  
PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk  
SECTION OF RKC 2 OPERATION

---

Total massa O<sub>2</sub> yang dibutuhkan untuk bereaksi :

$$\begin{aligned}\text{Massa O}_2 &= 19713,41 \text{ kg} + 0 \text{ kg} + 45061,66 \text{ kg} \\ &= 64775,07 \text{ kg} \\ &= 64,78 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Komposisi O}_2 \text{ dalam batu bara} &= 1955,71 \text{ kg} \\ &= 1,96 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka massa O}_2 \text{ teoritis} &= (64775,07 - 1955,71) \text{ kg} \\ &= 62819,36 \text{ kg} \\ &= 62,82 \text{ ton}\end{aligned}$$

Asumsi : Udara pembakaran yang digunakan 2% excess

$$\begin{aligned}\text{Massa O}_2 \text{ sesungguhnya} &= (100\% + 2\%) \times 62819,36 \text{ kg} \\ &= 64075,75 \text{ kg} \\ &= 64,08 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Udara yang dibutuhkan} &= \frac{100\%}{21\%} \times 64075,75 \text{ kg} \\ &= 305122,60 \text{ kg} \\ &= 305,12 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{N}_2 \text{ yang dibutuhkan} &= \frac{71\%}{21\%} \times 64075,75 \text{ kg} \\ &= 241046,85 \text{ kg} \\ &= 241,05 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{O}_2 \text{ sisa pembakaran} &= (62819,36 - 64075,75) \text{ kg} \\ &= 1256,39 \text{ kg} \\ &= 1,26 \text{ ton}\end{aligned}$$

**Massa udara Primer <8>**

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas udara primer sebesar} &= 15000 \text{ m}^3 \\ \text{Densitas udara primer} &= 1,152 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Massa udara primer} &= 17280 \text{ kg} \\ &= 17,28 \text{ ton}\end{aligned}$$



### Massa Udara sekunder <6>

$$\begin{aligned} \text{Massa udara sekunder} &= 287842,60 \text{ kg} \\ &= 287,84 \text{ ton} \end{aligned}$$

### Komposisi gas dari kiln <10>

Tabel 9.10 Komposisi gas hasil pembakaran

Komponen	Massa (Ton)	Massa (Kg)
CO <sub>2</sub>	27,11	27105,93
N <sub>2</sub>	241,05	241046,85
H <sub>2</sub> O	50,69	50694,37
SO <sub>2</sub>	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>318,85</b>	<b>318847,16</b>

### Perhitungan massa Ash

$$\begin{aligned} \text{Massa ash} &= \text{Abu dari pre-heater} + \text{abu dari kiln} \\ &= 4883,06 \\ &= 4,88 \text{ ton} \end{aligned}$$

### Komposisi Output Kiln <9>

Tabel 9.11 Komposisi Output Kiln

Komponen	Massa (Ton)	Massa (Kg)
SiO <sub>2</sub>	66,13	66126,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,92	17922,47
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,83	10832,26
CaO	214,51	214512,61
MgO	5,69	5688,11
Ash	4,88	4883,06
<b>Total</b>	<b>319,96</b>	<b>319964,52</b>



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANGAN  
PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk  
SECTION OF RKC 2 OPERATION

