

EVALUASI EFISIENSI KINERJA RAW MILL INDARUNG VI PT SEMEN PADANG

Febby Anisa Putri¹, Khalimatus Sa'diyah¹, Feri Wibowo²

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

²PT Semen Padang, Jl. Raya Indarung, Indaring, Lubuk Kilangan, Padang, Sumatera Barat

febbyanisa321@gmail.com ; [khalimatus.s@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Salah satu unit utama yang sangat penting dalam proses produksi semen yaitu pada unit *raw mill*. Pada unit *raw mill* terdapat beberapa alat proses produksi semen meliputi *vertikal raw mill*, *Multicyclone*, *Gas Conditioning Tower* (GCT), dan *Bag House Filter* (BHF). Pada *raw mill* terjadi proses pencampuran, penggiling, pengeringan, dan transportasi pada bahan baku seperti *limestone*, *pozzolan*, *iron sand*, dan *clay* menjadi bubuk halus yang disebut *raw mix* dengan standar kehalusan diatas 90μ (14-20%). Penggilingan bahan baku menjadi *raw mix* membutuhkan energi yang signifikan. Maka dari itu perlu dilakukan peningkatan kinerja alat pada unit *raw mill* untuk meningkatkan efisiensi kinerja alat dengan mengevaluasi perhitungan neraca massa, neraca energi, dan efisiensi kinerja alat di unit produksi *raw mill* pada salah satu proses produksi semen Indarung VI PT Semen Padang. Hasil evaluasi neraca massa, neraca energi, dan efisiensi unit *raw mill* dihitung dengan prinsip kekekalan massa energi sehingga diperoleh kapasitas *overall* sebesar 1.260.549,3012 kg/jam, kebutuhan panas 400.930.630,84kJ/jam dengan total *heat loss* 152.152.976,79 kJ/jam dan efisiensi VRM 55,34% serta GCT 83,06%. Nilai tersebut masih memenuhi batas minimal perusahaan sebesar 50%. Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa proses pengeringan material untuk mencapai kadar air yang ditentukan masih berlangsung secara optimal.

Kata kunci: neraca massa, neraca energi, efisiensi panas, raw mill, semen

ABSTRACT

One of the most important main units in the cement production process is the raw mill unit. In the raw mill unit, there are several pieces of cement production process equipment, including a vertical raw mill, a multicyclone, a gas conditioning tower (GCT), and a bag house filter (BHF). In the Raw mill, there is a process of mixing, grinding, drying, and transportation of raw materials such as limestone, pozzolan, iron sand, and clay into a fine powder called raw mix with a standard of fineness above 90μ (14–20%). Grinding raw materials into a raw mix requires significant energy. Therefore, it is necessary to improve the performance of the equipment in the Raw mill unit to improve the efficiency of the equipment's performance by evaluating the calculation of the mass balance, energy balance, and efficiency of the equipment in the Raw mill production unit in one of PT Semen Padang's Indarung VI cement production processes. The results of the evaluation of the mass balance, energy balance, and efficiency of the raw mill unit are calculated using the principle of conservation of mass energy so that an overall capacity of 1,260,549.3012 kg/hour is obtained, the heat requirement is 400,930,630.84 kJ/hour, with a total heat loss of 152,152,976 kJ/hour, 55.34% VRM efficiency, and 83.06% GCT. This value still meets the company's minimum limit of 50%. From the calculation results, it can be concluded that the process of drying the material to reach the specified moisture content is still running optimally.

Keywords: mass balance, energy balance, thermal efficiency, raw mill, cement

1. PENDAHULUAN

Dalam proses pengolahan semen dari bahan mentah menjadi bahan jadi pada Indarung VI PT Semen Padang melalui beberapa tahapan proses produksi dan menggunakan berbagai macam alat. Proses produksi semen meliputi proses penambangan, proses penggilingan dan pengeringan, proses pembakaran *raw mix*, proses penggilingan klinker, dan proses pengantongan atau pengemasan [1] Tahapan awal yang digunakan dalam proses produksi semen yaitu proses penggilingan dan pengeringan yang terjadi pada unit produksi *raw mill*. Pada unit produksi *raw mill* terdapat beberapa alat proses utama meliputi *vertical raw mill*, *multicyclone*, *Gas Conditioning Tower (GCT)*, dan *Bag House Filter (BHF)*. Dalam industri semen yang terus berkembang dan persaingan yang semakin ketat, peningkatan kinerja alat menjadi hal yang penting. Dengan meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi, perusahaan dapat mencapai penghematan biaya, peningkatan produktivitas, dan kepuasan pelanggan yang lebih baik [2]. Salah satu alat utama yang sangat penting dalam proses produksi semen yaitu *Vertical Raw mill* [3]. Pada *Vertical Raw mill* terjadi proses pencampuran, penggiling, pengeringan, dan transportasi bahan baku seperti *limestone*, *pozzolan*, *iron sand*, dan *clay* menjadi bubuk halus yang disebut *raw mix* dengan standar kehalusan di atas 90μ (14-20%) [3], [4]. Penggilingan bahan baku menjadi *raw mix* membutuhkan energi yang signifikan. Maka dari itu perlu dilakukan peningkatan kinerja alat *vertical raw mill* untuk meningkatkan efisiensi kinerja alat. Selain efisiensi energi dan kualitas produk, faktor-faktor lain yang perlu dipertimbangkan dalam mengevaluasi kinerja alat *vertical raw mill* termasuk kehandalan, pemeliharaan, keausan komponen, dan tingkat kebisingan.

