



JURNAL REKAYASA, TEKNOLOGI PROSES DAN SAINS KIMIA

Received: 26-12-2024

Accepted: 27-12-2024

Published: 17-01-2025

PERHITUNGAN NERACA PANAS PADA PROSES REGENERASI LIME MUD MENJADI CaO (CALCIUM OXIDE) PADA PT. ABC

Donda¹⁾, Koko Pratama Saragih²⁾, Albert Sitorus³⁾*

1) Prodi Teknik Kimia Politeknik Teknologi Kimia Industri Indonesia

2) Prodi Teknik Kimia Politeknik Teknologi Kimia Industri Indonesia

3) Prodi Teknik Kimia Politeknik Teknologi Kimia Industri Indonesia

*Corresponding Email: dondast@gmail.com

Abstrak

Pada rotay lime kiln terjadi proses regenerasi lime mud yang merupakan produk samping dari proses recausticizing. Proses regenerasi terjadi pada suhu 800-1150oC didalam rotary lime kiln. Kalsium oksida digunakan untuk menghasilkan white liquor yang digunakan untuk memasak chip pada digester, dengan mereaksikan kalsium oksida dengan green liquor pada unit slaker. Kapasitas umpan pada rotary lime kiln di PT. Toba Pulp Lestari, Tbk adalah sebesar 15.500 Kg/jam. Perhitungan neraca panas pada penelitian ini bertujuan untuk menghitung panas yang dibutuhkan dan menghitung heat loss selama proses regenerasi. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan didapatkan pada tanggal 27 Oktober, 10 November, dan 17 November 2023 panas yang dibutuhkan sebesar 2.637.664,1596 kJ, 2.406.529,3947 kJ, 2.979.403,7560 kJ dan heat loss sebesar 1.569.158,8721 kJ, 1.712.299,3215 kJ, 1.872.099,4966kJ.

Kata Kunci: Neraca Panas, Lime Mud, Rotary Lime Kiln, Regenerasi, Heat Loss.

Abstract

In the rotary lime kiln, there is a regeneration process of lime mud which is a by-product of the recausticizing process. The regeneration process occurs at a temperature of 800-1150oC in the rotary lime kiln. Calcium oxide is used to produce white liquor which is used to cook chips in the digester, by reacting calcium oxide with green liquor in the slaker unit. The feed capacity of the rotary lime kiln at PT Toba Pulp Lestari, Tbk is 15,500 Kg / hour. The calculation of the heat balance in this study aims to calculate the heat required and calculate the heat loss during the regeneration process. Based on the results of the calculations that have been carried out, it is obtained on October 27, November 10, and November 17, 2023 the heat required is 2,637,664.1596 kJ, 2,406,529.3947 kJ, 2,979,403.7560 kJ and heat loss of 1,569,158.8721 kJ, 1,712,299.3215 kJ, 1,872,099.4966kJ.

Keywords: Heat Balance, Lime Mud, Rotary Lime Kiln, Regeneration, Heat Loss.

I. PENDAHULUAN

1.1 Kapur Tohor

Kalsium oksida (CaO), umumnya dikenal sebagai kapur tohor, adalah bahan yang banyak digunakan. Bahan ini berwarna putih, bersifat kaustik, dan bersifat basa pada suhu kamar. Sebagai produk komersial,

kapur sering kali juga mengandung MgO , silikon oksida (pasir) dan sejumlah kecil aluminium oksida dan oksida besi. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa "batu kapur" mengandung pengotor-pengotor ini. Terutama $CaCO_3$ yang ketika dibakar pada suhu tinggi membentuk CaO .

1.2 Lime Mud

Lime Mud adalah salah satu produk samping dari hasil daur ulang pada proses di industri pulp yang dihasilkan dari proses recausticizing yang cukup tinggi yaitu $>80\%$. Recausticizing merupakan proses pengolahan green liquor menjadi white liquor sebagai produk utama dan lumpur kapur (lime mud). Se jauh ini kalsium karbonat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk memproduksi CaO (kalsium oksida) dengan cara dikalsinasi pada silinder berputar dengan bantuan panas (lime kiln) yang dapat menghasilkan kemurnian $CaO >89\%$. (Maulia, 2020)

