

ANALISA EFISIENSI ALAT ROTARY KILN DI PABRIK II PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO) Tbk. DITINJAU DARI EFISIENSI THERMAL

Redho Perdana. Ts^{a*} Lia Cundari^b, Safaruddin^c, Robiansyah^d

^{a,b}Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

^cSMBR Learning Development

^dManager Quality Control

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 :

Rotary Kiln, Efisiensi Thermal, Neraca Massa, Neraca Panas

Keyword :

Rotary Kiln, Thermal Efficency, Mass Balance, Thermal Balance

*Correspondence:

Name: Redho Perdana.

Ts

E-mail:

redhoperdanats23@gmail.com

Abstrak

PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk. merupakan pabrik yang memproduksi semen sebagai bahan baku pembangunan atau konstruksi untuk skala kecil sampai besar. Industri semen merupakan salah satu industri yang dalam proses produksinya mengkonsumsi energi dengan jumlah yang cukup besar, biaya yang dikeluarkan untuk konsumsi energi pada sebuah pabrik semen berkisar 20% - 30% dari biaya total produksi. Kebutuhan energi terbesar berasal dari proses pembakaran di kiln. Rotary Kiln merupakan peralatan utama dalam pembuatan semen yang membutuhkan panas pembakaran untuk proses pembentukan kilnker. Sumber utama dari panas pembakaran berasal dari batubara. Evaluasi rotary kiln dilakukan untuk mengetahui kinerja proses kalsinasi pada alat rotary kiln yang mana akan mempengaruhi dalam hal pembentukan klinker dalam hal waktu proses hingga beban pada biaya proses. Metode yang digunakan adalah metode perhitungan dengan menghitung neraca massa dari tiap komponen yang masuk dan keluar, serta neraca panas tiap komponen masuk dan keluar. Kemudian dari perhitungan neraca panas dapat digunakan untuk menghitung efisiensi. Dari perhitungan didapat 66,44% efisiensi aktual rata-rata sebesar 60,33% dengan specific fuel consumption rata-rata sebesar 867,21 kcal/kg. Efisiensi panas di rotary kiln tidak efisien karena efisisensi rotary kiln dibawah standar 80-85 %.

Abstract

PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk. is a factory that produces cement as a raw material for construction for small to large scale. The cement industry is one of the industries that in the production process consumes a large amount of energy, the costs incurred for energy consumption in a cement factory range from 20% - 30% of the total cost of production. The largest energy requirement comes from the combustion process in the kiln. Rotary Kiln is the main equipment in the manufacture of cement which requires heat of combustion for the kilnker formation process. The main source of heat of combustion comes from coal. The evaluation of the rotary kiln was carried out to determine the performance of the calcination process on the rotary kiln which will affect the clinker formation in terms of processing time to the load on process costs. While the calculation method used by calculating the mass balance of each input and output component, as well as the heat balance of each input and output component. Then from the heat balance calculation can be used to calculate efficiency. From the calculation, the average actual efficiency is 60.33% with an average specific fuel consumption of 867.21 kcal/kg. The heat efficiency in the rotary kiln is not efficient because the efficiency of the rotary kiln is below the standard 80-85%.

1. PENDAHULUAN

Saat ini efisiensi energi mutlak diperlukan semaksimal mungkin dalam menghadapi perkembangan industri. Industri yang kurang memperhatikan efisiensi energinya akan mengalami kesulitan menghadapi persaingan usaha dan menjaga keberlangsungan hidup industri tersebut. Persaingan ini menuntut perusahaan agar dapat melakukan penghematan serta optimalisasi yang bertujuan untuk mengurangi biaya produksi dan meningkatkan daya saing perusahaan, salah satunya dengan mengevaluasi sistem energi untuk pembakaran agar diperoleh keuntungan yang maksimal. PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk memiliki alat rotary kiln yang menjadi jantung proses dalam pembuatan semen sehingga untuk menjadikan kualitas dari sebuah clinker maka harus mengatur kondisi operasi yang optimum terutama parameter suhu (Rubianto dan Zahidin, 2020).

