

EVALUASI EFISIENSI PANAS UNIT RAW MILL DI PT SEMEN INDONESIA (PERSERO) TBK TUBAN

Nur Fajar Hidayat¹, Hardjono¹, Muhammad Ebin Setiawan²

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

²PT Semen Indonesia (Persero) Tbk., Kab. Tuban 62356, Indonesia

nurfajarhidayat7@gmail.com ; [hardjono@polinema.ac.id]

ABSTRAK

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. merupakan *holding* BUMN yang bergerak dalam produksi semen serta berperan terhadap pembangunan di Indonesia. Semen merupakan bahan baku penting yang digunakan untuk pembangunan atau konstruksi yang terdiri dari bahan baku tanah liat, batu kapur, serta bahan pendukung seperti pasir silika dan pasir besi. Proses produksi di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. meliputi proses penyiapan bahan baku (*mining* dan *crusher*), penggilingan dan pengeringan bahan baku (*raw mill*), pemasakan bahan baku di dalam *rotary kiln*, dan penggilingan terakhir di *finish mill*, serta pengemasan di *packer*. Industri semen membutuhkan energi yang besar dalam proses produksinya, sehingga perlu adanya efisiensi energi guna menekan biaya produksi. Unit *raw mill* merupakan salah satu peralatan proses yang melibatkan panas cukup tinggi, dimana selama ini belum pernah dilakukan evaluasi. Untuk itu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi panas pada unit *raw mill* tersebut. Penelitian juga bertujuan untuk mengetahui jumlah panas yang hilang. Perhitungan efisiensi terdiri dari beberapa tahapan yang meliputi tahapan studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data dengan cara menghitung neraca massa dan neraca panas umpan masuk dan produk yang keluar, serta menghitung efisiensi panas dan *heat loss*nya. Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa *raw mill* mempunyai efisiensi panas sebesar 62,25% dan panas yang hilang sebesar 21,721%.

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

ABSTRACT

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. is a state-owned holding company that is engaged in cement production and plays a role in development in Indonesia. Cement is an important raw material used for building or construction and consists of clay and limestone, as well as supporting materials such as silica sand and iron sand. The production process at PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. includes the process of preparing raw materials (*mining* and *crusher*), grinding and drying raw materials (*raw mill*), cooking raw materials in a *rotary kiln*, and final grinding in a *finish mill*, as well as packaging in a *packer*. The cement industry requires a large amount of energy in its production process, so energy efficiency is needed to reduce production costs. Thermal efficiency is a comparison value between the amount of heat entering and the heat leaving the equipment. The purpose of calculating this value is to determine the value of heat leakage and the efficiency of heat use in the tool. Efficiency calculations consist of several stages, which include literature study stages, data collection, data processing by calculating the mass balance and heat balance of incoming feed and outgoing products, as well as calculating heat loss and heat efficiency values. The research concluded that the *raw mill* was still suitable for operation even though it experienced a heat leak of 21.721% and a heat use efficiency of 62.251%.

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

Corresponding author: Hardjono

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

E-mail: hardjono@polinema.ac.id



1. PENDAHULUAN

Industri semen adalah bagian penting dari pembangunan infrastruktur dan bangunan, yang mendorong pembangunan di Indonesia dan merupakan bagian penting dari kemajuan negara. PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, sebelumnya dikenal sebagai PT. Semen Gresik (Persero) Tbk, didirikan pada 25 Maret 1953 dengan nama "NV Pabrik Semen Gresik" karena peran industri semen dalam pembangunan Indonesia. Perusahaan ini mulai beroperasi dan diresmikan oleh Presiden Republik Indonesia pertama pada 7 Agustus 1957. Saat itu, kapasitas produksi semen adalah 250.000 ton per tahun [1].

Proses produksi semen diawali dengan tahapan penyiapan bahan baku di unit *mining* dan *crusher*. Material kemudian digiling serta dikeringkan guna menurunkan kadar airnya di unit *raw mill*. Material yang telah digiling dan dikeringkan kemudian dimasak di unit proses *rotary kiln*. Terak kemudian didinginkan di *cooler* dan digiling menggunakan *ball mill* di unit proses *finish mill*. Semen kemudian dikemas dengan dua jenis kemasan yaitu kemasan karung dan curah di unit proses *packer* [2].

