



## EVALUASI KINERJA GRATE COOLER DI UNIT CLINKER COOLER PADA PT SEMEN BATURAJA Tbk.

Indah Kurnia<sup>a\*</sup>, Safaruddin<sup>b</sup>, Ahmad Haykal<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Fakultas Teknik Universitas Lampung

<sup>b</sup>SMBR Learning Development

<sup>c</sup>Manager Klin

E-mail: [safaruddintohir@gmail.com](mailto:safaruddintohir@gmail.com)

### ARTICLE HISTORY

#### Received:

20 Januari 2023

#### Revised

23 Januari 2023

#### Accepted:

02 Januari 2023

#### Online available:

29 Januari 2023

#### Kata Kunci:

Grate Cooler, Neraca  
Massa dan Energi,  
Efisiensi Thermal.

#### Keywords :

Grate Cooler, Mass and  
Heat Balance, Thermal  
Efficiency.

#### \*Correspondence:

Name: Indah Kurnia

E-mail:

[indahkurnia30092001@gmail.com](mailto:indahkurnia30092001@gmail.com)

### Abstrak

*Grate cooler* merupakan salah satu alat yang penting dalam proses pembuatan semen karena disamping mendinginkan klinker agar diperoleh kualitas klinker yang sesuai, *grate cooler* juga digunakan untuk penyediaan udara panas bagi pembakaran batu bara di dalam klin dan Kalsiner serta udara panas pengeringan raw material dan batu bara. *Grate cooler* memiliki fungsi yang tidak dimiliki oleh jenis pendingin yang lain yaitu *Planetary Cooler* dan *Rotary Cooler*. Oleh sebab itu perlu diketahui sifat-sifat dari *Grate Cooler* agar dapat dioperasikan secara maksimal dalam mendukung kinerja Klin sistem. Dalam proses pendinginan klinker di dalam *Grate Cooler* terjadi proses quenching yang biasanya terjadi pada jarak 5 meter pertama. Pada proses quenching ini kebutuhan udara pendingin perluasan grate lebih tinggi dibanding dengan proses pendinginan di tempat lain. Proses quenching yang menyebabkan penurunan temperature klinker secara cepat berdampak kepada tersedianya udara bertemperatur sangat tinggi antara 1200°C-1400°C. udara bertemperatur tinggi ini harus dapat digunakan dengan benar agar bermanfaat bagi proses pembarakan di dalam Kiln dan Kalsiner .

### Abstract

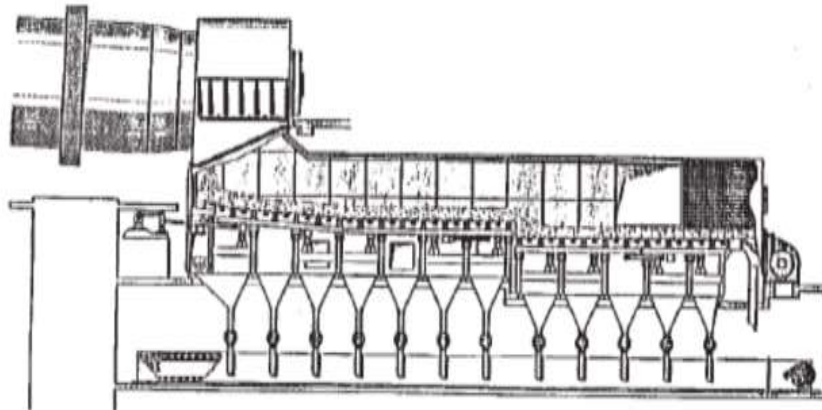
*The grate cooler is one of the important tools in the cement-making process because apart from cooling the clinker to obtain the appropriate clinker quality, the grate cooler also serves to provide hot air for burning coal in the clinker and calciner as well as hot air for drying raw materials and coal. Grate coolers have functions that other types of coolers do not have, namely Planetary Coolers and Rotary Coolers. Therefore it is necessary to know the properties of the Grate Cooler so that it can be operated optimally in supporting the clinical performance of the system. In the clinker cooling process in the Grate Cooler, the quenching process usually occurs at a distance of the first 5 meters. In this quenching process, the need for cooling air for grate expansion is higher compared to other cooling processes. The quenching process which causes a rapid decrease in clinker temperature has an impact on the availability of air at very high temperatures between 1200oC-1400oC. This high temperature air must be used properly to be useful for the combustion process in Kilns and Kalsiner.*

## 1. PENDAHULUAN

Proses pendinginan merupakan bagian penting dalam pembuatan semen, kiln feed yang dihasilkan dari proses *rotary kiln* pada suhu 1300°C dalam bentuk cairan. Selanjutnya akan masuk ke dalam grate cooler terjadi proses pendinginan secara mendadak (*quenching*) yang bertujuan untuk mencegah terjadi rekasi balik C3S dan dihasilkan klinker yang baik. Media pendingin pada grate cooler adalah udara yang dihasilkan oleh beberapa *fan*, jumlah udara masuk harus disesuaikan dengan banyaknya klinker yang dimasukkan ke dalam *grate cooler*.

