E-ISSN : 2629 - 6362 (ONLINE)
JIMR : Journal Of International Multidisciplinary Research
Publisher :
AZRAMEDIA INDONESIA
Pusat Studi Ekonomi Publikasi Ilmiah dan Pengembangan SDM

EVALUASI KINERJA UNIT *CALCINER* DITINJAU DARI *EFESIENSI THERMAL* PADA PT SEMEN BATURAJA (PERSERO) Tbk

Fadila Ardiani[a*], Safaruddin[b], Robiansyah[c]
[a]Fakultas Teknik Universitas Lampung
[b]SMBR Learning Development
[c]Manager Qualiti Control
E-mail: safaruddintohir@gmail.com

ARTICLE HISTORY
Received:
28 Desember 2022
Revised
29 Desember 2022
Accepted:
29 Desember 2022
Online Available:
31 Desember 2022

Kata Kunci :
Kalsiner,Neraca Massa dan Energi dan Efesiensi Thermal

Keywords :
Calsiner, Mass and Heat Balance, Thermal Efficiency.

*Correspondence:
Nama : **Fadila Ardiani**
E-mail:
fadilaaja19@gmail.com

Abstrak
Kalciner merupakan alat bantu pemanasan yang digunakan semua produk rotary kiln modern. Kalciner merupakan alat pemanasan awal dan tempat terjadinya reaksi kalsinasi awal sebelum masuk ke kiln. Kalciner telah beroperasi pada waktu yang cukup lama, mengingat penggunaannya maka diperlukan analisa mengenai efisiensi kinerja alat Kalciner. Alat Kalsiner yang merupakan alat yang digunakan sebagai tempat terjadinya proses kalsinasi batu kapur dan pembakaran bahan bakar secara simultan di suatu pabrik semen. Penambahan kalsiner pada pabrik semen bertujuan untuk mengurangi *burning zone load* di kiln karena bahan bakar ke kalsiner mencapai 60%, meningkatkan kapasitas produksi kiln, serta membuat pengoperasian kiln lebih stabil. Kalciner menggunakan batubara sebagai bahan bakar yang kontak dengan udara panas dari kiln (udara tersier) yang berasal dari grate cooler. Dalam pengembangan sistem calciner ini, masing-masing pabrik semen mempunyai desain yang berbeda-beda, namun mempunyai tujuan yang sama yaitu menaikkan derajat kalsinasi dan meningkatkan kapasitas produksi serta menurunkan konsumsi energi, terutama energi panas yang digunakan pada kiln. Tujuan dari penggunaan Kalciner adalah mengurangi beban pembakaran dari rotary kiln. Pada PT Semen Baturaja (Persero). menggunakan preheater dengan 5 tingkat, dimana calciner ditempatkan setelah siklon IV kemudian hasil Kalciner ke siklon V. Kalciner memiliki tinggi total 59,75 meter dengan diameter dalam 7,6 meter. Pada bagian atas dan bawah berbentuk cone dimana cone atas lebih besar diameter dari pada cone bagian bawah. Hal ini, karena feed berupa padatan dan pada bagian bawah masuk udara tersier yang berupa gas pada PT Semen Baturaja Tbk.

Abstract
Calciner is a heating aid used in all modern rotary kiln products. The calciner is a preheating device and a place for the reaction to occur preliminary calcination before entering the kiln. Calciner has been operating at the right time long enough, considering its use, it is necessaryto analyze the efficiency Calciner tool performance. Calciner tool which is a tool that is used as a place for the process of calcining limestone and burning fuel simultaneously in a cement factory. The addition of calciner to the cement plant aims to reduce the burning zone load in the kiln because the fuel to the calciner reaches 60%, increases the production capacity of the kiln, and makes the operation of the kiln more stable. The calciner uses coal as fuel whichis in contact with hot air from the kiln (tertiary air) coming from the grate cooler. In the development of this calciner system, each cement plant has a different design, but has the same goal, namely to increase the degree of calcination and increase production capacityand reduce energy consumption, especially heat energy used in the kiln. The purpose of using the Calciner is to reduce the burning load of the rotary kiln. at PT Semen Baturaja Tbk. using a preheater with 5 levels, where the calciner is placed after cyclone IV then the calciner results to cyclone V. The calciner has a total height of 59.75 meters with an inner diameter of 7.6 meters. At the top and bottom are cone-shaped where the top cone is larger in diameter than the bottom cone. This is because the feed is in the form of solids and at the bottom enters the tertiary air in the form of gas at PT Semen Baturaja Tbk.

