

EVALUASI KINERJA ALAT *ROTARY KILN* DITINJAU DARI EFISIENSI TERMAL DAN *AIR FUEL RATIO* (AFR) DI PBR II PT. SEMEN BATURAJA Tbk

Niko^{*1}, Abraham Abimanyu², Safaruddin³

¹ Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

² Process Improvement PT. Semen Baturaja Tbk, Indonesia

³ SMBR Clinker Production PT. Semen Baturaja Tbk, Indonesia

Corresponding Author: safaruddintoahir@gmail.com

<p>Info Article</p> <p>Received : 02 Juni 2022</p> <p>Revised : 11 Juli 2023</p> <p>Accepted : 02 Agustus 2023</p> <p>Publication : 30 Agustus 2023</p> <p>Keywords: <i>Rotary kiln, Thermal Efficiency, Air Fuel Ratio (AFR).</i></p> <p>Kata Kunci: <i>Rotary kiln, Efisiensi Termal, Air Fuel Ratio (AFR).</i></p> <p>Licensed Under a Creative Commons Attribution 4.0 International License</p> 	<p>Abstract : <i>Clinker is an artificial rock produced from kiln feed or rawmeal through a process that occurs in a rotary kiln with a temperature of around 1450°C. In the heating process in the rotary kiln, physical reactions and chemical reactions occur simultaneously. The methodology used to complete this article consists of several stages including the following: Taking actual condition data from the Central Control Room (CCR) and composition data from the Quality Control (QC) laboratory. From the results of the performance evaluation, the thermal efficiency of the rotary kiln is still classified as good with an average of 74.05% where the good efficiency ranges from 71%-84%. This value indicates that the performance of the rotary kiln is still fairly good when viewed from the actual calculated thermal efficiency. Regular checking, maintenance and repair is an increase in the performance of rotary kiln equipment so that the obstacles experienced can be reduced. he decrease and increase in AFR value is also influenced by the size of the feed flow rate that enters the combustion process.</i></p> <p>Abstrak: Klinker merupakan batuan buatan yang dihasilkan dari <i>kiln feed</i> atau <i>rawmeal</i> melalui proses yang terjadi pada <i>rotary kiln</i> dengan suhu sekitar 1450°C. Dalam proses pemanasan pada <i>rotary kiln</i>, terjadi reaksi fisika dan reaksi kimia secara bersamaan. Metodologi yang digunakan untuk menyelesaikan artikel ini terdiri dari beberapa tahap antara lain sebagai berikut: Pengambilan data kondisi aktual dari <i>Central Control Room</i> (CCR) dan data komposisi dari laboratorium <i>Quality Control</i> (QC). Dari hasil evaluasi kinerja, efisiensi termal <i>rotary kiln</i> masih tergolong baik dengan rata rata 74,05% dimana efisiensi terlogong baik berkisar antara 71%-84%. Nilai ini menunjukkan bahwa kinerja <i>rotary kiln</i> masih terbilang baik jika ditinjau dari efisiensi thermal yang dihitung secara aktual. Terjadinya penurunan efisiensi termal disebabkan beberapa faktor, salah satunya adalah faktor usia dari alat tersebut. Penurunan dan peningkatan nilai AFR juga dipengaruhi besar kecilnya laju alir umpan masuk pada proses pembakaran.</p>
--	--

PENDAHULUAN

Semen Baturaja merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang industri persemenan di Indonesia yang didirikan pada tahun 1974 dan diresmikan oleh Presiden Republik Indonesia kedua, Soeharto. Di tahun 2022, Perusahaan merupakan *Market Leader* di Sumatera Bagian Selatan (Sumbagsel) yang menjadi wilayah pasar utama Perusahaan dengan *market share* sebesar 34%. Selain memiliki kualitas produk yang telah tersertifikasi, Perusahaan juga didukung oleh jaringan distribusi yang terintegrasi dengan wilayah pemasaran (*Annual Report* PT Semen Baturaja Tbk, 2022).