Bahan yang dihasilkan dari penggilingan di *raw mill* selanjutnya akan masuk ke *homogeneizing silo* atau CF Silo sebagai tempat menampung sementara, kemudian *raw meal* tersebut akan dibawa menuju preheater untuk dilakukan pemanasan awal bahan mentah pada suhu sekitar 800°C dan melalui proses calcinasi sebelum masuk ke *rotary kiln*. Di dalam rotary kiln dilakukan pemanasan kembali hingga suhu mencapai 1300°C selama kurang lebih 2 jam. Selanjutnya dilakukan proses pendinginan secara mendadak (*quenching*) didalam alat *grate cooler*, sehingga suhu klinker yang sebelumnya 1300-1400°C menjadi 100°C. klinker dalam cairan jatuh pada cooler dan didistribusikan secara merata dan menyeluruh menempati lebar area *grate*. Terak yang dihasilkan dari proses *quenching* tersebut kemudian digiling, proses pendinginan sangat memengaruhi hasil semen yang diproduksi. Oleh karena itu mengevaluasi perhitungan efisiensi thermal sangat penting untuk menghasilkan terak yang baik di dalam *grate cooler*.

Temperatur klinker yang keluar bisa mencapai 65°C diatas temperature udara sekitar sehingga bisa langsung digiling. Perpindahan panas antara klinker dengan udara pendingin dapat terjadi pada kondisi *cross current* dan *counter current*. Peralatan *grate cooler* tidak dapat dipisahkan letaknya dari *Kiln* karena terpasang langsung menyambung dengan *outlet Kiln*. *Grate Cooler* langsung menampung/menerima klinker yang keluar dari *Kiln* seperti pada gambar.



Gambar 1.1 Grate Cooler.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan mengumpulkan data-data dari *Grate Cooler* dan *fan* udara primer PT. Semen Baturaja pada tanggal 16-19 Januari 2023, Jam 09.00 WIB, dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh kebocoran umpan di suspension preheater terhadap persen output produk, dan untuk membandingkan jumlah bahan baku yang digunakan dengan jumlah produk yang dihasilkan, guna memprediksi apakah suatu industry masih layak beroperasi akibat terjadinya kebocoran tersebut atau tidak.

Dalam Pengambilan Data terdapat beberapa data yang diperlukan untuk menghitung efisiensi cooler di antaranya:

Data Primer

1. Data temperatur udara sekunder
2. Data temperature udara tersier
3. Data temperature udara terbuang.
4. Data temperature clinker keluar Kiln.
5. Data temperature klinker keluar *Grate Cooler*
6. Data berat klinker.
7. Data komposisi coal masuk *Calsiner* dan Kiln.
8. Data kapasitas fan pendingin *Grate Cooler* dan *fan* udara primer.

Data sekunder, data ini diperoleh dari beberapa literatur atau study pustaka meliputi:

1. Data panas jenis (*specific heat*) dari klinker maupun udara.
2. Data relative humidity udara.
3. Data standar efisiensi pendinginan *cooler*.

Pengambilan data dilakukan secara langsung dengan memenuhi tools Teknik kimia yaitu perhitungan pendingin *Grate Cooler* dan *fan* udara primer untuk mengetahui jumlah bahan baku dan komposisi bahan baku yang dibutuhkan, sehingga dapat dilakukan berbagai usaha menghemat bahan baku guna menghasilkan produk yang aman, berkualitas, efisien, dan lebih ekonomis. Adapun pengambilan data untuk kebutuhan perhitungan kuantitatif dapat dilihat berikut ini:

1. Mengumpulkan data-data mengenai komposisi umpan kiln (kiln feed) atau terak klinker dan batu bara yang didapat dari laboratorium proses dan laboratorium kimia pada tanggal 16 -19 Januari 2023.
2. Menghitung persen berat  $MgCO_3$  dan  $CaCO_3$
3. Menghitung pemakaian kiln feed.
4. Menghitung umpan masuk *calsiner* pada masing-masing komponen masuk *Grate Cooler*
5. Melakukan simulasi reaksi kalsinasi untuk menentukan  $CO_2$ ,  $MgCO_3$  dan  $CaCO_3$  terkalsinasi.
6. Menghitung  $MgCO_3$  dan  $CaCO_3$  tersisa.