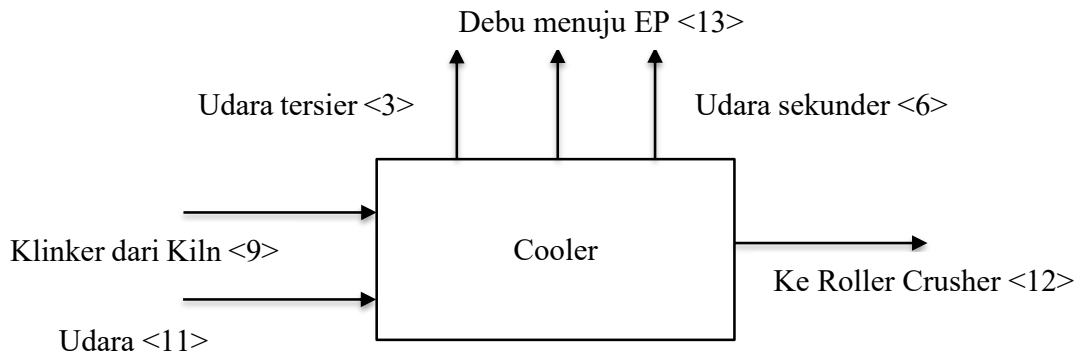
Sehingga didapatkan neraca massa kiln

Tabel .12 Neraca Massa Kiln

Input			Output		
Dari Preheater <4>			Klinker Panas <9>		
Komponen	xmass	Massa (kg)	Komponen	xmass	Massa (kg)
SiO <sub>2</sub>	0,1959	66126,02	SiO <sub>2</sub>	0,21	66126,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,0531	17922,47	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,06	17922,47
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,0321	10832,26	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	10832,26
CaCO <sub>3</sub> sisa	0,1135	38305,82	CaO	0,67	214512,61
MgCO <sub>3</sub> sisa	0,0035	1194,50	MgO	0,02	5688,11
CaO	0,5719	193061,35	Ash	0,02	4883,06
MgO	0,0152	5119,30	Total	1	319964,52
SO <sub>3</sub>	0,0015	492,38	Gas Hasil Pembakaran <10>		
Na	0,0012	393,90	Komponen	xmass	Massa (kg)
K <sub>2</sub> O	0,0041	1378,65	CO <sub>2</sub>	0,09	27105,93
Cl	0,0009	295,43	N <sub>2</sub>	0,76	241046,85
Ash	0,0073	2474,55	H <sub>2</sub> O	0,16	50694,37
Total	1	337596,62	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00
Batubara <15>			Total	1	318847,16
Komponen	xmass	Massa (kg)			
C	0,4762	7392,53	CO <sub>2</sub> Hasil kalsinasi		17480,25
H <sub>2</sub>	0,0593	5632,71	O <sub>2</sub> sisa GHP		1256,39
N <sub>2</sub>	0,0086	235,50	N <sub>2</sub> di Batubara		235,50
O <sub>2</sub>	0,2596	1955,71	H <sub>2</sub> O di batubara		3785,11
S	0,0013	0,00	Debu		2560,35
H <sub>2</sub> O	0,148	3785,11			
Ash	0,047	2408,51			
Total	1	21410,07			
Udara Primer <8>					
Komponen	xmass	Massa (kg)			
N <sub>2</sub>	0,79	13651,20			
O <sub>2</sub>	0,21	3628,80			
Total	1	17280,00			
Udara Sekunder <6>					
N <sub>2</sub>	0,79	227395,65			
O <sub>2</sub>	0,21	60446,95			
Total	1	287842,60			
<b>Total</b>		<b>664129,28</b>	<b>Total</b>		<b>664129,28</b>

### 3. Neraca massa Cooler

Fungsi : Digunakan untuk mendinginkan clinker



Gambar 9.3 Blok diagram neraca masa cooler

#### Kondisi operasi:

- Massa klinker panas = 319964,52 kg  
= 319,96 ton
- Kebutuhan udara total = 2,34 kg udara/kg klinker
- Massa udara tersier <3> = 313488,56 kg  
= 313,49 ton
- Massa udara sekunder <6> = 287842,60 kg  
= 287,84 ton

#### Komposisi produk klinker dari kiln <9>

Tabel 9.13 Komposisi klinker dari kiln

Komponen	%massa	Massa (Ton)	Massa (Kg)
SiO <sub>2</sub>	20,67	66,13	66126,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,60	17,92	17922,47
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,39	10,83	10832,26
CaO	67,04	214,51	214512,61
MgO	1,78	5,69	5688,11
Ash	1,53	4,88	4883,06
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>319,96</b>	<b>319964,52</b>



