



JURNAL MULTIDISIPLINER BHARASUMBA

MENGHITUNG EFISIENSI TERMAL PADA ALAT VERTICAL CEMENT MILL PABRIK II PT SEMEN BATURAJA (PERSERO) TBK DAN PENGARUH LAJU ALIR UMPAN SERTA DAYA MOTOR

Ozy Doresa Omelga^a, Nandika Berito Umbara^b, Safaruddin^c

^aProdi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang

^bSMBR Learning Development

^cJunior Manager Crusher And Raw Mill

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: Efisiensi, Vertical Cement Mill, Neraca Massa.

Keywords: Efisiensi, Vertical Cement Mill, Neraca Massa.

*Correspondence:

Name : Ozy Doresa

Omelga

E-mail: safaruddintohir@gmail.com

Abstrak

Vertical Cement Mill merupakan alat utama yang digunakan dalam proses akhir pembuatan semen di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. Vertical Cement Mill digunakan untuk mencampurkan dan menghaluskan clinker dan bahan – bahan korektif. Selain itu, alat ini juga digunakan sebagai pengering dengan memanfaatkan udara panas dari great cooler dan roller penggilingan. Hasil dari penggilingan dan pencampuran ini dinamakan semen. Di dalam Vertical Cement Mill juga terjadi proses transport, yaitu perpindahan material dari permukaan table menuju sistem berikutnya. Prinsip kerja clasiefier ialah menghambat aliran udara, dimana saat kecepatan putaran clasiefier tinggi, daya angkat produk akan menjadi rendah. Neraca massa pada teknik kimia berpusat pada reaksi kimia, perpindahan fluida, pengecilan ataupun pembesaran material, perpindahan panas dan sebagainya yang menyebabkan perubahan fisika dan kimia.

Abstrac

Vertical Cement Mill is the main tool used in the final process of making cement at PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. Vertical Cement Mill is used to mix and grind clinker and corrective materials. In addition, this tool is also used as a dryer by utilizing hot air from the great cooler and grinding roller. The result of this grinding and mixing is called cement. In the Vertical Cement Mill there is also a transport process, namely the transfer of material from the table surface to the next system. The working principle of the clasifier is to block air flow, where when the clasifier rotation speed is high, the lifting power of the product will be low. The mass balance in chemical engineering is centered on chemical reactions, fluid transfer, material shrinkage or enlargement, heat transfer and so on that cause physical and chemical changes.

1. PENDAHULUAN

PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. memproduksi semen dengan mengolah bahan baku utama berupa clay (tanah liat) dan limestone (batu kapur). Pada pabrik II PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. khususnya pada area cement mill yang merupakan tempat untuk proses penambahan clinker dengan bahan – bahan korektif (bahan penunjang) menjadi semen. Pabrik II merupakan pabrik yang baru beroperasi selama kurang lebih 5 tahun sejak tahun 2017. Salah satu alat yang paling penting pada area cement mill Pabrik II, yaitu Vertical Cement Mill.

Vertical Cement Mill (VCM) memiliki fungsi sebagai alat pencampur dan penghalus klinker dengan bahan – bahan korektif untuk menjadi semen, selain itu juga VCM berfungsi sebagai pengering bahan baku dengan menggunakan media udara panas yang berasal dari great cooler dan gas buang kiln. Kapasitas dari Vertical Raw Mill yaitu 175 ton/jam.

Efisiensi termal merupakan suatu ukuran dalam membandingkan suatu proses penggunaan energi masukan dengan penggunaan yang direalisasikan atau *output* dari suatu proses kegiatan yang di lakukan serta sumber dan energi yang digunakan (Howell, 1987). Untuk mendapatkan efisiensi dari alat *Vertical Cement Mill* dapat dilakukan dalam dua tahap yaitu perhitungan dengan neraca massa dan perhitungan dengan neraca panas. Perhitungan neraca massa diperlukan untuk menghitung neraca panas. Dari perhitungan neraca panas maka dapat diketahui efisiensi panas dari alat *Vertical Cement Mill*. Nilai untuk kerja alat sistem *cement mill* dapat diketahui dari efisiensi panas alat tersebut, yaitu perbandingan panas yang dibutuhkan atau panas yang tersedia dikurangi dengan heat lossnya dengan panas yang dibutuhkan. Efisiensi panas inilah merupakan indikator kinerja dari alat cement mill.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kinerja Alat *Vertical Cement Mill*