Lime mud mengandung berbagai non-proses elemen (NPE), seperti Mg , K , Mn , S , Zn , dan Cu , yang terakumulasi dari proses pembuatan pulp dan pemulihan bahan kimia yang berulang-ulang. Sebagian lumpur kapur dibersihkan dari sistem pemulihan bahan kimia tertutup untuk menjaga kualitas bahan kimia yang dipulihkan dengan cara mengurangi jumlah NPE dan bahan asing lainnya. (Han, 2021)

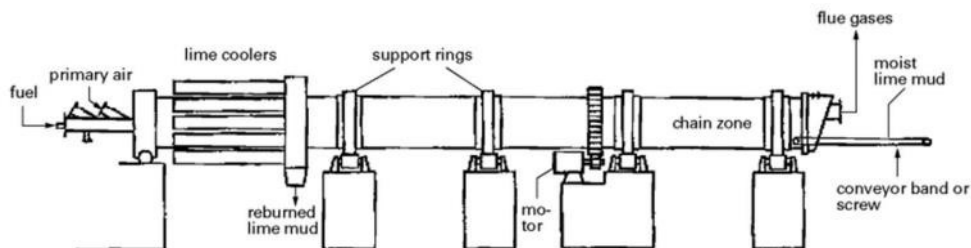
1.3 Regenerasi

Regenerasi adalah proses yang memungkinkan penggunaan kembali senyawa kimia untuk tujuan yang sama setelah dimurnikan dari residu senyawa lain. Pemulihan disini lain, berhubungan dengan situasi di mana bahan kimia dipulihkan dari limbah (Zhang,2022). Metode dan sistem regenerasi kapur adalah peralatan yang memadatkan lime mud menjadi gumpalan-gumpalan dengan konfigurasi yang telah ditentukan sebelumnya untuk penanganan dan pemrosesan yang lebih baik dalam bejana yang ringkas dan efisien. Dimana lime mud tersebut dikeringkan, dipanaskan, dikalsinasi, dan didinginkan untuk membentuk produk kapur yang reaktif.

Bahan kimia berbasis natrium di pabrik pulp dan kertas dipulihkan untuk digunakan dengan mereaksikannya dengan kapur (CaO). Untuk meregenerasi kapur dari lime mud menjadi kapur reaktif, lime mud dipanaskan hingga suhu tinggi, sehingga karbonat terurai atau terkalsinasi kembali ke bentuk aslinya kapur reaktif. Regenerasi kapur mengurangi kebutuhan bahan kimia baru dalam proses dan kebutuhan pembuangan kapur bekas yang signifikan. Seperti yang digunakan di sini, istilah "kapur" berarti kapur reaktif (CaO) (Kelly, 1998).

1.4 Rotary lime kiln

Rotary lime kiln adalah tabung baja besar yang dilapisi bagian dalamnya dengan batu bata tahan api. Tabung ini sedikit miring dari arah horisontal dan diputar secara perlahan pada satu set cincin penarik. Lumpur kapur dimasukkan pada bagian menanjak, ujung umpan secara perlahan menuju ke bagian pembuangan karena adanya kemiringan dan rotasi. Burner dipasang di ujung bawah atau ujung pembuangan kiln di mana bahan bakar dibakar untuk membentuk nyala api yang kira-kira berbentuk silinder. perpindahan panas dari nyala api ini dan gas pembakaran panas yang mengalir ke atas kiln mengeringkan, memanaskan, dan mengkalsinasi padatan kapur yang mengalir berlawanan arah burner dan nyala api memainkan peran penting dalam kualitas produk dan masa pakai refraktori. seperti halnya semua peralatan pertukaran panas berbahan bakar pembakaran, temperatur nyala api yang lebih tinggi berarti kapasitas dan efisiensi produksi yang lebih tinggi. namun, temperatur yang berlebihan menyebabkan kerusakan refraktori, dan produk kapur yang terlalu banyak terbakar dan bereaksi lambat. pertukaran kinerja ini menghasilkan kompromi pada panjang nyala api. (Adams, 2007)



Pada rotary lime kiln PT. Toba Pulp Lestari, Tbk memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- a) Merk : FL Smith
- b) Panjang : 75.21m
 - Chain zone : 10.8m
 - Drying zone : 27.32m
 - Heating zone : 10.92m
 - Burning zone : 20.97m
- c) Diameter : 3m
- d) Kemiringan : 2.5%
- e) Unax cooler : 9 unit
 - Panjang : 5.2m
 - Diameter : 1.05m

