

PENGARUH KENAIKAN TEMPERATUR HEATING-CALCINING TERHADAP KUALITAS KAPUR

Acy Crysta¹, Ni Njoman Manik Susantini^{2*}

¹Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung

ABSTRAK

Lime mud terurai menjadi kapur dengan reaksi $\text{CaCO}_3 + \text{Heat} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$. Sebelum kalsinasi *lime mud* akan mengalami pengeringan dan pemanasan. Kenaikan temperatur *heating-calcining* mempengaruhi kualitas kapur yang dihasilkan. *Purity* CaO yang dihasilkan 78-79%, berada dibawah standar *purity* CaO yaitu $\geq 82\%$, sehingga diperlukan cara meningkatkan kualitas kapur. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh kenaikan temperatur *heating-calcining* terhadap kualitas kapur dengan melihat nilai *purity* CaO, CaCO_3 content, dan LOI pada temperatur 550°C, 600°C, 650°C, 700°C, 750°C, 800°C, 850°C, 900°C, 950°C, 1000°C, 1050°C, dan 1100°C serta mengetahui faktor lain yang mempengaruhi kualitas kapur dan cara mengatasinya. Hasilnya menunjukkan bahwa pada temperatur *heating* 800°C, *purity* CaO 22.5193%, CaCO_3 content 62.1828%, dan LOI 3.6877%. Pada titik optimum temperatur *calcining* 1000°C, *purity* CaO 81.0893%, CaCO_3 content 4.8622%, dan LOI sebesar 1.3721%. Akan tetapi pada temperatur 1050°C, *purity* CaO turun menjadi 79.9292%, CaCO_3 content turun menjadi 4.6912%, dan LOI turun menjadi 0.9798%. Sedangkan faktor lain yang mempengaruhi kualitas kapur yang dihasilkan adalah kualitas bahan baku atau *lime mud* yang digunakan. Perbedaan sampel dengan nilai total alkali lebih besar 0.07%, *dryness* lebih kecil 0.73%, *free* CaO lebih kecil 0.03%, dan CaCO_3 content lebih kecil 6.73% menyebabkan menurunnya nilai *purity* CaO sebesar 2.15%. Sehingga untuk mengatasi faktor lain, seperti bahan baku adalah dengan meningkatkan kualitas *lime mud* yang digunakan.

Kata Kunci: *Lime mud*, Temperatur, *Heating-calcining*, Kapur.

ABSTRACT

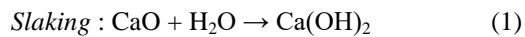
Lime mud decomposes into lime by the reaction of $\text{CaCO}_3 + \text{Heat} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$. Before calcination, lime mud will undergo drying and heating. The increase in heating-calcining temperature affects the quality of lime produced. The purity CaO produced is 78-79%, which is below the standard purity CaO, which is 82%, so it is necessary to improve the quality of lime. This study aims to determine the effect of increasing heating-calcining temperature on lime quality by looking at the purity values of CaO, CaCO_3 content, and LOI at temperatures of 550°C, 600°C, 650°C, 700°C, 750°C, 800°C, 850°C, 900°C, 950°C, 1000°C, 1050°C, and 1100°C as well as knowing other factors that affect the lime quality and how to overcome them. The results show that at a heating temperature of 800°C, purity CaO is 22,5193%, CaCO_3 content is 62,1828%, and LOI is 3.6877%. At the optimum point, the calcining temperature is 1000°C, CaO purity is 81.0893%, CaCO_3 content is 4.8622%, and LOI is 1.3721%. However, at a temperature of 1050°C, the purity of CaO decreased to 79,9292%, CaCO_3 content decreased to 4.6912%, and LOI decreased to 0.9798%. While other factors that affect the quality of lime produced are the quality of the raw materials or lime mud used. The difference in samples with a total alkali value of 0.07% greater, dryness 0.73% smaller, free CaO 0.03% smaller, and CaCO_3 content smaller than 6.73% caused a decrease in the purity value of CaO by 2.15%. So to overcome other factors, such as raw materials, is to improve the quality of lime mud used.