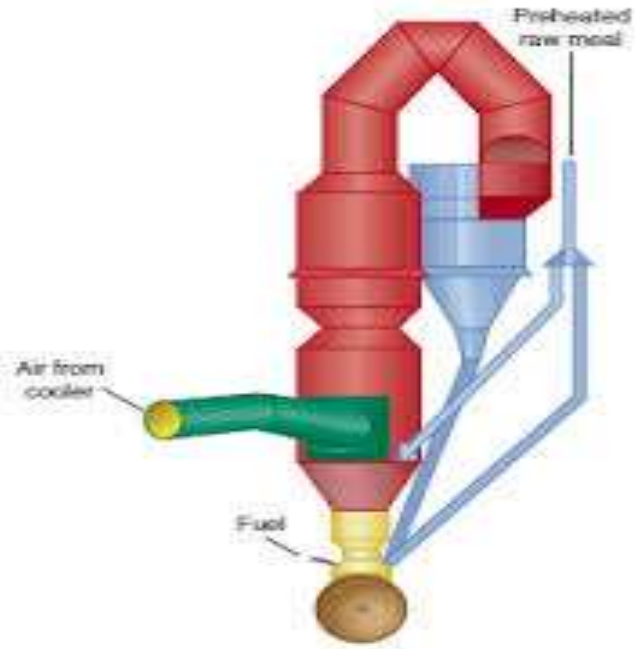
PENDAHULUAN

Calciner merupakan bagian dari preheater yang berfungsi membantu kinerja kiln dalam mendekomposisi CaCO3 menjadi CaO. Untuk mengetahui kinerja dari Calciner dapat dilakukan perhitungan neraca massa dan neraca panas dari alat selama proses berlangsung. Analisis kinerja suatu peralatan perlu dilakukan secara berkala sehingga performa kerja alat dapat dijaga dan tetap berkerja efektif.

Calciner merupakan alat bantu pemanasan yang digunakan semua produk rotary kiln modern *Calsiner* adalah merupakan salah satu reaktor di dalam suatu pabrik semen dengan proses kering. Kalsiner adalah suatuperalatan yang digunakan untuk proses kalsinasi. Proses kalsinasi adalah proses penguraian karbonat menjadi oksida CaO dan MgO serta CO^2 sebagai gas. Proses kalsinasi adalah proses penguraian karbonat menjadi oksida CaO dan MgO serta CO^2 sebagai gas. Proses kalsinasi berlangsung dari cyclone I hingga cyclone III pada temperature yang berbeda dengan keberhasilan derajat kalsinasi (persentasi unsur CaO yang terurai dari senyawa karbonat) sesuai dengan desain preheater yang digunakan.

Calciner memiliki tinggi total 59,75 meter dengan diameter dalam 7,6 meter. Pada bagian atas dan bawah berbentuk cone dimana cone atas lebih besar diameter daripada cone bagian bawah. Hal ini karena feed berupa padatan dan pada baian bawah masuk udara tersier yang berupa gas. Selain itu cone yang berdiameter kecil memberikan tekanan pada udara tersiersehingga lidah api dapat mencapai tinggi maksimal. Berada di dekat udara tersier imput batubara melewati lubang kecil yang masuk dari 2 arah. Kemudian hasil keluar dari atas dan menuju siklon V.