Pada tahun 2015, perusahaan melakukan Pembangunan Pabrik Baturaja II dengan kapasitas 1.850.000 ton semen/tahun sehingga total kapasitas terpasang menjadi 3.850.000 ton semen/tahun. Saat ini Pabrik Baturaja II telah beroperasi, untuk *first clinker* Pabrik Baturaja II pada tanggal 10 Mei 2017, *first cement* pada tanggal 1 Juni 2017, dan target operasi komersial pada semester II adalah 550.000 ton untuk *clinker* dan 600.000 ton untuk semen (Biro Produksi PT Semen Baturaja Tbk, 2023).

Pada 19 Desember 2022, Pemerintah Indonesia resmi melakukan inbreng saham dengan mengalihkan saham Negara Republik Indonesia penandatanganan Akta Perjanjian Pengalihan Saham No. 15 merubah komposisi kepemilikan saham Perusahaan, serta status Perusahaan dari PT Semen Baturaja (Persero) Tbk menjadi PT Semen Baturaja Tbk (*Annual Report* PT Semen Baturaja Tbk, 2022).

Proses pembakaran akhir merupakan salah satu proses pada PT. Semen Baturaja yang melibatkan unit *rotary kiln* sebagai tempat terjadinya proses dalam pembuatan semen dimana kualitas klinker yang dihasilkan berpengaruh juga pada kualitas semen. Evaluasi terhadap kinerja unit *rotary kiln* seperti perhitungan neraca massa dan neraca panas perlu dilakukan untuk mengetahui performa kiln. Penelitian ini mengkaji evaluasi kinerja alat *rotary kiln* yang ditinjau dari efisiensi thermal.

METHOD

Metodologi yang digunakan untuk menyelesaikan artikel ini terdiri dari beberapa tahap antara lain sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data.

Mengambil data kondisi aktual dari *Central Control Room* (CCR) jumlah umpan kiln, jumlah klinker, jumlah *fincoal*, serta temperatur udara proses. Selain itu, mengambil data komposisi dari laboratorium QC (*Quality Control*) seperti komposisi umpan kiln, komposisi klinker, serta komposisi batubara.

2. Kajian Literatur.

Mencari informasi serta pengumpulan data mengenai kiln, jenis proses pembuatan semen, proses klinkerisasi dan parameter kontrol yang berpengaruh dalam proses klinkerisasi. Sumber literatur didapat dari buku-buku seperti Hougen *Chem Process Principles* (1954) dan *Cement Manufacture's Hand Book* by Perray. Selain itu mendapatkan referensi dari sumber internet dan dari laporan-laporan terkait sebelumnya.

3. Langkah Perhitungan

Langkah-langkah perhitungan yang dilakukan terdiri dari 5 langkah antara lain: menghitung massa komponen kiln feed, menghitung neraca massa, menghitung neraca panas, menghitung efisiensi termal kiln, dan menghitung *air fuel rasio* (AFR).

Perhitungan:

- Perhitungan Neraca Massa.

$$\text{Massa Masuk} = \text{Massa Keluar} + \text{Akumulasi}$$

- Perhitungan Neraca Panas.

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

- Perhitungan Efisiensi Termal.

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

- Perhitungan *Air Fuel Rasio* (AFR)

$$\text{AFR} = \frac{m \times 11,6 A_C + 34,8 \times (A_H - \frac{A_O}{8}) + 0,043 A_S}{100}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil yang didapatkan dari penelitian yang telah dilaksanakan ini diperoleh dari data dibutuhkan data pengamatan berupa data kondisi operasi dan data komposisi bahan secara aktual. Data pengamatan yang digunakan selama tujuh hari sejak tanggal 3 Juli sampai 9 Juli 2023 pada pukul 09.00 WIB. Metode perhitungan penelitian yang digunakan adalah perhitungan neraca massa dan energi panas untuk mengetahui nilai efisiensi thermal pada alat *rotary kiln*. Neraca panas pada alat *rotary kiln* dapat memberikan informasi yang sangat penting untuk mengetahui kinerja dari alat *rotary kiln*. Neraca massa dan neraca panas secara prinsip dasar adalah *input = output*

sehingga energi yang hilang dapat mudah dideteksi. Adapun Neraca Massa dan Neraca Panas pada tanggal 3 Juli 2023 adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1. Neraca Massa Tanggal 3 Juli 2023