Keywords: *Lime mud*, Temperature, *heating-calcining*, Lime.

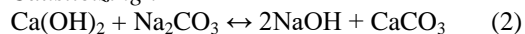
^{1*} Corresponding author: njoman.manik@gmail.com

PENDAHULUAN

Recausticizing merupakan salah satu bagian dari *chemical recovery kraft pulping*. *Recausticizing* bertujuan untuk mengolah kembali *green liquor* menjadi *white liquor* agar dapat dimanfaatkan kembali pada proses pemasakan pulp di *digester*. Selain menghasilkan *white liquor*, *recausticizing* menghasilkan produk samping yaitu *lime mud* yang akan dikirim menuju *lime kiln* untuk mengolah kembali *lime mud* tersebut hingga menjadi *lime* atau kapur. Reaksi yang terjadi pada proses *recausticizing* adalah :



Causticizing :



Lime mud merupakan salah satu produk samping dari proses *recausticizing*. *Lime mud* memiliki kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) yang cukup tinggi yaitu >80%, sehingga diproses kembali sehingga dapat bermanfaat dengan cara kalsinasi pada *rotary kiln* dengan bantuan panas sehingga menghasilkan kalsium oksida (CaO) yang memiliki kermunian >75% (Maulia et al, 2020).

Burn lime atau kapur memiliki nama kimia kalsium oksida (CaO) merupakan produk yang dihasilkan dari kalsinasi pada unit *lime kiln*.

Lime kiln merupakan suatu proses yang terdapat pada bagian *chemical recovery* proses *kraft* yang berfungsi untuk mengubah *lime mud* menjadi *lime*. Reaksi yang terjadi pada proses *lime kiln* adalah:



Secara umum, *lime kiln* dibagi menjadi empat zona (*Modul Lime Kiln*).

- 1) *Drying zone*. Pada zona ini terjadi penghilangan kadar air *lime mud* dengan *flash dryer* yang terdapat di ujung *lime kiln*. Temperatur pada *drying zone* 200°C, dimana prosesnya terjadi secara konveksi, yaitu perpindahan panas disertai perpindahan partikel zat.
- 2) *Heating zone*. Pada zona ini *lime mud* akan dipanaskan hingga mencapai suhu reaksi yaitu dimulai pada temperatur 450°C - 650°C. Pada saat keluar dari *heating zone* temperatur mencapai 800°C untuk sebelum menuju proses kalsinasi.
- 3) *Calcining zone*. Pada zona *calcining* ini terjadi proses pembakaran, dimana kalsium karbonat akan terpisah menjadi kalsium oksida dan karbon dioksida. Temperatur pada proses kalsinasi dapat dimulai dari 800°C hingga mencapai 1150°C.

4) *Cooling zone*. Pada zona *cooling*, kapur yang dihasilkan didinginkan oleh udara sebelum kapur meninggalkan tempat pembakaran. Pada *cooling zone* prosesnya terjadi secara radiasi, yaitu perpindahan panas tanpa disertai perpindahan zat.

Di dalam *rotary kiln*, *lime mud* akan akan terurai menjadi *lime* dan melepaskan *carbon dioxide* (Amin, M. dan Kurniasih, A., 2016). Proses penguraian *lime mud* tersebut dinamakan proses kalsinasi.