Tahapan Proses di Lime Kiln terbagi menjadi empat bagian, yaitu:

1. Bagian Pengeringan
Pengeringan lime mud menggunakan rantai metal, yang dipanaskan oleh flue gass
2. Bagian Pemanasan
Pada bagian ini terdapat peralatan seperti tumblers atau lifter yang berada didalam kiln
3. Bagian Kalsinasi
Temperatur reaksi tergantung operasional, minimum temperatur 800oC dibutuhkan untuk reaksi kalsinasi. Temperatur lebih dari 1150oC akan membuat over burnt lime
4. Bagian Pendinginan
Lime Product akan didinginkan dengan melewati unax cooler dan menggunakan secondary air (PT. Toba Pulp Lestari, 2021)

1.5 Neraca Massa

Neraca material dapat digunakan untuk menggambarkan kuantitas material saat melewati operasi proses (sistem). Neraca semacam itu adalah pernyataan tentang kekekalan massa. Jika tidak ada akumulasi dan pembangkitan yang terjadi dalam sistem, apa yang masuk ke dalam proses sama dengan apa yang keluar (Ghasem,2015).

$$N_{out} = N_{in} + r_s \times r_s$$

1.6 Neraca Panas

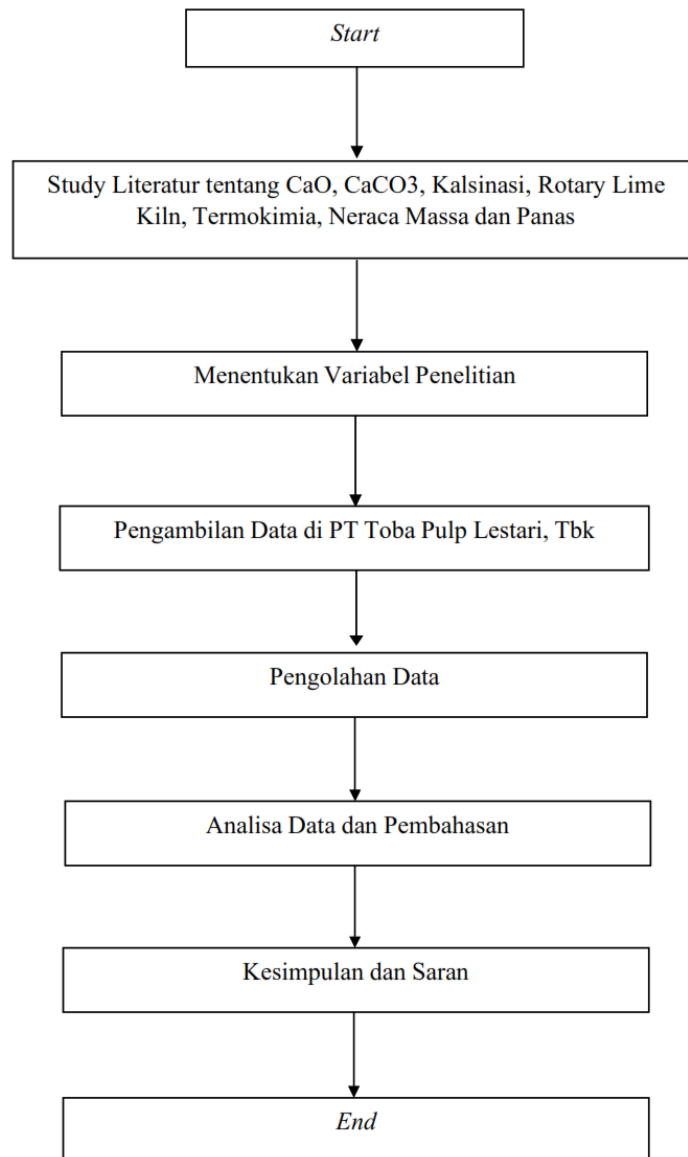
Neraca panas suatu sistem digunakan untuk menentukan jumlah energi yang mengalir ke dalam atau ke luar dari setiap unit proses, menghitung kebutuhan energi bersih untuk proses tersebut, dan menilai cara-cara untuk mengurangi kebutuhan energi dalam rangka meningkatkan profitabilitas dan efisiensi proses (Ghasem, 2015)

$$Q = m \times cp \times dT$$

1.7 Heat Loss

$$heat\ loss = panas\ masuk - panas\ keluar$$

II. METODE PENELITIAN



III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini di ambil data – data untuk mendukung perhitungan dalam menentukan massa yang masuk sama dengan massa yang keluar dan panas yang masuk sama dengan panas yang keluar.

