JOICHE

Journal of Industrial Process and Chemical Engineering

Jurnal homepage : ejurnal.itats.ac.id/JOICHE

Analisa Neraca Massa Pada Alat Vertical Roller Mill

Santi W. Putrisya[1], Septian D. Cahyo[2], Agus Budianto[3], dan Erlinda Ningsih[4]

[1234]Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Jl. Arif Rahman Hakim No. 100 Surabaya, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Halaman:
39 – 43

Tanggal penyerahan:
15 Agustus 2023

Tanggal diterima:
30 November 2023

Tanggal terbit:
30 Desember 2023

EMAIL

[1 2]Santiputrisya@gmail.com
[3]budichemical@itats.ac.id
[4]erlindaningsih84@itats.ac.id

ABSTRACT

Vertical Roller Mill (VRM) is a tool usually found in the cement industry. In this tool, there are four processes, namely drying, grinding, separation, and transport. This research aims to examine the mass balance of VRM. Mass balance calculations require data on the mass of the material entered into the VRM; the data obtained is based on the material's molecular weight. The mass balance considers all the materials entering, accumulating, and leaving a system within a certain time. The mass balance calculations showed that the incoming and outgoing mass rates were the same, namely 161,797 tons/h. This result is in accordance with the provisions of the applicable law of conservation of mass

Keywords: *Cement, Mass Balance, and Vertical Roller Mill.*

ABSTRAK

Vertical Roller Mill (VRM) merupakan alat yang biasanya dijumpai pada industri semen. Pada alat ini terdapat empat proses yaitu pengeringan, penggilingan, pemisahan, dan transport. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji neraca massa pada VRM. Perhitungan neraca massa dibutuhkan data massa bahan yang masuk ke dalam VRM, data yang didapat berdasarkan berat molekul bahan. Neraca massa memperhitungkan dari semua bahan-bahan masuk, yang terakumulasi dan keluar pada suatu sistem dalam waktu tertentu. Dari hasil perhitungan neraca massa diperoleh hasil laju massa yang masuk dan keluar adalah sama, yaitu sebesar 161,797 ton/h. Hasil ini sudah sesuai dengan ketentuann hukum kekekalan massa yang berlaku.

Kata kunci: *Neraca Massa, Semen, dan Vertical Roller Mill.*

PENDAHULUAN

PT. XYZ merupakan perusahaan produsen semen yang berdiri pada tahun 2011, hingga kini mengalami pertumbuhan penjualan mencapai 7 kali lipat. Dalam mendukung pertumbuhan, PT. XYZ telah melakukan pembangunan pabrik-pabrik berteknologi mutakhir, penetrasi distribusi dan pemasaran produk-produk PT. XYZ yang agresif ke berbagai area di tanah air, dan juga pelayanan purna jual yang memuaskan bagi seluruh konsumen. Hingga saat ini, PT. XYZ telah 5 pabrik di Indonesia, salah satunya berlokasi di kabupaten Gresik, Jawa Timur. Pabrik penggilingan di Gresik tersebut memiliki kapasitas produksi 1.000.000 ton/tahun.

Evaluasi neraca massa suatu industri, untuk mempertimbangan desain alat dan spesifikasi alat [1], [2]. Selama tiga dekade terakhir, *Vertical Roller Mill* (VRM) telah menjadi pilihan utama untuk menggiling bahan mentah. Dengan kapasitas penggilingan yang lebih besar dan kemampuan mengeringkan, menggiling, dan menyortir dalam satu unit, VRM menawarkan keunggulan yang pasti dibandingkan sistem *ball mill*. *Vertical Roller Mill* (VRM) merupakan alat utama pada PT. XYZ. Pada alat ini terjadi empat proses yaitu penggilinggan, pemanasan, pemisahan, dan transport. Alat ini mengolah bahan yang masih berupa bongkahan kecil menjadi produk semen. Proses yang diharapkan berjalan stabil dimana jumlah material masuk sama dengan material keluar, namun

pada beberapa kondisi tertentu diketahui bahwa jumlah material yang masuk dan produk yang dihasilkan tidak sama sehingga perlu dilakukan perhitungan neraca massa untuk mengetahui besar *losses* yang terjadi selama proses berlangsung.

Semen adalah bahan berbentuk tepung yang dibuat dengan kapur terkalsinasi dan tanah liat sebagai bahan utamanya. Tanah liat yang digunakan menghasilkan silika, alumina, dan oksida besi, sedangkan kapur yang dikalsinasi pada dasarnya menyediakan kalsium oksida. Dalam pembuatan semen, bahan baku semen diperoleh dengan cara meledakkan tambang batu dengan cara mengebor batu dan meledakkan bahan peledak [3]. Batuan yang terfragmentasi ini kemudian diangkut ke pabrik dan disimpan secara terpisah dalam silo. 0ey kemudian dikirim, secara terpisah, melalui saluran ke penghancur di mana mereka kemudian dihancurkan atau ditumbuk menjadi bongkahan partikel berukuran ~1/2 inci [4].