7. Menentukan komposisi material setelah kalsinasi berlangsung.
8. Menghitung jumlah umpan batu bara dan ash batu bara yang masuk ke Grate Cooler
9. Menentukan Reaksi pembakaran batu bara dengan asumsi reaksi pembakaran berlangsung sempurna dan komponen yang bereaksi adalah C, H, dan S. Sehingga didapatkan total O<sub>2</sub> yang diperlukan.
10. Meminta data kapasitas udara, dan melakukan perhitungan spesifikasi udara pembawa batubara ke calciner, serta menghitung kebutuhan O<sub>2</sub> teoritis dan O<sub>2</sub> sesungguhnya.
11. Menghitung debu yang tersaring dan keluar Grate Cooler.
12. Menghitung umpan keluar Suspension preheater menuju rotary kiln.
13. Menghitung persentase Output bahan.

Asumsi operasi yang digunakan dalam Kinerja *Grate Cooler* Di Unit *Clinker Cooler* Pada PT. Semen Baturaja Tbk.

1. Kondisi aliran masa tunak (*Steady State*).
2. Proses pembakaran sempurna dan tidak ada sisa bahan bakar yang tidak terbakar.
3. Tidak ada abu bahan bakar yang menjadi fly ash, sehingga seluruh abu bahan bakar akan menjadi komponen pembentuk klinker.
4. Seluruh air yang terkandung dalam bahan bakar dan umpan kiln akan menguap selama proses dan keluar melalui silkon teratas bersama-sama gas hasil pembakaran dan gas hasil proses kalsinasi.
5. Energi yang terlibat diklasifikasi sebagai energi sensible.

### 3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### Hasil

Tabel. 5.1 Necara Massa pada Grate Cooler

No	Input Massa			Output Massa		
	Material	Kg/Jam	%	Material	Kg/Jam	%
1	Aliran Massa Klinker dari Kiln	151250	29,43687	-	-	-
2	Udara Pendingin	362561,5	70,56313	-	-	-
3	-	-	-	Udara Sekunder	35282,24	6,866768
4	-	-	-	Udara tersier	99855,88	19,43434
5	-	-	-	Udara buang ke Raw Mill	227423,4	44,26202
6	-	-	-	Aliran Klinker keluar Grate Cooler	151250	29,43687
<b>Total</b>		<b>513811,5</b>	<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>513811,5</b>	<b>100</b>

Sumber : Data diolah 2023

Tabel 5.2 Neraca Energi pada *Grate Cooler*.

N O	Input Energi			Output Energi		
	Material	Kcal/Jam	%	Material	Kcal/Jam	%
1	Panas Sensibel <i>Clinker</i> Keluar dari <i>Kiln</i>	49.212	99,758	-	-	-
2	Panas Sensibel Pendingin	119.101	0,241	-	-	-
3	-	-	-	Panas Sensibel Udara Sekunder	541.765	1,098
4	-	-	-	Panas Sensibel Udara Tersier	19.347.822	39,219
5	-	-	-	Panas Sensibel Udara Buang ke <i>Raw Mill</i>	12.651.395	25,645
6	-	-	-	Panas Sensibel <i>Cklinker</i> Keluar GC	2.026.447	4,107
7	-	-	-	Panas yang Hilang	14.764.487	29,928
<b>Total</b>		<b>49.331</b>	<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>49.331.919</b>	<b>100</b>

Sumber : Data diolah 2023

## Pembahasan

### Efisiensi Thermal *Grate Cooler*

#### 1. Efisiensi Thermal Sistem dari *Grate Cooler*

Efisiensi thermal sistem *grate cooler* merupakan perbandingan selisih antara jumlah panas yang masuk dengan jumlah panas yang hilang (*heat loss*) terhadap jumlah panas yang masuk ke *grate cooler*.

$$\begin{aligned}\eta_s &= \frac{Q_{in} - \text{Heat loss}}{Q_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{49.331.919 - 6.183.572}{49.331.919} \times 100\% \\ &= 87,46\%\end{aligned}$$

#### 2. Efisiensi Thermal Reaksi dari *Grate Cooler*

Efisiensi thermal reaksi *grate cooler* merupakan perbandingan selisih antara panas *clinker* dari *kiln* dengan jumlah panas yang terbuang dari system *grate cooler* terhadap panas *clinker* dari *kiln*.

$$\begin{aligned}\eta_R &= \frac{Q_{KI} - (Q_{KO} + \text{Heat loss})}{Q_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{49.212.817 - (2.026.447 + 6.183.572)}{49.331.919} \times 100\% \\ &= 83,31\%\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh *Heat Loss Grate Cooler* sebesar 12,53%, efisiensi thermal system sebesar dan Efisiensi Thermal Reaksi sebesar. Dari harga Efisiensi Thermal Reaksi tersebut, maka efisiensi ini sudah mengalami penurunan. Penurunan efisiensi tersebut dikarenakan efisiensi dari 13 fan yang terdapat pada *grate cooler*.