Raw mill merupakan salah satu unit proses pada produksi semen di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. *Raw mill* merupakan unit proses yang digunakan untuk menggiling dan mengeringkan bahan mentah dalam proses pembuatan semen [3]. Adapun material yang digiling pada unit proses *raw mill* meliputi batu kapur, tanah liat, pasir silika, dan pasir besi [4]. Material tersebut masuk dengan ukuran ± 10 cm kemudian digiling (*size reduction*) hingga ± 90 mikron [5]. Selain digunakan untuk memperkecil ukuran material, unit ini berfungsi untuk mengurangi kelembaban dari material tersebut dengan memanfaatkan gas buang dari unit proses *kiln*. Pada unit proses *raw mill* material dikeringkan hingga kadar airnya kurang dari 1%, hal ini bertujuan untuk mengurangi hambatan dalam proses transportasi material [6]. Kerusakan pada unit proses *raw mill* mempengaruhi proses produksi semen pada unit selanjutnya sehingga produksi semen akan terhambat [7]. Unit proses *raw mill* di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk berjenis *roller mill* serta dilengkapi separator di dalamnya [8].

Unit proses *raw mill* merupakan unit proses yang membutuhkan energi yang banyak guna menurunkan kadar air pada material. Penggunaan energi yang optimal dapat memperpanjang usia alat sehingga menekan adanya pengeluaran. Penelitian serupa dilakukan oleh B. Setiyana, 2007 [3] mengenai analisis efisiensi *raw grinding mill*. Penelitian tersebut memiliki kesesuaian dengan penelitian ini karena menggunakan metode penelitian yang sama yaitu menghitung neraca massa dan energi pada alat *raw grinding mill* terlebih dahulu dan kemudian dihitung nilai efisiensi panasnya. Adapun nilai efisiensi pada penelitian tersebut adalah sebesar 63.3%. Keterbaruan pada penelitian ini adalah mengevaluasi efisiensi panas dan panas yang hilang pada alat *raw mill* di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi panas unit proses *raw mill*. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui jumlah panas yang hilang pada proses pembuatan semen di unit *raw mill* PT Semen Indonesia (Persero) Tbk.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian meliputi tahapan studi literatur, pengumpulan data, dan pengolahan data serta dilakukan di unit proses *Raw mill* 1-2 pabrik Tuban.

2.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan guna memahami aliran masuk dan keluar yang terdapat di unit *Raw mill* 1-2 pabrik tuban. Pemahaman terkait literatur tersebut sangat diperlukan untuk memudahkan dalam tahapan pengumpulan dan pengolahan data yang akan dilakukan selanjutnya.

2.2. Studi lapangan/Pengumpulan Data

Dalam perhitungan neraca energi pada unit *Raw mill* diperlukan data yang terdiri dari laju alir, komponen pada setiap aliran (*inlet* dan *outlet*) serta beberapa data pendukung seperti suhu pada setiap aliran, dan kapasitas panas spesifik setiap komponen. Data-data tersebut didapatkan dari *section quality control raw mill* 1-2 dan evaluasi proses.

2.3. Neraca Massa

Perhitungan neraca massa didasarkan pada jumlah material yang masuk ke dalam proses dan yang keluar dari proses [9]. Neraca massa merupakan perhitungan dari bahan-bahan yang masuk, bahan yang keluar, dan bahan yang terakumulasi pada periode tertentu [10]. Persamaan neraca massa adalah sebagai berikut [11]:

$$\text{Massa Akumulasi} = \text{Massa masuk sistem} - \text{Massa keluar sistem} \quad (1)$$