Vertical Cement Mill digunakan untuk mencampurkan dan menghaluskan *clinker* dan bahan – bahan korektif. Selain itu, alat ini juga digunakan sebagai pengering dengan memanfaatkan udara panas dari *great cooler* dan *roller* penggilingan. Hasil dari penggilingan dan pencampuran ini dinamakan semen. Di dalam *Vertical Cement Mill* juga terjadi proses *transport*, yaitu perpindahan material dari permukaan *table* menuju sistem berikutnya. Material yang memiliki kehalusan yang sudah standar akan melewati *clasifier* berputar. Prinsip kerja *clasifier* ialah menghambat aliran udara, dimana saat kecepatan putaran *clasifier* tinggi, daya angkat produk akan menjadi rendah. Sehingga, material yang lolos *clasifier* ialah material yang halus, sementara yang tidak lolos (masih kasar) akan digiling kembali karena *clasifier* memiliki peranan menentukan separasi material halus dan kasar. Selanjutnya, produk bersama bersama gas panas ditransportkan ke

multicyclone. Outlet dari *multicyclone* ada dua yaitu *bottom* dan *top product*. *Bottom product* adalah *raw meal* yang kemudian ditransportkan menuju *Continuous Flow Silo* (CF-Silo). Di dalam CF-Silo terjadi proses homogenisasi pada *raw meal* dan disimpan sebagai umpan kiln. Sedangkan *top product* adalah uap air, gas panas, serta sebagian kecil *fine raw meal* yang tidak diseparasi menggunakan *multicyclone*.

Bagian – Bagian Alat Vertical Cement Mill

Pada *Vertical Cement Mill* terjadi empat proses yang berlangsung secara simultan yaitu penggilingan, pengeringan, transport dan separasi. Proses tersebut terjadi pada bagian – bagian *Vertical Cement Mill*, adapun sebagai berikut:

a) Triple Gate (Feed Gate).

Triple Gate 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* akan terbuka secara berturut – turut dengan cara dua *flap damper* menutup dan satu *flap damper* membuka.

b) Hydraulic Cabinet Hsk.

Hydraulic cabinet berfungsi untuk menyuplai oli dengan cara memberikan gaya hidrolik agar oli dapat berpindah ke sisi *piston cylinder* dan sisi *rod cylinder* sehingga *flap damper* membuka .

c) Classifier.

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 untuk menaikkan kecepatan aliran udara sehingga terbentuk semacam Spiral.

h) Roller.

Roller pada *vertical mill* berfungsi sebagai media penggilingan material ke meja. *Roller* di *Vertical Cement Mill* ada dua jenis, yaitu : *master roller* (*M roller*) dan *support roller* (*S roller*) dengan masing-masing berjumlah 3.

i) Scrapper.

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.

Vertical Cement Mill (VCM)

No	Keterangan	Satuan	Nilai
1	Merek	-	LM 53.3+3
2	Jumlah <i>Roller</i>	-	3+3 = 6
3	Ukuran <i>table</i>	Mm	5300
4	Kapasitas	Ton/jam	175
5	Sumber Panas	-	- <i>Gas great cooler</i> - Panas motor penggiling - Panas <i>Clinker</i>
6	Ukuran umpan	Mm	≤ 75 (95%)
7	Kandungan air umpan	%wt	Max 3.82%
8	Ukuran produk	μm	45
9	Kandungan air	%wt	0

3. METODE PENELITIAN

Dalam perhitungan neraca masa pada alat vertical cement mill di PT Semen Baturaja (Persero) menggunakan tiga tahapan yaitu:
pengumpulan data

- Mengambil data actual dari *Central Control Room* (CCR) mengenai kapasitas *Vertical Cement Mill*, hasil produksi, jumlah penggunaan klinker dan bahan korektif roller motor power, temperatur, dan laju alir udara.
- Mengambil data actual dari *Quality Control* (QC) mengenai komposisi klinker, bahan korektif, dan semen pcc.
- Mengumpulkan data mengenai material dan udara dari buku perry handbook.