Alasan lain mengapa Rotary Kiln termasuk alat yang penting adalah dikarenakan kondisi operasinya yang “ekstrem” terutama dalam hal temperatur, sehingga kesalahan penanganan akan berakibat fatal. Energi panas dan listrik yang dikonsumsi pada unit ini merupakan bagian terbesar dari seluruh biaya produksi. Apabila kiln berhenti beroperasi maka sebagian besar peralatan lainnya tidak dapat dijalankan, terutama yang memanfaatkan sisa panas dari kiln. Melihat begitu pentingnya unit pembakaran ini, diperlukan dasar-dasar pengetahuan dan keterampilan yang memadai (profesionalisme) serta sikap mental yang dapat diandalkan agar mampu mengendalikan operasi pembakaran dengan produktifitas tinggi. Efisiensi thermal dan specific fuel consumption merupakan indikator untuk menentukan baik atau tidaknya pengoperasian kiln. Langkah yang dapat dilakukan agar tercapainya efisiensi alat ini adalah dengan melakukan evaluasi terhadap kinerja Rotary kiln seperti, perhitungan neraca massa, neraca panas dan efisiensi ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk evaluasi proses pada rotary kiln.

a. Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini kami memiliki tujuan penelitian yaitu:

1. Mengetahui kondisi operasi Rotary Kiln di PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk.
2. Mengetahui bagaimana proses pembentukan klinker di PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk.
3. Menghitung nilai efisiensi alat *Rotary Kiln* di PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk.

b. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini kami membatasi permasalahan yang menganalisa efisiensi panas pada alat *Rotary Kiln* yang ditinjau dari neraca panas pada PT semen baturaja.

2. METODE PENELITIAN

Peralatan kiln bertujuan untuk proses pembentukan bahan mentah (*raw meal*) menjadi klinker yang bermutu. Terdapat beberapa hal yang dapat mempengaruhi kinerja dari rotary kiln yaitu kecepatan putaran, temperature pembakaran di kiln, bahan bakar, dan komposisi bahan baku. Untuk menghitung nilai efisiensi dari alat rotary kiln dapat dilakukan dengan beberapa tahap penyelesaian. Dimana metode perhitungan di PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk ini menggunakan 5 tahapan yaitu:

1. Pengumpulan Data

- Mengambil data actual dari CCR (*Central Control Room*) mengenai kapasitas klinker, jumlah pemakaian fine coal, jumlah kiln feed, excess air, temperatur, tekanan, suhu serta jumlah pemakaian batu kapur, tanah liat, pasir silika dan pasir besi.
- Mengambil data dari laboratorium proses mengenai komposisi kiln feed, komposisi klinker, serta komposisi coal.

2. Studi Literatur

Studi literatur yaitu dilakukan dengan mencari informasi serta pengumpulan data mengenai kiln, jenis proses pembuatan semen, proses klinkerisasi dan parameter kontrol yang berpengaruh dalam proses klinkerisasi. Informasi tersebut dapat diperoleh dari buku-buku perpustakaan terkait. Adapun buku yang digunakan yaitu buku diklat PT Semen Baturaja (Persero) Tbk, 2010 dan Hougen.Chem. Process Principles (1954) kemudian informasi yang tersedia di media internet maupun laporan-laporan terkait dengan permasalahan yang ada.

3. Langkah Perhitungan

Untuk menghitung efisiensi alat pada rotary kiln memerlukan referensi sebagai tahap awal untuk melakukan perhitungan dan referensi yang digunakan yaitu buku diklat PT Semen Baturaja (Persero) Tbk, 2010 dan Hougen.Chem. Process Principles (1954) kemudian dilanjutkan dengan beberapa tahap penyelesaian. Adapun tahap-tahap yang harus dilakukan sebagai berikut:

1. Menghitung massa komponen kiln feed
2. Perhitungan neraca massa
3. Perhitungan neraca panas
4. Perhitungan efisiensi termal kiln

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Rotary Kiln

Rotary kiln merupakan suatu silinder dengan kemiringan horizontal 3-4% dan berputar 1-4 rev/min. Material masuk melalui ujung atas dan kemudian turun, arus material berlawanan dengan gas panas dari api yang berasal dari

ujung bawah. Suhu material maksimal sekitar 1450°C, yang tercapai pada burning zone. Bagian dalam rotary kiln dilapisi dengan batu tahan api untuk melindungi dinding kiln. Batu tahan api harus bersifat tahan terhadap suhu tinggi, tahan terhadap perubahan suhu mendadak, tahan terhadap serangan kimia, tahan terhadap abrasi dan memiliki sifat coatability (Mutiarra dan Hadiyanto, 2013). Batu tahan api juga berfungsi untuk menjaga agar lapisan baja pada rotary kiln tidak meleleh.