Alat *vertical raw mill* yang dapat diandalkan dan efisien secara operasional akan berkontribusi pada kelancaran produksi dan mengurangi waktu henti yang tidak terduga. Kinerja alat *vertical raw mill* memiliki peran penting yang signifikan dalam efisiensi dan kualitas produksi semen [5]. Untuk mengevaluasi kinerja alat *vertical raw mill* dapat dilakukan dengan dua langkah, langkah pertama adalah perhitungan *mass balance* atau neraca massa dan langkah kedua adalah perhitungan *energy balance* atau neraca energi. Perhitungan keseimbangan massa diperlukan untuk menghitung keseimbangan energi. Dari perhitungan neraca energi, terlihat bahwa alat *vertical raw mill* memiliki tingkat efisiensi yang tinggi dalam hal panas atau energi. Nilai kerja alat sistem *vertical raw mill* dapat disimpulkan dari efisiensi panas, yaitu perbandingan antara panas untuk reaksi dengan panas yang disediakan. Efisiensi panas ini menunjukkan efektivitas alat *vertical raw mill* [6]. Efisiensi panas perlu dihitung untuk mengetahui kualitas panas yang digunakan yang sesuai standar nilai efisiensi sebesar 85-100% pada alat vertikal [3].

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Zahidin dkk (2020), dengan menggunakan metode perhitungan *mass balance*, *heat balance* dan efisiensi alat pada temperatur operasi 900°C sampai 1450°C dan massa material sebesar 526.625 kg [7]. Sedangkan menurut Risky dkk (2022), bahwa nilai efisiensi thermal pada alat *vertical raw mill* yang tertinggi yaitu 96.28% dengan nilai *heat loss* nya yaitu 3.71%, adapun nilai efisiensi thermal terendah yang di dapatkan yaitu 87.90% dengan nilai *heat loss* nya yaitu 12.09% [3]. Untuk neraca panas di dapat total neraca panas *vertical raw mill* tertinggi yaitu 33.922.195,16 kkal dan terendah yaitu 22.506.739,34 kkal. Menurut Perdana dkk (2022), bahwa perhitungan didapat 66,44%

efisiensi aktual rata-rata sebesar 60,33% dengan *specific fuel consumption* rata-rata sebesar 867,21 kcal/kg. Efisiensi termal pada *rotary kiln* tidak efisien karena efisiensi *rotary kiln* dibawah standar 80-85% [8].

Dari percobaan yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu, masih belum banyak yang membahas tentang analisa kinerja alat proses dari unit produksi *raw mill* secara spesifik. Sehingga dalam penelitian ini, dilakukan evaluasi dan analisis kinerja alat *vertical raw mill* untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi dan kualitas produksi semen. Tujuan dari evaluasi ini untuk mengevaluasi perhitungan neraca massa, neraca energi, dan efisiensi kinerja dari alat di unit produksi *Raw mill* pada salah satu proses produksi semen Indarung VI PT Semen Padang. Oleh karena itu, melalui perhitungan dan pemahaman yang lebih mendalam tentang kinerja alat *raw mill* diharapkan dapat ditemukan solusi dan rekomendasi yang dapat meningkatkan kinerja alat ini, mengoptimalkan penggunaan energi, dan meningkatkan kualitas produk semen.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode perhitungan yang hasilnya akan menggambarkan efisiensi kinerja dari alat *raw mill* yang digunakan dalam proses produksi semen Indarung VI PT Semen Padang. Adapun tahapan dari penelitian ini adalah pengumpulan data, perhitungan neraca panas, perhitungan neraca energi, dan perhitungan efisiensi panas pada alat *raw mill*.