Perhitungan

- Menghitung massa komposisi umpan atau cmix dan massa komposisi semen pcc secara desain dan aktual
- Menghitung massa komposisi udara seperti udara masuk ke mill, false air, udara keluar stage, udara recycle secara desain dan aktual
- Membuat neraca massa secara desain dan aktual

Asumsi Data

- Kondisi aliran steady state.
- Kandungan air dalam semen 0% atau seluruh air dalam umpan akan menguap.

Udara yang masuk hanya O₂ dan N₂

Neraca Massa pada Vertical Cement Mill

Neraca massa pada teknik kimia berpusat pada reaksi kimia, perpindahan fluida, pengecilan ataupun pembesaran material, perpindahan panas dan sebagainya yang menyebabkan perubahan fisika dan kimia. Neraca Massa dapat diketahui dengan menghitung komposisi yang masuk dan keluar pada alat *Vertical Cement Mill*.

Neraca Panas :

$$Q_A + Q_B + Q_{FA} + Q_P = Q_C + Q_{B'} + Q_{UR} + \text{Heat Loss}$$

Neraca Massa :

$$M_A + M_B + M_{FA} = M_C + M_{B'} + M_{UR}$$

Dimana :

- A = Umpan/Cmix
- B = Udara Masuk Mill
- FA = False Air
- C = Produk/Semen
- B' = Udara Keluar Stack
- UR = Udara Recycle

Efisiensi Termal Vertical Cement Mill

Efisiensi termal (η_Q) dari alat *Vertical Cement Mill* adalah Perbandingan antara panas input (Q_{in}) dikurangi *heat loss* (Q) terhadap panas input (Q_{in}), yaitu :

$$\eta_Q = \frac{Q_{in} - Q}{Q_{in}} \times 100 \%$$

(Howell, 1987)

Dimana :

η_Q = Efisiensi termal

Q = Heat loss

Q_{in} = Panas input

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

Dimana :

Q = panas sensibel (kkal)

N = jumlah zat (kmol)

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

ΔT = beda temperatur (K)

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Perhitungan Neraca Massa Vertical Cement Mill

Neraca Massa Vertical Cement Mill per 1 Agustus 2022

Komponen	Input (ton)			Output (ton)		
	(A)	(B)	(FA)	(C)	(B')	(UR)
SiO ₂	890,9000	0	0	890,8851	0	0
Al ₂ O ₃	284,9000	0	0	284,8566	0	0
Fe ₂ O ₃	171,6000	0	0	171,5700	0	0
CaO	2473,9000	0	0	2473,8756	0	0
MgO	88,8000	0	0	88,7901	0	0
SO ₃	47,8000	0	0	47,8254	0	0
FCaO	19,1000	0	0	19,0512	0	0
H ₂ O	223,1000	0	0	0	77,6597	0
O ₂	0	383,8548	11,871783	0	149,2486	277,0087
N ₂	0	1444,0255	44,660517	0	561,5155	1042,0802
Jumlah	4200	1827,8803	56,5323	3976,9	788,42384	1319,0889
		6084,5126			6084,3667	

Neraca Massa Vertical Cement Mill per 2 Agustus 2022

Komponen	Input (ton)			Output (ton)		
	(A)	(B)	(FA)	(C)	(B')	(UR)
SiO ₂	898,5151	0	0	898,5151	0	0
Al ₂ O ₃	297,4293	0	0	297,4293	0	0
Fe ₂ O ₃	161,6016	0	0	161,6016	0	0
CaO	2456,9472	0	0	2456,9472	0	0
MgO	97,5552	0	0	97,5552	0	0
SO ₃	44,7804	0	0	44,7804	0	0