Sistem pembakaran rotary kiln yang digunakan adalah indirrect firing, yaitu batu bara hasil penggilingan di coal mill dan menggunakan gas panas dari preheater. Batu bara yang digunakan mempunyai diameter 20 mikron dan kebutuhan batu bara yang digunakan untuk pembakaran terak di kiln sebesar 15,47 ton/jam, sedangkan suplai udara primer sebagai pembakar di rotary kiln berasal dari primary air fan (udara sekunder berasal dari gas buang cooler compartement).

Komponen dasar rotary kiln adalah kiln shell, refractory lining, tyres and roller dan drive gear.

1. Kiln Shell.

Kiln Shell merupakan suatu lapisan terluar dari alat rotary kiln, dan umumnya terbuat dari pelat baja dan berbentuk silinder panjang.

2. Refractory Lining.

Refractory Lining ialah batu tahan api yang melapisi bagian dalam kiln shell dengan ketebalan bricks yaitu 20 cm. Fungsinya melindungi kiln shell dari temperatur operasi yang tinggi dan melindungi baja kiln shell dari sifat korosif material.

3. Tyres and Roller.

Tyres atau ban yang melekat pada kiln shell digunakan untuk mempermudah gerakan termal. Putaran ban ini dipasang dengan rol baja. Roller yang digunakan harus mendukung kiln dengan memungkinkan rotasi yang seimbang dan gesekan yang tidak kuat. Jumlah roller yang digunakan akan semakin banyak seiring dengan panjang ukuran kiln. Bantalan roller harus dapat menahan beban statis yang ditimbulkan oleh putaran kiln.

4. Drive Gear.

Gear ini terhubung melalui kereta gear ke motor listrik dengan kecepatan yang bervariasi. Gear ini mempunyai torsi awal yang tinggi untuk memulai memutar kiln dengan beban eksentrik besar. Kecepatan aliran material didalam kiln sebanding dengan kecepatan rotasi dan variable speed drive

Perhitungan Neraca Massa dan Neraca Panas

Melalui observasi lapangan di PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk pada tanggal 19 September - 23 September 2022, diambil data-data dari Laboratorium Pengendalian Proses dan Central Control Room yang diperlukan untuk menghitung neraca massa dan neraca panas. Hasil Perhitungan Neraca Massa dapat dilihat pada grafik dibawah ini.

Setelah didapatkan neraca massa dapat dihitung neraca panas. Pada Neraca Panas tersebut, panas yang masuk kedalam dan keluar dari sistem rotary kiln adalah sebagai berikut (Mutiara dan Hadiyanto, 2013):