2.1. Pengumpulan Data

Pengambilan data perhitungan evaluasi ini pada tanggal 17 juli 2022. Adapun pengumpulan data yang diperlukan meliputi melakukan *studi literature* dengan mengumpulkan data kapasitas panas material, udara, serta gas dari *perry's handbook* [9]. Mengambil data aktual dari CCR (*Central Control Room*) mengenai kapasitas *hopper*, *flowrate*, *temperature*, udara *excess*, tekanan, serta jumlah pemakaian bahan baku meliputi *lime stone*, *pozzoland*, *iron sand*, dan *clay*. Mengambil data aktual dari laboratorium QC (*Quality Control*) mengenai komposisi *Mill feed*, yaitu komposisi bahan baku meliputi *lime stone*, *pozzoland*, *iron sand*, dan *clay*. Mengambil data *design* pabrik atau *flowsheet* dari pembimbing magang PT Semen Padang

2.2. Perhitungan Neraca Massa

Untuk menghitung neraca massa bergantung pada jenis proses dan ada atau tidaknya reaksi kimia, jika tidak ada reaksi kimia maka dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

a. Mass Flow Rate

Mass Flow Rate dapat dicari dengan menggunakan persamaan [10] yaitu :

$$m = \rho \times Q \quad (1)$$

Keterangan :

m = *mass flow rate* (kg/jam)

ρ = densitas (kg/m³)

Q = *flowrate* fluida (m³/jam)

b. *Total Feed*

$$\text{Total feed} = \text{Produk} + \text{losses} \quad (2)$$

2.3. Perhitungan Neraca Energi

Untuk menghitung neraca energi dapat menggunakan persamaan [10], [11] yaitu:

$$Q = n \times C_p \times \Delta T \quad (3)$$

Keterangan :

Q = panas sensibel (kkal)

n = jumlah zat (kmol)

C_p = kapasitas panas fungsi temperatur (kkal/kmol. K)

ΔT = beda temperatur (K)

2.4. Perhitungan Efisiensi Panas

Untuk menghitung efisiensi panas dapat menggunakan persamaan [10] yaitu:

$$\bullet Q_{\text{water}} = m_{\text{cold fluid}} \times C_{p_{\text{hot fluid}}} \times \Delta T_{\text{cold fluid}} \quad (4)$$

$$\bullet \text{Losses} = \frac{Q_{\text{steam}} - Q_{\text{water}}}{Q_{\text{steam}}} \quad (5)$$

$$\bullet Q_{\text{Losses}} = \text{Losses} \times (Q_{\text{water}} - Q_{\text{steam}}) \quad (6)$$

$$\bullet Q_{\text{transfer}} = Q_{\text{losses}} - (Q_{\text{water}} - Q_{\text{steam}}) \quad (7)$$

$$\bullet nQ = \frac{Q_{\text{in}} - Q_{\text{losses}}}{Q_{\text{in}}} \times 100\% \quad (8)$$

Keterangan :

nQ = Efisiensi termal

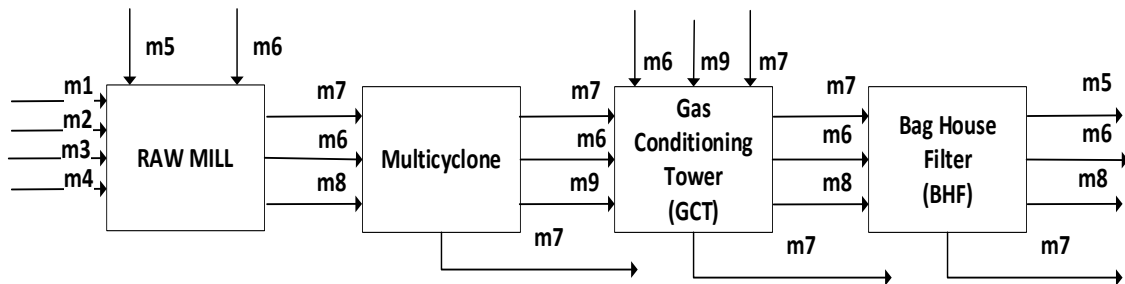
Q_{in} = Panas masuk

Q_{losses} = Heat loss

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Evaluasi Neraca Massa Unit *raw mill*

Langkah pertama yang dilakukan untuk mengetahui nilai efisiensi alat pada unit *raw mill* yaitu dilakukan perhitungan neraca massa yang bertujuan untuk mengetahui komposisi komponen yang terkandung dalam aliran dan kapasitas dari alat proses. Gambar 1 diagram alir *overall* proses produksi unit rawmill Indarung VI PT Semen Padang.



