

Evaluasi Efisiensi Panas Unit *Raw Mill* dan *Coal Mill* di Industri Semen X

R. KURNIAWAN, D. S. R. PUTRI, A. T. REDJEKI, Y. V. TARIGAN, D. S. PERTIWI

Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung
Email: dsp@itenas.ac.id

Received DD MM YYYY | *Revised* DD MM YYYY | *Accepted* DD MM YYYY

ABSTRAK

Telah dilakukan studi untuk mengevaluasi efisiensi panas unit *raw mill* dan *coal mill* dengan membandingkan nilai efisiensi panas berdasarkan perhitungan dengan nilai teoritisnya. Pada studi ini, evaluasi dilakukan terhadap satu unit *raw mill* dan dua unit *coal mill*. Nilai efisiensi panas dihitung melalui perhitungan neraca massa dan energi pada unit *raw mill* dan *coal mill*. Untuk analisis tersebut diperlukan data- data lapangan, dan digunakan berbagai asumsi, pendekatan, dan data literatur.

%Efisiensi panas secara teoritis pada unit *raw mill* sebesar 78%-88% dan %efisiensi panas secara teoritis pada unit *coal mill* sebesar 96,2%. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa efisiensi panas pada *raw mill* sebesar 84,81%, efisiensi panas pada *coal mill* 1 sebesar 58,37%, efisiensi panas pada *coal mill* 2 sebesar 70,45%. dapat disimpulkan bahwa kinerja *raw mill* masih baik, tetapi untuk kinerja *coal mill* 1 dan *coal mill* 2 sudah menurun.

Kata kunci: *raw mill, coal mill, efisiensi panas, kinerja, batubara*

ABSTRACT

A study has been conducted to evaluate the heat efficiency of raw mill and coal mill units by comparing the heat efficiency values based on calculations with their theoretical values. In this study, evaluation was carried out on one raw mill unit and two coal mill units. The value of heat efficiency is calculated by calculating the mass and energy balance in the raw mill and coal mill units. For this analysis, field data is needed, and various assumptions, approaches, and literature data are used. The theoretical %heat efficiency at the raw mill unit is 78%-88% and the theoretical %heat efficiency at the coal mill unit is 96.2%. The calculation results show that the heat efficiency of the raw mill is 84.81%, the heat efficiency of the coal mill 1 is 58.37%, the heat efficiency of the coal mill 2 is 70.45%. It can be concluded that the performance of the raw mill is still good, but the performance of coal mill 1 and coal mill 2 has decreased.

Keywords: *raw mill, coal mill, heat efficiency, performance, coal*

1. PENDAHULUAN

Semen merupakan suatu zat perekat hidraulik dimana senyawa-senyawa yang dikandungnya akan mempunyai daya rekat terhadap batuan jika semen tersebut sudah bereaksi dengan air. Semen menjadi salah satu komponen yang sangat penting dalam pembangunan infrastruktur. Setiap tahunnya konsumsi semen nasional mengalami peningkatan. Konsumsi semen per Oktober 2021 tumbuh 5,5% dibandingkan pada tahun 2020 (**Lestari, 2021**).

Bahan baku yang digunakan dalam proses produksi semen yaitu batu kapur, batu silika, tanah liat, dan pasir besi dengan komposisi tertentu yang digiling dalam *raw mill* sehingga menghasilkan *raw meal* yang selanjutnya diproses dalam silo. Batubara (*raw coal*) perlu diolah menjadi *fine coal* di unit *coal mill*. Proses yang terjadi di unit *coal mill* meliputi proses pengeringan, penggilingan, dan pemisahan. Serangkaian proses tersebut harus dijaga kondisinya agar tidak menghambat proses produksi yang secara tidak langsung dapat menurunkan kapasitas produksi. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis terhadap efisiensi panas unit *coal mill* dan *raw mill* melalui perhitungan neraca massa dan neraca energi.

2. METODOLOGI

Studi ini diawali dengan pengumpulan data dilanjutkan dengan perhitungan neraca massa, neraca energi, heat loss, dan efisiensi panas. Data lapangan yang digunakan adalah data komposisi umpan masuk *raw mill*, spesifikasi *raw coal*, laju alir massa umpan masuk *raw mill*, laju alir massa *fine coal*, kapasitas *booster fan*, dan temperatur operasi. Data yang diperoleh dari pustaka adalah berat molekul, kapasitas panas, dan kalor laten. Tekanan udara diasumsikan sebesar 1 atm. Perhitungan neraca energi menggunakan T referensi sebesar 25°C. Persamaan-persamaan yang digunakan dalam perhitungan adalah persamaan (1) sampai dengan (4).