Apabila proses dianggap *steady state*, maka akumulasi dianggap = 0, sehingga

$$\text{Massa masuk sistem} = \text{Massa keluar sistem} \quad (2)$$

Langkah berikutnya setelah memperoleh data bahan masuk dan keluar sistem adalah membuat blok diagram proses yang dilengkapi dengan keterangan aliran yang masuk dan keluar sistem. Lalu menentukan basis perhitungan yaitu dengan memilih salah satu laju alir yang kemudian dikonversikan menjadi laju alir massa per satuan waktu. Kemudian menentukan komposisi umpan berdasarkan data persentase komponen bahan yang telah didapatkan sebelumnya. Perhitungan massa gas dari *kiln* yang masuk ke dalam *raw mill* berdasarkan data volume gas yang telah didapatkan sebelumnya, dengan asumsi gas yang masuk merupakan gas ideal. Pada aliran masuk juga terdapat debu (*dust loss*) yang terbawa oleh gas buang dari *kiln* yang besarnya diasumsikan 10% dari *feed kiln* dengan komposisinya diasumsikan sama dengan umpan masuk *raw mill*. Kemudian menentukan produk yang keluar dengan menjumlahkan data umpan dan *dust loss*. Gas yang keluar dari *raw mill* massanya diasumsikan sama dengan gas buang *kiln* yang masuk ke dalam *raw mill*.

2.4. Neraca Energi

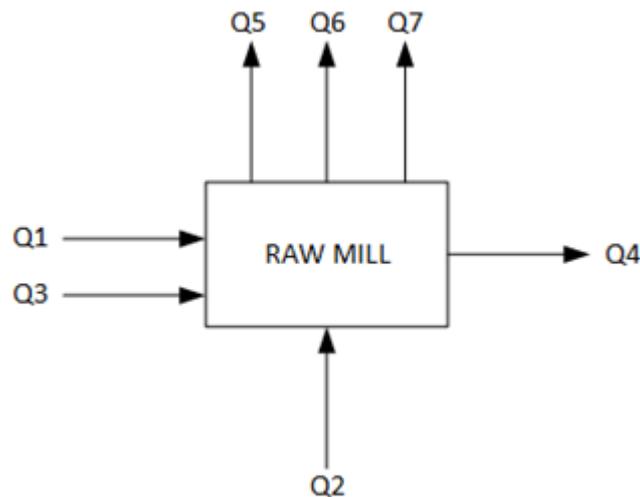
Neraca energi merupakan persamaan matematis yang menyatakan hubungan antara energi masuk dan energi keluar suatu sistem yang berdasarkan pada satuan waktu operasi [12]. Adapun persamaan yang digunakan pada perhitungan panas sensibel pada neraca energi adalah sebagai berikut:

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

dan untuk panas laten menggunakan persamaan:

$$Q = m \times \lambda \quad (4)$$

Setelah dilakukan perhitungan neraca massa, maka langkah selanjutnya ialah menentukan neraca energinya. Langkah pertama yaitu membuat blok diagram untuk menentukan jumlah panas pada setiap aliran. Blok diagram neraca panas pada unit proses *raw mill* disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram neraca energi unit proses *raw mill*

Aliran Q1, Q2, dan Q3 berturut turut merupakan panas sensibel umpam masuk *raw mill*, gas buang *kiln* masuk *raw mill*, dan *dust loss* yang terbawa gas buang yang masuk ke dalam *raw mill*. Jumlah panas pada aliran Q1, Q2, dan Q3 dihitung dengan persamaan (3) yaitu mengalikan massa setiap komponen dengan nilai kapasitas panas spesifik setiap komponen dan suhu yang telah didapatkan sebelumnya. Aliran Q4 dan Q5 merupakan panas sensibel produk dan gas yang keluar dari *raw mill* sehingga nilainya dapat ditentukan dengan persamaan (3). Sedangkan aliran Q6 merupakan panas laten dari air yang teruapkan selama proses pengeringan, sehingga untuk menentukan jumlahnya digunakan persamaan (4) dengan mengalikan massa air yang menguap dan nilai panas laten air pada suhu 113°C. Terdapat panas yang hilang dari sistem yang ditunjukkan pada aliran Q7, sehingga untuk nilainya ditentukan dengan menjumlah nilai Q1, Q2, dan Q3 dikurang nilai Q4, Q5, dan Q6

