

MENGHITUNG NILAI EFISIENSI THERMAL PADA ALAT GRATE COOLER PT. SEMEN BATURAJA II (PERSERO) TBK

Muhammad Angga Saputra^{a*} Rendotian Anugrah^b Safaruddin^c

^{a,b} Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya

^cSMBR Learning Development

email : safaruddintohir@gmail.com

ARTICLE HISTORY

Received:

20 September 2022

Revised

23 September 2022

Accepted:

02 October 2022

Online available:

29 October 2022

Kata Kunci :

Efisiensi Termal, Grate Cooler, Neraca Massa, Panas

Keyword :

Thermal Efficiency, Grate Cooler, Mass Balance, Heat

*Correspondence:

Name : M. Angga Saputra

E-mail:

saputra.angga1232@gmail.com

Abstract

Artikel ini bertujuan untuk menghitung efisiensi termal pada alat grate cooler di PT Semen Baturaja. Metode yang digunakan adalah Pengambilan data selama 10 hari untuk 10 data. Grate cooler dibagi menjadi 3 bagian. Pada proses pembuatan semen, terdapat suatu standar yang telah ditetapkan untuk menentukan tipe semen yang dihasilkan. Agar dapat menghasilkan semen yang sesuai standar yang telah ditentukan, maka hal yang perlu diperhatikan yaitu berbagai macam aspek dalam proses pembuatannya. Selain hal tersebut juga harus diperhatikan proses pemanasan dan pendinginan dalam proses pembuatan klinker. Pada PT Semen Baturaja (Persero) Tbk ini, klinker adalah produk semen setengah jadi yang kualitasnya harus dijaga sebaik mungkin karena sangat menentukan kualitas produk semen yang diproduksi. Hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan klinker yaitu selain pembakaran untuk membentuk senyawa-senyawa yang terkandung di dalamnya juga pendinginan yang terjadi pada klinker (terak) tersebut. Proses pendinginan terak tersebut menggunakan metode *quenching* (pendinginan secara mendadak). Proses pendinginan terak ini dilakukan di dalam alat *Grate Cooler*, dimana media pendinginnya adalah udara yang didistribusikan oleh *fan/blower*. Alat *Grate Cooler* bekerja mendinginkan terak yang keluar dari *kiln* bersuhu 1350 °C menjadi ± 100 °C. Terak yang didinginkan akan berbentuk granular yang memiliki pori-pori besar sehingga mempengaruhi kemudahan penggilingan terak di dalam *Cement Mill*. Karakteristik terak yang dihasilkan ini sangat dipengaruhi oleh proses pendinginannya dan kemudahan penggilingan terak ini sangat mempengaruhi kualitas akhir dari semen, sehingga diperlukan efisiensi termal yang tinggi pada alat untuk menghasilkan terak yang baik.

Abstract

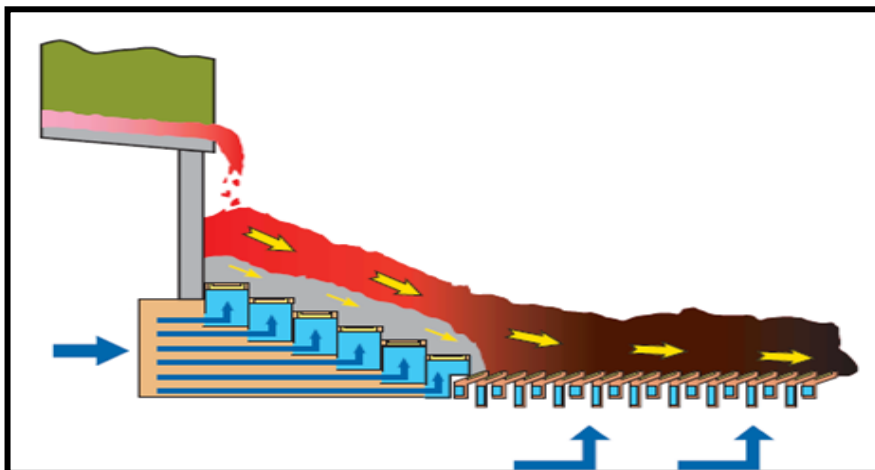
This article aims to calculate the thermal efficiency of the grate cooler at PT Semen Baturaja. The method used is data collection for 10 days for 10 data. Grate cooler is divided into 3 parts. In the cement manufacturing process, there is a standard that has been set to determine the type of cement produced. In order to produce cement according to predetermined standards, it is necessary to pay attention to various aspects in the manufacturing process. In addition to this, the heating and cooling processes in the clinker manufacturing process must also be considered. At PT Semen Baturaja (Persero) Tbk, clinker is a semi-finished cement product whose quality must be maintained as well as possible because it determines the quality of the cement product produced. The thing that must be considered in the manufacture of clinker is that in addition to burning to form the compounds contained in it, it is also the cooling that occurs in the clinker (slag). The slag cooling process uses the quenching method (sudden cooling). This slag cooling process is carried out in a Grate Cooler, where the cooling medium is air distributed by a fan/blower. The Grate Cooler tool works to cool the slag that comes out of the kiln at a temperature of 1350 °C to ± 100 °C. The cooled slag will be in the form of granular which has large pores so that it affects the ease of grinding the slag in the Cement Mill. The characteristics of the slag produced are strongly influenced by the cooling process and the ease of grinding of this slag greatly affects the final quality of the cement, so that high thermal efficiency is needed in the tool to produce good slag.