$$[\text{massa masuk}] + [\text{pembentukan}] + [\text{konsumsi}] = [\text{massa keluar}] + [\text{akumulasi massa}] \quad (1)$$

$$\left[\begin{array}{c} \text{Energi} \\ \text{masuk} \\ \text{ke sistem} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Energi yang} \\ \text{timbul} \\ \text{dalam sistem} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Akumulasi} \\ \text{energi} \\ \text{dalam sistem} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Energi keluar} \\ \text{dari} \\ \text{sistem} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Energi yang} \\ \text{dipakai dalam} \\ \text{sistem} \end{array} \right] \quad (2)$$

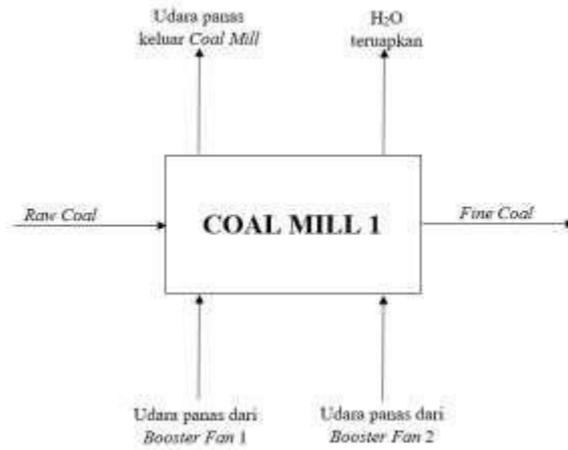
$$\% \text{Heat loss} = \frac{Q_{\text{heat loss}}}{Q_{\text{masuk total}}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\% \text{Efisiensi panas} = \frac{Q_{\text{keluar}}}{Q_{\text{masuk}}} \times 100\% \quad (4)$$

Persamaan (1) adalah persamaan neraca massa, persamaan (2) adalah persamaan neraca energi, persamaan (3) digunakan untuk menghitung panas yang hilang ke lingkungan, dan persamaan (4) digunakan untuk menghitung nilai efisiensi panas. Diagram alir *raw mill*, *coal mill 1*, dan *coal mill 2* ditampilkan di Gambar 1, 2, dan 3. Nampak bahwa pada ketiga unit tersebut terjadi operasi penggilingan, pengeringan menggunakan udara panas, dan pemisahan. Umpan masuk *raw mill* adalah campuran bahan baku semen dan resirkulasi debu semen (*dust return*) dari unit di bagian hilir. *Raw meal* adalah produk keluaran *raw mill* yang mempunyai ukuran lebih kecil dan memiliki kandungan air yang lebih rendah. Umpan yang masuk ke dalam *coal mill* adalah *raw coal* (batubara). *Fine coal* merupakan batubara yang memiliki ukuran yang lebih kecil dan kandungan air yang lebih rendah.



Gambar 1. Diagram Alir Raw Mill



Gambar 2. Diagram Alir Coal Mill 1



Gambar 3. Diagram Neraca Massa Coal Mill 2

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan neraca massa dimuat dalam Tabel 1 dan 2. Tabel 3 dan 4 adalah hasil perhitungan neraca energi, %*heat loss*, dan %efisiensi panas pada unit *raw mill* dan *coal mill* Industri Semen X. Efisiensi berdasarkan perhitungan yang didapat perlu dibandingkan dengan efisiensi secara teoritis. Hal ini dapat ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 1. Neraca Massa *Raw Mill*

Keterangan	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
Massa umpan masuk (<i>dry</i>)	344629,73	-
Massa H ₂ O dalam umpan masuk	19770,27	-
Massa <i>dust return</i>	24977,916	-
Massa udara panas dari <i>Suspension Preheater</i>	386525,13	-
Massa H ₂ O teruapkan	-	16036,86
Massa udara panas keluar <i>Raw Mill</i>	-	386525,13
Massa <i>raw meal</i>	-	373341,06
Total	775903,05	775903,05

Tabel 2. Neraca Massa *Coal Mill 1* dan *Coal Mill 2*

Keterangan	<i>Coal Mill 1</i>		<i>Coal Mill 2</i>	
	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
Massa <i>raw coal (dry)</i>	10719,60	-	13426,30	-
Massa H ₂ O dalam <i>raw coal</i>	5137,80	-	6435,09	-
Massa udara panas dari <i>booster fan 1</i>	13343,27	-	13343,27	-
Massa udara panas dari <i>booster fan 2</i>	53373,07	-	53373,07	-
Massa H ₂ O teruapkan	-	3857,40	-	4831,39
Massa udara panas keluar <i>Coal Mill</i>	-	66716,34	-	66716,34
Massa <i>fine coal (dry)</i>	-	10719,60	-	13426,30
Massa H ₂ O dalam <i>fine coal</i>	-	1280,40	-	1603,70
Total	82573,74	82573,74	86577,73	86577,73