2.5. Efisiensi Panas

Efisiensi merupakan nilai yang menunjukkan perbandingan jumlah energi yang masuk ke dalam proses dengan energi yang digunakan. Suatu proses dianggap efisien ketika usaha memberikan hasil yang optimum. Suatu proses juga dikatakan efisien saat mencapai hasil dengan usaha yang minimum [13]. Efisiensi panas adalah salah satu indikator kinerja unit proses *raw mill* [6]. Indikator tersebut penting dan perlu diperhatikan serta harus dilakukan evaluasi secara berkala untuk menjaga kinerja alat agar bekerja dengan optimal [14]. Efisiensi panas dapat dihitung dengan membandingkan jumlah energi keluaran dengan energi masukan. Persamaan efisiensi panas adalah sebagai berikut [15]:

$$\eta = \frac{Q_{output}}{Q_{input}} \times 100\% \quad (4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Efisiensi panas unit *raw mill* didapatkan dengan cara menghitung neraca massa dan neraca energi. Berdasarkan persamaan didapatkan laju alir massa umpan masuk dan produk yang keluar sebesar 1.624,868 ton/jam. Pada unit proses *raw mill* terjadi proses pengeringan material yang memiliki kandungan air awal 8 – 10% hingga menjadi kurang dari 1%. Proses pengeringan tersebut memanfaatkan gas buang dari unit *rotary kiln*. Pada proses pengeringan tersebut terjadi fenomena perpindahan panas sehingga perlu dilakukan perhitungan neraca panas guna mendapatkan jumlah panas yang diperlukan untuk mengeringkan material hingga kadar airnya berkurang menjadi kurang dari 1%. Tabel 1 adalah neraca panas pada unit *raw mill*.

Tabel 1. Neraca panas pada *raw mill*

Keterangan (Panas)	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Feed masuk <i>Raw mill</i>	2.792.766,230	
Gas masuk <i>Raw mill</i>	312.333.727,774	
Dust masuk <i>Raw mill</i>	9.680.470,985	
Produk <i>Raw mill</i>		47.352.821,198
Gas keluar <i>Raw mill</i>		91.677.907,078
H ₂ O teruapkan dgn gas		115.225.268,042
Panas yang hilang		70.550.968,671
TOTAL	324.806.964,989	324.806.964,989

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mengetahui panas yang hilang dari sistem atau *heat loss*. *Heat loss* merupakan nilai yang menyatakan tingkat kebocoran panas yang keluar dari alat. Berdasarkan Tabel 1 didapatkan persentase panas yang hilang adalah 21,721%. Nilai tersebut masih tergolong baik karena pada umumnya batas toleransi panas yang hilang yaitu 12 – 22% [3]. Kebocoran panas tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu bagian-bagian *raw mill* yang terkikis atau menipis dan terdapat kemungkinan kebocoran panas pada saluran inlet dan outlet. Kerusakan pada *grinding table*, *shaft*, *tyre*, dan *seal* dapat menyebabkan hilangnya panas dari alat [8].

Kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai efisiensi panas pada unit *raw mill*. Berdasarkan persamaan (4) maka nilai efisiensi panas pada *raw mill* didapatkan sebesar 62,251%. Nilai tersebut masih tergolong baik karena nilai efisiensi masih diatas batas minimal yaitu sebesar 50% [3]. Pada umumnya nilai efisiensi berdasarkan perancangan awal alat adalah sebesar 75%, maka nilai efisiensi telah mengalami penurunan. Namun penurunan efisiensi dinilai wajar karena alat tersebut telah beroperasi cukup lama. Meskipun *raw mill* mengalami penurunan efisiensi, kinerja alat dinilai masih optimal dalam proses pembuatan semen karena dapat menurunkan kadar air yang terkandung pada material hingga 0,6%.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Nilai efisiensi panas *raw mill* adalah 62,251%, nilai tersebut masih dinilai cukup baik karena nilainya masih diatas batas minimal yaitu sebesar 50%. *Raw mill* dinilai mengalami penurunan efisiensi, namun dinilai wajar karena alat tersebut telah beroperasi cukup lama.

Raw mill juga dinilai masih cukup layak untuk dioperasikan karena masih bekerja optimal sehingga dapat menurunkan kadar air yang terkandung pada material hingga 0,6%.

