



ANALISA ALAT ROTARY KILN DI PABRIK 2 PT. SEMEN BATURAJA Tbk. DITINJAU DARI EFFISIENSI THERMAL DAN EMISI GAS BUANG

Neza Syafitri^{*1}, Safaruddin², Mukti Mabur Muzzaki³

¹ Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

²SMBR Learning Development PT. Semen Baturaja Tbk, Indonesia

³SMBR Clinker Production PT. Semen Baturaja Tbk, Indonesia

Corresponding Author: safaruddintohir@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>Abstract : <i>This study focuses on evaluating the thermal efficiency and exhaust emissions produced by the rotary kiln used in Factory 2 PT. Semen Baturaja Tbk. As a central component in the cement production process, rotary kiln performance has a significant impact on factory operations and the surrounding environment. This study combines direct measurement of exhaust emissions with analysis of kiln operational data to identify achieved levels of thermal efficiency and the impact of exhaust gases on the environment. The results of this study are expected to provide an in-depth view of the rotary kiln performance in terms of thermal efficiency and exhaust emissions. By understanding the factors that affect efficiency and emissions, manufacturers can design appropriate remedial measures to increase thermal efficiency and reduce environmental impact. The positive results of this research can contribute to sustainable practices in the cement industry, by ensuring that the production process is not only energy efficient but also environmentally friendly</i></p>
<p>Keywords: Rotary Kiln, Thermal Efficiency, Mass and Heat Balance.</p> <p>Kata Kunci: Rotary Kiln, Effisiensi Termal, Neraca Massa dan Panas.</p>	<p>Abstrak: Penelitian ini fokus pada evaluasi efisiensi termal dan emisi gas buang yang dihasilkan oleh alat rotary kiln yang digunakan di Pabrik 2 PT. Semen Baturaja Tbk. Sebagai komponen sentral dalam proses produksi semen, performa rotary kiln memiliki dampak signifikan terhadap operasional pabrik dan lingkungan sekitar. Penelitian ini menggabungkan pengukuran langsung emisi gas buang dengan analisis data operasional kiln guna mengidentifikasi tingkat efisiensi termal yang dicapai dan dampak gas buang terhadap lingkungan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan pandangan yang mendalam mengenai kinerja rotary kiln dalam hal efisiensi termal dan emisi gas buang. Dengan memahami faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi dan emisi, pabrik dapat merancang langkah-langkah perbaikan yang tepat guna meningkatkan efisiensi termal dan mengurangi dampak lingkungan. Hasil positif dari penelitian ini dapat berkontribusi pada praktik berkelanjutan di industri semen, dengan memastikan bahwa proses produksi tidak hanya efisien secara energi tetapi juga ramah lingkungan.</p>
<p>Licensed Under a Creative Commons Attribution 4.0 International License</p> 	

PENDAHULUAN

Industri semen adalah salah satu sektor industri penghasil emisi karbon terbesar di dunia, selama pembuatan semen banyak CO₂ dari pancaran dua proses termokimia yang terjadi dalam proses produksi semen. Salah satunya adalah proses kalsinasi yang menyumbang paling banyak emisi CO₂, dan yang lainnya adalah bahan bakar padat, pengangkutan bahan mentah dan beberapa proses produksi lainnya. Campuran utama produk semen adalah tanah liat, batu kapur, tanah liat, pasir besi, pasir silika, dan gypsum.

Rotary kiln merupakan perangkat pyroprocessing yang digunakan untuk meningkatkan suhu tinggi (kalsinasi) campuran utama produk semen untuk proses berkelanjutan. Rotary kiln adalah sebuah bejana silindris yang horizontal namun sedikit miring, saat rotary kiln berputar seluruh campuran bahan tersebut bergerak ke bawah. Bahan bakar rotary kiln ini berupa solar sebagai bahan bakar pada saat *start up* pembakaran *kiln*. Selama di dalam *kiln*, *raw meal* dikenai proses: pengeringan, dehidrasi, dekomposisi dan kalsinasi, klinkerisasi.