Untuk mencapai proses kalsinasi, *lime mud* akan melalui pengeringan dan pemanasan dengan kenaikan temperatur. Kenaikan temperatur dapat mempengaruhi proses pembentukan kapur sehingga berpengaruh terhadap kualitas kapur yang dihasilkan. Kapur yang dihasilkan sebelumnya memiliki nilai *purity* CaO sekitar 78-79% yang masih dibawah standar yaitu diatas 82%, jadi diperlukan inovasi untuk mendapatkan saran atau cara meningkatkan kualitas kapur sesuai dengan standar. Selain kenaikan temperatur, terdapat faktor lain mempengaruhi proses pembentukan kapur hingga kualitas kapur yang dihasilkan bernilai dibawah standar serta cara mengatasi faktor yang dapat menurunkan kualitas kapur yang dihasilkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kenaikan temperatur *heating-calcining* terhadap kualitas kapur dengan melihat nilai *purity* CaO , CaCO_3 *content*, dan *Loss on Ignition* (LOI). Dengan melihat hasil kualitas kapur dari kenaikan temperatur, terdapat faktor lain yang mempengaruhi kualitas kapur yang dihasilkan, serta mendapatkan cara mengatasi faktor yang dapat menurunkan kualitas kapur.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan dengan bahan yaitu *lime mud*, *gula pasir*, *free CO₂ water*, indikator phenolphthalein, HCl 0,5 N, HCl 0,1 N, larutan *calcimeter*, indikator *methyl orange*, Larutan $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 10%. Alat yang digunakan yaitu *furnace*, *oven*, *crucible*, *beaker glass*, *Erlenmeyer*, *magnetic stirrer*, *hot plate*, *Y tube*, alat *calcimeter*, dan labu destilasi.

Percobaan dilakukan dengan pembakaran *lime mud* pada *furnace*. Kemudian menaikkan temperatur *heating-calcining* dengan variasi 550°C, 600°C, 650°C, 700°C, 750°C, 800°C, 850°C, 900°C, 950°C, 1000°C, 1050°C, dan 1100°C selama 30 menit setiap temperaturnya

Prosedur Pembuatan Kapur

Pembuatan kapur dilakukan dengan cara pembakaran. Mempersiapkan *furnace*, mempersiapkan sampel *lime mud* ke dalam crucible kemudian masukkan sampel ke dalam *furnace* dengan temperature 550°C selama 30 menit. *Lime* yang di dapat dari pembakaran didinginkan pada *oven*. Selanjutnya sampel dimasukkan kembali pada *furnace* untuk dilakukan pembakaran dengan menaikkan suhu ke 600°C, 650°C, 700°C, 750°C, 800°C, 850°C, 900°C, 950°C, 1000°C, 1050°C, hingga 1100°C. Setelah dingin, *lime* yang dihasilkan dilakukan pengecekan *purity CaO*, CaCO_3 content, dan LOI (*Loss on Ignition*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Bahan Baku

Pengujian bahan baku bertujuan mengetahui kandungan yang terdapat dalam bahan baku yang digunakan.

Tabel 1 Komposisi Lime Mud

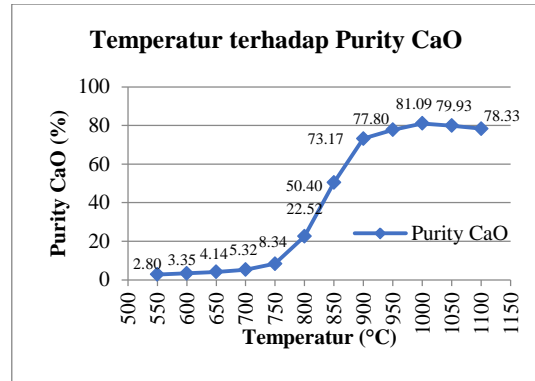
Parameter	Standar (%)	Hasil Pengujian (%)
Free CaO	1-2	0.84
CaCO_3 content	≥ 86	95
Dryness	≥ 70	61.91
Total Alkali	< 1	1.60

Hasil Pengujian Purity CaO

Purity CaO menunjukkan tingkat kemurnian CaO yang terkandung dalam *burn lime* yang dihasilkan.

Tabel 2 Hasil Pengujian Purity CaO

Temperatur (°C)	Purity CaO (%)
550	2.7967
600	3.3476
650	4.1366
700	5.3156
750	8.3413
800	22.5193
850	50.4012
900	73.1678
950	77.7996
1000	81.0893
1050	79.9292
1100	78.3310