Jenis *Calciner* yang digunakan pada PT Semen Baturaja II (Persero) Tbk.,yaitu *In-Line Calciner* (ILC). Sistem kilm dengan *In-Line Calciner* (ILC) dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



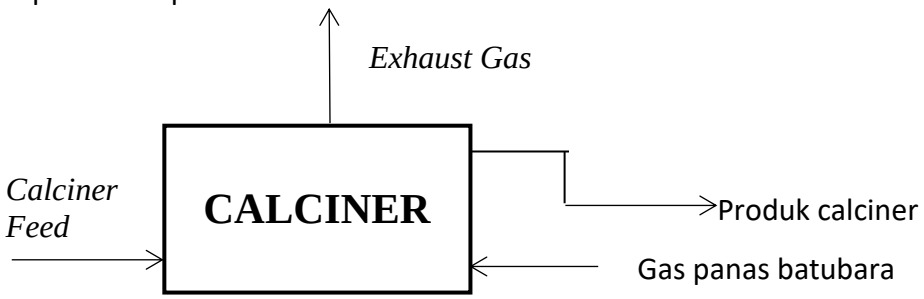
Gambar 1.1 *In-Line Calciner* (ILC).

Mengingat besarnya peranan *Calciner* dalam proses pembuatan semen di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk., maka perlu dilakukannya suatu evaluasi terhadap kinerja dari alat tersebut.

METODE PENELITIAN

Metode perhitungan yang dipakai adalah dengan cara mengihitung neraca massa, neraca energi serta efesiensi thermal pada calsiner tersebut. Penentuan efisiensi thermal dari calciner sangat penting karena menggambarkan konerja dari calciner, baik atau tidaknya kinerja calciner dapat dilihat dari efisiensi thermal calciner. Efesiensi thermal dari calciner dilakunan dengan dua tahap yaitu menghitung neraca massa dan neraca energi. Perhitungan neraca massa diperlukan dalam perhitungan neraca energi. Sedangkan, perhitungan neraca energi diperlukan dalam perhitungan efesiensi thermal calciner. Pengambilan data dilakukan selama 4 hari mulai dari tanggal 16 januari 2023 sampai 19 januari 2023.

Untuk menghitung neraca massa kita dapat menentukan blok diagram alirnya terlebih dahulu. Diagram balok unit *Calciner* di PT Semen Baturaja II (Persero) Tbk.dapat dilihat pada Gambar 5.4



Gambar 3.1 Diagram balok unit *Calciner*

Menghitung Neraca Massa

Perhitungan Neraca massa didasarkan atas hukum kekekalan massa dengan persamaandibawah ini:

$$\sum m_{in} = \sum m_{out}$$

Untuk menghitung efisiensi thermal dari unit calciner tersebut dilakukanlah perhitungan dengan :

Dimana:

$\sum m_{in}$ = $m_{umpan\ calciner}$ + $m_{batubara}$ + $m_{udara\ tersier}$

$\sum m_{out}$ = $m_{gas\ pembakaran}$ + $m_{produk\ calciner}$

Massa Input *Calciner*

a. Menghitung massa *Calciner Feed* dari data *Kiln feed*
   Massa umpan kalsiner didapatkan dari hasil perhitungan massa keluar preheater, dihitungdengan cara:
   - Menghitung raw mix setelah penguapan H_2O di preheater.
   - Menghitung umpan kalsiner setelah dikurangi dengan *dust loss*

b. Menghitung mol reaksi yang terkalsinasi. Reaksi kimia yang terjadi dalam

proseskalsinasi pada *calciner* adalah sebagai berikut:

$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2$ *(Sumber:Hougen1961h.311)*

$MgCO_3 \longrightarrow MgO + CO_2$

c. Menghitung massa komponen batubara di *calciner.* Massa komponen batubara dapatditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$\mathbf{m_{(bb)} = \% \, m_{(bb)} \times m_{total(bb)}}$ *(Sumber: Hougen 1961 h.417)*

