

MENGHITUNG EFISIENSI *THERMAL* PADA ALAT *VERTICAL RAW MILL* DI PABRIK BATURAJA II PT SEMEN BATURAJA (PERSERO) TBK

Alfiansyah Miftahul Rizky^{a*} Rendotian Anugrah^b Safaruddin^c

^aProgram Studi Teknik Energi, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya

^bSMBR Supervisor Cement Mill 5 & 6

^cSMBR Learning Development

E-mail : safaruddintohir@gmail.com

ARTICLE HISTORY

Received:

20 September 2022

Revised

23 September 2022

Accepted:

02 October 2022

Online available:

29 October 2022

Kata Kunci :

PT. Semen Baturaja, Vertical Raw Mill, Neraca Panas, dan Efisiensi Thermal.

Keywords :

PT. Semen Baturaja, Vertical Raw Mill, Heat Balance, and Thermal Efficiency.

*Correspondence:

Name : Alfiansyah

Miftahul Rizky

E-mail :

alfiansyahmr24@gmail.com

Abstrak

Dalam proses pembuatan semen di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. Ada tujuh proses yang terjadi, yaitu proses penambangan (quarry), proses penggilingan, (penghancuran) dan pengeringan (drying), proses pembakaran raw meal menjadi clinker, pendinginan clinker, penggilingan clinker, dan proses pengepakan. *Vertikal raw mill* adalah alat utama yang digunakan dalam proses penggilingan dan pengeringan bahan baku menggunakan media pengering, yaitu udara panas yang berasal dari gas buang kiln. Pada proses penggilingan dan pengeringan ini, batu kapur, tanah liat, pasir silika dan pasir besi, akan menghasilkan produk yaitu *raw meal*. Supaya kereaktifan material dapat dicapai pada proses selanjutnya, standar kehalusan *raw meal* harus memiliki *sieving* di atas 90μ (14-20%). Dalam proses pengeringan, *raw mill* dapat mengeringkan material yang mempunyai kandungan air, yaitu 15% menjadi <1%. Kadar air maksimum diizinkan sebesar 1%, hal ini penting untuk mengantisipasi kemungkinan hambatan dalam transportasi dan untuk meningkatkan efisiensi *thermal*. Efisiensi adalah suatu ukuran dalam membandingkan suatu proses penggunaan energi masukan dengan penggunaan yang direalisasikan atau output dari suatu proses kegiatan yang dilakukan serta sumber dan energi yang digunakan. Pada alat *vertical raw mill* Efisiensi *thermal* perlu dihitung untuk mengetahui apakah kualitas panas yang digunakan sudah maksimal yang dimana pada alat *vertical raw mill* sudah ditetapkan standar nilai efisiensi *thermal*nya berada pada kisaran 85 - 100%. Pada hasil dan pembahasan di dapat 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%. 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.

Abstract

In the process of making cement at PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. There are seven processes that occur, namely the mining process (quarry), the grinding process (crushing) and drying (drying), the raw meal burning process into clinker, clinker cooling, clinker grinding, and the packing process. The vertical raw mill is the main tool used in the process of grinding and drying raw materials using a drying medium, namely hot air from kiln exhaust gases. In this milling and drying process, limestone, clay, silica sand and iron sand, will produce a product, namely raw meal. In order for the reactivity of the material to be achieved in the next process, the standard of fineness of raw meal must have a sieving above 90μ (14-20%). In the drying process, the raw mill can dry materials that have a moisture content of 15% to <1%. The maximum moisture content is permitted at 1%, this is important to anticipate possible obstacles in transportation and to improve thermal efficiency. Efficiency is a measure in comparing a process of using input energy with the realized use or output of a process of activities carried out as well as the sources and energy used. In vertical raw mill equipment, thermal efficiency needs to be calculated to determine whether the quality of the heat used is maximal, where in the vertical raw mill the standard thermal efficiency value has been set in the range of 85 - 100%. In the results and discussion, the highest thermal efficiency value on the vertical raw mill tool is 96.28% with a heat loss value of 3.71%, while the lowest thermal efficiency value obtained is 87.90% with a heat loss value of 12.09%. For the heat balance, the highest total vertical raw mill heat balance is 33,922,195.16 kcal and the lowest is 22,506,739.34 kcal.