Gambar 1.1 Rotary Kiln



Sumber : PT Semen Baturaja Tbk, 2023

Pengeringan adalah proses penguapan air yang masih terkandung dalam umpan baku. Terjadi pada saat umpan baku kontak dengan gas panas pada temperatur sampai 200°C. Kemudian terjadi dehidrasi yaitu proses terjadinya pelepasan air kristal

(*combined water*) yang terikat secara molekuler di dalam mineral-mineral umpan baku. Proses ini terjadi temperatur 100-400°C . Kondisi ini menyebabkan struktur mineral menjadi tidak stabil dan akan terurai pada temperatur 400-900°C. Selanjutnya dekomposisi adalah proses penguraian atau pemecahan mineral-mineral umpan baku menjadi oksida-oksida yang relatif terjadi pada temperatur 400-900°C.

Proses klinkerisasi adalah proses pembentukan senyawa-senyawa penyusun semen. Apabila dalam klinkerisasi terdapat CaO yang belum bereaksi dengan oksida lainnya, maka akan terbentuk CaO bebas pada *klinker* yang bisa dijadikan indikator apakah pembentukan klinker berjalan baik atau tidak. Semakin banyak CaO yang bebas, maka proses dikatakan berjalan tidak baik. Proses klinkerisasi dalam *kiln* terbagi dalam beberapa zona yaitu:

a. *Calcining Zone*.

Pada zona ini *raw meal* dari *preheater* akan mengalami pemanasan hingga 1200 °C dan proses yang terjadi adalah proses penguraian secara maksimum dari unsur-unsur reaktif yang terkandung dalam material masih berbentuk bubuk dan bagian dalam kiln digunakan lapisan *alumina bricks*.

b. *Transition Zone*.

Pada zona ini material mengalami perubahan fase dari padat ke cair dengan temperature operasi sekitar 1300°C. Pada zona ini juga terjadi reaksi antara CaO dengan senyawa SiO₂, Al₂O₃ dan Fe₂O₃. Daerah kiln ini dilindungi oleh lapisan *high alumina bricks*.

c. *Sintering Zone*.

Pada zona ini material mendekati sumber panas yang terpancar dari burner. Pemanasan terjadi hingga 1500°C. proses yang terjadi adalah pelelehan dari semua material dan reaksi maksimum antara CaO dengan senyawa SiO₂, Al₂O₃ dan Fe₂O₃. Senyawa Mineral ini membentuk senyawa utama klinker yaitu C₃S, C₂S, C₃A dan C₄AF. Reaksi ini disebut reaksi klinkerisasi.

d. *Cooling Zone*

Material yang berbentuk cair di sintering zone akan mengalir ke *cooling zone* dan mengalami perubahan fase material menjauhi *gun burner*. Temperature akan turun hingga mencapai 1200°C. Karena adanya gerakan rotasi *kiln*, maka sebagian besar material akan berbentuk *granular* atau butiran.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi termal dan emisi gas buang pada alat rotary kiln di PT Semen Baturaja Tbk. Melalui metode studi literatur,

pengumpulan data, serta analisa yang dilakukan selama 10 hari, diharapkan dapat diperoleh data yang akurat dan relevan. Data-data ini kemudian akan dianalisis dan dihitung guna menghasilkan neraca massa dan neraca panas mengenai kinerja rotary kiln.

METHOD

Dalam penelitian ini, digunakan metode studi literatur, pengumpulan data, evaluasi, serta analisis perhitungan. Evaluasi dilakukan selama 10 hari guna mendapatkan data yang diperlukan untuk perhitungan. Penghitungan efisiensi termal dan emisi gas buang pada alat rotary kiln dilakukan melalui beberapa langkah. Data yang diambil dari PT Semen Baturaja Tbk. diperoleh dari Laboratorium Proses Quality Control (QC) dan Central Control Room (CCR). Data umpan Rotary Kiln diambil selama 10 hari, dimulai pada tanggal 3 hingga 12 Juli 2023, dengan waktu mulai pukul 10.00 WIB. Data yang terkumpul akan diolah guna menghitung neraca massa dan neraca panas menggunakan rumus perhitungan yang telah ditentukan.