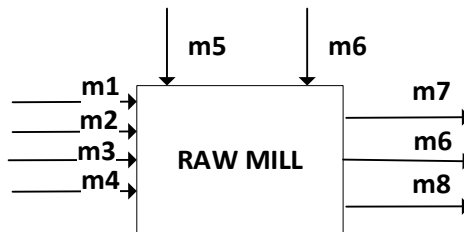
Gambar 1. Diagram alir *overall* proses produksi semen unit *raw mill* Indarung VI PT Semen Padang

Keterangan :

M1: *Limestone* M3: *Clay* M5: *Dust* M7: *Raw mix* M9: *Water*
 M2: *Pozzolan* M4: *Iron sand* M6: *Hot gas* M8: *Steam*

a. Perhitungan Neraca Massa Pada *Vertical Raw mill*

Blok diagram alir proses produksi semen pada alat *Vertical Raw mill* (VRM) :



Gambar 2. Blok diagram neraca massa *vertical raw mill* pada unit *rawmill* Indarung VI PT Semen Padang

Table 1. Data perhitungan neraca massa *vertical raw mill* pada unit *rawmill* Indarung VI PT Semen Padang

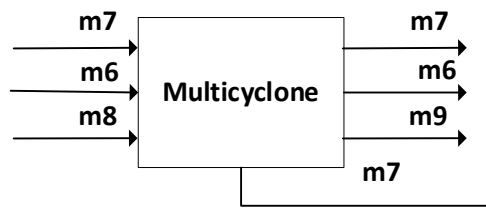
Komponen	input							Output	
	m ₁	m ₂	m ₃	m ₄	m ₅	m ₆	m ₇	m ₆	m ₈
SiO ₂	52.801,65	47.104,56	44.066,25	6.355,24	5.251,50	-	134.058,07	-	-
Al ₂ O ₃	10.896,98	10.928,26	20.906,07	1.450,77	1.576,16	-	42.048,12	-	-
Fe ₂ O ₃	5.404,20	884,21	6.177,38	8.787,94	974,44	-	18.019,49	-	-
CaO	443.262,18	2.157,57	933,03	3.010,92	30.813,82	-	481.328,25	-	-
MgO	3.425,61	364,52	408,02	200,55	416,92	-	6.404,07	-	-
SO ₃	324,84	0,00	57,07	57,30	25,08	-	309,59	-	-
K ₂ O	1.387,96	1.997,48	884,52	15,63	215,23	-	5.719,43	-	-
Na ₂ O	29,53	1.844,77	8,56	192,74	98,38	-	3.587,94	-	-
CO ₂	-	-	-	-	-	162.476,50	-	162.476,50	-
N ₂	-	-	-	-	-	209.633,33	-	209.633,33	-
SO ₂	-	-	-	-	-	474,67	-	474,67	-
O ₂	-	-	-	-	-	1.716,55	-	1.716,55	-
impurities	-	-	-	-	-	-	26.980,47	-	-
H ₂ O	21.853,03	16.600,51	26.022,03	1.198,12	-	14.922,12	2.968,00	14.922,12	59.948,09
sub total	539.385,99	81.881,88	99.462,92	21.269,21	39.371,54	389.223,16	721.423,44	389.223,16	59.948,09
Total			1.170.594,70					1.170.594,70	

Pada unit *vertical Raw mill* yang diilustrasikan pada Gambar 2, aliran masuk alat meliputi *limestone*, *pozzolan*, *clay*, dan *iron sand* sedangkan aliran keluarnya meliputi

steam dan dustloss. Kapasitas maksimal *vertical raw mill* yaitu sebesar 180.119.00 kg/jam berdasarkan data pada tanggal 10 september 2021. Kapasitas pada tanggal 17 Juli 2022 adalah 99,3% dari 1.170.594,69 kg/jam. Kapasitas *vertical raw mill* bervariasi tiap waktunya. Hal ini menyesuaikan dengan permintaan pasar. Untuk mendapatkan laba atau profit yang besar maka perusahaan harus menekan biaya produksi dan meningkatkan penjualan [12].

b. Perhitungan Neraca Massa Pada *Multicyclone*

Blok diagram alir proses produksi semen pada alat *Multicyclone* adalah sebagai berikut.:



Gambar 3. Blok diagram *multicyclone* pada unit *rawmill* Indarung VI PT Semen Padang

Table 2. Data perhitungan neraca massa *multicyclone* pada unit *rawmill* Indarung VI PT Semen Padang