Massa Input (kg)		Massa Output (kg)	
<i>Kiln Feed</i>	197.897,99	<i>Klinker Out</i>	192.985,51
Batubara	11.300,00	Gas Buang	103.765,84
Udara Primer	1.996,21	Debu	1.996,21
Udara Sekunder	87.553,35		
Total	298.747,55	Total	298.747,55

Sumber : Data diolah 2023

Tabel 3.2. Neraca Massa Tanggal 4 Juli 2023

Massa Input (kg)		Massa Output (kg)	
<i>Kiln Feed</i>	196.839,78	<i>Klinker Out</i>	191.961,73
Batubara	11.400,00	Gas Buang	104.606,21
Udara Primer	2.025,82	Debu	2.025,82
Udara Sekunder	88.328,16		
Total	298.593,76	Total	298.593,76

Sumber : Data diolah 2023

Tabel 3.3. Neraca Massa Tanggal 5 Juli 2023

Massa Input (kg)		Massa Output (kg)	
<i>Kiln Feed</i>	203.851,55	<i>Klinker Out</i>	198.734,14
Batubara	11.500,00	Gas Buang	105.720,38
Udara Primer	2.002,06	Debu	2.002,06
Udara Sekunder	89.102,97		
Total	306.456,58	Total	306.456,58

Sumber : Data diolah 2023

Tabel 3.4. Neraca Massa Tanggal 6 Juli 2023

Massa Input (kg)		Massa Output (kg)	
<i>Kiln Feed</i>	194.369,34	<i>Klinker Out</i>	189.526,30
Batubara	10.800,00	Gas Buang	99.322,35
Udara Primer	2.019,83	Debu	2.019,83
Udara Sekunder	83.679,31		
Total	290.868,48	Total	290.868,48

Sumber : Data diolah 2023

Tabel 3.5. Neraca Massa Tanggal 7 Juli 2023

Massa Input (kg)		Massa Output (kg)	
<i>Kiln Feed</i>	193.407,79	<i>Klinker Out</i>	188.564,43
Batubara	10.660,00	Gas Buang	98.097,94
Udara Primer	2.031,85	Debu	2.031,85
Udara Sekunder	82.594,58		
Total	288.694,22	Total	288.694,22

Sumber : Data diolah 2023

Tabel 3.6. Neraca Massa Tanggal 8 Juli 2023

Massa Input (kg)		Massa Output (kg)	
<i>Kiln Feed</i>	168.059,80	<i>Klinker Out</i>	164.171,51
Batubara	10.530,00	Gas Buang	96.005,62
Udara Primer	1.990,39	Debu	1.990,39
Udara Sekunder	81.587,33		
Total	262.167,51	Total	262.167,51

Sumber : Data diolah 2023

Tabel 3.7. Neraca Massa Tanggal 9 Juli 2023

Massa Input (kg)		Massa Output (kg)	
<i>Kiln Feed</i>	195.456,80	<i>Klinker Out</i>	190.788,39
Batubara	11.000,00	Gas Buang	100.897,33
Udara Primer	1.996,21	Debu	1.996,21
Udara Sekunder	85.228,93		
Total	293.681,93	Total	293.681,93

Sumber : Data diolah 2023

Selanjutnya hasil perhitungan neraca energi dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.8. Neraca Panas Tanggal 3 Juli 2023

Panas Input (Kcal)		Panas Output (Kcal)	
Sensibel <i>Kiln Feed</i>	36.808.124,07	Sensibel Klinker	54.701.160,05
Sensibel Batubara	46.989,14	Sensibel Gas Buang	3.313.027,88
Sensibel Udara <i>In</i>	26.541.933,68	Penguapan H ₂ O	3.602.726,02
Pembakaran Batubara	140.495.566,41	Sensibel Debu	120.125,27
		Reaksi Kalsinasi	6.153.810,85
		Hilang Radiasi	4.727.757,89
		Hilang Konveksi	1.923.912,74
		Pembentukan Klinker	80.316.133,41
		<i>Heat Loss Lainnya</i>	49.034.059,19
Total	203.892.613,31	Total	203.892.613,31