$$\Sigma m_{in} = \Sigma m_{out} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

$$\Sigma m_{in} = m_{klin \text{ feed in}} + m_{coal} + m_{primary \text{ air}} + m_{secondary \text{ air}}$$

$$\Sigma m_{out} = m_{klin \text{ feed out}} + m_{flue \text{ gas}} + m_{debu}$$

$$Q = m \cdot Cp \cdot \Delta T \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{Effisiensi Termal} = \frac{\text{Total Panas Input} - \text{Panas Hilang}}{\text{Total Panas Input}} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{Emisi CO}_2 = \Sigma \text{ bahan bakar} \times \text{Faktor emisi} \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{Faktor emisi} = 44/12 \times C_c \text{ Bahan Bakar} \infty \dots \dots \dots (5)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan perhitungan neraca massa dan neraca panas dilakukan untuk mengetahui kinerja dari Rotary Kiln dengan kebutuhan batubara masuk rotary kiln 10,5 - 11,5 ton/jam dan umpan masuk 300-380 ton/jam. Hasil perhitungan neraca massa rotary kiln pada tabel 1 dan hasil perhitungan neraca panas pada tabel 2:

Tabel 1. Neraca Massa Rotary Kiln

Tanggal	Input (kg)	Input (kg)
3 Juli 2023	321.322,56	321.322,56
4 Juli 2023	311.318,61	311.318,61
5 Juli 2023	298.782,23	298.782,23
6 Juli 2023	291.035,91	291.035,91
7 Juli 2023	317.657,66	317.657,66
8 Juli 2023	268.286,08	268.286,08
9 Juli 2023	279.673,04	279.673,04
10 Juli 2023	266.755,69	266.755,69
11 Juli 2023	298.819,70	298.819,70
12 Juli 2023	228.761,11	228.761,11

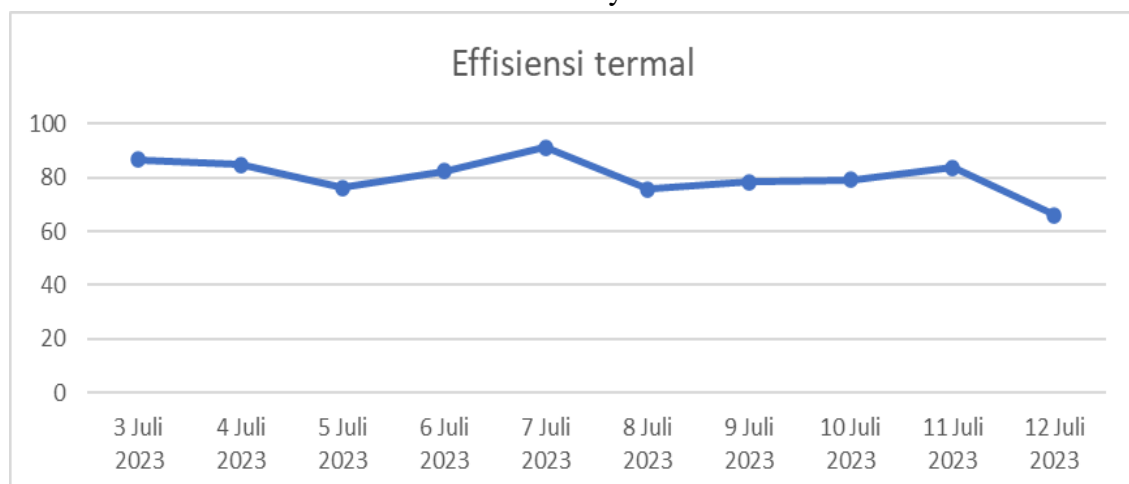
Sumber : Data Diolah 2023.