1. PENDAHULUAN

Proses pendinginan klinker di dalam *grate cooler* merupakan salah satu proses yang cukup penting mendapat perhatian dalam produksi semen. Hal ini disebabkan karena proses pendinginan klinker setelah melewati pemanasan di dalam *rotary kiln*, merupakan salah satu faktor dalam upaya menghasilkan klinker dengan kualitas yang diharapkan. Untuk itu suplai udara pendingin ini harus disesuaikan dengan jumlah klinker yang dimasukkan ke dalam *Grate cooler*. *Grate cooler* dengan kemampuan pendinginan terhadap klinker yang lebih baik secara kualitas dan kuantitas proses pendinginan terak dilakukan di dalam alat *Grate Cooler*, dimana media pendinginnya adalah udara yang didistribusikan oleh *fan/blower*.

Karakteristik terak yang dihasilkan ini sangat dipengaruhi oleh proses pendinginannya dan kemudahan penggilingan terak ini sangat mempengaruhi kualitas akhir dari semen, sehingga diperlukan perhitungan efisiensi termal yang tinggi pada alat untuk menghasilkan terak yang baik yang terjadi di dalam *grate cooler*, sebagai upaya untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi pemakaiannya. Bahan mentah yang telah digiling di *raw mill* selanjutnya masuk ke *homogenizing silo* atau CF Silo sebagai penampung sementara, setelah itu bahan mentah tersebut langsung masuk ke dalam *Preheater* untuk pemanasan awal bahan mentah dengan suhu sekitar 800 °C. Setelah dilakukan pemanasan awal, maka bahan mentah tersebut masuk ke dalam *rotary kiln* untuk dilakukan pemanasan, suhu di dalam *kiln* ini mencapai 1450 °C. Pemanasan dilakukan secara berkala kurang lebih sekitar 2 jam.