1. PENDAHULUAN

Vertical Raw Mill merupakan alat utama yang digunakan dalam proses awal pembuatan semen di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. *Vertical Raw Mill* digunakan untuk penggilingan bahan baku utama dan bahan baku korektif. Selain itu, alat ini juga digunakan sebagai pengering dengan memanfaatkan udara panas yang berasal dari gas buang kiln. Hasil dari penggilingan dan pencampuran ini dinamakan *Raw Meal*. Standar kehalusan *raw meal* harus memiliki *sieving* di atas 90μ (14-20%). Kapasitas dari alat *raw mill*, yaitu 400 ton/jam. Dalam proses pengeringan, *raw mill* dapat mengeringkan material yang mempunyai kandungan air, yaitu 15% menjadi <1%. Kadar air maksimum diizinkan sebesar 1%, hal ini penting untuk mengantisipasi kemungkinan hambatan dalam transportasi dan untuk meningkatkan efisiensi *thermal*. Efisiensi adalah suatu ukuran dalam membandingkan suatu proses penggunaan energi masukan dengan penggunaan yang direalisasikan atau output dari suatu proses kegiatan yang dilakukan serta sumber dan energi yang digunakan.

Untuk mendapatkan efisiensi *thermal* dari alat *Raw Mill* dapat dilakukan dalam dua tahap, yaitu perhitungan dengan neraca massa dan perhitungan neraca panas. Perhitungan neraca massa diperlukan untuk perhitungan neraca panas. Dari perhitungan neraca panas, maka dapat diketahui efisiensi *thermal* dari *vertical raw mill*, yaitu perbandingan panas untuk reaksi dengan panas yang disediakan, dimana efisiensi *thermal* alat *vertical raw mill* merupakan salah satu indikator kinerja dari alat *vertical raw mill*. Efisiensi *thermal* perlu dihitung untuk mengetahui apakah kualitas panas yang digunakan sudah maksimal yang dimana pada alat *vertical raw mill* sudah ditetapkan standar nilai efisiensi *thermalnya* berada pada kisaran 85-100%.

Di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. alat utama yang digunakan dalam proses penggilingan dan pengeringan bahan baku adalah *vertical raw mill*. *Vertical raw mill* ini menggunakan media pengering, yaitu udara panas yang berasal dari gas buang *kiln* dan gas buang *pre-heater*. Hasil dari proses penggilingan dan pengeringan ini dinamakan *raw meal*. *Mill feed* akan masuk mill melalui *feed gate*, selanjutnya *mill feed* diumpankan ke *center table* melalui *chute*, lalu *mill feed* digiling oleh *roller* dengan putaran *table* sambil dikeringkan oleh *hot gas*. *Mill feed* yang *overflow* di tepi *table* akan jatuh melalui *louvre ring* ke dasar *mill*, kemudian disapu via *scraper* menuju *vibrating feeder* keluar *mill*. *Raw meal powder* di dasar *table* terbawa *hot gas* menuju *separator (classifier)*.

Sedangkan *coarse raw meal*, via *reject cone*, kembali ke mill untuk kembali di *grinding*. Didalam *vertical mill* terjadi empat proses yang berlangsung secara simultan, yaitu penggilingan, pengeringan, transportasi, dan separasi. Proses penggilingan dimulai ketika *mill feed* yang masuk akan

langsung jatuh ke *centre table* yang berputar dan bergerak ke arah luar *centre table* karena gaya sentrifugal *table*.