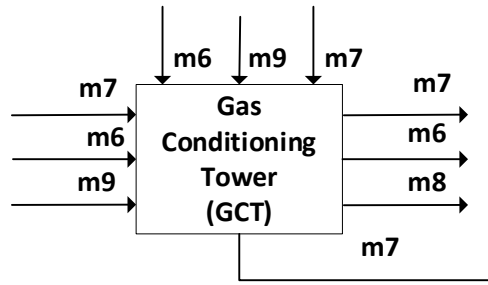
Komponen	input			Output			
	m ₇	m ₆	m ₈	m ₇	m ₇	m ₆	m ₈
SiO ₂	134.058,07	-	-	-	-	-	-
Al ₂ O ₃	42.048,12	-	-	-	-	-	-
Fe ₂ O ₃	18.019,49	-	-	-	-	-	-
CaO	481.328,25	-	-	-	-	-	-
MgO	6.404,07	-	-	685.352,27	36.071,1721	-	-
SO ₃	309,59	-	-	-	-	-	-
K ₂ O	5.719,43	-	-	-	-	-	-
Na ₂ O	3.587,94	-	-	-	-	-	-
CO ₂	-	162.476,50	-	-	-	162.476,50	-
N ₂	-	209.633,33	-	-	-	209.633,33	-
SO ₂	-	474,67	-	-	-	1.716,55	-
O ₂	-	1.716,55	-	-	-	474,67	-
impurities	26.980,47	-	-	-	-	-	-
H ₂ O	2.968,00	14.922,12	59.948,09	-	-	14.922,12	59.948,09
sub total	721.423,44	389.223,16	59.948,09	685.352,27	36.071,17	389.223,16	59.948,09
Total		1.170.594,70				1.170.594,70	

Pada Gambar 3 merupakan blok diagram *multicyclone* yang dapat memisahkan antara material dengan gas panas pembawanya [13]. *Multicyclone* memiliki 1 aliran *input* yang berasal dari *Vertical Raw mill* dan terdapat 2 aliran *output* yaitu material yang terhisap akan masuk ke *Gas conditioning tower (GCT)* dan gas panas yang masuk ke dalam *mill*. Pada *multicyclone* komponen *input* dan *output*-nya sama yaitu *rawmix*, *hot gas*, dan *steam*. Kapasitas *multicyclone* yaitu sebesar 1.170.594,69 kg/jam dimana menurut Dziubak (2021) telah melakukan eksperimen kinerja alat *multicyclone* yang memiliki

efisiensi tidak lebih dari 10-15% yang mampu menghisap debu dengan jangkauan beberapa lusin [14].

c. Perhitungan Neraca Massa Pada *Gas Conditioning Tower (GCT)*

Blok diagram alir proses produksi semen pada alat *Gas Conditioning Tower (GCT)* sebagai berikut.



Gambar 4. Blok diagram *Gas Conditioning Tower (GCT)* pada unit *rawmill* Indarung VI PT Semen Padang

Table 3. Data perhitungan neraca massa *Gas Conditioning Tower (GCT)* pada unit *rawmill* Indarung VI PT Semen Padang

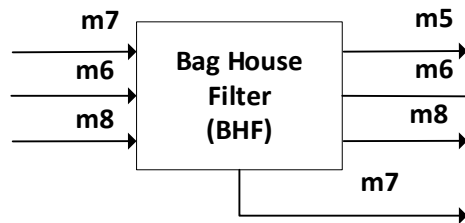
Komponen	Input					Output			
	m ₇	m ₆	m ₈	m ₉	m ₆	m ₇	m ₇	m ₆	m ₈
SiO ₂	-	-	-	-	-	6,70	6.696,97	-	-
Al ₂ O ₃	-	-	-	-	-	2,10	2.100,54	-	-
Fe ₂ O ₃	-	-	-	-	-	0,90	900,18	-	-
CaO	-	-	-	-	-	24,07	24.045,10	-	-
MgO	36.071,17	-	-	-	-	0,32	319,92	-	-
SO ₃	-	-	-	-	-	0,02	15,48	-	-
K ₂ O	-	-	-	-	-	0,29	286,00	-	-
Na ₂ O	-	-	-	-	-	0,18	179,42	-	-
CO ₂	-	162.476,50	-	-	32.495,30	-	-	194.971,80	-
N ₂	-	209.633,33	-	-	41.926,67	-	-	251.559,99	-
SO ₂	-	1.716,55	-	-	343,31	-	-	569,60	-
O ₂	-	474,67	-	-	94,93	-	-	2.059,86	-
impurities	-	-	-	-	-	1,35	1.347,35	-	-
total									
komposisi									
kering									
H ₂ O		14.922,12	59.948,09	12.109,97	2.984,42	0,14	144,14	17.906,54	72.058,06
sub total	36.071,17	389.223,16	59.948,09	12.109,97	77.844,63	36,07	36.035,10	467.067,79	72.058,06
Total			575.197,03				575.197,03		

Gambar 4 merupakan blok diagram *Gas conditioning tower (GCT)*, yang berfungsi mengontrol suhu material masuk *Bag House Filter (BHF)* [15]. *GCT* memiliki 3 aliran input yaitu *raw mix*, *hot gas*, dan *steam* yang merupakan produk dari *multicyclone*; *hot gas*; dan air sedangkan aliran *output* meliputi *rawmix*, *hot gas*, dan *steam*. Dari perhitungan neraca massa pada Tabel 3 didapatkan kapasitas *GCT* sebesar 575.197,03 kg/jam. Suhu *outlet hot gas* dan laju alir massa *hot gas* berpengaruh terhadap kebutuhan air pendingin

di alat GCT. Jika total massa *hot gas* yang masuk unit GCT besar dan selisih temperatur *inlet* dan *outlet* besar, maka kebutuhan air pendingin juga sedikit, begitu sebaliknya [16].

d. Perhitungan Neraca Massa Pada *Bag House Filter (BHF)*

Blok diagram alir proses produksi semen pada alat *Bag House Filter (BHF)* sebagai berikut.