Tabel 3. Neraca Energi *Raw Mill*

Keterangan	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q umpan masuk (<i>dry</i>)	2741379,13	-
Q sensibel H ₂ O dalam umpan	381347,39	-
Q <i>dust return</i>	6553123,92	-
Q udara panas dari <i>Suspension Preheater</i>	326512443,18	-
Q laten H ₂ O teruapkan	-	36243302,24
Q udara panas keluar <i>Raw Mill</i>	-	218406521,66
Q <i>raw meal</i>	-	30459277,81
<i>Heat Loss</i>	-	51079191,91
Total	336188293,62	336188293,62
%<i>Heat loss</i>	15,19%	
%Efisiensi panas	84,81%	

Tabel 4. Neraca Energi *Coal Mill 1* dan *Coal Mill 2*

Keterangan	<i>Coal Mill 1</i>		<i>Coal Mill 2</i>	
	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q <i>raw coal (dry)</i>	58345,07	-	73077,20	-
Q H ₂ O dalam <i>raw coal</i>	247744,98	-	310300,58	-
Q udara panas dari <i>booster fan 1</i>	5084521,80	-	5084521,80	-
Q udara panas dari <i>booster fan 2</i>	20338087,20	-	20338087,20	-
Q laten H ₂ O teruapkan	-	8717715,98	-	10918939,26
Q udara panas keluar <i>Coal Mill</i>	-	2485784,18	-	2485784,18
Q <i>fine coal (dry)</i>	-	431753,50	-	540771,26
Q H ₂ O dalam <i>fine coal</i>	-	3381944,69	-	4235885,73
<i>Heat loss</i>	-	10711500,70	-	7624606,36
Total	25728699,05	25728699,05	25805986,8	25805986,8
%<i>Heat loss</i>	41,63%		29,55%	
%Efisiensi panas	58,37%		70,45%	

Tabel 5. Perbandingan Efisiensi Perhitungan dan Teoritis

Alat	Efisiensi Perhitungan (%)	Efisiensi Teoritis (%)	Sumber
<i>Raw Mill</i>	84,81%	78%-88%	Setiyana (2007)
<i>Coal Mill 1</i>	58,37%	96,2%	Tontu (2020)
<i>Coal Mill 2</i>	70,45%		

Berdasarkan Tabel 5, kinerja *raw mill* sudah baik karena nilai efisiensinya berada pada rentang efisiensi teoritisnya. Namun, untuk kinerja *coal mill 1* dan *coal mill 2* kurang baik karena nilai efisiensinya kurang dari efisiensi teoritisnya. Panas yang hilang dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu menipisnya bagian-bagian *mill* dan kemungkinan adanya kebocoran dalam saluran udara panas. Oleh karena itu, diperlukan cek alat secara periodik dan melakukan isolasi terhadap aliran panas masuk dan keluar agar menghindari terjadinya kebocoran. Hal lain yang dapat dilakukan guna meningkatkan efisiensi pada *coal mill* dengan cara menjaga debit udara panas yang masuk karena debit yang terlalu besar akan berakibat pada perpindahan panas yang tidak optimal dan akan merusak alat. Cara lain yang dapat dilakukan adalah dengan cara memperhatikan jumlah aliran batubara agar tidak terjadi tumpukan pada *coal mill* yang dapat menyebabkan *self combustion*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan, efisiensi panas pada *raw mill* sebesar 84,81%, efisiensi panas pada *coal mill 1* sebesar 58,37%, efisiensi panas pada *coal mill 2* sebesar 70,45%. Efisiensi panas pada *raw mill* berdasarkan perhitungan berada pada rentang efisiensi teoritisnya, sedangkan untuk efisiensi *coal mill 1* dan *coal mill 2* lebih rendah dibandingkan efisiensi teoritisnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kinerja *raw mill* masih baik, tetapi untuk kinerja *coal mill 1* dan *coal mill 2* sudah menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- Lestari, Reni. 2021. *Konsumsi Semen Nasional Naik 5,5 Persen pada Oktober 2021*.
<https://ekonomi.bisnis.com/read/20211115/257/1466315/konsumsi-semen-nasional-naik-55-persen-pada-oktober-2021>
- Perry, Robert H., Don W. Green. 2008. "*Perry's Chemical Engineer's Handbook 8th Edition*".
New York: Mc Graw Hill, Inc.
- Setiyana, Budi. 2007. *Analisis Efisiensi Raw Grinding Mill pada Proses Pembuatan Semen*.
Semarang: Universitas Diponegoro.
- Tontu, Mehmet. 2020. *An investigation of performance characteristics and energetic efficiency of vertical roller coal mill*.
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19392699.2020.1799200>