Gambar 1 Grafik Hasil Pengujian purity CaO

Purity CaO yang dihasilkan dipengaruhi oleh temperatur *heating-calcining*. Pada temperatur *heating zone* yaitu 550°C-750°C *purity CaO* yang dihasilkan masih sedikit yaitu sebesar 2.7967% hingga 8.3413%, karena pada temperatur ini merupakan *heating zone* dimana *lime mud* dipanaskan agar mencapai suhu reaksi kalsinasi dan panas belum dapat menembus inti *lime mud*, sehingga belum banyak CaCO_3 yang diubah menjadi CaO. Pada temperatur 800°C *purity* yang dihasilkan mulai meningkat yaitu sebesar 22.5193%, begitupun pada temperatur 850°C yaitu sebesar 50.4012%, hal ini dikarenakan pada temperatur 800°C dan 850°C sudah di akhir *heating zone* dan akan memasuki *calcining zone*, dimana temperatur sudah cukup panas sehingga sudah cukup banyak CaCO_3 yang telah diuraikan menjadi CaO. Pada temperatur 900°C dan 950°C *purity CaO* yang dihasilkan sudah cukup tinggi yaitu sebesar 73.1678% dan 77.7996% dan mencapai titik optimum pada temperatur 1000°C yaitu sebesar 81.0893% dikarenakan pada temperatur ini sudah memasuki temperatur kalsinasi, sehingga panas sudah dapat menembus inti *lime mud* sehingga banyak CaCO_3 yang dapat diuraikan menjadi CaO dan CO_2 . Kemudian pada temperatur 1050°C dan 1100°C *purity CaO* yang dihasilkan mengalami penurunan kembali ke 79.9292% dan 78.3310%, dikarenakan dipengaruhi waktu yang sudah terlalu lama dan temperatur yang terlalu tinggi, sehingga CaO yang telah terbentuk akan terbakar dan mengalami *overcooked* hingga menjadi debu ataupun *impurities* yang dapat menurunkan nilai *purity CaO*.

Nilai *purity CaO* yang dihasilkan dipengaruhi oleh temperatur *heating-calcining*. Nilai *purity CaO* akan semakin tinggi apabila temperatur semakin tinggi karena CaCO_3 yang semakin banyak diubah menjadi CaO dan CO_2 sehingga mempengaruhi *purity CaO* yang dihasilkan, begitupun sebaliknya. Akan tetapi nilai *purity CaO* menurun kembali apabila temperatur terlalu tinggi dikarenakan CaO yang telah

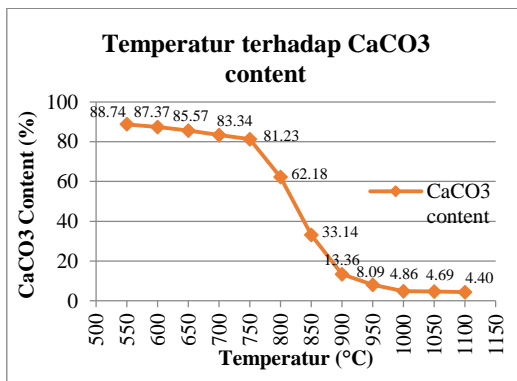
terbentuk akan terbakar dan terjadi *overcooked*, sehingga menjadi debu ataupun *impurities* (Amin, M. dan Kurniasih, A., 2016). Oleh karena itu, perlu diketahui titik optimum temperatur agar kapur yang dihasilkan memiliki purity CaO yang tinggi.

Hasil Pengujian $CaCO_3$ content

$CaCO_3$ content menunjukkan besarnya $CaCO_3$ yang masih terkandung di dalam *burn lime* yang dihasilkan.

Tabel 3 Hasil Pengujian $CaCO_3$ Content

Temperatur (°C)	$CaCO_3$ content (%)
550	88.7391
600	87.3740
650	85.5666
700	83.3351
750	81.2287
800	62.1828
850	33.1356
900	13.3614
950	8.0939
1000	4.8622
1050	4.6912
1100	4.4021



Gambar 2 Grafik Hasil Pengujian $CaCO_3$ content

Nilai $CaCO_3$ content yang dihasilkan semakin menurun dengan meningkatnya temperatur *heating-calcining*. Hal ini sesuai berdasarkan teori bahwa semakin meningkatnya temperatur maka akan semakin kecil $CaCO_3$ content.