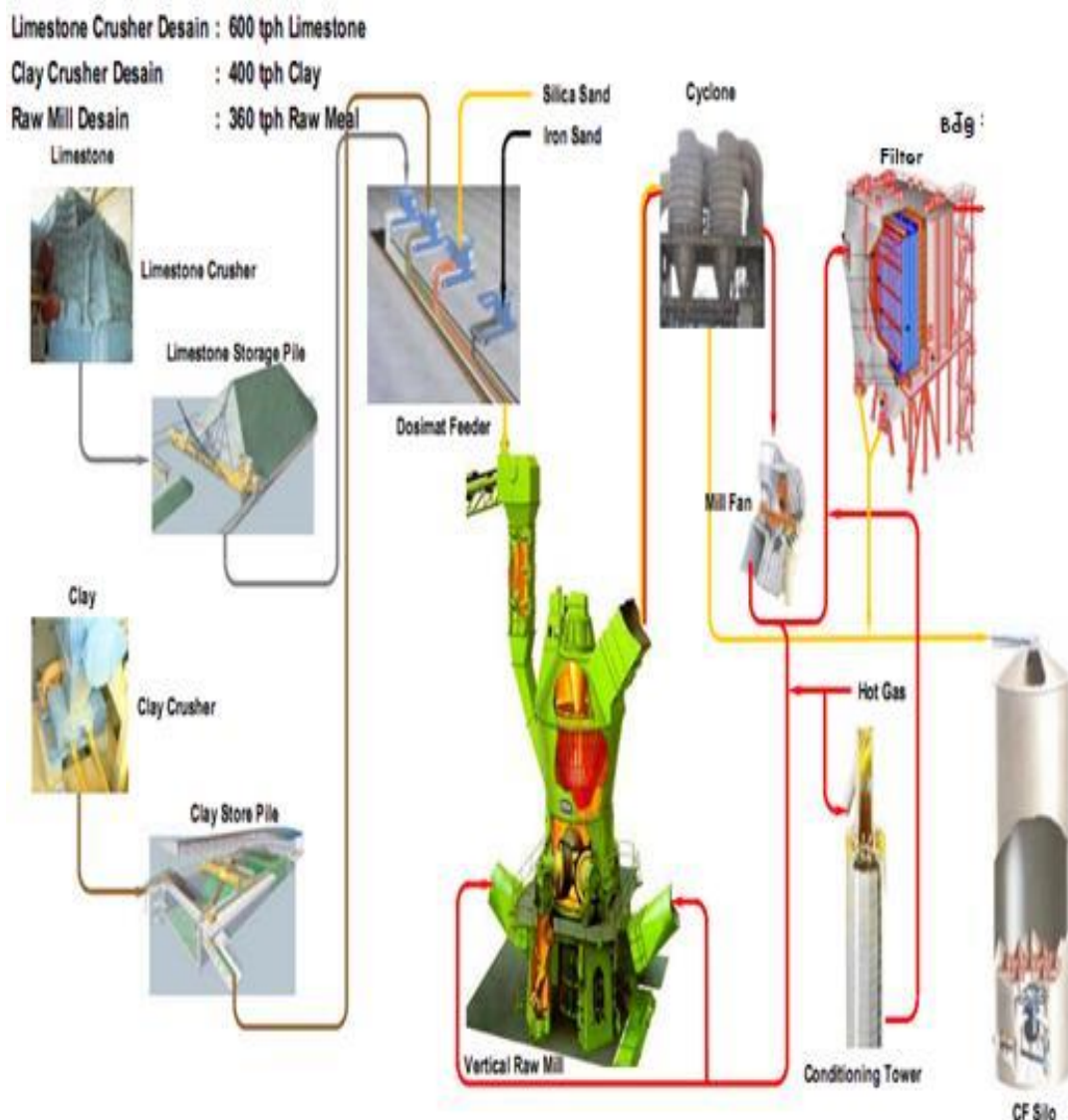
Pada saat itu material digiling menggunakan empat *roller mill* seraya dipanasi oleh gas panas yang masuk ke *mill* melalui *nozzle ring* dan terjadilah proses pengeringan hingga kadar air bahan baku kurang dari 1%. Hot gas berasal dari gas sisa pendinginan *clinker* di *grate cooler* dan mengalir secara terus menerus selama *mill* beroperasi. Selain itu, *hot gas* juga dapat diperoleh dari *heat generator* yang dioperasikan pada awal *mill* bekerja (ketika belum ada bahan baku).