FCaO	20,3742	0	0	20,3742	0	0
H ₂ O	223,797	0	0	0	152,3818	0
O ₂	0	394,6200	12,204743	0	573,3034	284,7773
N ₂	0	1484,5230	45,913081	0	79,2901	1071,3052
Jumlah	4201	1879,1430	58,117824	3977,203	804,9752	1356,0826
		6138,2608			6138,2608	

Neraca Massa Vertical Cement Mill per 3 Agustus 2022

Komponen	Input (ton)			Output (ton)		
	(A)	(B)	(FA)	(C)	(B')	(UR)
SiO ₂	889,2445	0	0	889,2483	0	0
Al ₂ O ₃	284,2227	0	0	284,2239	0	0
Fe ₂ O ₃	179,3093	0	0	179,3101	0	0
CaO	2447,5257	0	0	2447,536	0	0
MgO	105,2893	0	0	105,2898	0	0
SO ₃	43,4502	0	0	43,45035	0	0
FCaO	21,4342	0	0	21,4343	0	0
H ₂ O	229,5241	0	0	0	143,7475	0
O ₂	0	359,7609	11,126627	0	540,8187	259,6213
N ₂	0	1353,3863	41,857309	0	74,7973	976,6706
Jumlah	4200	1713,1473	52,983936	3970,493	759,3635	1236,292
		5966,1			5966,1	

Neraca Massa Vertical Cement Mill per 4 Agustus 2022

Komponen	Input (ton)			Output (ton)		
	(A)	(B)	(FA)	(C)	(B')	(UR)
SiO ₂	861,7308	0	0	861,7308	0	0
Al ₂ O ₃	281,5134	0	0	281,5134	0	0
Fe ₂ O ₃	174,7221	0	0	174,7221	0	0
CaO	2461,221	0	0	2461,221	0	0
MgO	116,7873	0	0	116,7873	0	0
SO ₃	51,2274	0	0	51,2274	0	0
FCaO	24,3432	0	0	24,3432	0	0
H ₂ O	228,4548	0	0	0	139,2959	0
O ₂	0	344,5196	10,655245	0	524,0705	248,6224
N ₂	0	1296,0499	40,084019	0	72,48097	935,2939
Jumlah	4200	1640,5695	50,739264	3971,545	735,8474	1183,916
		5891,3			5891,3	

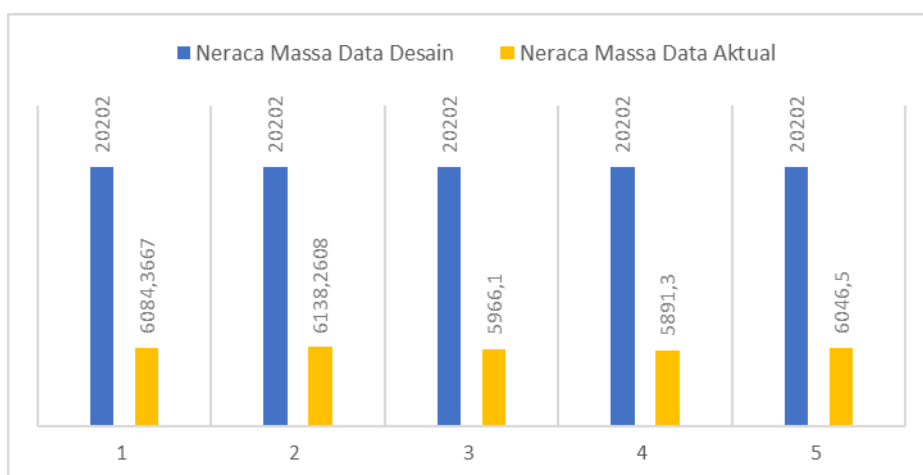
Neraca Massa Vertical Cement Mill per 5 Agustus 2022

Komponen	Input (ton)			Output (ton)		
	(A)	(B)	(FA)	(C)	(B')	(UR)
SiO ₂	921,7244	0	0	921,7056	0	0