Pada temperatur 550°C-750°C nilai $CaCO_3$ content masih cukup tinggi yaitu 88.7391% hingga 81.2287%, karena pada temperatur ini merupakan *heating zone* dimana *lime mud* dipanaskan agar mencapai suhu reaksi kalsinasi dan panas belum dapat menembus inti *lime mud*, sehingga $CaCO_3$ di dalam *lime mud* belum banyak yang diubah menjadi CaO. Pada temperature 800°C dan 850°C $CaCO_3$ content sudah mulai menurun yaitu sebesar 62.1828% dan 33.1356%, hal ini dikarenakan pada temperatur 800°C dan 850°C sudah diujung

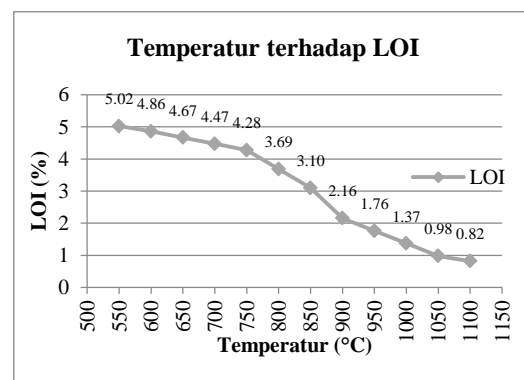
heating zone dan mulai memasuki *calcining zone*. Pada suhu 900°C dan 950°C $CaCO_3$ content sebesar 13.3614% dan 8.0939% dimana nilai ini sudah cukup rendah karena sudah mulai memasuki kalsinasi dan panas dapat menembus inti *lime mud*, sehingga sudah cukup banyak $CaCO_3$ yang diubah menjadi CaO dan CO_2 . Kemudian pada suhu 1000°C nilai $CaCO_3$ content sebesar 4.8622% dan semakin menurun pada suhu 1050°C dan 1100°C yaitu sebesar 4.6912% dan 4.4021%. Hal ini dipengaruhi oleh semakin meningkatnya temperatur *heating-calcining* maka akan semakin kecil nilai $CaCO_3$ contentnya, karena semakin banyak $CaCO_3$ yang telah diubah menjadi CaO dan CO_2 . Hasil $CaCO_3$ content pada suhu 1000°C sudah sesuai standar pabrik yaitu diantara 2-5%. Jika nilai $CaCO_3$ content < 2% maka kandungan $CaCO_3$ terlalu sedikit dan akan menyebabkan kiln terlalu panas sehingga batu kiln akan *melting*, sedangkan jika >5% maka kandungan $CaCO_3$ masih banyak yang belum terurai menjadi CaO (Tran, H).

Hasil Pengujian Loss on Ignition (LOI)

Loss on Ignition menunjukkan jumlah pengotor yang terdapat di dalam *burn lime* yang dihasilkan.

Tabel 4 Hasil Pengujian Loss on Ignition (LOI)

Temperatur (°C)	LOI (%)
550	5.0209
600	4.8634
650	4.6683
700	4.4712
750	4.2756
800	3.6877
850	3.0994
900	2.1565
950	1.7643
1000	1.3721
1050	0.9798
1100	0.8224



Gambar 3 Grafik Hasil Pengujian Loss on Ignition (LOI)