Selama digiling sebagian material yang sudah halus dipanaskan dengan gas panas akan terangkat karena dihisap bersamaan dengan gas panas oleh *mill fan*. Terjadilah proses transportasi, yaitu perpindahan material dari permukaan *table* menuju sistem berikutnya. Material yang terhisap *mill fan* akan melewati *classifier* berputar. *Classifier* berfungsi untuk menentukan final separasi material halus dan kasar. Prinsip kerja *classifier* adalah menghambat aliran udara, dimana saat kecepatan putaran *classifier* tinggi, daya angkat produk menjadi rendah.

Sehingga, material yang terhisap dan lolos *classifier* itulah yang halus. Sementara yang tidak terhisap (masih kasar) akan jatuh kembali ke *table* dan digiling kembali bersama *fresh feed*. Kehalusan yang disyaratkan berkisar 200 μm . Kehalusan produk dapat diatur dengan mengatur putaran *classifier*. Semakin tinggi putaran *classifier*, maka semakin halus material yang terseleksi akan semakin halus dan begitupun sebaliknya. Selanjutnya produk bersama gas panas ditransportkan ke *multicyclone*.

Cyclone yang terpasang pada *multicyclone* ada empat buah, yang berfungsi untuk memisahkan *fine raw meal* dengan gas panas menggunakan gaya sentrifugal. Outlet dari *multicyclone* ada dua, yaitu *bottom* dan *top product*. *Bottom product* yang keluar dari *multicyclone* adalah *raw meal* yang kemudian ditransportkan menuju *CF-Silo*. Di dalam *CF-Silo* terjadi proses homogenisasi pada timbunan *raw meal* dan disimpan sebagai umpan *kiln*.

Disamping itu, *top product* adalah uap air, gas panas, serta sebagian kecil *fine raw meal* yang tidak sanggup diseparasi menggunakan *multicyclone*. Produk tersebut akan diseparasi kembali hingga hanya menyisakan uap air dan gas panas saja melalui alat yang dinamakan *Backhouse Filter* (BF).



Gambar 3.1 Skema Penggilingan Bahan Mentah

Bagian - Bagian Alat *Vertical Raw Mill*

Di dalam *Vertical Raw Mill* terjadi empat proses yang berlangsung secara simultan. Keempat proses tersebut yaitu penggilingan, pengeringan, transport, dan separasi. Proses penggilingan, pengeringan, transport, dan separasi terjadi pada bagian-bagian tertentu dari *vertical raw mill*.

a) *Triple Gate (Feed Gate)*.

Triple Gate (R1A04) terdiri dari tiga *flap damper* yang berfungsi sebagai *Air Lock* untuk mencegah udara luar masuk dan mengatur kontinuitas pengumpanan ke mill. Prinsip kerja *Triple Gate (R1A04)* akan terbuka secara berturut – turut dengan cara dua *flap damper* menutup dan satu *flap damper* membuka.