Tergantung pada jenis semen yang diproduksi, proporsi tanah liat yang dihancurkan, batu kapur, dan bahan lain yang diperlukan kemudian dicampur dengan proses yang dikenal sebagai prahomogenisasi dan digiling di pabrik baja vertikal dengan menggiling bahan dengan tekanan yang diberikan melalui tiga rol berbentuk kerucut yang berguling di atas meja penggilingan berputar [5], [6]. Selain itu, penggilingan horizontal di mana material dihaluskan dengan menggunakan bola baja juga digunakan. Kemudian dihomogenisasi kembali dan dikalsinasi, pada suhu 1400°C, dalam tanur putar agar bahan mentah diubah menjadi klinker, yaitu bintil kecil berwarna abu-abu tua dengan diameter 3-4 cm. klinker dikeluarkan dari ujung bawah kiln selagi masih panas, didinginkan dengan berbagai tahap, digiling dan dicampur dengan sedikit gipsum dan batu kapur, dan digiling sangat halus untuk menghasilkan semen[7].

Pada PT. XYZ, bahan baku yang digunakan adalah klinker, gypsum, *limestone*, dan trass. Produk utama PT. XYZ adalah semen OPC (*Ordinary Portland Cement*) dan semen PCC (*Portland Cement Composite*). Umunya proses pembuatan semen terbagi menjadi dua, yang pertama adalah proses basah dimana semua bahan baku yang ada dicampur dengan air, dihancurkan lalu diuapkan kemudian dibakar dengan menggunakan bahan bakar minyak (*bunker crude oil*). Sedangkan yang kedua adalah proses kering dimana proses ini menggunakan teknik penggilingan dan *blending* kemudian dibakar dengan bahan bakar batubara. Proses pembuatan semen yang digunakan pada PT. XYZ adalah proses kering agar menghemat penggunaan BBM.

METODE

Pengumpulan data-data terkait permasalahan yang ada dengan tujuan yang telah ditentukan yaitu menggunakan metode *interview* dan diskusi, observasi dan *studi literature*, serta tahap dokumentasi. Pengumpulan data didapatkan dari data kondisi haarian VRM pada 21 agustus 2023. Berdasarkan data yang terkumpul, dilakukan perhitungan neraca massa digunakan persamaan 1.

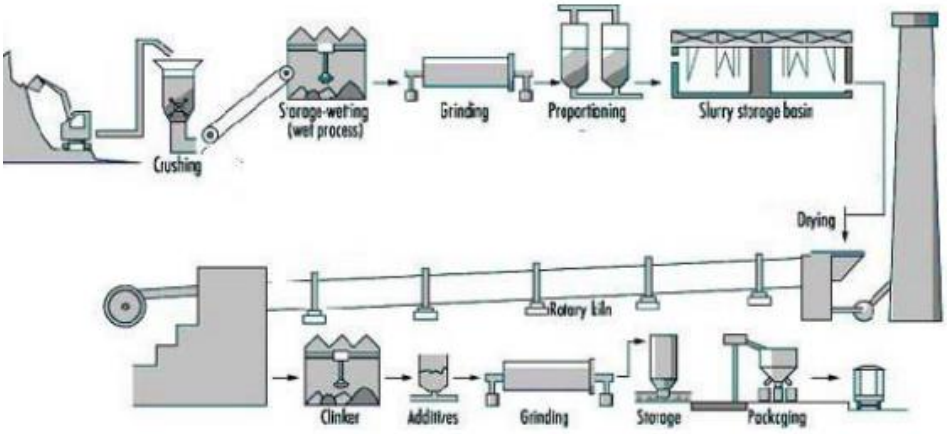
$$\text{Massa Masuk} = \text{Massa Keluar} \quad \ldots. (1)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan Data I

Secara umum proses produksi semen menurut [8] adalah sebagai berikut. Bahan baku berupa batu kapur dan tanah liat diangkut ke tempat penghancuran untuk digiling dan selanjutnya diangkut ke tangki penyimpanan bahan baku. Dari tangki penyimpanan, bahan mentah (batu kapur, tanah liat, pasir besi, pasir silika) diangkut ke pembanding bahan baku untuk tata letak perbandingan, dan kemudian diangkut ke crusher untuk dihancurkan dan dikeringkan. Dari penghancur, bahan mentah diangkut dan dikirim ke tempat yang dihomogenisasi[9]. Hasil homogenisasi yang lengkap secara otomatis akan dikembalikan ke tangki umpan pembakaran, sedangkan hasil yang tidak lengkap akan dikembalikan untuk dihomogenisasi ulang. Dari lokasi pengumpulan makanan pembakaran, bahan diangkut menuju lokasi penggumpalan hingga membentuk gumpalan/pelet sebelum dibakar di dalam tungku. Kemudian, hasil pembakaran (klinker) diangkut ke tempat penyimpanan untuk didinginkan, bersama dengan gipsum dan bahan tambahan lainnya dalam proporsi tertentu. diangkut ke penghancur akhir untuk digiling menjadi

semen. Semen kemudian diangkut ke gudang semen dan selanjutnya ke tempat pengemasan semen. Setelah dikantongi, semen siap dipasarkan. Secara umum, digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan semen