**Kebutuhan Udara <11>**

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas blower pada fan} &= \text{Kebutuhan udara total x umpan} \\ &\quad \text{cooler} \\ &= 2,34 \times 319964,52 \text{ kg} \\ &= 777513,7903 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Massa debu menuju EP <13>**

$$\begin{aligned} \text{Debu dari fan ke EP} &= 2\% \text{ klinker panas x massa total} \\ &= 2\% \times 319964,52 \text{ kg} \\ &= 6399,29 \text{ kg} \\ \text{Efisiensi EP} &= 99,90\% \\ \text{Klinker tersirkulasi} &= \text{Debu dari fan ke EP x efisiensi EP} \\ &= 6399,29 \text{ kg} \times 99,90\% \\ &= 6392,89 \text{ kg} \\ \text{Debu keluar EP} &= \text{Debu dari fan ke EP} - \text{klinker} \\ &\quad \text{tersirkulasi} \\ &= 6399,29 \text{ kg} - 6392,89 \text{ kg} \\ &= 6,40 \text{ kg} \\ \text{Sisa udara masuk ke roller mill} &= \text{Kapasitas blower pada fan} - \text{udara} \\ &\quad \text{sekunder} - \text{udara tersier} \\ &= 777513,7903 \text{ kg} - 287842,60 \text{ kg} - \\ &\quad 313488,56 \text{ kg} \\ &= 147385,82 \text{ kg} \end{aligned}$$





**Komposisi produk klinker dingin <12>**

Tabel 9.14 Komposisi produk klinker dingin

<b>Komponen</b>	<b>xmass</b>	<b>massa (kg)</b>
SiO <sub>2</sub>	0,21	64803,50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,06	17564,02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	10615,61
CaO	0,67	210222,36
MgO	0,02	5574,35
Ash	0,02	4785,40
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>313565,23</b>



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANGAN  
PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk  
SECTION OF RKC 2 OPERATION

Sehingga didapatkan neraca massa cooler

Tabel 9.15 Neraca Massa Cooler

Input			Output		
Klinker dari kiln <9>			Ke Roller Crusher <12>		
Komponen	xmass	massa (kg)	Komponen	xmass	Massa (Kg)
SiO <sub>2</sub>	0,21	66126,02	SiO <sub>2</sub>	0,21	64803,50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,06	17922,47	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,06	17564,02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	10832,26	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	10615,61
CaO	0,67	214512,61	CaO	0,67	210222,36
MgO	0,02	5688,11	MgO	0,02	5574,35
Ash	0,02	4883,06	Ash	0,02	4785,40
Total	1,00	319964,52	Total	1,00	313565,23
Udara <11>			Udara sekunder <6>		
N <sub>2</sub>	0,79	591486,42	N <sub>2</sub>	0,79	227395,65
O <sub>2</sub>	0,21	157230,57	O <sub>2</sub>	0,21	60446,95
Total	1	748716,98	Total	1	287842,60
			Udara tersier <3>		
			N <sub>2</sub>	0,79	247655,96
			O <sub>2</sub>	0,21	65832,60
			Total	1	313488,56
			Debu Menuju EP <13>		
			N <sub>2</sub>	0,79	116434,80
			O <sub>2</sub>	0,21	30951,02
			Total	1	147385,82
			Debu keluar EP		6399,29
			<b>Total</b>		1068681,51