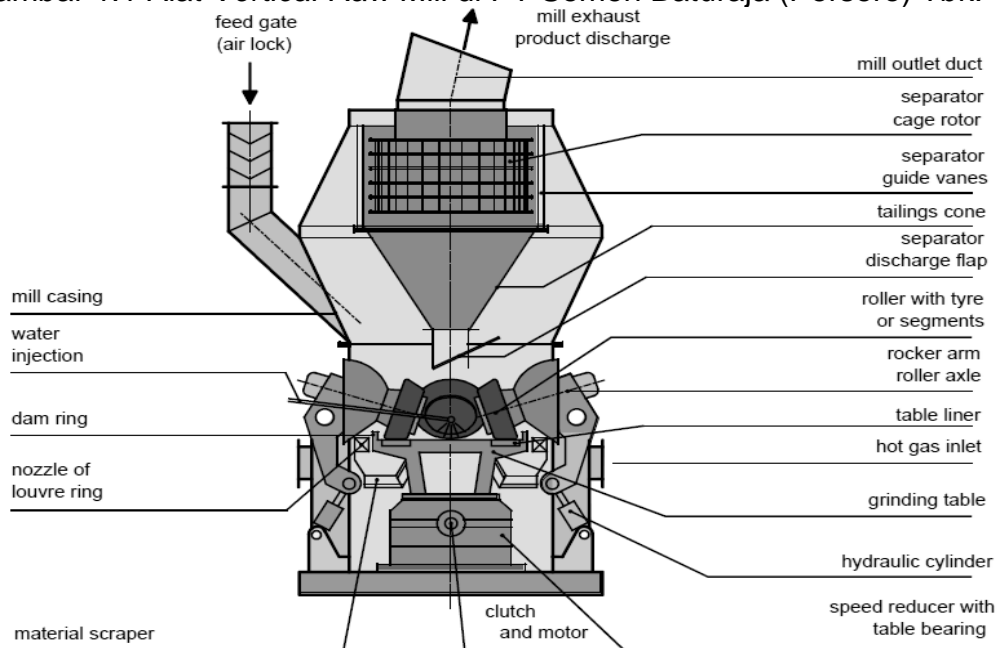
- b) *Hydraulic Cabinet Hsk (R1A04M1 Dan R1A04M2)*.
Hydraulic cabinet berfungsi untuk menyuplai oli dengan cara memberikan gaya hidrolik agar oli dapat berpindah ke sisi *piston cilinder* dan sisi *rod cilinder* sehingga *flap damper* membuka.
- c) *Classifier (R1S01M1)*.
Classifier berfungsi untuk memisahkan material halus dan material kasar. Prinsip kerjanya yaitu dengan cara menghambat aliran udara (apabila kecepatan tinggi maka daya angkatnya rendah). Kecepatan udara yang tinggi dapat membuat produk semakin halus, *tailing (reject)* bertambah menyebabkan jumlah produknya rendah, dan *mill* cepat penuh. Bila kecepatannya rendah maka hasil yang didapat sebaliknya.
- d) *Table*.
Table biasa juga disebut meja penggiling yang terdiri dari 12 segmen. *Table* berfungsi sebagai tempat penggilingan material.
- e) *Dam Ring*.
Dam ring dibuat di atas lengkungan meja penggiling sebelah luar. *Dam ring* berfungsi untuk menentukan ketebalan dari lapisan *grinding material* yang dikehendaki pada meja (*grinding bed*).
- f) *Scatter Ring*.
Scatter ring adalah sebuah *plate ring* di dalam bagian - bagian *mill*. *Scatter ring* berfungsi untuk membagikan stok *grinding* yang mengalir melalui *dam ring* dan untuk meneruskannya ke *louvre ring*.
- g) *Louvre Ring*.
Louvrer ring adalah sebuah konstruksi pengelasan plat di luar *scatter ring* dan terdiri dari beberapa bagian. Bagian – bagiannya mengarahkan aliran udara panas yang memasuki *louvre ring* dari *ring duct* secara merata. *Louvre ring* berfungsi ntuk menaikkan kecepatan aliran udara sehingga terbentuk semacam Spiral.
- h) *Roller*.
Roller pada *vertical mill* berfungsi sebagai media penggilingan material ke meja. *Roller vertical mill* berjumlah empat buah dengan diameter 2,5 m.
- i) *Scraper*.
Pada *vertical mill* terdapat empat buah *scraper* yang terbuat dari plat tebal dan berbentuk segitiga siku – siku. *Scraper* berfungsi untuk mendorong benda -benda asing dan *stock material grinding* yang telah jatuh.

Gambar dari *vertical raw mill* yang digunakan PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. ditunjukkan pada Gambar 3.2 dan gambar bagian-bagiannya terdapat pada Gambar 3.3.



Sumber: Biro Produksi 2 PT Semen Baturaja (Persero) Tbk., 2022

Gambar 1.1 Alat *Vertical Raw Mill* di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.