- a. Panas sensibel umpan kiln merupakan panas yang dibawa umpan masuk ke dalam rotary kiln dengan basis kering atau umpan sudah dalam posisi tanpa air. Nilainya ditentukan oleh massa, komposisi dan suhu masuk umpan kiln tersebut.
- b. Panas sensibel batubara merupakan panas yang dibawa batubara dengan basis kering atau sudah tanpa air. Proses penghilangan air batubara ini terjadi didalam Coal Mill. Nilainya ditentukan oleh massa dan suhu masuk batubara.
- c. Panas pembakaran batubara merupakan panas yang dihasilkan dari pembakaran batubara di rotary kiln. Nilainya ditentukan oleh massa dan nilai bakar batubara.
- d. Panas sensibel udara primer merupakan panas yang dibawa udara yang dimasukkan bersama bahan bakar. Nilainya ditentukan oleh massa dan suhu masuk udara primer.
- e. Panas sensibel udara sekunder merupakan panas yang dibawa oleh udara yang dimasukkan ke rotary kiln. Nilainya ditentukan oleh kebutuhan udara sekunder dan suhu masuk udara tersebut.
- f. Panas sensibel gas buang merupakan panas yang terbawa keluar bersama gas buang dari suspension preheater dan rotary kiln. Nilainya ditentukan oleh massa, komposisi dan suhu gas buang tersebut.
- g. Panas sensibel klinker merupakan panas yang terbawa keluar bersama klinker yang dihasilkan pada rotary kiln. Nilainya ditentukan oleh massa dan suhu keluar klinker.
- h. Panas reaksi merupakan panas yang digunakan untuk reaksi pembentukan klinker. Panas ini terdiri dari:
 - Panas penguapan air merupakan panas yang dibutuhkan untuk menguapkan air yang terkandung dalam umpan kiln dan batubara. Nilainya ditentukan oleh massa total air yang masuk ke sistem.
 - Panas dissosiasi $MgCO_3$ merupakan panas yang dibutuhkan untuk menguraikan $MgCO_3$ menjadi MgO dan CO_2 . Nilainya ditentukan oleh massa $MgCO_3$ dalam umpan kiln.
 - Panas dissosiasi $CaCO_3$ merupakan panas yang dibutuhkan untuk menguraikan $CaCO_3$ menjadi CaO dan CO_2 . Nilainya ditentukan oleh massa $CaCO_3$ dalam umpan kiln.
 - Panas pembentukan klinker merupakan panas yang dibutuhkan untuk membentuk komponen-komponen penyusun klinker. Nilainya ditentukan oleh komposisi klinker yang terbentuk.

- i. Panas tak teranalisa (heat loss) merupakan panas yang keluar dari sistem ke lingkungan yang disebabkan oleh isolasi sistem yang tidak mampu menahan panas pada kiln tersebut.
- j. Panas radiasi yang hilang di kiln merupakan panas yang hilang karena terjadinya peristiwa tersebut pada sistem. Nilainya ditentukan oleh luas dan suhu permukaan kiln, suhu lingkungan, serta massa klinker.

Hasil dari perhitungan komponen-komponen panas masuk dan keluar pada tanggal 19 september 2023 tertera pada gambar berikut:

PANAS INPUT		PANAS OUTPUT	
Sensibel Kiln Feed	34475012,35	Sensibel Klinker	34313848,54
Sensibel Batubara	111040	Sensibel Gas Buang	8075859,632
Sensibel Udara In	14340911,92	Penguapan H2O	3485812,448
Panas dari Pembakaran Batubara	130206195,2	Sensibel Debu	1885660,867
		Reaksi Kalsinasi	7848363,888
		Panas Hilang Radiasi	5826547,406
		Panas Pembentukan Klinker	51271354,56
		Heat Loss Lainnya	66425712,17
TOTAL	179133159,5	TOTAL	179133159,5

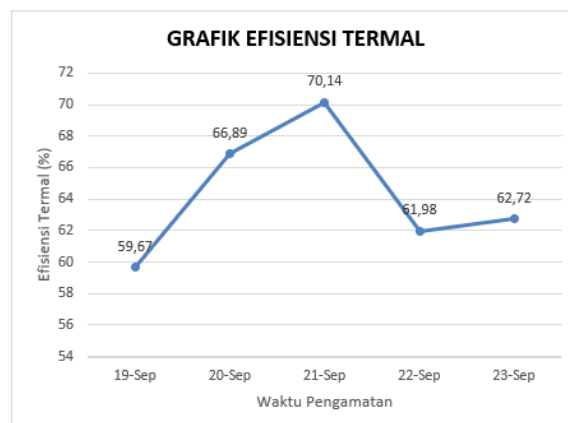
Selanjutnya dapat dicari efisiensi termal dengan persamaan:

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Panas yang Termanfaatkan}}{\text{Total Energi Input}} \times 100 \%$$

$$= \frac{\text{Total Panas Input} - (\text{Panas Radiasi} + \text{Heat Loss Lainnya})}{\text{Total Energi Input}} \times 100 \%$$

Hasil perhitungan Efisiensi termal Rotary Kiln dari tanggal 19 September – 23 September 2022 disajikan pada grafik dibawah ini:

Gambar 1. Grafik Efisiensi Termal Rotary Kiln



Pembahasan

Hasil perhitungan efisiensi termal pada rotary kiln secara aktual yang ditunjukkan pada grafik 4.1. yang menunjukkan bahwa terjadi perubahan kenaikan dan penurunan efisiensi setiap harinya. Efisiensi tertinggi terjadi pada tanggal 21 September 2022 yaitu sebesar 70,14% sedangkan efisiensi terendah terjadi pada tanggal 19 September 2022 sebesar 59,67%. Perbedaan nilai efisiensi ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor antara lain perbedaan umpan preheater yang menyebabkan perbedaan juga pada umpan kiln, konsumsi batubara dan heat loss.