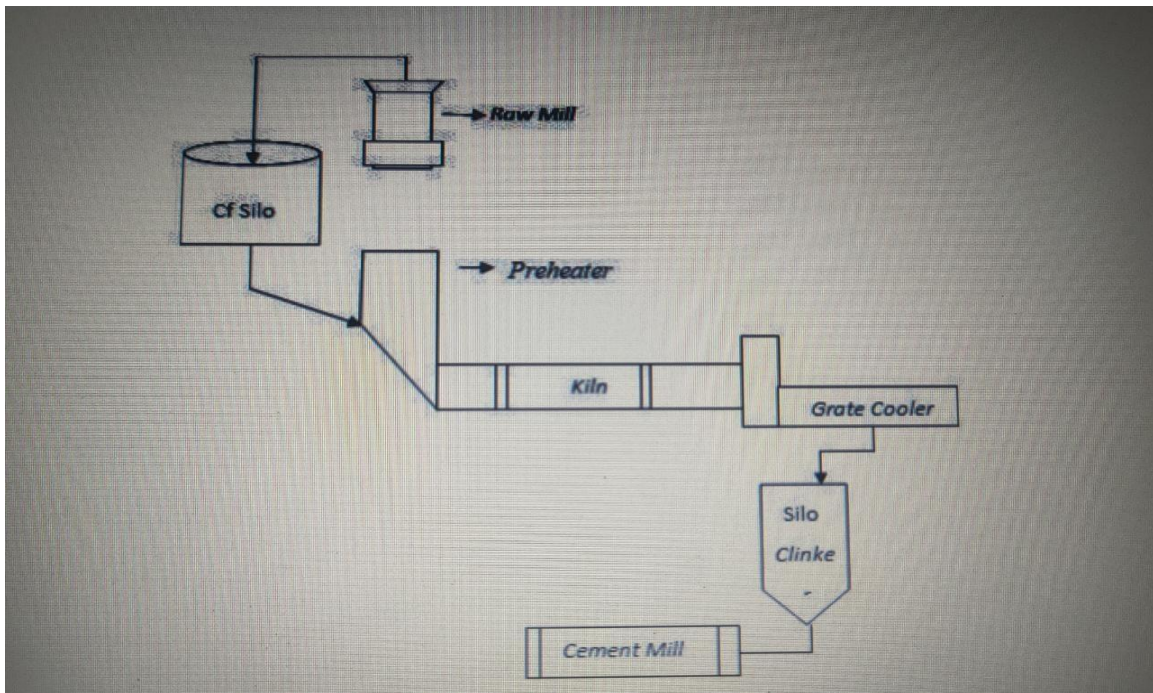
Gambar 1. Pendistribusian *Clinker* di dalam Alat *Grate Cooler*



Setelah itu akan dilanjutkan dengan proses pendinginan di dalam alat *Grate Cooler*, pendinginan yang dilakukan di dalam alat *Grate Cooler* dengan metode *quenching* atau pendinginan secara mendadak yang awalnya memiliki suhu 1350-1450 °C menjadi sampai ± 100 °C. *Clinker* (terak) dengan suhu tinggi akan jatuh pada *cooler* dan didistribusikan secara seragam ke area

kompartemen sesuai dengan lebar *gratenya*. Dikarenakan suhu material akan berubah menurut jarak, maka pendingin *clinker* dibagi menjadi beberapa kompartemen dimana semakin dekat dengan *kiln* maka panjang kompartemen semakin panjang.

Gambar 2. Diagram Alir Grate Cooler



Udara yang melewati material bersuhu ± 200 °C akan dihisap untuk digunakan sebagai sumber panas di *preheater* dan *kiln* yang bertujuan untuk meminimalkan energi yang hilang sehingga dapat menghemat biaya. Volume jatuhan klinker ini akan selalu dimonitor oleh sebuah *transmitter* tekanan yang dipasang di *undergrate*. Jika volume curahan terak dari *kiln* melebihi atau kurang dari nilai yang telah disetkan, maka *transmitter* tekanan akan mengirim sinyal ke pengontrol tekanan. Sehingga pengontrol tekanan akan segera mengolah data tersebut yang selanjutnya data tersebut akan dikirim ke pengontrol kecepatan motor penggerak *grate*. Jika volume jatuhan klinker lebih besar dari yang disetkan, maka motor akan bergerak lebih cepat dengan tujuan untuk mengecilkan *bed depth* dan sebaliknya.

2. METODE PENELITIAN

Kerja Praktek ini dilaksanakan di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. Pabrik Baturaja, Jalan Tiga Gajah, Kecamatan Sukajadi, Baturaja Ogan Komering Ulu, Sumatera Selatan. Waktu Pelaksanaan kerja praktek mulai tanggal 24 Agustus 2019 sampai dengan 2 September 2019. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode deskriptif. Data-data yang digunakan untuk

mengetahui pengaruh klinker pada Grate Cooler terhadap nilai Efisiensi Termal Diperoleh dari Data Lapangan Data-data diperoleh dari *Central Control Room (CCR)*, Laboratorium pengendalian proses dan laboratorium jaminan PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. Dan data-data tersebut meliputi :

- a) Data Kiln Feed
- b) Data Kebutuhan Batubara (Coal Firing)
- c) Data Kapasitas Fan pendingin
- d) Data Temperatur Klinker dan Udara
- e) Data Spesifikasi Alat Grate Cooler

Data-data yang diperoleh digunakan untuk menghitung neraca massa dan neraca panas.