Gambar 1.2 Bagian - bagian Dari *Vertical Raw Mill*

Spesifikasi Alat *Vertical Raw Mill*

Spesifikasi dari peralatan *Vertical Raw Mill* yang digunakan di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk adalah sebagai berikut :

Desain Alat

- Merek : Loesche
- Tipe : Approx (*Table*)
- Kode alat : R1MO3M1
- Jumlah *roller* : 4
- Diameter *roller* : 2,54 m
- Diameter *table* : 5,08 m
- Daya : 3100 Kw
- Kapasitas : 400 ton per jam
- *Grindability factor* : 1,1
- Ukuran : 0-75 mm
- Produk Moisture : 0-1% H₂O

2. METODE PENELITIAN

Dalam Perhitungan Neraca Massa pada alat Raw Mill di PT.Semen Baturaja (Persero) Tbk menggunakan 3 tahapan, yaitu:

1. Pengumpulan data

- a. Pengambil data actual dari CCR (*Central Control Room*) mengenai kapasitas *klinker*, jumlah pemakaian *fine coal*, jumlah *kiln feed*, *mill power*, udara excess, temperature, tekanan serta jumlah pemakaian batu kapur, tanah liat, pasir silika dan pasir besi.
- b. Mengambil data aktual dari laboratorium proses mengenai komposisi *kiln feed*, komposisi klinker, komposisi *coal*, komposisi *ash*, serta komposisi bahan baku batu kapur, tanah liat, pasir silika dan pasir besi.
- c. Mengambil data design dari pembimbing PT Semen Baturaja(Persero) Tbk.
- d. Mengumpulkan data mengenai kapasitas panas material, udara serta gas dari *perry handbook*.

2. Perhitungan

- a. Menghitung neraca massa.
- b. Menghitung neraca panas.
- c. Menghitung efisiensi *thermal Raw Mill*.
- d. Menghitung *Heat Loss Raw Mill*.

3. Asumsi Data

- a. Kondisi aliran *steady state*.
- b. Proses pembakaran sempurna dan tidak ada sisa bahan bakar yang tidak terbakar.
- c. Tidak ada abu dari bahan bakar yang menjadi *fly ash*, sehingga seluruh abu bahan bakar menjadi komponen pembentuk *klinker*.

Untuk Rumus yang di gunakan dapat dilihat di bawah ini :

a. Neraca Panas *Vertical Raw Mill*

Untuk menghitung neraca panas dapat menggunakan rumus seperti dibawah ini :

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

Dimana :

Q = panas sensibel (kkal)

n = jumlah zat (kmol)

Cp = kapasitas panas fungsi temperatur (kkal/kmol·K)

ΔT = beda temperatur (K)

b. *Heat Loss Vertical Raw Mill*

Untuk menghitung Heat loss dapat menggunakan rumus dibawah ini :

$$\% \text{Heat Loss} = (\text{Heat Loss} / \text{Panas masuk}) \times 100\%$$

c. *Effisiensi Thermal Vertical Raw Mill*

Perbandingan antara panas masuk dikurangi heat loss terhadap panas yang masuk adalah efisiensi termal *vertical Raw Mill*. Dapat menggunakan rumus seperti dibawah ini :

$$nQ = (Q_{in} - Q / Q_{in}) \times 100\% \text{ (Hougen, O., 1954)}$$

Dimana :

nQ = Efisiensi termal

Q_{in} = Panas Masuk

Q = Heat loss

Maka Perhitungan,

$$\text{Efisiensi Panas} = (\text{Panas Masuk} - \text{Heat Loss} / \text{Panas Masuk}) \times 100 \%$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3.1 Neraca Panas *Vertical Raw Mill* Tanggal 3 September 2022

Input		Output	
Keterangan	Panas (kkal)	Keterangan	Panas (kkal)
Panas <i>Raw Mix</i>	846.568,4461	Panas <i>Raw Meal</i>	13.696.886,52
Panas <i>Hot Gas</i>	19.453.591,1258	Panas Gas Buang	7.516.773,4568
Panas Penggilingan	2.206.579,7692	<i>Heat Loss</i>	1.293.079,359
Total	22.506.739,34	Total	22.506.739,34