Pada proses kalsinasi, di dalam kiln, pada suhu tinggi, oksida-oksida di atas bereaksi membentuk senyawa yang lebih kompleks [10]. Misalnya, reaksi antara $CaCO_3$, $Al_3(SiO_3)_2$, dan Fe_2O_3 akan menghasilkan campuran kompleks alit, $(CaO)_3SiO_2$; belit, $(CaO)_2SiO_2$; trikalsium aluminat, $Ca_3(Al_2O_3)$; dan fase ferit tetrakalsium aluminoferit, $Ca_4Al_2O_3Fe_2O_3$ dengan evolusi gas CO_2 di klinker semen Portland [11]. Namun, masih banyak komponen kecil lainnya karena tanah liat alami juga mengandung Na, K, dan sebagainya. Dalam analisis kimia semen, komposisi unsurnya dianalisis (misalnya Ca, Si, Al, Mg, Fe, Na, K, dan S). 0en, komposisi dihitung berdasarkan oksidanya dan umumnya dinyatakan sebagai% berat oksida. Untuk mempermudah, jika kita berasumsi bahwa klinker mengandung empat oksida utama di atas, maka klinker tersebut dapat direpresentasikan secara sederhana dengan rumus Bogue dimana CaO, Al_2O_3, Fe_2O_3, dan SiO_2 masing-masing dinotasikan sebagai C, A, F, dan S [12] . Dalam notasi ini, alite (trikalsium silikat) $[(CaO)_3SiO_2]$, belite (dikalsium silikat) $[(CaO)_2SiO_2]$, celite (trikalsium aluminat) $[Ca_3Al_2O_6$ $3CaO{\cdot}Al_2O_3]$, dan brownmillerite (tetracal cium aluminoferrite) [$Ca_4Al_2Fe_2O_{10}$ $4CaO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}Fe_2O_3]$ masing-masing diwakili oleh C_3S, C_2S, C_3A, dan C_3AF.

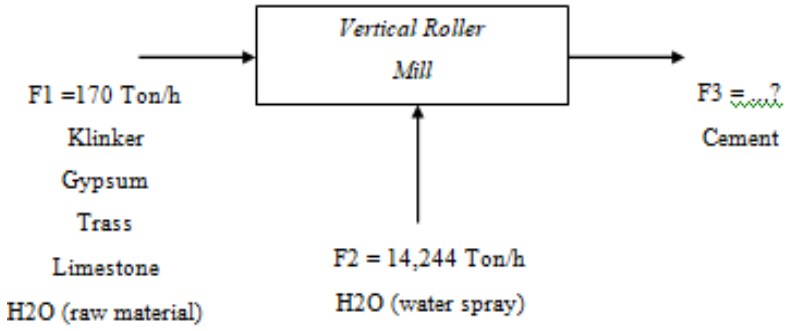
Neraca massa adalah perhitungan dari seluruh bahan yang masuk dan keluar dari suatu sistem pada waktu tertentu disajikan pada Gambar 2. Perhitungan neraca massa pada VRM menggunakan basis 1 jam operasi dengan basis H_2O 14,244 ton/h. Neraca massa bagian input terdiri dari aliran umpan VRM, *water spray*, dan *hot gas*. Aliran umpan VRM berasal dari steam F1 mempunyai massa sebesar 170 ton/h. Total untuk neraca massa bagian input yaitu sebesar 161,797 ton/h. Neraca massa bagian output terdiri dari aliran massa F3, gas hasil pembakaran, dan dust loss. Total untuk neraca massa bagian output sebesar 161,797 ton/h. Dari hasil perhitungan neraca massa dapat diketahui bahwa massa yng masuk samaa dengan massa yang keluar sehingga sudah memenuhi hokum kekekalan massa yng telah ditentukan[13].