Sumber : Data diolah 2023

Tabel 3.9. Neraca Panas Tanggal 4 Juli 2023

Panas Input (Kcal)		Panas Output (Kcal)	
Sensibel <i>Kiln Feed</i>	36.879.342,43	Sensibel Klinker	53.638.216,74
Sensibel Batubara	48.083,71	Sensibel Gas Buang	3.559.388,79
Sensibel Udara <i>In</i>	26.724.814,25	Penguapan H ₂ O	3.634.608,55
Pembakaran Batubara	141.572.347,55	Sensibel Debu	125.830,71
		Reaksi Kalsinasi	6.133.458,55
		Hilang Radiasi	4.727.757,89
		Hilang Konveksi	1.923.912,74
		Pembentukan Klinker	79.778.098,09
		<i>Heat Loss Lainnya</i>	51.703.415,89
Total	205.224.587,94	Total	205.224.587,94

Sumber : Data diolah 2023

Tabel 3.10. Neraca Panas Tanggal 5 Juli 2023

Panas Input (Kcal)		Panas Output (Kcal)	
Sensibel <i>Kiln Feed</i>	37.456.751,95	Sensibel Klinker	57.400.068,96
Sensibel Batubara	49.549,60	Sensibel Gas Buang	3.545.814,85
Sensibel Udara <i>In</i>	2.030.064,55	Penguapan H ₂ O	3.666.491,08
Pembakaran Batubara	143.234.396,86	Sensibel Debu	123.395,40
		Reaksi Kalsinasi	6.379.694,26
		Hilang Radiasi	4.727.757,89
		Hilang Konveksi	1.923.812,74
		Pembentukan Klinker	82.950.048,54
		<i>Heat Loss Lainnya</i>	22.053.679,24
Total	182.770.762,96	Total	182.770.762,96

Sumber : Data diolah 2023

Tabel 3.11. Neraca Panas Tanggal 6 Juli 2023

Panas Input (Kcal)		Panas Output (Kcal)	
Sensibel <i>Kiln Feed</i>	36.325.903,52	Sensibel Klinker	52.957.705,45
Sensibel Batubara	46.257,67	Sensibel Gas Buang	3.681.538,22
Sensibel Udara <i>In</i>	25.282.173,26	Penguapan H ₂ O	3.443.313,37
Pembakaran Batubara	134.595.135,84	Sensibel Debu	131.014,02
		Reaksi Kalsinasi	6.028.078,23
		Hilang Radiasi	4.727.757,89
		Hilang Konveksi	1.923.812,74
		Pembentukan Klinker	79.184.733,44
		<i>Heat Loss Lainnya</i>	44.171.516,94
Total	196.249.470,29	Total	196.249.470,29

Sumber : Data diolah 2023

Tabel 3.12. Neraca Panas Tanggal 7 Juli 2023

Panas Input (Kcal)		Panas Output (Kcal)	
Sensibel <i>Kiln Feed</i>	35.972.706,12	Sensibel Klinker	50.317.456,00
Sensibel Batubara	44.871,80	Sensibel Gas Buang	3.419.166,37
Sensibel Udara <i>In</i>	23.883.668,64	Penguapan H ₂ O	3.398.677,82
Pembakaran Batubara	132.985.260,72	Sensibel Debu	127.646,29
		Reaksi Kalsinasi	6.009.418,38
		Hilang Radiasi	4.727.757,89
		Hilang Konveksi	1.923.812,74
		Pembentukan Klinker	78.922.129,15
		<i>Heat Loss Lainnya</i>	44.040.442,63
Total	192.886.507,28	Total	192.886.507,28

Sumber : Data diolah 2023

Tabel 3.13. Neraca Panas Tanggal 8 Juli 2023

Panas Input (Kcal)		Panas Output (Kcal)	
Sensibel <i>Kiln Feed</i>	31.913.330,78	Sensibel Klinker	48.586.208,49
Sensibel Batubara	41.134,22	Sensibel Gas Buang	3.595.766,63
Sensibel Udara <i>In</i>	25.663.308,89	Penguapan H ₂ O	3.357.230,53