Tabel 3.2 Neraca Panas *Vertical Raw Mill* Tanggal 4 September 2022

Input		Output	
Keterangan	Panas (kkal)	Keterangan	Panas (kkal)
Panas <i>Raw Mix</i>	691.859,0603	Panas <i>Raw Meal</i>	21.646.616,5
Panas <i>Hot Gas</i>	32.346.111,5906	Panas Gas Buang	10.246.926,2377
Panas Penggilingan	2.349.852,7721	<i>Heat Loss</i>	3.494.280,681
Total	35.387.823,42	Total	35.387.823,42

Tabel 3.3 Neraca Panas *Vertical Raw Mill* Tanggal 5 September 2022

Input		Output	
Keterangan	Panas (kkal)	Keterangan	Panas (kkal)
Panas <i>Raw Mix</i>	605.174,3550	Panas <i>Raw Meal</i>	15.801.832,58
Panas <i>Hot Gas</i>	28.341.268,8053	Panas Gas Buang	11.780.752,4285
Panas Penggilingan	2.196.560,1667	<i>Heat Loss</i>	3.560.418,323
Total	31.143.003,33	Total	31.143.003,33

Tabel 3.4 Neraca Panas *Vertical Raw Mill* Tanggal 6 September 2022

Input		Output	
Keterangan	Panas (kkal)	Keterangan	Panas (kkal)
Panas <i>Raw Mix</i>	750.072,4822	Panas <i>Raw Meal</i>	18.947.511,4
Panas <i>Hot Gas</i>	27.781.864,3325	Panas Gas Buang	10.634.423,8489
Panas Penggilingan	2.191.806,3407	<i>Heat Loss</i>	1.141.807,906
Total	30.723.743,16	Total	30.723.743,16

Tabel 3.5 Neraca Panas *Vertical Raw Mill* Tanggal 7 September 2022

Input		Output	
Keterangan	Panas (kkal)	Keterangan	Panas (kkal)
Panas <i>Raw Mix</i>	896.137,6689	Panas <i>Raw Meal</i>	15.596.615,35
Panas <i>Hot Gas</i>	30.829.863,0081	Panas Gas Buang	14.222.008,4546
Panas Penggilingan	2.196.194,4878	<i>Heat Loss</i>	4.103.571,3633
Total	33.922.195,16	Total	33.922.195,16

Tabel 3.6 Efisiensi *Thermal* alat *Vertical Raw Mill*

Tanggal	Efisiensi (%)	<i>Heat Loss</i> (%)
03 September 2022	94.25	5.74
04 September 2022	90.12	9.87
05 September 2022	88.56	11.43
06 September 2022	96.28	3.71
07 September 2022	87.90	12.09
Rata-Rata	91.422	8,568

Vertical Raw Mill ialah alat utama yang digunakan dalam proses penggilingan dan pengeringan bahan baku dengan menggunakan media pengering yaitu udara panas yang berasal dari gas buang *kiln*. Bisa dikatakan alat *Vertical Raw Mill* ini berfungsi sebagai alat untuk menggiling dan mengeringkan bahan baku sebelum diproses menjadi klinker. Sistem *Raw mill* terdiri dari *Raw Mix*, *Cyclone Separator*, *Blending Silo* dan *Preheater*.

Untuk mendapatkan efisiensi *thermal Vertical Raw Mill* dapat dilakukan dengan dua tahap yaitu menghitung neraca massa dan neraca panas. Perhitungan neraca massa dihitung dari alat *Kiln* dikarenakan pasokan *hot gas* pada *Vertical Raw Mill* berasal dari *Kiln*. Perhitungan neraca massa diperlukan untuk perhitungan neraca panas. Sedangkan perhitungan neraca panas diperlukan untuk perhitungan efisiensi *thermal*.