Efisiensi yang tidak mencapai nilai maksimal disebabkan terdapatnya panas yang hilang ke lingkungan. Kehilangan panas disebabkan oleh:

1. Adanya perpindahan panas konduksi dimana terjadi perpindahan panas dari dalam *grate cooler* menembus isolasi sampai dinding *grate cooler* dan perpindahan panas konveksi yaitu perpindahan panas dari dinding *grate cooler* ke lingkungan.
2. Adanya kebocoran atau kemungkinan masuknya udara luar ke dalam *grate cooler* yang kemudian membawa panas dari dalam *grate cooler*. Selain itu castable yang berfungsi sebagai isolasi dan terkikis seiring dengan waktu sehingga Sebagian panas akan hilang.

Pada unit *grate cooler* besarnya *Heat Loss* adalah 12,53% dari panas pembakaran. Hal ini menunjukkan bahwa bagian-bagian pada *grate cooler* tersebut tidak berfungsi dengan baik, karena besarnya kehilangan panas sudah melewati batas toleransi yaitu sebesar 12-22% dari panas pembakaran.

Efisiensi alat pendingin *grate cooler* di PT. Semen Baturaja Tbk adalah sebesar 83,31%, maka dapat dikatakan bahwa unjuk kerja *grate cooler* beroperasi secara baik karena efisiensi minimal yang layak untuk dioperasikan ialah sebesar 50%.

#### 4. KESIMPULAN

Dari data perhitungan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Efisiensi alat pendingin dalam hal ini *Grate Cooler* di PT Semen Baturaja Tbk yaitu sebesar 83,31%
2. Kinerja alat *Grate Cooler* jika ditinjau dari efisiensi thermal unit *Grate Cooler* terbilang cukup baik. Hal ini ditandai dengan efisiensi thermal unit *Grate Cooler* masih sesuai dengan efisiensi *Thermal Grate Cooler* secara teoritis.
3. Kenaikan dan penurunan efisiensi thermal dapat disebabkan oleh besarnya laju alir udara yang masuk ke *Grate Cooler* melalui 13 Fan, dimana semakin besar laju udara masuk ke dalam fan maka efisiensi *Grate Cooler* semakin tinggi.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- F.Agus Yulianto,1995. "Pengoperasian Peralatan *Grate Cooler*". PT. Semen Baturaja (Persero), Baturaja
- Geankoplis.C.1993. "Transport Processes and Unit Operations". Third Edition. Prentice Hall International Editions.

- Gunarso,2018. Efek Kebocoran Umpan Di Suspension Preheater. Jurnal healt.Vol.1-15
- Hutasuhut, A. D., Lutfi, I., Evelina. (2021). Analisa Keberhasilan Penggunaan Sistem Protection Interlock Dengan Parameter Load Cell Di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. *ENACO: Electro National Conference*, 1(1), 91-98.
- Irawan, E. D., Prihatini, E., & Pratama, D. A. (2021). Performa Sensor Pendeteksi Kantong Semen Pada *Rotary Packer* Di PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk. *ENACO: Electro National Conference*, 1(1), 83-90
- Magga, R. (2017). Penggunaan Strain Gauge (Load Cell) Untuk Analisa Tegangan Pada Pembebanan Statik Batang Aluminium. *Jurnal Mekanikal*, 2(1), 53-61.
- Nazir,M, 2003. Metode Penelitian Kuantitatif, Jakarta, Ghalia Indonesia.
- Nugraheny, W., & Ari F., "Otomasi Rotary Packer (Ventomatic) pada Sistem Pengepakan di PT. Holcim Indonesia Tbk- Cilacap Plant", Jurusan Studi
- Peray, Kurt E. 1979."Cement Manufacture Handbook". Chemical Publishing Co. Inc. New York, America
- PT. Semen Baturaja, 2023. Data Spesifikasi Alat Suspension Preheater. Baturaja.
- Pramico, F. B., Nugraha, D. A., & Safaruddin. (2022). Sistem Pengantongan Semen Di PT. Semen Baturaja (Persero)Tbk. *JUVI: Jurnal Vokasi*, 1(1).
- Saputro,2012. Sistem Informasi Geografis Pendistribusian Semen, Studi Khusus PT. Semen Baturaja (Persero). Jurnal Ilmiah. Vol1-20
- Seftian, A., Muslimin, S., & Wijanarko, Y(2021). Analisa Permasalahan Bag Apilicator Sebagai Alat Penyusunan Semen Zag Secara Otomatis Di PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk. *ENACO: Electro National Conference*, 1(1), 272-280.
- Syam, R., 2013 *Dasar-Dasar Teknik Sensor*, Makassar, Universitas Hasanuddin.