Dimana:

$m_{(bb)}$ = massa komponen batubara (kg)

$\% \, m_{(bb)}$ = komponen massa batubara (% m)

$M_{total(bb)}$ = massa total komponen batubara (kg)

d. Menghitung massa komponen abu batubara di *calciner.* Massa komponen abu batubara dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$\mathbf{m_{(abu)} = \% \, m_{(abu)} \times m_{total(abu}}$ *(Sumber: Hougen 1961 h.417)*Dimana:

$m_{(abu)}$ = massa komponen abu batubara (kg)

$\% \, m_{(abu)}$ = komponen massa abu batubara (% m)

$M_{total(abu)}$ = massa total komponen abu batubara (kg)

e. Menghitung mol udara pembakaran dari reaksi pembakaran batubara. Reaksi kimiayangterjadi dalam proses pembakaran batubara adalah sebagai berikut:

$C + O_2 \longrightarrow CO_2$ *(Sumber: Hougen 1961 h.309)*

$H_2 + 1/2O_2 \longrightarrow H_2O$

$S + O_2 \longrightarrow SO_2$

f. Menghitung mol udara yang disuplai ke *Calciner.* Diketahui $\%O_2$excess pada *calciner* dan mol O_2 teoritis hasil reaksi pembakaran batubara sehingga dapat dihitung mol udara yang disuplai dengan menggunakan persamaan:

O_2 sesungguhnya = % O_2excess x mol O_2teoritis *(Sumber: Hougen 1961 h.423)*

N_2 dari udara = $\frac{79}{100}$ x mol udara sesungguhnya

Massa Output *Calciner*

a. Menghitung massa gas hasil pembakaran yang terbentuk. Komposisi gas hasil pembakaran tersebut terdiri dari CO_2, H_2O, SO_2, N_2, O_2. Gas hasil pembakaran ini akan dimanfaatkan kembali untuk membantu proses pemanasan material pada Suspension Preheater dengan menggunakan persamaan:

Gas hasil pembakaran = total massa ($CO_2 + H_2O + SO_2 + N_2 + O_2$)

(Sumber: Hougen 1961 h.419)

b. Menghitung massa produk dalam kalsiner. Pada reaksi kalsinasi menghasilkan produkCaO dan MgO, sehingga didapat massa produk yang keluar dari kalsiner.

Produk keluar *Calciner* = massa total komponen produk

Menghitung Neraca Energi

a. Menghitung panas *calciner feed*

$\mathbf{Q = m \times Cp \times \Delta T}$

Dimana:

m = massa batubara (kg/jam)

Cp = Panas Spesifik (kJ/kg.°C)

ΔT = temperatur (°C)

b. Menghitung panas sensibel batubara

$Cp = A + BTx10^{-6} + CT^2x10^{-9}$ *Sumber: F.L. Smidth, hal-74*

Q = mbb x Cpbb x ΔT

Keterangan:

mbb = massa batubara (kg/jam)

Cpbb = panas spesifik batubara (kJ/kg.°C)

ΔT = temperatur (°C) *Sumber: Perray, K.E (1979:141)*

c. Menghitung panas pembakaran batubara

Q = mbb x NHVbb

Keterangan:

mbb = massa batubara (kg/jam)

NHVbb = panas spesifik batubara (kj/jam)

Sumber: Hougen, Olaf A. & Kenneth. hal.424

d. Menghitung panas sensible udara (*udara tersier*)

$Cp = A + BTx10^{-6} + CT^2x10^{-9}$ *Sumber: F.L. Smidth, hal-74*

Q = mbb x Cpbb x ΔT

Keterangan:

mbb = massa batubara (kg/jam)

Cpbb = panas spesifik batubara (kJ/kg. °C)