Al ₂ O ₃	246,4789	0	0	246,4739	0	0
Fe ₂ O ₃	163,1444	0	0	163,1411	0	0
CaO	2469,2188	0	0	2469,168	0	0
MgO	105,6392	0	0	105,6371	0	0
SO ₃	46,6772	0	0	46,67621	0	0
FCaO	15,3414	0	0	15,34112	0	0
H ₂ O	231,7757	0	0	0	148,9119	0
O ₂	0	376,7563	11,652258	0	560,2487	271,886
N ₂	0	1417,3215	43,834686	0	77,48454	1022,809
Jumlah	4200	1794,0779	55,486944	3968,143	786,6451	1294,695
		6049,6			6046,5	

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, dapat dilihat dari perhitungan neraca massa secara desain dan neraca massa secara aktual bahwa produk yang dihasilkan secara desain lebih banyak dibandingkan dengan produk yang dihasilkan secara aktual. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya laju alir umpan dan laju alir udara. Udara yang sangat berpengaruh pada proses yang terjadi pada alat *Vertical Cement Mill* yaitu *False Air* karena *False Air* dapat menyebabkan udara dingin dari luar masuk sehingga pengeringan menjadi tidak maksimal.

Jika diamati dari laju alir umpan dan laju alir udaranya pada saat aktual menunjukkan bahwa laju alir yang digunakan sedikit berbeda dari pada laju alir yang diinginkan oleh desain awal. Laju alir yang rendah dapat mengurangi kecepatan alat untuk memproduksi produk sehingga produk yang dihasilkan akan lebih sedikit dibandingkan dengan secara desain.



Grafik Perbandingan Neraca Massa Desain dan Neraca Massa Aktual Alat *Vertical Cement Mill*

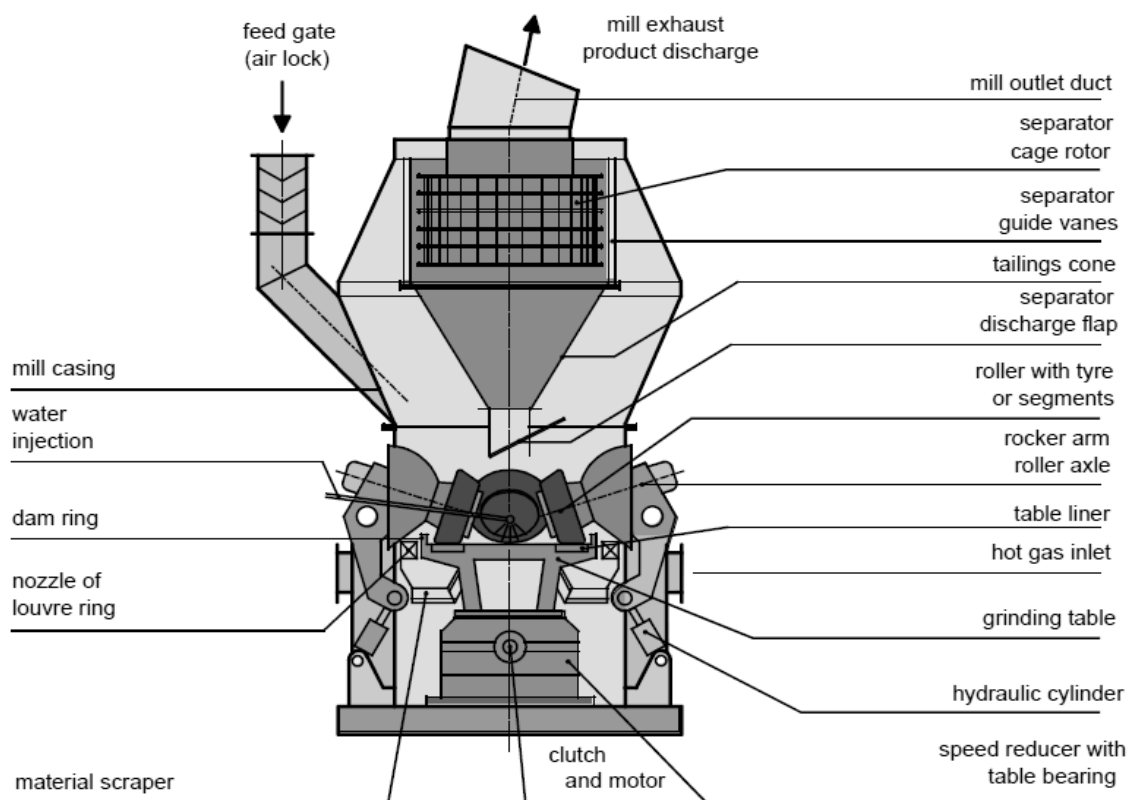
Pada Gambar diatas dapat diketahui bahwa *Vertical Cement Mill* Pabrik II PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. memiliki neraca massa atau produk yang dihasilkan cukup konstan yaitu dengan rata – rata 30126,5275 ton. Neraca massa tertinggi diperoleh pada tanggal 2 Agustus 2022 yaitu dengan