Neraca Massa dan Neraca Panas

Untuk mencari input massa *clinker* :

Kiln Feed / Faktor Clinker..... (PT Semen Baturaja (Persero) Tbk, 2020)

Kapasitas panas mempunyai persamaan :

$$C_p = a + bT + cT^2 \dots\dots\dots(\text{Smidth, 2003})$$

Untuk mengetahui harga kapasitas panas ada beberapa cara yaitu :

1. Kapasitas panas fungsi temperatur

Kapasitas panas fungsi temperatur secara umum mempunyai persamaan sebagai berikut :

$$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3 \dots\dots\dots(\text{Smidth, 2003})$$

Persamaan ini digunakan untuk gas ideal anorganik, sedangkan untuk senyawa organik mempunyai persamaan :

$$C_p = \alpha + \beta T^2 + \gamma T^3, \alpha, \beta, \gamma, \text{ dan } \gamma \text{ merupakan konstanta.}$$

Untuk menghitung perubahan panas dari suatu sistem dengan menggunakan kapasitas panas fungsi temperatur dari T_1 ke T_2 .

a. Untuk gas ideal anorganik

$$dQ = \int C_p \cdot dT = \int (a + bT + cT^2 + dT^3) dT \dots\dots\dots(\text{Smidth, 2003})$$

b. Untuk senyawa organik

$$dQ = \int C_p \cdot dT = \int (\alpha + \beta T + \gamma T^2) dT \dots\dots\dots(\text{Smidth, 2003})$$

2. Kapasitas panas rata – rata

Kapasitas panas rata-rata dari perubahan temperatur T_1 ke T_2 dapat diturunkan dari kapasitas panas fungsi temperatur dengan persamaan :

$$C_{pm} = \int c_p \cdot dT / T_2 - T_1 \dots\dots\dots(\text{Smidth, 2003})$$

Untuk menghitung perubahan panas dari suatu sistem dengan menggunakan kapasitas panas rata-rata dari T_1 ke T_2 .

$$dQ = n \cdot C_p \cdot dT \dots\dots\dots(\text{Smidth, 2003})$$

3. Kapasitas panas molar

Kapasitas panas molal dari perubahan temperatur T_1 ke T_2 dapat diturunkan dari kapasitas panas fungsi temperatur dengan persamaan :

$$C_p = a + b (T_1+T_2/2) + c (T_1+T_2/2)^2 + d (T_1+T_2)^3 \dots\dots\dots (\text{Smidth, 2003})$$

Untuk menghitung perubahan panas suatu sistem dengan menggunakan kapasitas panas molal dari T_1 ke T_2 adalah :

$$dQ = n \cdot C_p \cdot dT \dots\dots\dots (\text{Smidth, 2003})$$

Dimana :

n = Volume udara pembakaran (m^3) dalam hal ini udara sekunder

C_p = Panas Jenis udara sekunder pada suhu tertentu ($kcal/m^3 \text{ } ^\circ C$)

dT = Temperatur udara sekunder masuk *kiln*.

Efisiensi

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia, efisiensi diterjemahkan dengan daya guna. Ini menunjukkan bahwa efisiensi selain menekankan pada hasilnya, juga ditekankan pada daya atau usaha/pengorbanan untuk mencapai hasil tersebut agar tidak terjadi pemborosan. Menurut Wirapati, efisiensi adalah usaha mencapai prestasi yang sebesar-besarnya dengan menggunakan kemungkinan-kemungkinan yang tersedia (material, mesin, dan manusia) dalam tempo yang sependek-pendeknya di dalam keadaan yang nyata tanpa mengganggu keseimbangan antara faktor-faktor tujuan, alat, tenaga, dan waktu.

Sedangkan menurut Ghiselli dan Brown *The term efficiency has a very exact definition, It is expressed as the ratio of output to input*. Jadi, menurut Ghiselli dan Brown istilah efisiensi mempunyai pengertian yang sudah pasti, yaitu menunjukkan adanya perbandingan antara keluaran (*output*) dan masukan (*input*).

Efisiensi merupakan perbandingan terbaik antara suatu hasil (*output*) dengan usahanya (*input*). Perbandingan ini dapat dilihat dari segi berikut :

1. Hasil (*Output*)

Suatu kegiatan dapat dikatakan efisien jika suatu usaha memberikan hasil yang maksimum.