ΔT = temperatur (°C) *Sumber: Perray, K.E (1979:141)*

e. Menghitung panas *exhaust gas*

$Cp = A + B/2\ (T + T_0) \times 10^{-3} + C/3\ (T^2 + TT_0 + T_0^{\ 2}) \times 10^{-6}$

Sumber: Hougen Olaf A. & Kenneth. Hal.255-258

f. Menghitung panas penguapan H_2O

Q = m x λ

Sumber: Taylor, 1990

g. Menghitung panas reaksi kalsinasi

$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2$

ΔHr $CaCO_3$ = (ΔHf produk – ΔHf reaktan) x mol $CaCO_3$

$MgCO_3 \longrightarrow MgO + CO_2$

ΔHr $MgCO_3$ = (ΔHf produk – ΔHf reaktan) x mol $MgCO_3$

Sumber: Hougen, O. A., dkk. (1962:311)

h. Menghitung panas *calciner product*

Q = m x Cp x ΔT

i. Menghitung Heat loss

Q = Panas *Input* – Panas *Output*

j. Menghitung % Efesiensi Thermal

$$\eta \text{ thermal calciner} = \frac{\text{Total Panas Input} - \textit{Heat Loss}}{\text{Total Panas Input}} \times 100\%$$

(Sumber: Smith, J. M.., Ness, H.C.V., & Abbott, M.M. (2001:150))

k. Menghitung % Heat Loss

$$\%\ \textit{Heat Loss} = \frac{Q\ \text{loss}}{Q\ \text{Input}} \times 100\ \%$$

Basis perhitungan selama 1 jam operasi

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Calciner merupakan alat bantu pemanasan yang digunakan semua produk rotary kiln modern. Calciner menggunakan batubara sebagai bahan bakar yang kontak dengan udara panas dari kiln (udara tersier) yang berasal dari grate cooler. Tujuan dari penggunaan Calciner adalah mengurangi bebanpembakaran dari rotary kiln.

Pada perhitungan data neraca massa dan neraca energi dilakukan untuk mengetahui kinerja dari Calciner, sehingga dapat dihitung Effisiensi Thermal. Data perhitungan selama 4 hari dimulai pada tanggal 16 Januari 2023– 19 Januari 2023. Berdasarkan perhitungan neraca massa dan neraca panas didapatkan :

Tabel 5.5.1 Neraca Massa Calsiner

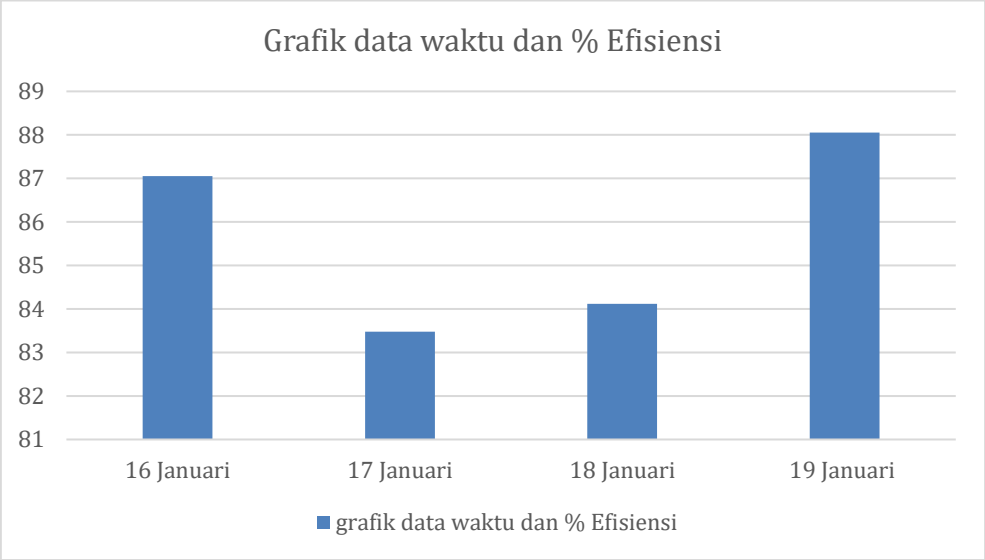
Tanggal	Input	Output
16 Januari 2023	414.566,8649	414.566,8649
17 Januari 2023	427.640,8310	427.640,8310
18 Januari 2023	439.471,1216	439.471,1216
19 Januari 2023	414.458,6306	414.458,6306