Tabel 1. Komposisi Material Masuk F1

Komposisi	Massa (ton/h)	% Massa
SiO_2	36,576	22,606
Al_2O_3	8,874	5,484
Fe_2O_3	4,468	2,761
CaO	89,223	55,145
MgO	1,041	0,643
SO_3	2,898	1,791
H2O	18,718	11,568
Total	161,797	100

Tabel 2. Komposisi Material Keluar F3

Komposisi	Massa (ton/h)	% Massa
SiO_2	43,292	25,47
Al_2O_3	9,043	5,32
Fe_2O_3	5,167	3,04
CaO	98,618	58,02
MgO	3,365	1,98
SO_3	2,312	1,36
H2O	-	0,24
Total	161,797	100



Gambar 2. Diagram alir neraca massa

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada semua kontributor yang telah dengan gigih berbagi pengetahuan dan pengalam mereka ke dalam artikel ini. Tanpa kerjasama dan dedikasi dari anggota dan juga kontributor yang ada, informasi berharga yang ada dalam tulisan ini tidak akan dapat terwujud. Terima kasih sekali lagi atas sumbangsih yang berharga, semoga tulisan ini dapat menginsiparasi dan memberikan manfaat bagi pembaca.

KESIMPULAN

Vertical roller mill (VRM) merupakan salah satu jenis grinding mill dalam proses pembuatan semen di PT. XYZ. Dalam *Vertical roller mill* (VRM) terdapat 4 proses yang terjadi yaitu penggilingan, pengeringan, pemisahan, dan transportasi. Hasil perhitungan neraca massa *vertical roller mill* dilakukan pada satu kali operasi dengan basis 1 jam operasi. Berdasarkan Hasil perhitungan neraca massa didapatkan jumlah *input* dan *output* sebesar 161,797 ton/h.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. Sugiharto, E. Surosa, and B. Dermawan, “Neraca Massa Pengomposan TKKS Sugiharto et al Sugiharto et al Neraca Massa Pengomposan TKKS,” vol. 21, no. 1, pp. 51–62, 2016.
[2] A. P. Witari, G. L. Anggraini, and E. Ningsih, “Studi Kelayakan Pabrik Gula Rafinasi dengan Kapasitas 100000 ton/tahun melalui Analisa Ekonomi,” vol. 1, no. 1, pp. 7–12, 2021.
[3] H. Manimoy, Y. E. Tonu Lema, E. D. Klaping, M. Tang, and L. Botahala, “Study of Chemical Concentration of Main Ingredients for Making Portland Composite Cement,” *Sci. J. Widya Tek.*, vol. 20, no. 1, pp. 28–32, 2021.
[4] M. Huda, “Cement material development used for cementing underground coal gasification well,” *Indones. Min. J.*, vol. 21, no. 2, pp. 77–88, 2018, doi: 10.30556/imj.vol21.no2.2018.941.

[5] O. Misnikov, "Technological Scheme of Complex Peat Processing for Obtaining of Multifunctional Hydrophobic and Hydrophilic Powders," *E3S Web Conf.*, vol. 174, pp. 1–6, 2020, doi: 10.1051/e3sconf/202017401024.
[6] O. Misnikov and V. Ivanov, "Use of Deep Peat-Processing Products for Hydrophobic Modification of Gypsum Binder," *E3S Web Conf.*, vol. 15, pp. 1–10, 2017, doi: 10.1051/e3sconf/20171501017.
[7] A. Ozersky, A. Khomyakov, and K. Peterson, "Extended shelf life cement: Principles, microstructural analysis, and physical–mechanical properties of the cement and concrete," *Constr. Build. Mater.*, vol. 266, p. 121202, 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.121202.
[8] M. F. Nuruddin, R. Bayuaji, M. B. Masilamami, and T. R. Riyanto, "Sidoarjo Mud : A Potential Cement Replacement Material," vol. 12, no. 1, pp. 18–22, 2010.
[9] M.-S. Low, "Material Flow Analysis of Concrete in the United States," *Dep. Archit.*, p. 189, 2005.
[10] A. Elimbi, H. K. Tchakoute, and D. Njopwouo, "Effects of calcination temperature of kaolinite clays on the properties of geopolymer cements," *Constr. Build. Mater.*, vol. 25, no. 6, pp. 2805–2812, 2011, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2010.12.055.
[11] M. B. Ali, R. Saidur, and M. S. Hossain, "A review on emission analysis in cement industries," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, no. 5, pp. 2252–2261, 2011, doi: 10.1016/j.rser.2011.02.014.
[12] M. Thiery, G. Villain, P. Dangla, and G. Platret, "Investigation of the carbonation front shape on cementitious materials: Effects of the chemical kinetics," *Cem. Concr. Res.*, vol. 37, no. 7, pp. 1047–1058, 2007, doi: 10.1016/j.cemconres.2007.04.002.
[13] E. Ningsih, K. Udyani, A. Maharani, and D. Setiawan, "Pra Perancangan Pabrik Diamonium Fosfat dengan Proses Tennessee Valley Authority (TVA)," pp. 255–260, 2012.