Pembakaran Batubara	129.448.238,80	Sensibel Debu	130.106,55
		Reaksi Kalsinasi	5.064.532,63
		Hilang Radiasi	4.727.757,89
		Hilang Konveksi	1.923.812,74
		Pembentukan Klinker	68.113.673,77
		<i>Heat Loss Lainnya</i>	51.566.923,45
Total	187.066.012,69	Total	187.066.012,69

Sumber : Data diolah 2023

Tabel 3.14. Neraca Panas Tanggal 9 Juli 2023

Panas Input (Kcal)		Panas Output (Kcal)	
Sensibel <i>Kiln Feed</i>	36.939.876,79	Sensibel Klinker	55.744.449,08
Sensibel Batubara	42.908,02	Sensibel Gas Buang	4.005.830,03
Sensibel Udara <i>In</i>	26.630.613,38	Penguapan H ₂ O	3.507.078,43
Pembakaran Batubara	136.522.639,75	Sensibel Debu	134.402,39
		Reaksi Kalsinasi	5.868.465,88
		Hilang Radiasi	4.727.757,89
		Hilang Konveksi	1.923.912,74
		Pembentukan Klinker	76.986.440,39
		<i>Heat Loss Lainnya</i>	47.237.801,12
Total	200.136.037,94	Total	200.136.037,94

Sumber : Data diolah 2023

1. Efisiensi Thermal

Berikut ini merupakan tabel rekapitulasi hasil perhitungan efisiensi termal dari tanggal 3 Juli 2023 sampai dengan tanggal 9 Juli 2023 pada unit *Rotary Kiln* PT Semen Baturaja Tbk.

$$\% \text{ Efisiensi} = \frac{\text{Panas yang dimanfaatkan}}{\text{Total Energi Input}} \times 100 \quad (\text{Olaf A. Hougen, 1959, h 414})$$

2. Air Fuel Rasio (AFR)

Ratio udara bahan bakar dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{AFR} = \frac{m \times 11,6 A_C + 34,8 \times (A_H - \frac{A_O}{8}) + 0,043 A_S}{100}$$

(*Cement Manufacturer's Handbook*, Kurt E Perray, 1979 : 102)

Keterangan:

m = Percent O₂ Excess Air of Kiln

A_C = Percent Carbon of Fuel

A_H = Percent Hydrogen of Fuel

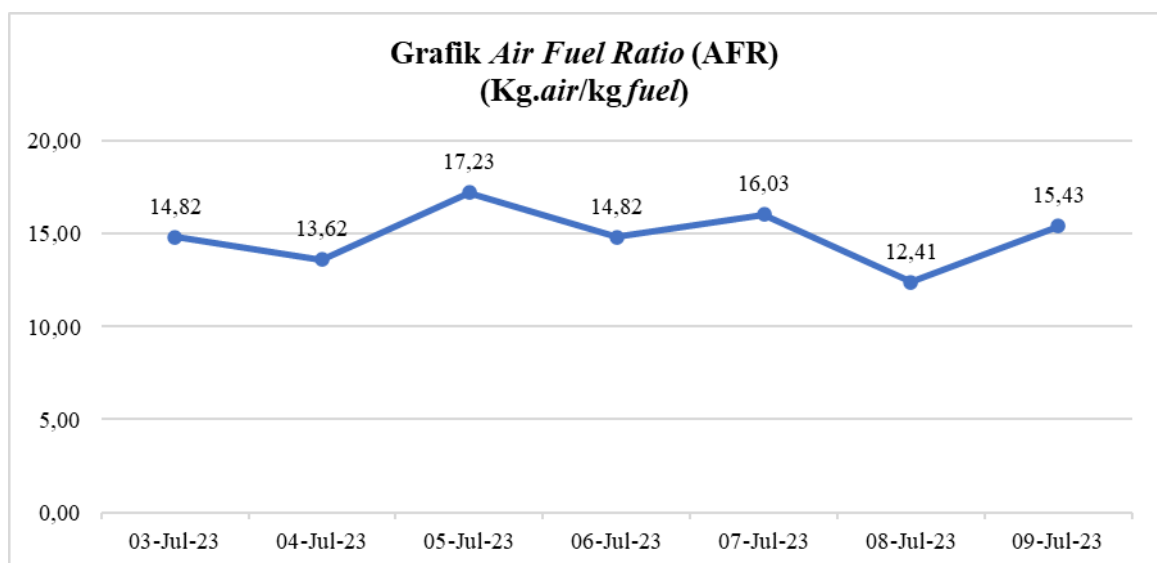
A_O = Percent Oxygen of Fuel

A_S = Percent Sulfur of Fuel

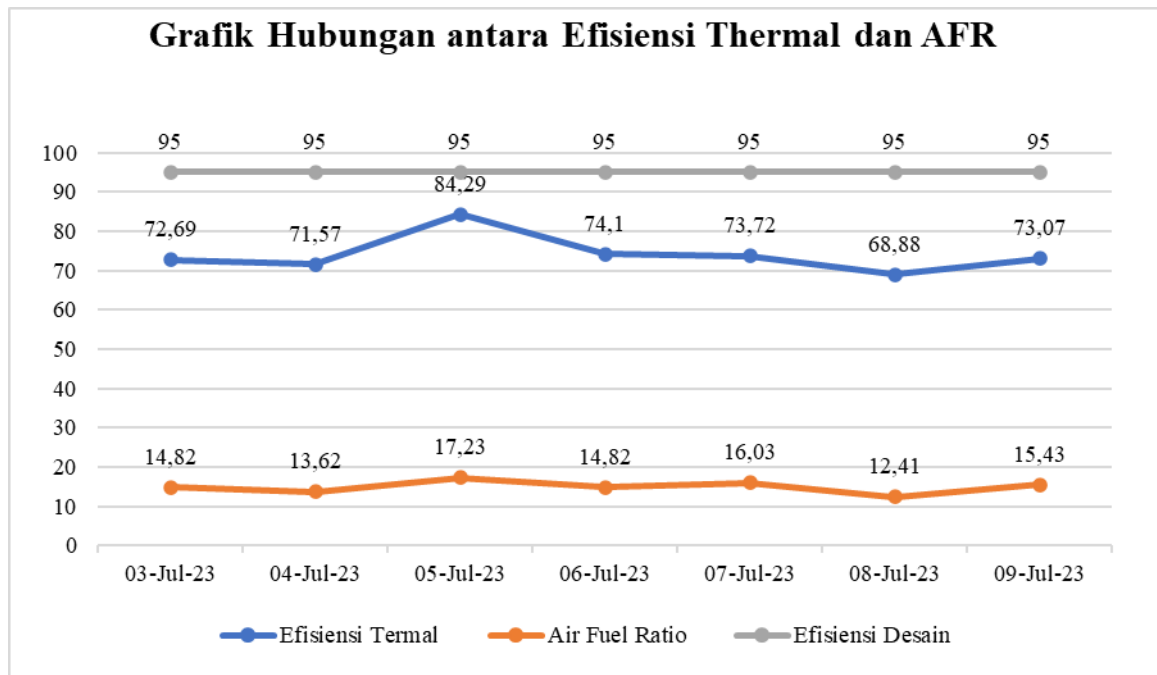
Tabel 3.15 Efisiensi Termal dan *Air Fuel Ratio* (AFR)

Tanggal	Efisiensi Termal (%)	<i>Air Fuel Ratio</i> (AFR) (Kg.air/kg.fuel)
3 Juli 2023	72,69	14,82
4 Juli 2023	71,57	13,62
5 Juli 2023	84,29	17,23
6 Juli 2023	74,1	14,82
7 Juli 2023	73,72	16,03
8 Juli 2023	68,88	12,41
9 Juli 2023	73,07	15,43
Rata – rata	74,05	14,91

Dengan menggunakan persamaan mencari rasio udara bahan bakar, maka didapatkan nilai AFR pada Gambar 3.1. berikut:

Gambar 3.1. Grafik *Air Fuel Ratio*

Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui bahwa nilai AFR tertinggi ada pada hari ke 3 yaitu pada tanggal 7 juli 2023 dengan nilai 17,23 kg.air/kg.fuel, dimana hal tersebut berarti diperlukan 17,23 kg udara untuk membakar 1 kg batubara sebagai bahan bakar, dengan efisiensi termal sebesar 84,29%. Sementara itu nilai AFR dan efisiensi terendah terjadi pada tanggal 8 Juli 2023 di dapatkan nilai AFR nya sebesar 12,41 kg.air/kg.fuel dengan efisiensi termal sebesar 68,88%. Penurunan dan peningkatan nilai AFR juga dipengaruhi oleh besar kecilnya laju alir umpan yang masuk pada proses pembakaran, karena besarnya umpan yang masuk maka beban suplai udara dan bahan bakar menjadi besar terhadap proses pembakaran sehingga besarnya sebanding dengan efisiensi yang didapatkan. Untuk lebih lengkapnya, berikut grafik hubungan antara nilai AFR terhadap nilai efisiensi termal pada alat *rotary kiln*:



Gambar 3.2. Grafik Hubungan antara Efisiensi Thermal dan AFR

Pembahasan

Dari gambar grafik hubungan antara efisiensi thermal dan AFR dapat dilihat bahwa naik turunnya nilai efisiensi termal dari alat *rotary kiln* diikuti pula dengan naik turunnya nilai AFR (*Air Fuel Ratio*) yang seharusnya Nilai efisiensi tertinggi terjadi pada tanggal 5 Juli yakni sebesar 84,29% yang diikuti dengan nilai AFR tertinggi yakni sebesar 17,23 kg.air/kg fuel. Efisiensi termal *rotary kiln* juga dipengaruhi oleh beberapa kondisi operasi seperti temperatur, keefektifan alat, bahan bakar yang digunakan dan *coating*. Pembakaran yang baik dapat meminimalisirkan jumlah *coating* yang terbentuk pada dinding *rotary kiln*, dan pembakaran yang kurang baik dapat menghasilkan kadar FCaO yang tinggi. FCaO merupakan CaO yang tidak mampu bereaksi dengan oksida lain untuk membentuk senyawa mineral. Adapun hal lain yang mempengaruhi proses pembakaran di *kiln* adalah kecepatan putaran *kiln*, temperatur pembakaran di *kiln*, dan komposisi bahan baku (*rawmeal*).

Efisiensi termal *rotary kiln* mampu ditingkatkan lagi dengan cara mempercepat laju aliran massa *kiln feed* yang masuk ke *rotary kiln*. Pada *rotary kiln feed* yang masuk mengalami proses pembakaran sehingga terjadi rekasi pembentukan klinker. PT Semen Baturaja Tbk memproduksi klinker dengan menerapkan proses kering. Pada proses pembakaran *kiln feed* membutuhkan kondisi oksidasi untuk menghasilkan klinker dengan warna abu-abu kehijauan. Apabila kondisi oksidasi tidak memadai maka

akan dihasilkan klinker dengan warna coklat sehingga kekuatan semen rendah dan waktu *setting*-nya rendah. Selain itu, berhubungan dengan panas sistem yang disuplai ke proses, salah satu yang menjadi parameter penting yang menentukan baik tidaknya kinerja *system kiln* yaitu besarnya pemanfaatan panas. Semakin besar dari total panas yang dimanfaatkan untuk pembuatan semen maka semakin baik pula kinerja dari peralatan tersebut. Proses kimia dan fisika yang terjadi selama proses pembakaran adalah dehidrasi mineral tanah liat (*clay*), dekarbonisasi senyawa karbonat (kalsinasi), reaksi pada fasa padat, rekasi pada fasa cair dan kristalisasi. Proses-proses tersebut berlangsung semenjak bahan baku masuk ke dalam peralatan proses (*preheater* dan *calciner*) untuk mengoptimalkan proses pembakaran, sehingga saat keluar dari *kiln* akan diteruskan dengan pendinginan klinker secara mendadak pada *grate cooler*.

Proses pembakaran dan kalsinasi terjadi pada alat *rotary kiln* menghasilkan *exhaust gas*, yang memiliki komposisi berupa CO₂, SO₂, H₂O, N₂, dan O₂ *excess*. Gas buang tersebut dimanfaatkan sebagai *energy input* pemanasan *rawmix*. Debu juga terbentuk di dalam *rotary kiln* karena adanya sisa pembakaran batubara, debu tersebut mengalir bersama gas buang masuk ke dalam *suspension preheater*. Hasil perhitungan neraca massa kemudian digunakan untuk perhitungan neraca energi.