Nilai *Loss on Ignition* (LOI) yang dihasilkan semakin menurun dengan semakin meningkatnya temperatur *heating-calcining*. Nilai standar mengenai LOI yaitu 1-3%. Karena jika LOI <1% artinya *burn lime* yang dihasilkan mengalami *over cooked*, sedangkan jika LOI >3% artinya proses kalsinasi atau pembentukan kapur masih belum terjadi secara sempurna. Hasil pengujian LOI pada temperatur 550°C hingga 800°C masih belum mencapai standar yaitu bernilai 5.0209% hingga 3.6877%, karena pada temperatur tersebut masih pada *heating zone* dan belum memasuki *calcining zone* dan panas belum cukup menembus inti *lime mud*, sehingga CaCO₃ masih banyak yang belum terurai menjadi CaO yaitu diatas 60% CaCO₃ yang belum terurai. Pada temperatur 850°C LOI sebesar 3.0994% dimana nilai ini mendekati standar, karena sudah berada di ujung *heating zone* dan mendekati proses kalsinasi. Pada temperatur 900°C dan 950°C, LOI yang didapatkan sudah mencapai standar, yaitu sebesar 2.1565% dan 1.7643%, yang artinya proses kalsinasi yang sudah cukup sempurna dimana CaCO₃ banyak yang diuraikan menjadi CaO dan CO₂. Dan kemudian pada titik optimum temperatur pembentukan kapur pada suhu 1000°C, LOI yang didapatkan sebesar 1.3721% dimana sudah terjadi proses kalsinasi secara sempurna. Sedangkan pada temperatur 1050°C dan 1100°C LOI sebesar 0.9798% dan 0.8224%, dimana nilai ini dibawah <1%, yang artinya *burn lime* yang dihasilkan mengalami *overcooked* karena sudah terlalu lama dan berada pada temperatur yang terlalu tinggi.

Hasil Pengujian Perbandingan Kandungan Lime Mud

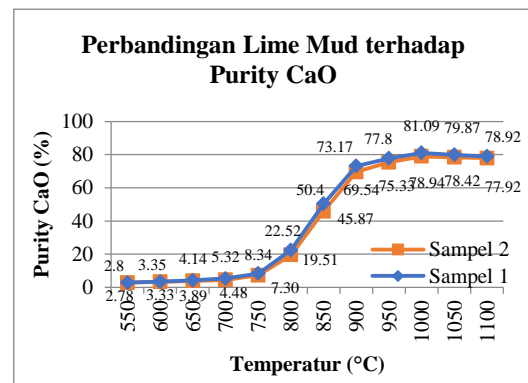
Pengujian perbandingan kualitas *lime mud* bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh kandungan *lime mud* terhadap kualitas kapur yang dihasilkan.

Tabel 5 Hasil Pengujian Lime Mud

Parameter	Standar (%)	Sampel 1 (%)	Sampel 2 (%)
Free CaO	1-2	0.84	0.81
CaCO ₃ content	≥ 86	95	88.66
Dryness	≥ 70	61.91	61.18
Total Alkali	< 1	1.60	1.62

Tabel 6 Hasil Pengujian Perbedaan Lime Mud Terhadap Purity CaO

Temperatur (°C)	Purity CaO (%)	
	Sampel 1	Sampel 2
550	2.8	2.78
600	3.35	3.33
650	4.14	3.89
700	5.32	4.48
750	8.34	7.30
800	22.52	19.51
850	50.4	45.87
900	73.17	69.54
950	77.8	75.33
1000	81.09	78.94
1050	79.87	78.42
1100	78.92	77.92



Gambar 4 Grafik hasil perbandingan bahan baku lime mud terhadap purity CaO.

Pada Gambar 4 di temperatur 1000°C, nilai *purity* CaO sampel 1 sebesar 81.09% sedangkan sampel 2 sebesar 88.66%. dimana perbedaan nilai *purity* CaO yaitu sampel 2 lebih rendah 2.15% dibanding sampel 1. Hal ini karena perbedaan kandungan pada *lime mud*, dimana sampel 2 memiliki nilai yang lebih jauh dari standar dibanding sampel 1. Sehingga dapat diketahui bahwa semakin rendah kualitas *lime mud* yang digunakan maka semakin rendah *purity* CaO yang dihasilkan, begitupun sebaliknya.

Selain itu, walaupun sudah di titik optimum temperatur, *purity* CaO yang dihasilkan sebesar 81.09% belum memenuhi standar yaitu ≥ 82%, hal ini dikarenakan faktor komposisi bahan baku yaitu *lime mud* yang mengandung total alkali lebih tinggi dari standar pabrik sehingga berpengaruh terhadap *dryness* dan *purity* CaO yang dihasilkan. Oleh karena itu, untuk mendapatkan *purity* CaO yang tinggi, perlunya menjaga nilai total alkali sesuai standar <1% agar dapat meningkatkan *dryness* sehingga *purity* CaO yang dihasilkan akan meningkat dan mencapai standar ≥82%.