2. Usaha (*Input*)

Suatu kegiatan dapat dikatakan efisien, jika suatu hasil tertentu tercapai dengan usaha yang minimum.

Menurut Alsop (2019), efisiensi *cooler* dapat dirumuskan :

$$\eta = \frac{(Q \text{ Clinker In} - (Q \text{ Clinker Out} + Q \text{ Heat Loss}))}{Q \text{ Clinker In}} \times 100 \%$$

Dimana :

Q_{KI} = Panas sensibel *clinker* keluaran *kiln*

Q_{KO} = Panas sensibel udara *clinker* keluar *cooler*

Q_{HL} = Panas yang hilang karena radiasi, konduksi, dll (*heat loss*).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Metode Pendinginan *Clinker* menggunakan *Grate Cooler* Terak (*clinker*) adalah bahan setengah jadi dalam proses pembuatan semen. Dalam proses pembuatan klinker, bahan baku berupa batu kapur (*lime stone*), tanah liat (*clay*), pasir silika dan pasir besi dicampurkan dalam komposisi masing-masing yang telah ditentukan. Semua bahan tersebut akan digiling dalam perangkat penggiling yaitu *raw mill* untuk selanjutnya dibakar dalam tanur putar (*kiln*) dengan temperatur mencapai 1400 °C. Pembakaran tersebut menghasilkan lelehan *clinker* yang akan menuju *grate cooler* untuk dilakukan proses pendinginan dengan cepat (mendadak).

Proses pendinginan ini dilakukan dengan menggunakan dua *grade fan* pendingin. Akibat udara pendingin yang dihembuskan oleh *fan* menuju ke *clinker* keluaran dari *kiln* menyebabkan penurunan suhu dengan cepat pada klinker sehingga klinker yang tadinya berupa lelehan berubah menjadi bongkahan klinker dengan suhu ± 100 °C. Proses pendinginan tersebut berlangsung, dimana udara pendingin yang dihembuskan dari *fan* akan menyerap panas yang terdapat pada klinker sehingga terjadi perpindahan energi panas dari klinker ke udara pendingin, udara pendingin yang telah menyerap panas akan keluar menuju saluran untuk selanjutnya dimanfaatkan kembali. Bongkahan klinker yang dingin akan dikeluarkan dari *grate cooler* untuk selanjutnya ditampung dalam *clinker silo*. Sebelum dialirkan menuju silo, klinker diseragamkan dahulu ukurannya dengan menggunakan *crusher*.

Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan neraca massa dan neraca panas pada tanggal 24 Agustus – 02 September 2019, maka didapatkan nilai efisiensi alat *Grate Cooler* :

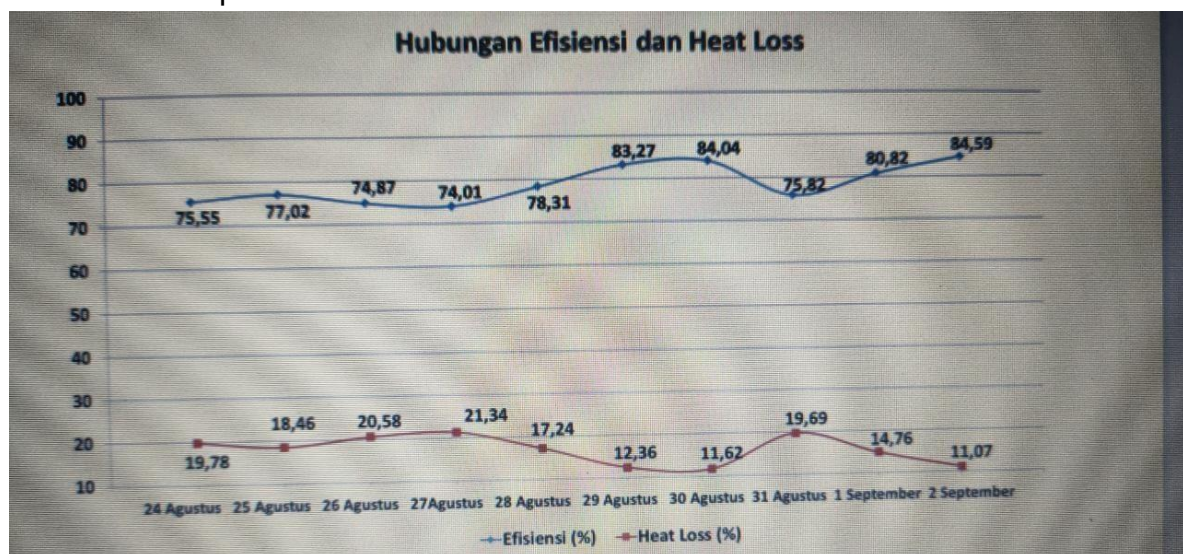
Tabel 1. Efisiensi Termal Alat Grate Cooler