Tabel 2. Neraca Panas Rotary Kiln

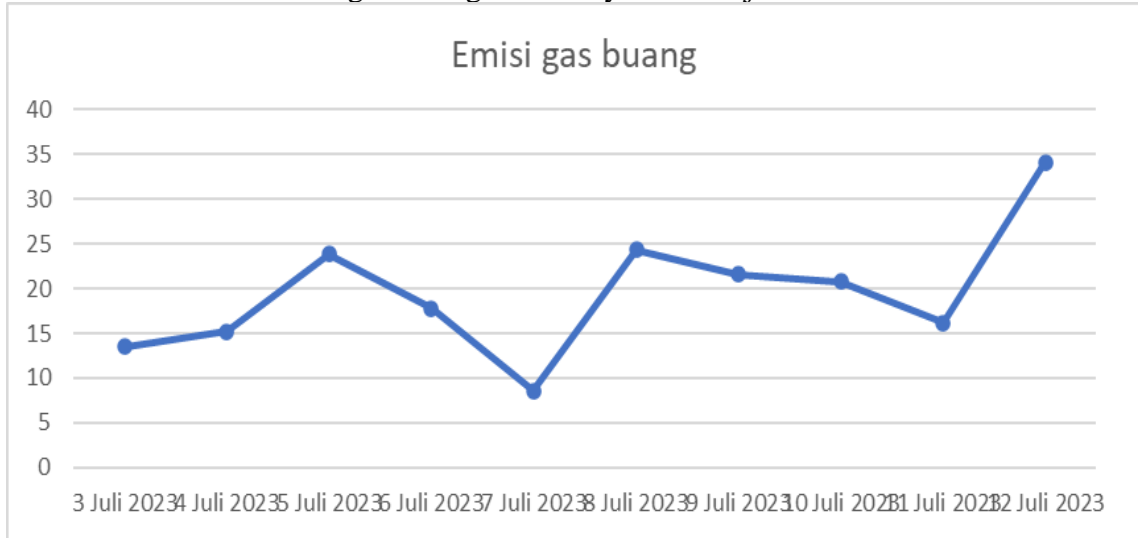
Tanggal	Input (kg)	Input (kg)
3 Juli 2023	204.679.620,17	204.679.620,17
4 Juli 2023	204.256.025,52	204.256.025,52
5 Juli 2023	203.166.910,49	203.166.910,49
6 Juli 2023	196.706.185,49	196.706.185,49
7 Juli 2023	201.116.859,35	201.116.859,35
8 Juli 2023	191.970.241,07	191.970.241,07
9 Juli 2023	194.817.676,28	194.817.676,28
10 Juli 2023	186.456.270,69	186.456.270,69
11 Juli 2023	198.067.141,91	198.067.141,91
12 Juli 2023	177.033.259,50	177.033.259,50

Sumber : Data Diolah 2023.

Setekah diketahui nilai neraca massa dan neraca panas dapat dihasilkan pula perhitungan dari efisiensi termal dengan rata-rata 73% dan rata rata emisi gas buang adalah 17,8%. Grafik efisiensi termal dan emisi gas buang dapat dilihat pada gambar 1 dan 2 dibawah ini:

Gambar 1. Grafik Efisiensi Termal Alat Rotary Kiln Selama 10 Hari

Gambar 3.2. Grafik Emisi gas Buang alat rotary kiln ditinjau selama 10 hari



Pembahasan

Pada gambar 1 terdapat kenaikan dan penurunan efisiensi panas hal tersebut dikarenakan oleh besarnya laju alir umpan yang dimana semakin besar laju alir akan semakin besar pula effisiensinya. Adapun beberapa hal lain yang mempengaruhi nilai efisiensi termal yaitu kondisi operasi, cuaca, kesempurnaan alat, bahan bakar yang digunakan, serta coating yang menyumbat burner.

Semuanya berasal dari jumlah raw mix yang diumpankan ke dalam suspension preheater. Semakin banyak raw mix yang diumpankan ke suspension preheater, maka semakin banyak kiln feed yang masuk ke rotary kiln dan energi yang dibutuhkan untuk pembakaran kiln feed juga bertambah banyak. Pengecekan, pemeliharaan dan perbaikan secara berkala merupakan keharusan yang penting dilakukan untuk meningkatkan kinerja Rotary Kiln sehingga kendala yang dialami dapat berkurang. Coating yang menghalangi proses embakaran harus selalu dibersihkan, dan Batubara perlu disimpan ditempat yang kering sehingga kualitas batubara yang digunakan sebagai bahan bakar akan tetap terjaga. Dengan memperbaiki efisiensi proses, maka pemanfaatan energi menjadi lebih optimal dan emisi gas rumah kaca pun juga dapat berkurang. Efisiensi energi sistem kiln dapat ditingkatkan dengan mengganti rotary kiln dengan stationary kiln, sehingga capital cost akan turun, jenis bahan bakar yang bisa digunakan lebih beragam dan penggunaan energi lebih rendah.