produk seberat 6138,2608 ton. Jika ditinjau dari perbedaan laju alir dan produk yang dihasilkan maka dapat dikatakan bahwa alat *Vertical Cement Mill* memiliki kinerja yang cukup baik. Semakin besar laju alir yang digunakan.

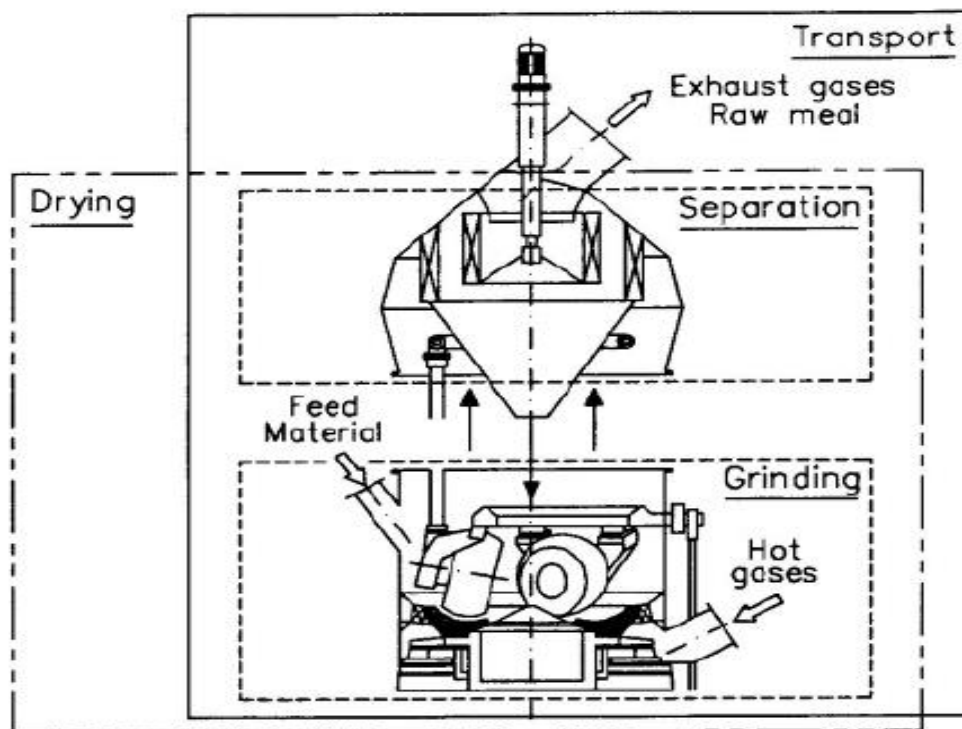
Gambar dari *Vertical Cement Mill (VCM)* yang digunakan PT Semen Baturaja (Persero) Tbk ditunjukkan, bagian-bagiannya :



Gambar Vertical Cement Mill



Bagian-bagian Dari Vertical Cement Mill



Proses-proses yang Terjadi Di Dalam Vertical Cement Mill

Pembahasan

Peralatan yang dipakai untuk menggiling *clinker* menjadi semen di *site* Baturaja khususnya Pabrik II, menggunakan alat *Vertical Cement Mill*. Jumlah yang digunakan sebanyak 2 *Vertical Cement Mill* (VCM) yaitu VCM 05 dan VCM 06. Pada tugas khusus ini penulis melakukan evaluasi pada alat VCM 05 yang lebih banyak memproduksi semen PCC.