Tanggal Pengambilan Data	Nilai Efisiensi
24 Agustus 2019	75,55%
25 Agustus 2019	77,02%
26 Agustus 2019	74,87%
27 Agustus 2019	74,01%
28 Agustus 2019	78,31%
29 Agustus 2019	83,27%
30 Agustus 2019	84,04%
31 Agustus 2019	75,82%
01 September 2019	80,82%
02 September 2019	84,59%

Efisiensi Termal Alat Grate Cooler

Efisiensi termal pada alat *grate cooler* didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah panas yang dikembalikan lagi ke proses pembakaran dengan total panas yang dibawa oleh *clinker* keluar *kiln*. Berdasarkan data dan perhitungan efisiensi termal pada alat *grate cooler* ini, efisiensi termal alat akan dianalisa dalam tiga data dengan metode pengambilan data selama 10 hari untuk 10 data, yaitu pada tanggal 24 Agustus – 02 September 2019. Adapun grafik efisiensi termal alat *grate cooler* dapat dilihat pada Gambar 3 berikut :

Gambar 3. Grafik Efisiensi Termal Alat Grate Cooler Tanggal 24 Agustus – 02 September 2019



Dari kesepuluh data yang didapat, terjadi variasi terhadap efisiensi termal alat *grate cooler*. Grafik diatas menunjukkan bahwa hari kesepuluh memiliki efisiensi tertinggi dengan nilai 84,59%, berdasarkan pembacaan data diketahui bahwa pada tanggal 02 September 2019 kinerja fan maksimal terutama pada fan fan yang berada di grade 1 dan 2. Fan mampu menghasilkan volume udara mendekati volume udara yang dapat dialirkan fan berdasarkan data desainnya. Tetapi terus terjadi penurunan efisiensi pada hari berikutnya hingga efisiensi terendah terjadi pada tanggal 27 Agustus 2019 dengan nilai efisiensi sebesar 74,04%.

Pembahasan

Faktor penurunan efisiensi alat *grate cooler* Penurunan efisiensi ini dapat diakibatkan oleh beberapa faktor. Faktor faktornya yaitu, turunnya kapasitas produksi *clinker* tanpa diikuti dengan perubahan kebutuhan udara pendinginnya, yaitu ketika terjadi penambahan atau pengurangan produksi *clinker* akan tetapi tidak ada perubahan flow udara pendingin yang masuk. Kemudian tidak maksimalnya flow cooling air dari fan fan yang berada di grade 1 dan 2, hal ini

dapat dilihat dari selisih antara flow aktual operasi yang terdeteksi dengan flow instalasi desain alat. Akibat dari tidak maksimalnya flow ini juga menyebabkan temperature udara inlet menuju ESP cukup tinggi dan temperatur outlet klinker melebihi 100 oC. Faktor selanjutnya yaitu ketebalan bed dalam grate cooler tidak merata sehingga heat transfer antara clinker dengan cooling air tidak maksimal karena cooling air cenderung melewati bed klinker yang lebih tipis dengan pressure drop yang lebih rendah. Dan terdapat masalah pada grate stroke sehingga menyebabkan aliran material dari kiln menuju grate cooler tidak lancar.