## 9.6 Kesimpulan Tugas Khusus

Berdasarkan data perhitungan neraca massa pada sistem Kiln yang telah diperoleh pada tabel tersebut maka dapat diketahui neraca massa total dari alat preheater diperoleh dengan data komponen input yaitu umpan masuk dari blending silo, umpan batu bara, massa udara tersier yang masuk dengan total massa input sebesar 887296,27 kg/jam. Sedangkan data komponen output yaitu umpan kiln, massa debu, CO<sub>2</sub> hasil kalsinasi, gas hasil pembakaran, massa uap H<sub>2</sub>O, massa N<sub>2</sub> di batubara, massa H<sub>2</sub>O di batubara dengan total massa output sebesar 887296,27 kg/jam. Berdasarkan neraca massa total rotary kiln diperoleh data komponen input yaitu umpan dari preheater, umpan batu bara yang masuk, massa udara primer, massa udara sekunder dengan total massa input sebesar 664129,28kg/jam. Sedangkan data komponen output rotary kiln yaitu massa klinker panas, massa CO<sub>2</sub> hasil kalsinasi, massa gas hasil pembakaran sebesar 318847,16 kg/jam, massa H<sub>2</sub>O teruapkan, massa N<sub>2</sub> dari batu bara, massa O<sub>2</sub> sisa hasil gas pembakaran sebesar dan massa debu dengan total massa output sebesar 664129,28 kg/jam. Berdasarkan neraca massa total cooler diperoleh data komponen input yaitu klinker dari kiln dan udara pendingin. Dengan total massa input sebesar 1068681,51 kg/jam. Sedangkan data komponen output cooler yaitu massa klinker dingin, massa udara sekunder, massa udara tersier, debu ke EP dengan total massa output sebesar 1068681,51 kg/jam. Dari hasil perhitungan Hasil dari perhitungan neraca massa di sistem kiln Unit RKC 2 PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban, didapatkan hasil massa yang masuk (input) = massa yang keluar output pada tiap alat di system kiln masih seimbang (balance). Dari hasil perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa tidak ada masalah dengan kinerja pada sistem kiln yang terdiri dari alat preheater, rotary kiln, dan cooler.



## BAB X PENUTUP

### 10.1 Kesimpulan

Dari hasil kerja praktek yang telah dilakukan selama satu bulan di PT. Semen Gresik, Tbk pabrik Tuban dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk Pabrik Tuban terletak sekitar 24 km dari kota Tuban, tepatnya di Desa Sumberarum, Kecamatan Kerek, Kabupaten Tuban. Berdasarkan bahan baku utama yaitu tanah liat dan batu kapur yang jumlahnya melimpah dan memiliki kualitas yang baik sehingga menunjang kualitas produksi semen mampu memenuhi Standar Industri Indonesia (SII/SNI). Proses yang digunakan adalah proses kering.
2. Pada PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk dalam pembuatan semen terdapat 5 tahap proses, yaitu proses persiapan bahan baku, proses penggilingan bahan baku, proses pembakaran, proses penggilingan terak, dan pengemasan. Adapun unit penunjang dan pengendalian kualitas produksi meliputi, pengendalian emisi, pengendalian proses, evaluasi proses, dan jaminan mutu, operasi utilitas.
3. Pada pembuatan semen di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk digunakan bahan koreksi yaitu cooper slag dan pasir silica sebagai bahan penambah mineraloksida yang tidak terkandung dalam bahan baku utama. Sedangkan bahan tambahan yang digunakan adalah trass dan gypsum sebagai penentu sifat semen.
4. PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk memproduksi beberapa semen yang disesuaikan dengan permintaan konsumen. Beberapa tipe semen yang terdapat pada pabrik PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, yaitu *Ordinary Portland Cement (OPC)*, *Semen Portland Tipe II*, *Semen Portland Tipe V*, *Special Blended Cement (SBC)*, *Portland Pozzolan Cement (PPC)*, *Portland Composite Cement (PCC)*, *Oil Well Cement (OWC) Class G HRC*,



*Super White Cement.* Semen Portland Tipe I dan Semen PCC tersedia di pasar retail zak, Semen Portland Tipe 1, PPC dan PCC tersedia di pasar.

## 10.2 Saran

Beberapa saran yang dapat kami berikan untuk PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk sebagai berikut :

1. Peningkatan kualitas sumber daya manusia (SDM) pada PT Semen Indonesia (Persero) Tbk merupakan hal yang sangat tepat untuk dilakukan supaya kualitas produk semen menjadi lebih baik dengan efisiensi produksi yang lebih besar.
2. Peningkatan sinergi dan integritas yang lebih bagi PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban dengan masyarakat sekitar seperti pemberdayaan kualitas SDM sekitar maupun desa binaan sehingga masyarakat merasa terbantu dan tidak ada pihak yang merasa dirugikan.