Menggunakan bahan bakar yang mengandung karbon tinggi tentunya akan berpengaruh dengan berkurangnya emisi gas rumah kaca. Sehingga menggunakan

bahan bakar yang memiliki kandungan karbon rendah dapat menjadi solusi yang tepat untuk mengurangi emisi gas buang. Dengan memperbaiki efisiensi termal maka pemanfaatan energi menjadi lebih optimal, bahan bakar alternatif yang digunakan berupa

CONCLUSION

Berdasarkan perhitungan dan pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa alat rotary kiln yang ada di pabrik 2 PT. Semen Baturaja Tbk. Memiliki kinerja yang kurang baik terhadap lingkungan, hal tersebut juga berpengaruh pada emisi gas buang. Faktor yang dapat ditingkatkan dalam hal pemeliharaan alat rotary kiln guna meningkatkan kinerjanya yaitu dengan cara maintenance secara berkala sehingga dapat meminimalisir kendala yang ada. Coating yang mengganggu proses pembakaran harus selalu dibersihkan dan batubara harus disimpan ditempat yang kering untuk menjaga kualitas batubara yang digunakan sebagai bahan. Efisiensi panas dapat ditingkatkan dengan cara melakukan penggantian batu tahan api pada kiln secara berkala dan memberikan isolasi (peredam panas) pada bagian luar rotary kiln. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca diantaranya dengan mengganti sebagian batubara dengan gas alam sebagai bahan bakar, selain itu dapat diimbangi dengan melakukan penghijauan di sekitar pabrik.

REFERENCES

- Emad Benhelal, Gholamreza Zahedi, Ezzatollah Shamsaei, Alireza Bahadori (2012). GLOBAL STRATEGIES AND POTENTIALS TO CURB CO₂ EMISSIONS IN CEMENT INDUSTRY. Volume 51, 15 July 2013, Pages 142-161. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.10.049>
- Hougen, Eng. (1954) CHEMICAL PROCESS ENGINEERING.
- Hrvoje Mikulc', Milan Vujanovic', Neven Duic' (2012). REDUCING THE CO₂ EMISSIONS IN CROATIAN CEMENT INDUSTRY. Applied Energy 101 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.02.083>
- Peray, K.E. (1979). CEMENT MANUFACTURER'S HANDBOOK. Chemical Publishing Co., Inc, New York.
- Perry, R. H. (2008). CHEMICAL ENGINEERING HANDBOOK 8TH EDITION. New York: Mc.Graw Hill Book Company.
- Smidth, F. L. (1996). THE INTERNATIONAL CEMENT PRODUCTION SEMINAR. Vol 1.

- Roihan M, Adiwijaya R, Safaruddin, (2022). MENGHITUNG EFESIENSI PANAS DAN EMISI GAS CO₂ DARI ROTARY KILN DI PLANT II PT. SEMEN BATURAJA Tbk. Jurnal Multidisiplin Tanjak Vol.1(10) Hal.132-139. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/364334844_Menghitung_Efisiensi_Panas_dan_Emisi_Gas_CO₂_dari_Rotary_Kiln_di_Plant_II_PT_Semen_Baturaja_Tbk](https://www.researchgate.net/publication/364334844_Menghitung_Efisiensi_Panas_dan_Emisi_Gas_CO2_dari_Rotary_Kiln_di_Plant_II_PT_Semen_Baturaja_Tbk)
- Roma Tua Panjaitan, Rendotian Anugrah, & safaruddin. (2022). MENGHITUNG SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION CALCINING ZONE ROTARY KILN PT. SEMEN BATURAJA Tbk. Jurnal Multidisipliner Bharasumba, 1(03 October), 560-571. Retrieved from <https://azramedia-indonesia.azramediaindonesia.com/index.php/bharasumba/article/view/3>