Untuk meningkatkan kembali efisiensi alat grate cooler ini dapat dilakukan dengan cara optimalisasi flow cooling air dari setiap kipas agar dapat menghasilkan laju dan volume udara yang maksimal untuk setiap fan, terutama fan-fan yang berada pada grade 1 dan 2, karena fan pada grate ini masih belum dapat menghasilkan flow cooling air secara optimal sesuai dengan kuantitas maksimal flow yang seharusnya dapat dihasilkan oleh fan tersebut berdasarkan desain alat. Selanjutnya dengan melakukan pengecekan dan perbaikan grate stroke pada alat agar dapat mengalirkan material dengan lancar dan menghasilkan ketebalan bed yang cukup merata agar proses pendinginan dapat terjadi dengan optimal. Heat transfer akan berlangsung secara merata untuk setiap bagian klinker karena memiliki pressure drop yang sama, akibat dari heat transfer yang berlangsung merata maka dapat dihasilkan suhu keluaran klinker yang lebih rendah lagi sehingga akan aman diolah oleh alat-alat selanjutnya.

Heat loss (Panas yang hilang) pada alat grate cooler Naik turunnya efisiensi termal dipengaruhi oleh heat loss dimana semakin rendah hasil heat loss dalam proses produksi klinker yang di dapat maka akan menghasilkan efisiensi yang tinggi. begitu pula sebaliknya.

4. KESIMPULAN

Pada Tugas khusus kali ini dapat disimpulkan bahwa 1). Kenaikan efisiensi termal dipengaruhi oleh heat loss dimana semakin rendah hasil heat loss dalam proses produksi klinker yang di dapat maka akan menghasilkan efisiensi yang tinggi. begitu pula sebaliknya. 2). Nilai efisiensi optimal terletak pada pengamatan hari ke 9 dan 10 dikarenakan produksi klinker sebanding dengan volume udara pendingin. 3). Grate Cooler pada PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. Masih dalam kinerja yang baik karena efisiensi termal yang dihasilkan masih berada dalam range 74-89% yang merupakan data desain dari Grate Cooler itu sendiri. Berdasarkan hasil yang didapat selama melakukan kerja praktek di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. maka dapat diberikan saran sebagai berikut, proses optimalisasi kerja fan-fan pendingin pada alat grate cooler perlu dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dari alat tersebut, sehingga meningkatkan kualitas dari produk yang didapat. Kemudian proses pengecekan

kinerja alat perlu dilakukan secara rutin sebelum terjadinya kerusakan atau gangguan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Bagian Personalia PT Semen Baturaja. 2019. Sejarah dan Perkembangan Pabrik PT Semen Baturaja. Baturaja : PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.
- Bagian Personalia, PT Semen Baturaja, 2019, Struktur Organisasi Induk PT Semen Baturaja. Baturaja : PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.
- Balai Diklat PT Semen Baturaja. 2019. Proses Pembuatan Semen di PT Semen Baturaja. Baturaja : PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.
- Bernardi, Simone. 2002. Fluegasknowhow. Url: (<http://fluegasknowhow.com>) diakses 23 September 2019.
- Biro Produksi 1 PT Semen Baturaja. 2019. Proses Pembuatan Semen di PT Semen Baturaja. Baturaja : PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.
- Biro Produksi 1 PT Semen Baturaja. 2019. Lokasi Pabrik dan Spesifikasi Peralatan di PT Semen Baturaja. Baturaja : PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.
- Biro Produksi 1 PT Semen Baturaja. 2019. Produk yang dihasilkan di PT Semen Baturaja. Baturaja : PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.
- Biro Produksi 1 PT Semen Baturaja. 2019. Pengolahan Lingkungan di PT Semen Baturaja. Baturaja : PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.
- Howell, Jhon R and Buckius, Richard O. 1987. Fundamentals of Engineering Thermodynamics. New York : McGraw-Hill
- M.Saleem, G. Krammer, Effect of filtration velocity and dust concentration on cake formation and filter operation ing a pilot scale jet pulsed bag filter, J. Hazard. Mater. 144 (2007) 677-681. (online). (<http://www.sciencedirect.com/science/article>, diakses pada 22 September 2019)
- Perry,R.H. 1997. Perry's Chemical Engineers' Handbook Seventh Edition. New York : Mc Graw Hill Inc.
- Smidth,F.L. 1887. Dust Collector Bag House Filter, Basic Data for Project Planning. Denmark : FL Smidth.
- Thermax. Pulse Jet Bag Filter, Custom Engineered Fabric Filter Systems, (online).(<http://www.thermaxglobal.com>, diunduh 22 September 2019).