Tabel 5.5.2 Neraca Energi Calsiner

Tanggal	Input	Output
16 Januari 2023	173.389.343,6706	173.389.343,6706
17 Januari 2023	182.628.861,4652	182.628.861,4652
18 Januari 2023	186.279958,4368	186.279958,4368
19 Januari 2023	173.809.738,1261	173.809.738,1261

Penentuan Efisiensi termal dari kalsiner sangat penting karena menggambarkan kinerja dari kalsiner, baik atau tidaknya kinerja *kalsiner* dapat dilihat dari efisiensi termal kalsiner Efisiensi termal dari dapat dilakukandengan dua tahap yaitu menghitung neraca massa dan neraca energi. Perhitungan neraca massa diperlukan dalam perhitungan neraca energi. Sedangkan, perhitungan neraca energi diperlukan dalam perhitungan efisiensi termal kalsiner. Dari perhitungan

neraca massa dan neraca energi selama 4 hari menghasilkan nilai efisiensi yang dapat dilihat pada Grafik berikut ini:

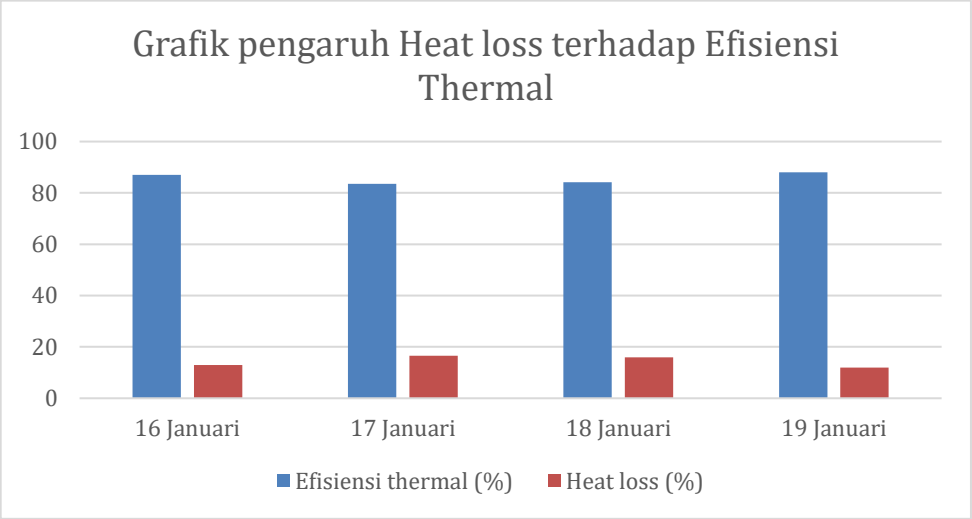


Efisiensi thermal tertinggi pada tanggal 19 Januari 2023 yaitu sebesar 88,05 %, sedangkan efisiensi thermal terkecil pada tanggal 17 Januari 2023 yaitu sebesar 83,47%. Perhitungan rata – rata efisinsi thermal selama 4 hari yaitu sebesar 85,67%. Kenaikan dan penurunan efisiensi thermal dapat disebabkan olehbesarnya laju alir umpan, dimana semakin besar laju alir umpan maka akan semakin besar efisiensi calciner. Efisiensi juga dipengaruhi oleh kondisi operasi calciner seperti, derajat kalsinasi, dust lost, dan suhu operasi.