Terlihat bahwa efisiensi termal *Vertical Cement Mill* 05 Pabrik II PT Semen Baturaja (Persero) Tbk per tanggal 1 Agustus 2022 berada pada angka di atas 78-83 %. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja *Vertical Cement Mill* Pabrik II PT.Semen Baturaja (Persero) Tbk cukup baik dan layak untuk digunakan. Karena angka efisiensi termal secara desain berada di 85%, hal ini juga menunjukkan bahwa *Vertical Cement Mill* Pabrik II PT Semen Baturaja (Persero) Tbk masih menguntungkan untuk digunakan karena tidak banyak energi yang terbuang saat alat beroperasi.

Walaupun efisiensi termal *Vertical Cement Mill* cukup baik, tetap perlu diperhatikan variabel-variabel operasi yang dapat mengoptimalkan efisiensi termal. Hal ini ditujukan agar diperoleh kinerja alat yang lebih optimal lagi. Bila menghubungkan antara tanggal pengambilan data terhadap efisiensi termal *Vertical Cement Mill*

5. KESIMPULAN

Adapun yang menjadi kesimpulan pada penelitian dengan judul menghitung efisiensi termal pada alat vertical cement mill pabrik PT Semen Baturaja (Persero) Tbk dan pengaruh laju alir umpan serta daya motor ini adalah sebagai berikut :

1. *Vertical Cement Mill* memiliki tingkat kinerja yang masih baik, karena hasil produksi yang dihasilkan konstan dengan hasil rata – rata 30126,5275 ton
2. Neraca massa tertinggi terdapat pada tanggal 2 Agustus 2022 dengan produk yang dihasilkan sebanyak 6138,2603 ton.
3. Perbedaan produk yang dihasilkan secara desain dan aktual dapat disebabkan oleh perbedaan laju alir umpan dan laju alir udara yang digunakan
4. Semakin besar laju alir umpan dan laju alir udara, maka semakin banyak produk yang dihasilkan.
5. Untuk mendapatkan kinerja *Vertical Cement Mill* yang baik, maka perlu dilakukan perawatan secara rutin pada alat untuk menjaga kinerja alat agar tetap baik dan stabil
6. Menjaga udara agar tetap optimal dengan mencegah terjadinya kebocoran pada dinding *Vertical Cement Mill* dengan cara ditutup atau dilas dengan plat baja sehingga udara dingin dari luar tidak mengganggu proses yang terjadi di dalam alat.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Alsop, P.A. 2005. "Cement Manufacturer's Handbook". New York : Chemical Publishing Co, Inc.
- Biro Produksi PT Semen Baturaja. 2022. Proses Pembuatan Semen di PT Semen Baturaja. Baturaja : PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.
- Biro Produksi PT Semen Baturaja. 2022. Produk yang dihasilkan PT Semen Baturaja. Baturaja : PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.
- Deolalkar, S.P. 2009. Handbook For Designing Cement Plants. United Kingdom : BS Publishing
- Hougen, Olaf A. et al. 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>
- Novriyadi. 2017. Penggilangan Bahan Mentah dan Raw Mill. Baturaja : Biro Produksi 1 dan 2 PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.
- Perry, R.H. 1980. Perry's Chemical Engineering Hand Book, 6th ed. Mc Graw Hill Inc, New York

- Personalia PT Semen Baturaja 2022. Sejarah Perkembangan Pabrik PT Semen Baturaja. Baturaja : PT Semen Baturaja (Persero).
- 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>