Gambar 5. Blok diagram *Bag House Filter (BHF)* pada unit *rawmill* Indarung VI PT Semen Padang

Table 4. Data perhitungan neraca massa *Bag House Filter (BHF)* pada unit *rawmill* Indarung VI PT Semen Padang

Komponen	Input			Output			
	m ₇	m ₆	m ₈	m ₇	m ₅	m ₆	m ₈
SiO ₂	6.696,97	-	-	6.694,2	-	-	-
Al ₂ O ₃	2.100,54	-	-	2.099,7	-	-	-
Fe ₂ O ₃	900,18	-	-	899,8	-	-	-
CaO	24.045,10	-	-	24.035,0	-	-	-
MgO	319,92	-	-	319,8	-	-	-
SO ₃	15,48	-	-	15,5	-	-	-
K ₂ O	286,00	-	-	285,6	-	-	-
Na ₂ O	179,42	-	-	179,2	-	-	-
CO ₂	-	194.971,80	-	-	-	-	194.971,8
N ₂	-	251.559,99	-	-	-	-	251.560,0
SO ₂	-	569,60	-	-	-	-	569,6
O ₂	-	2.059,86	-	-	-	-	2.059,9
impurities	1.347,35	-	-	1.347,3	-	-	-
H ₂ O	144,14	17.906,54	72.058,06	144,1	15,1	72.058,1	17.906,5
sub total	36.035,10	467.067,79	72.058,06	36.020,0	15,1	72.058,1	467.067,8
Total		575.161,0				575.161,0	

Gambar 5 merupakan blok diagram pada *Bag House Filter (BHF)*. Alat ini digunakan untuk menyaring atau mem-*filter* debu yang masuk sebelum dibebaskan di lingkungan. Dari hasil perhitungan neraca massa, didapatkan kapasitas sebesar 575.160,96 kg/jam. Menurut Vhrgiani dkk (2022) salah satu upaya optimasi kinerja BHF yaitu membuat estimasi desain atau desain ulang peralatan. Dimensi desain BHF yang direkomendasikan adalah panjang 6,65 m; lebar 4,788 m dan dilengkapi *suction flow* rata-rata sebesar 1.023,6974 m³/min [17].

3.2 Evaluasi Neraca Energi Pada Unit *Raw mill*

Langkah kedua dalam menghitung efisiensi yaitu menghitung neraca energi alat *Vertical Raw mill*, dan *Gas Conditioning Tower* pada unit *Raw mill*. Tabel 5 merupakan hasil perhitungan neraca energi pada *Vertical Raw mill* dengan total *input* energi sebesar

303.980.575,08 kJ/jam dan *heat losses* sebesar 135.755.207,91 kJ/jam. Energi yang masuk diperoleh dari umpan panas produk kiln dan gas panas produk *coal mill*. Faktor yang menyebabkan *heatloss* adalah kualitas bahan baku, kecepatan alir udara, kelembaban bahan baku, tekanan pada *vertical Raw mill*, keausan pada alat, serta perawatan dan pemeliharaan alat

Table 5. Data perhitungan neraca energi *Vertical Raw mill* (VRM) pada unit *rawmill* Indarung VI PT Semen Padang

Komponen	Input				Output		
	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₂	Q ₅	Q ₆
SiO ₂	485.283,82	-	992.748,45	8.953.660,85	-	-	-
Al ₂ O ₃	157.742,59	-	305.365,68	2.902.265,27	-	-	-
Fe ₂ O ₃	55.645,65	-	154.204,43	1.025.552,87	-	-	-
CaCO ₃	1.869.284,31	-	6.134.131,39	34.645.662,70	-	-	-
MgCO ₃	25.103,32	-	74.118,18	440.362,87	-	-	-
SO ₃	4.585.851,92	-	71.707.972,02	81.837.058,98	-	-	-
K ₂ CO ₃	24.910,18	-	41.300,95	424.501,79	-	-	-
Na ₂ CO ₃	19.905,28	-	23.795,39	335.650,54	-	-	-
H ₂ O	145.738.832,49	6.083.849,96	-	1.026.072,27	11.792.976,98	135.297,92	-
CO ₂	-	19.267.950,63	-	-	6.999.726,50	-	-
N ₂	-	45.828.143,15	-	-	17.559.096,40	-	-
SO ₂	-	64.683,53	-	-	24.143,36	-	-
O ₂	-	339.751,77	-	-	123.337,87	-	-
impurities	-	-	-	-	-	-	-
<i>Heat loss</i>							135.755.207,91
sub total	152.962.559,56	71.584.379,03	79.433.636,49	131.590.788,14	36.499.281,11	135.297,92	135.755.207,91
Total		303.980.575,08			303.980.575,08		