Pada penelitian juga didapatkan persentase panas yang hilang sebesar 21,721%. Tingginya kebocoran panas dan menurunnya nilai efisiensi panas umumnya disebabkan oleh faktor teknis pada peralatan, sehingga saran yang dapat diberikan yaitu perlu dilakukan perawatan atau *maintenance* secara berkala untuk menjaga proses di dalam peralatan tetap berjalan optimal.

REFERENSI

- [1] C. I. Gunawan dan L. P. Anggraeni, "Analisis Manajemen Strategi PT. Semen Indonesia Tbk Vs PT. Holcim Indonesia Tbk," *Jurnal Ilmu Manajemen dan Akuntansi*, vol. 6, no. 1, hal. 51–66, 2015.
- [2] A. Suryo dan A. Chalim, "Evaluasi Perhitungan Neraca Energi Finish Mill di PT Semen Indonesia Persero Tbk. Tuban," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no. 9, hal. 806–814, 2022.
- [3] B. Setiyana, "Analisis Efisiensi Raw Grinding Mill pada Proses Pembuatan Semen," *Rotasi*, vol. 9, no. 1, hal. 60–65, 2007.
- [4] R. Kurniawan, D. S. R. Putri, A. T. Redjeki, D. S. Pertiwi, dan Y. V. Tarigan, "Evaluasi Efisiensi Panas Unit Raw Mill dan Coal Mill di Industri Semen X," in *Prosiding Diseminasi FTI Genap*, 2022.
- [5] Aulia R. Ramadhanti dan S. Santosa, "Persen Yield (%Yield) Sebagai Parameter Evaluasi Proses Kinerja Raw Mill Pada Industri Semen," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 5, no. 1, hal. 24–28, 2023.
- [6] A. M. Rizky, R. Anugrah, dan S. Safaruddin, "Menghitung Efisiensi Thermal Pada Alat Vertical Raw Mill Di Pabrik Baturaja II PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.," *Jurnal Multidisipliner Bharasumba*, vol. 1, no. 04, hal. 548–559, 2022.
- [7] Taufik, P. Fithri, dan R. Arsita, "Analisis Pemeliharaan Mesin Raw Mill Pabrik Indarung IV PT Semen Padang," in *SATELIT*, 2017, hal. 75–84.
- [8] W. Rais, A. Evendi, A. Adriansyah, dan D. Dapersal Dinar, "Optimalisasi Sistem Perawatan dan Perbaikan Mesin Vertical Mill di PT. Semen Padang," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 13, no. 1, hal. 31–37, 2020.
- [9] M. Alexander, "Neraca Masa Dan Neraca Energi Pengelolaan Sampah Terpadu – Penujah Kabupaten Tegal," *Teknobiz : Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, vol. 8, no. 3, hal. 129–138, 2018.
- [10] A. S. A. Z. Az Zahra, M. Narulita, M. Mufid, dan A. Z. Fanani, "Perhitungan Neraca Massa Converter (30-R-1201) Pada Unit Asam Sulfat Pabrik III B PT Petrokimia Gresik," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 7, no. 2, hal. 629–634, 2023.
- [11] D. M. Himmelblau dan J. B. Riggs, *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering Seventh Edition*. 1996.
- [12] S. Wuryanti, *Neraca Massa dan Neraca Energi*. 2016.
- [13] M. Oktavia dan Safarudin, "Menghitung Nilai Efisiensi Termal Pada Alat Grate Cooler Di PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk.," *Jurnal Ilmu Terapan*, vol. 2, no. 01, 2021.
- [14] E. A. Samosir dan Safaruddin, "Analisis Efisiensi Peralatan Dan Heat Loss Pada Raw Mill PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk," *Jurnal Terapan Internship & Multidisiplin*, vol. 1, no.

- 7, 2022.
- [15] A. Khuriati, P. Purwanto, H. S. Huboyo, S. Sumariyah, S. Suryono, dan A. B. Putranto, "Numerical Calculation Based on Mass and Energy Balance of Waste Incineration in the Fixed Bed Reactor," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2020.