Tanggal				
Umpan Rotary	Komposisi	27 Oktober	10 November	17 November
Lime Kiln	Umpan (%)	2023	2023	2023
Lime Mud		14	15,5	14 (ton/jam)
		(ton/jam)	(ton/jam)	
	CaCO ₃	96.9561 %	97.622 %	97.4175 %
	H ₂ O	1 %	1 %	1 %

	MgO	0.9618 %	0.4740 %	0.5626 %
	Al ₂ O ₃	0.162 %	0.3400 %	0.2418 %
	Fe ₂ O ₃	0.1077 %	0.0320 %	0.0266 %
	Mn ₂ O ₃	0.016 %	0.0240 %	0.0131 %
	P ₂ O ₅	0.6762 %	0.3500 %	0.6329 %
	SiO ₂	0.1202 %	0.1580 %	0.1055 %
Konversi		90 %	91 %	90 %
Reaksi (%)				
Temperatur umpan masuk (CaCO₃) (°C)		102 °C	116 °C	109 °C
Temperatur Pembakaran Burner (inlet) (°C)		1012°C	1097°C	1035 °C
Temperatur Gas Buang Kiln (°C)		194 °C	239 °C	211 °C
Temperatur Produk (CaO) °C		812°C	865 °C	842 °C

Regenerasi adalah proses yang memungkinkan penggunaan kembali senyawa kimia untuk tujuan yang sama setelah dimurnikan dari residu senyawa lain. Pemulihan disisi lain, berhubungan dengan situasi di mana bahan kimia dipulihkan dari limbah (Zhang,2022).

Metode dan sistem regenerasi kapur adalah peralatan yang memadatkan lime mud menjadi gumpalan-gumpalan dengan konfigurasi yang telah ditentukan sebelumnya untuk penanganan dan pemrosesan yang lebih baik dalam bejana yang ringkas dan efisien. Dimana lime mud tersebut dikeringkan, dipanaskan, dikalsinasi, dan didinginkan untuk membentuk produk kapur yang reaktif.

Kapur yang dihasilkan pada proses regenerasi akan digunakan pada unit slaker untuk menghasilkan whiter liquor yang nantinya digunakan untuk memasak chips didigester, kapur yang dihasilkan dari perhitungan neraca massa pada tanggal 27 Oktober 2023 sebesar 6.841,2220 Kg, tanggal 10 November 2023 sebesar 7.710,9665 Kg dan tanggal 17 November 2023 sebesar 6.873,779 Kg.

Pada penelitian ini panas yang dihasilkan dalam proses regenerasi lime mud menjadi kalsium oksida berasal dari pembakaran bahan bakar marine fuel oil dengan oksigen pada burner kiln, panas yang dihasilkan >800oC, untuk meregenerasi lime mud dibutuhkan suhu antara 800-1150oC suhu tidak boleh lebih maupun kurang. Jika suhu dibawah parameter produk yang dihasilkan dibawah parameter yang telah ditentukan dimana produk yang keluar harus memiliki kemurnian 89% dan jika suhu diatas parameter maka akan terjadi overburnt lime, dari data pengamatan dapat dilihat bahwa produk yang dihasilkan dan suhu yang disuplai masih dalam keadaan parameter yang standart, pada tanggal 27 Oktober 2023 dengan suhu 1012oC menghasilkan produk dengan kemurnian 90%, pada tanggal 10 November 2023 dengan suhu 1097oC menghasilkan produk dengan kemurnian 91% dan pada tanggal 17 November 2023 dengan suhu 1035oC menghasilkan produk dengan kemurnian 90%. Kemurnian produk juga dapat dipengaruhi oleh NPE (Non-Process Element) yang terkandung didalam lime mud, kadar NPE didalam lime mud tidak boleh >2.5%. Jika NPE yang terkandung didalam lime mud tinggi kemurnian kapur yang dihasilkan tidak memenuhi parameter yang ditentukan hal ini disebabkan oleh kandungan dari NPE seperti silika, mangan oksida, besi oksida, pospat oksida, alumina oksida akan menyelimuti dan menyerap lebih banyak panas dibandingkan dengan kalsium karbonat sehingga kalsium karbonat tidak dapat terregenerasi dengan sempurna. Komponen yang terkandung didalam NPE tidak bereaksi pada