Table 6. Data perhitungan neraca energi *Gas Conditioning Tower* (GCT) pada unit *rawmill* Indarung VI PT Semen Padang

Komponen	Input			Output			
	Q ₄	Q ₂	Q ₇	Q ₄	Q ₂	Q ₅	Q ₆
SiO ₂	447734,33			768082,87			
Al ₂ O ₃	145129,89	-	-	248272,87	-	-	-
Fe ₂ O ₃	51283,52	-	-	87248,79	-	-	-
CaCO ₃	1732481,59	-	-	2940160,40	-	-	-
MgCO ₃	22020,67	-	-	36253,54	-	-	-
SO ₃	4092321,71	-	-	6737358,92	-	-	-
K ₂ CO ₃	21227,52	-	-	34947,75	-	-	-
Na ₂ CO ₃	16784,45	-	-	27632,94	-	-	-
H ₂ O	49880,90	13833131,75	29427777,91	82361,04	20198887,58	27331,21	-
CO ₂	-	13755771,74	-	-	14239724,88	-	-
N ₂	-	33066147,30	-	-	34824336,95	-	-
SO ₂	-	46640,33	-	-	48403,21	-	-
O ₂	-	241722,17	-	-	251283,96	-	-

Komponen	Input				Output		
	Q ₄	Q ₂	Q ₇	Q ₄	Q ₂	Q ₅	Q ₆
Heat loss							16397768,88
impurities	-	-	-	-	-	-	-
sub total	6578864,57	60943413,28	29427777,91	10962319,10	69562636,58	27331,21	16397768,88
Total		96950055,76			96950055,76		

Tabel 6 merupakan data hasil perhitungan neraca energi pada *Gas Conditioning Tower* (GCT) didapatkan nilai *input* energi yang digunakan sebesar 96.950.055 kJ/jam dengan *heat losses* sebesar 16.397.768,88 kJ/Jam. Untuk menurunkan nilai *heat loss* perlu dilakukan modifikasi sistem GCT. Salah satu upaya yang bisa dilakukan adalah merubah kondisi operasi dan merekonstruksi mekanik tower sehingga mampu mengurangi total konsumsi air sekitar 20% dan konsumsi daya spesifik sekitar 0,5 kWh/ton [17]

3.3 Evaluasi Efisiensi Panas Unit *Raw mill*

Table 7. Data perhitungan efisiensi panas pada unit *rawmill* Indarung VI PT Semen Padang

Alat	Efisiensi (%)
<i>Vertical Raw mill</i>	55,34%
<i>Gas Conditioning Tower</i>	83,08%

Dari hasil perhitungan neraca energi pada Tabel 7 diketahui efisiensi panas pada VRM sebesar 55,34% dan GCT sebesar 83,08%. Nilai tersebut masih memenuhi batas minimal perusahaan, 50% [15]. Efisiensi panas VRM lebih kecil dari pada GCT, hal ini bisa disebabkan faktor usia peralatan dan proses perawatan yang belum maksimal [18]. Nilai efisiensi panas berbanding terbalik dengan nilai *heat loss*. *Heat loss* disebabkan oleh adanya kebocoran pada *seal roller* dan terdapat *coating*. Hal yang terjadi karena material yang masuk masih banyak mengandung alkali, sehingga itu perlu dilakukan penangan yang lebih lanjut untuk menghindari dan menyelesaikan masalah tersebut

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil evaluasi neraca massa, neraca energi, dan efisiensi unit *raw mill* pada tanggal 17 Juli 2022, diperoleh kapasitas *overall* sebesar 1.260.549,3012 kg/jam, kebutuhan panas 400.930.630,84kJ/jam dengan total *heat loss* 152.152.976,79 kJ/jam dan efisiensi VRM 55,34% serta GCT 83,06%. Nilai tersebut masih memenuhi batas minimal perusahaan sebesar 50%. Untuk mengoptimalkan unit *raw mill* diperlukan proses pengeringan material untuk mencapai kadar air yang ditentukan masih berlangsung secara optimal.

Pada perhitungan terdapat *heat loss* yang masih begitu besar, sebaiknya dapat dimanfaatkan kembali untuk proses lainnya agar panas yang keluar tidak terbuang sia-sia dan juga lebih hemat energi.