Efisiensi termal kalsiner dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu banyak nya batubara yang disuplai untuk pembakaran dan semakin besarnilai kalor batubara maka akan menghasilkan efisiensi yang semakin kecil karena panas gas hasil pembakaran yang masuk ke kalsiner akan semakin besar Suplai oksigen dapat berpengaruh terhadap proses pembakaran. Jika pesediaan udara berkurang mengakibatkan pembakaran tidak berjalan dengan sempurna sehingga kadar CO akan meningkat dan panas yang dihasilkan berkurang. Namun, jika persediaan udara berlebih akan berdampak buruk pada proses pembakaran karena udara akan mendinginkan panas yang dibutuhkan didalam sistem sehingga proses pemanasan dan pembakaran batubara menjadi tidak sempurna. Selanjutnya, kelebihan kadar oksigen pada kalsiner akan menyebakan nilai *heat loss* yang semakin meningkat. Untuk menghitung *heat loss* dari unit calciner tersebut dilakukanlah perhitungan dengan menggunakan rumus yaitu :

$$\% \textit{Heat Loss} = \frac{Qloss \times 100\%}{Qinput}$$

Dan dari perhitungan yang telah dilakukan, dibuat grafik % *heat loss* pada unit *Calciner* di PT Semen Baturaja Tbk. Dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini :



Gambar grafik diatas menunjukkan pengaruh *heat loss* terhadap efisiensi thermal pada unit *Calciner* di PT Semen Baturaja Tbk.

Dari grafik tersebut, dapat diamati bahwa panas yang hilang (*heat loss*) berbanding terbalik dengan efisiensi *thermal calciner.* Semakin besar *heat loss* yang dihasilkan, menyebabkan nilai efisiensi *thermal Calciner* semakin kecil. Hal ini dikarenakan, semakin besar *heat loss* menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah energi yang tidak dimanfaatkan dalam reaksi pembakaran, artinya reaksi yang terjadi tidak berjalan dengan sempurna. Tinggi rendahnya *heat loss* yang didapat dipengaruhi oleh banyak factor, seperti umur alat proses homogenisasi umpan,kandungan air dalam umpan,serta bahan bakar yang dipakai.

Dari data yang didapatkan dapat diketahui bahwa efisiensi thermal unit calciner di PT Semen Baturaja Tbk, masih termasuk dalam rentang efisiensi thermal secara design, hal ini menunjukkan bahwa kinerja alat calciner pada PT Semen Baturaja Tbk, terbilang masih baik untuk digunakan.

KESIMPULAN

Dari data perhitungan dapat disimpulkan bahwa:

1. Persen rata – rata efisiensi thermal pada unit *calciner* di PT Semen Baturaja Tbk yaitu sebesar 85,67%.
2. Kinerja alat *calciner* ditinjau dari efisiensi *thermal* unit *calciner* terbilang cukup baik. Hal ini ditandai dengan efisiensi *thermal* unit calciner masih sesuai dengan efisiensi *thermal calciner* secara teoritis.
3. Kenaikan dan penurunan efisiensi thermal dapat disebabkan oleh besarnya laju alir umpan, dimana semakin besar laju alir umpan maka akan semakin besar efisiensi calciner.

DAFTAR PUSTAKA

FLSmidth. 1990. Buku Panduan PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk. Baturaja.

FLSmidth. 2003. Buku Panduan PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk. Baturaja

Holderbank,K.E.2000.Cement Seminar Process TecnologyI.Holderbank Managenement & Consulting.

Keefe, B. P. and Shenk, R. E.. 2002. “Staged Combustion for Low - NOx Calciners”. Jacksonville, Florida. IEEE-IAS/PCA Cement Industry Technical Conference.

Peray,K.E.1979.Cement Manufacturer’s Handbook. Chemical Publishing Co.,Inc ,New York.

Perry,R.H.2008.Perry’s Chemical Engineering Hand Book,6 th ed.Mc GrawHill Inc , New York.Tedings, APCAC XVII Technical Conference