suhu 800-1150oC, sehingga komponen akan ada dalam sistem regenerasi lime mud seperti Fe2O3 bereaksi pada suhu 1500oC, MgO bereaksi pada suhu 2800oC, Al2O3 bereaksi pada suhu 2000oC, Mn2O3 bereaksi pada suhu 1200oC, P2O5 bereaksi pada suhu 1200oC, dan SiO2 akan bereaksi pada suhu 1700oC sehingga dapat diasumsikan bahwa massa NPE yang masuk dan keluar adalah sama.

Panas yang dihasilkan dari burner kiln akan diserap oleh lime mud untuk proses regenerasi. Panas yang dibutuhkan untuk proses regenerasi lime mud menjadi kalsium oksida pada tanggal 27 Oktober 2023 sebesar 2.637.664,1596 kJ, tanggal 10 November 2023 sebesar 3.678.996,7066 kJ dan pada tanggal 17 November sebesar 2.979.403,7560 kJ. Heat loss selama proses regenerasi lime mud pada tanggal 27 Oktober 2023 sebesar 1.569.158,8721 kJ, tanggal 10 November 2023 sebesar 1.712.299,3215 kJ, tanggal 17 November 2023 sebesar 1.872.099,4966 kJ. Semakin tinggi laju bahan bakar yang disuplai maka semakin tinggi nilai heat loss yang dihasilkan, sebaliknya semakin rendah laju bahan bakar yang disuplai maka nilai heat loss yang rendah pula hal ini dapat dilihat pada data tanggal 27 oktober 2023 dimana bahan bakar yang disuplai sebesar 1,49 m3/jam pada tanggal 10 november 2023 bahan bakar yang disuplai sebesar 1,59 m3/jam dan pada tanggal 17 november 2023 bahan bakar yang disuplai sebesar 1,57 m3/jam. Heat loss yang terjadi selama proses regenerasi disebabkan oleh perpindahan panas dari dinding rotary lime kiln ke lingkungan luar yang bersuhu lebih rendah, pada rotary lime kiln dinding shell tidak dilapisi oleh rockwool sehingga proses perpindahan panas berjalan dengan baik, dan juga gas buang dari kiln dimana gas yang dihasilkan akan digunakan untuk mengeringkan lime mud sebelum masuk kedalam lime kiln dengan menggunakan panas dari gas buang sehingga kadar air pada lime mud berkurang.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dari Analisa yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa panas yang dibutuhkan untuk meregenerasi lime mud menjadi kalsium oksida sebesar: 2.637.664,1596 kJ, 3.678.996,7066 kJ, 2.979.403,7560 kJ dan Heat loss yang didapatkan selama proses regenerasi lime mud menjadi kalsium oksida sebesar: 1.569.158,8721 kJ, 1.712.299,3215 kJ 1.872.099,4966kJ.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan ialah perlu dilakukan penelitian analisis neraca panas pada Cyclone agar diketahui panas yang dibutuhkan selama proses pengeringan lime mud agar dapat mengoptimalkan penggunaan bahan bakar dan untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan perhitungan penggunaan bahan bakar selama proses regenerasi agar meminimalisir cost produksi

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, Terry N. 2007. TAAPI kraft Recovery Course: Lime Kiln Principles And Operations. Florida: TAPPI Press
- Ghasem.2015. Principles of chemical engineering process. USA: CRC Press
- Han, Jung Soo; dkk. 2021." Application of In Situ Calcium Carbonate Process for Producing Papermaking Fillers from Lime Mud". American Chemical Society: USA
- Maulia, Gina. (2020). "Pembuatan PCC (Precipitated Calcium Carbonate) Menggunakan Bahan Baku Lime Mud Dengan Metode Kaustik Soda". Jurnal Vokasi Teknologi Industri (JVTI), 2(2), 1–8.
- PT. Toba Pulp Lestari, Tbk. 2021. Lime Kiln Process.Porsea: PT. Toba Pulp Lestari,Tbk. Zhang, suojiang. 2022. Encyclopedia of ionoc liquids. Singapore: Springer nature