KESIMPULAN

Kenaikan temperatur *heating-calcining* berpengaruh terhadap kualitas kapur yang dihasilkan. Semakin tinggi temperatur akan semakin meningkat kualitas kapur. Pada temperatur *heating* 800°C, *purity* CaO 22.5193%, CaCO_3 *content* 62.1828%, dan LOI 3.6877%. Pada titik optimum temperatur *calcining* 1000°C, *purity* CaO 81.0893%, CaCO_3 *content* 4.8622%, dan LOI sebesar 1.3721%. Akan tetapi pada temperatur 1050°C, *purity* CaO turun menjadi 79.9292%, CaCO_3 *content* turun menjadi 4.6912%, dan LOI turun menjadi 0.9798%. Faktor lain yang mempengaruhi kualitas kapur yang dihasilkan adalah kualitas bahan baku atau *lime mud* yang digunakan. Perbedaan sampel dengan nilai total

alkali *lime mud* lebih besar 0.02%, *dryness lime mud* lebih kecil 0.73%, *free* CaO *lime mud* lebih kecil 0.03%, dan CaCO_3 *content lime mud* lebih kecil 6.73% menyebabkan menurunnya nilai *purity* CaO sebesar 2.15%. Cara mengatasi faktor lain, seperti bahan baku adalah dengan meningkatkan kualitas *lime mud* yang digunakan, yaitu menjaga nilai total alkali sesuai standar <1% agar *purity* CaO yang dihasilkan >82%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada industri pulp dan kertas serta Institut Teknologi Sains Bandung yang telah membantu penelitian ini dari pelaksanaan hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, T. N. *Lime Kiln Principles and Operations*. Seattle, Januari 2007.
- Amin, M. dan Kurniasih, A. (2016). Pengaruh Ukuran dan Waktu Kalsinasi Batu Kapur Terhadap Tingkat Perolehan Kadar CaO. *Prosiding Seminar Nasional Sains Matematika Informatika dan Aplikasinya IV*. Vol. 4, 1, 74-82.
- Biermann, J. C., (1996). *Handbook of Pulping and Papermaking*. Oregon: Academic Press.
- Mao, X., Wei, R., dan Tran, H. (2015). *Measurement of free lime content in lime mud*. *TAPPI Journal*. Vol. 14, 7, 481-489.
- Maritawati D. (2021). Pengaruh Variasi Waktu dan Suhu Kalsinasi Terhadap Kualitas *Burn Lime*(CaO). [Tugas Akhir]. Bekasi : Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung.
- Maulia, G. (2020). Pembuatan PCC (*Precipitated Calcium Carbonate*) Menggunakan Bahan Baku *Lime Mud* dengan Metode Kaustik Soda. *Jurnal Vokasi Teknologi Industri*. Vol. 2, No. 2.
- Sanchez, D. R. (2007). *Recausticizing-Principles and Practice*. Kraft Recovery Short Course. Burlington, Januari 2007.
- Sixta, H. (2006). *Handbook of Pulp*. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Suhardin, A., Ulum, M. S., dan Darwis, D. (2018). "Penentuan Komposisi Serta Suhu Kalsinasi Optimum CaO Dari Batu Kapur Kecamatan Barawa". *Natural Science : Journal of Science and Technology*. Vol. 7, No.1, 30-35.
- Tasari, S., Iqbal, dan Badaruddin. (2019). "Penentuan Lama Kalsinasi Kalsium Karbonat CaCO_3 dari Batu Kapur Tanjung Karang Donggala". *Jurnal Gravitasi*. Vol.18, No.2, 137-147.
- Tran, H. (2007). *Correlation Between Nodule Size and Residual Carbonate Content in Lime Kilns*. *TAPPI Journal*. Vol. 6, No. 4, 9-15.
- Tran, H. *Lime Kiln Chemistry and Effects on Kiln Operations*. Pulp & Paper Centre and Department of Chemical Engineering and Applied Chemistry. University of Toronto.