REFERENSI

- [1] M. P. N. P. Fahrhan, N. B. Umbara, and Safaruddin, "Analisis Efisiensi Kinerja Alat Separator Pada Proses Rawmill Pabrik II PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.," *Jurnal Multidisipliner Bharasumba*, vol. 1, no. 03 October, hal. 422–429, 2022 .

- [2] P. Pareek and V. S. Sankhla, "Review on vertical roller mill in cement industry & its performance parameters," in *Materials Today: Proceedings*, Elsevier Ltd, 2, hal. 4621–4627, 2020.
- [3] A. M. Rizky, R. Anugrah, and Safaruddin, "Calculate Thermal Efficiency Of Vertical Raw Mill Equipment In Baturaja II Factory PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.," *Jurnal Multidisipliner Bharasumba*, vol. 1, no. 03 October, hal. 548–559, 2022.
- [4] A. R. Ramadhanti, S. Santosa, "Persen Yield (%Yield) Sebagai Evaluasi Parameter Evaluasi Proses Kinerja Raw Mill Pada Industri Semen," *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 5, no. 1, hal. 24–28, 2019.
- [5] D. Altun, H. Benzer, N. Aydogan, and C. Gerold, "Operational Parameters Affectig The Vertical Roller Mill Performance," *Miner Enggineering*, hal. 67–71, 2016.
- [6] O. D. O. H. Arius, N. B. Umbara, and Safaruddin, "Menghitung Efisiensi Thermal Pada Alat Vertical Cemen Mill Pabrik II PT Semen Baturaja (Persero) Tbk Dan Pengaruh Laju Alir Umpan Serta Daya Motor," *Jurnal Multidisipliner Bharasumba*, vol. 1, no. 03 October, hal. 477–488, 2022.
- [7] A. Zahidin, L. Rubianto, "Perhitungan Neraca Massa, Neraca Panas, dan Efisiensi Pada Rotary Kiln Unit Kerja RKC 3 PT Semen Indonesia (Persero) Tbk.," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 6, no. 2, hal. 309–315, 2020.
- [8] R. Perdana Ts, L. Cundari, Safaruddin, Robiansyah, "Efficiency Analysis Of Rotary Kiln Equipment In Factory II PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.," *Jurnal Multidisipliner Bharasumba*, vol. 1, no. 03 October, hal. 611–618, 2022.
- [9] R. H. Perry, D. Green, and J. O. Maloney, *Perry's chemical engineers' handbook. 7th ed.*, 7th ed. New York: Mc Graw Hill In, 1997.
- [10] C.J. Geankoplis, *Transport processes and unit operations*, 3rd ed., vol. 20. America: Prentice-Hall International, Inc, 1980.
- [11] W. Zamrudy, *Modul Teknologi Semen*. Malang: Politeknik Negeri Kimia, 2012.
- [12] M. Ryketeng, "Analisis Biaya Standar Sebagai Alat Pengendalian Biaya Produksi Pada PT Semen Bosowa Di Kabupaten Maros," *Journal Manage*, vol. 3, no. 1, hal. 91–110, 2020
- [13] R. D. Safitri, E. Supraptiah, A. D. Wljayanto, and Safaruddin, "Analisa Kinerja Alat Vertical Cement Mill di Pabrik II PT Semen Baturaja (Persero) Tbk," *Jurnal Ilmu Terapan*, vol. 3, no. 1, 2022.
- [14] T. Dziubak, "Experimental studies of dust suction irregularity from multi-cyclone dust collector of two-stage air filter," *Energies (Basel)*, vol. 14, no. 12, 2021.
- [15] C. W. Purnomo, R. B. Cahyono, A. Setiawan, N. Amin, and Triyono, "Water and power consumption reduction by gas conditioning tower system modification in cement industry," *IOP Conference Ser Mater Science Engineering*, vol. 543, no. 1, 2019.
- [16] G. L. Hakim, H. herliati, and A. Akbar, "Analisis Kebutuhan Air Pendingin pada Gas Conditioning Tower (GCT) Raw Mill," *Proceeding Technology of Renewable Energy and Development Conference*, vol. 1, no. 0, 2021.
- [17] C. Vhorgiani, I. Hajar, Ah. Fadilah, and Safaruddin, "Evaluasi Kineja Alat Bag House Filter K1P11 Unit Coal Mill Pabrik II PT Semen Baturaja (Persero) Tbk Yang ditinjau dari can Velocity," *Jurnal Ilmu Terapan*, vol. 3, no. 1, 2022.

- [18] B. Setiyana, "Analisis Efisiensi Raw Grinding Mill Pada proses Pembuatan Semen," *ROTASI1*, vol. 9, no. 1, hal. 60–65, Jan. 2007.