Dari hasil evaluasi kinerja, efisiensi termal rotary kiln masih tergolong baik dengan rata rata 74,05% dimana efisiensi terlogong baik berkisar antara 71% - 84%. Efisiensi desain dari alat *rotary kiln* adalah sebesar 95%, terjadi penurunan efisiensi termal dikarenakan beberapa faktor, salah satunya adalah faktor usia dari alat tersebut. Pengecekan, pemeliharaan dan perbaikan secara berkala merupakan hal yang harus dilakukan untuk meningkatkan kinerja dari alat *rotary kiln* sehingga kendala yang dialami dapat berkurang. *Coating* yang menghalangi proses pembakaran harus selalu dibersihkan, dan batubara perlu disimpan ditempat kering sehingga kualitas batubara yang digunakan tetap terjaga.

CONCLUSION

Rotary kiln merupakan bagian alat dari sistem kiln pada pabrik II PT. Semen Baturaja Tbk yang terdiri dari *suspension preheater*, *rotary kiln* dan *grate cooler*. Dari hasil evaluasi kinerja, efisiensi termal *rotary kiln* masih tergolong baik dengan rata rata 74,05% dimana efisiensi terlogong baik berkisar antara 71% - 84%. Nilai ini menunjukkan bahwa kinerja *rotary kiln* masih terbilang baik jika ditinjau dari efisiensi thermal yang dihitung secara aktual. Efisiensi desain dari alat *rotary kiln* adalah sebesar

95%, terjadi penurunan efisiensi termal dikarenakan beberapa faktor, salah satunya adalah faktor usia dari alat tersebut. Pengecekan, pemeliharaan dan perbaikan secara berkala merupakan hal yang harus dilakukan untuk meningkatkan kinerja dari alat *rotary kiln* sehingga kendala yang dialami dapat berkurang. Sementara itu nilai rata-rata AFR didapatkan 14,91 kg.air/kg *fuel*. Penurunan dan peningkatan nilai AFR juga dipengaruhi oleh besar kecilnya laju alir umpan yang masuk pada proses pembakaran, karena besarnya umpan yang masuk maka beban suplai udara dan bahan bakar menjadi besar terhadap proses pembakaran sehingga besarnya sebanding dengan efisiensi yang didapatkan.

REFERENCES

- Bagian Personalia, PT Semen Baturaja. (2023). BATURAJA: PT Semen Baturaja.
- Bagian Produksi PT Semen Baturaja. (2023). TEKNOLOGI SEMEN. BATURAJA: PT Semen Baturaja.
- D. Q. Kern. (1950). ASSOCIATES, AND PROFESSIONAL LECTURER IN CHEMICAL ENGINEERING. CASE INSTITUTE OF TECHNOLOGI. Process Heat Transfer.
- FL Smith. (2009). KILN PROCESS AND OPERATION. USA: FL Smith Institute
- Hougen, Olaf A., Kenneth M. Watson, and Roland A. Ragatz. (1954). CHEMICAL PROCESS PRINCIPLES. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- PT Semen Baturaja Tbk. (2022). ANNUAL REPORT 2022. Baturaja: PT Semen Baturaja Tbk
- Peray, Kurt E. (1979). CEMENT MANUFACTURER'S HANDBOOK. New York: Chemical Publishing Co. Inc.
- Perry, R, H.. (2019). PERRY'S CHEMIAL ENGINEERING HAND BOOK, 9th Edition. New York: Mc Graw Hill Inc.
- Rafi FA, Adiwijaya R, Safaruddin. (2022). ANALISA KINERJA ALAT ROTARY KILN DI PABRIK II PT SEMEN BATURAJA TBK. DITINJAU DARI EFISIENSI TERMAL DAN SPECIFIC FUEL CONSUMPTION (SFC). [\(PDF\) Analisa Kinerja Alat Rotary Kiln di Pabrik II PT Semen Baturaja Tbk. Ditinjau dari Efisiensi Termal dan Specific Fuel Consumption \(SFC\) \(researchgate.net\)](#). Diakses tanggal 21 Agustus 2023