Efisiensi Rotary kiln masih dapat ditingkatkan dengan meningkatkan laju aliran massa Kiln Feed yang masuk ke Rotary Kiln. Normalnya agar efisiensi termal rotary kiln tinggi umpan yang dimasukkan seharusnya berkisar di rentang 330-350 ton/jam, namun dilapangan umpan kiln hanya berkisar antara 250-290 ton/jam saja. Hal ini membuat panas yang dihasilkan batubara tidak efisien karena banyak tidak termanfaatkan sehingga membuat nilai heat loss menjadi tinggi dan nilai efisiensi menjadi rendah.

Kebutuhan panas yang dibutuhkan untuk memproduksi terak per kg nya yang saat ini cukup besar dapat dikurangi bila panas yang masuk dapat dimanfaatkan secara maksimal yaitu dengan cara, memperbaiki peralatan yang ada antara lain dengan menutup kebocoran-kebocoran pada pipa ID fan dan SP, mengganti batu tahan api yang sudah rusak dan memantau kualitas bahan bakar.

4. PENUTUP

Kesimpulan

- a. Efisiensi termal dari alat rotary kiln yang didapatkan dari perhitungan neraca massa dan neraca panas dari tanggal 19 september-23 september 2022 berkisar diangka 59-72%.
- b. Nilai ini tergolong masih baik meskipun masih dibawah rata-rata yaitu berkisar dinilai 80-85%. beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hal tersebut adalah perbedaan jumlah umpan preheater yang menyebabkan perbedaan juga pada umpan kiln, konsumsi batubara dan heat loss.
- c. Faktor lain yang dapat menyebabkan efisiensi termal yang dibawah standar adalah kurang efektifnya kerja dari ID fan yang menyebabkan banyak udara panas tertarik keluar dari SP dan Cooler sehingga pemanfaatan panas tidak maksimal.
- d. Kebutuhan panas yang dibutuhkan untuk memproduksi terak per kg nya yang saat ini cukup besar dapat dikurangi bila panas yang masuk dapat dimanfaatkan secara maksimal

Saran

- a. Perlu dilakukannya pemeliharaan peralatan sistem kiln agar kinerja dari peralatan kiln tersebut tidak menurun efisiensinya, misalnya menutup kebocoran-kebocoran pada pipa ID fan dan SP.

- b. Perlu dilakukannya pengecekan dan penggantian batu tahan api yang rusak secara berkala karena dalam jangka waktu tertentu brick dapat terkikis sehingga dapat memperbesar heat loss pada kiln
- c. Memantau Kualitas bahan bakar

5. DAFTARPUSTAKA

- Mutiara, F. R. dan Hadiyanto. 2013. Evaluasi Efisiensi Panas dan Emisi Gas Rumah Kaca Pada Rotary Kiln Pabrik Semen. *Jurnal TEKNIK*. Vol. 34 (1): 9-13.
- Peray, K. E. 1979. *Cement Manufacturer's handbook*. New York: Chemical Publishing Co.inc.
- Reski, A. dan Rahayu, T. P. 2018. *Laporan Kerja Praktek PT. Semen Gresik (Persero) Tbk.* [LAPORAN KERJA PRAKTEK]. Surabaya (IDN). Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rubianto, L. dan Zahidin A. 2020. Perhitungan Neraca Massa, Neraca Panas dan Efisiensi Pada Rotary Kiln Unit Kerja RKC 3 PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. *Jurnal Teknologi Separasi*. Vol. 6(2): 309-315.
- Wijayanto, P., Adiwijaya, R. dan Safaruddin. 2022. Efisiensi Panas Pada Rotary Kiln PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk. (Online). Diakses 19 Oktober 2022: <https://www.researchgate.net/publication/358863965>.