Pada Tabel 3.6 menunjukkan bahwa efisiensi *thermal* pada alat *Vertical Raw Mill* PT Semen Baturaja (Persero) Tbk berada pada angka di atas 85% dengan rata - rata sebesar 91.422% serta *Heat Loss* 8.568%. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja *Vertical Raw Mill* di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk cukup baik dan layak untuk digunakan serta menunjukkan bahwa alat

Vertical Raw Mill di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk masih efektif untuk digunakan karena tidak banyak energi yang terbuang saat alat beroperasi.

4. KESIMPULAN

Efisiensi *thermal* pada alat *Vertical Raw Mill* PT Semen Baturaja (Persero) Tbk berada pada angka di atas 85% dengan rata - rata sebesar 91.422% serta *Heat Loss* 8.568%. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja *Vertical Raw Mill* di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk cukup baik dan layak untuk digunakan serta menunjukkan bahwa alat *Vertical Raw Mill* di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk masih efektif untuk digunakan karena tidak banyak energi yang terbuang saat alat beroperasi.

Didapatkan *Heat loss* rata-rata pada alat *Vertical Raw Mill* sebesar 8.568 %. Karena Efisiensi *thermal* berbanding terbalik dengan *heat loss*, dimana semakin besar *heat loss* maka semakin kecil efisiensi *thermal* alat *Vertical Raw Mill* dan begitupun sebaliknya, dimana semakin kecil *heat loss* maka semakin besar efisiensi kecil efisiensi *thermal* alat *Vertical Raw Mill*. Hal ini menunjukkan bahwa alat ini masih efektif untuk digunakan karena masih berada pada batas toleransi *heat loss* yakni sebesar 12 – 22%. Untuk mendapatkan kinerja *Vertical Raw Mill* yang baik maka perlu dilakukan perawatan secara rutin untuk menjaga kinerja alat *Vertical Raw Mill*. Agar efisiensi termal yang didapatkan konstan dan proses pengeringan di *Vertical Raw Mill* dapat berlangsung secara optimal yaitu Menjaga pasokan dan temperatur gas panas dari *kiln*, *kalsiner* serta *grate cooler*.

Meskipun efisiensi *thermal* pada alat *vertical Raw Mill* cukup baik, tetapi tetap perlu diperhatikan faktor-faktor yang dapat mengoptimalkan efisiensi *thermal* alat *Vertical Raw Mill* yaitu salah satunya dengan mencegah terjadinya kebocoran pada dinding *Vertical Raw Mill* dengan cara ditutup atau di las menggunakan pelat baja sehingga udara dingin dari luar tidak masuk kedalam alat, dengan cara tersebut maka efisiensi alat dapat ditingkatkan serta kinerja alat lebih optimal.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Alsop, P. A.. 2005. *Cement Manufacturer's Handbook*. New York: Chemical Publishing Co., Inc.
- Biro Produksi 2 PT Semen Baturaja. 2022. *Proses Produksi Semen di PT Semen Baturaja*. Baturaja : PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.
- Biro Produksi 2 PT Semen Baturaja. 2022. *Produk yang dihasilkan PT Semen Baturaja*. Baturaja : PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.
- FLSmith. 2011. *Burner Bible*. USA: FLSmith Inc.
- Hougen, O. A., Watson, K. M., dan Ragatz, R.A. 1954. *Material and Energy Balances*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Muhammad Angga Saputra, Rendotian Anugrah, & safaruddin. (2022). Menghitung Nilai Efisiensi *Thermal* Pada Alat *Grate Cooler* PT Semen

Baturaja II (persero) tbk. *Jurnal Multidisipliner Bharasumba*, 1(03 October),413–421. Retrieved from <https://azramedia-indonesia.azramediaindonesia.com/index.php/bharasumba/article/view/289>

Perry, R.H.1997. *Perry's Chemical Engineering Hand Book*,6 th ed.Mc Graw Hill Inc , New York

Vinsensius Galih Adi Kurniawan. (2022). Analisis Persediaan Bahan Baku Pasir Besi Di Pt.Semen Baturaja. *Jurnal Multidisipliner Kapalamada*, 1(03 July), 406–411. Retrieved from <https://azramedia-indonesia.azramediaindonesia.com/index.php/Kapalamada/article/view/279>