

**PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN *BURN LIME* DAN  
*FRESH LIME* TERHADAP KUALITAS *LIME MUD***

**JURNAL TUGAS AKHIR**

**YESI TAMARA  
012.17.015**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PENGOLAHAN PULP DAN KERTAS  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG  
KOTA DELTAMAS  
JULI 2021**

**PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN *BURN LIME* DAN  
*FRESH LIME* TERHADAP KUALITAS *LIME MUD***

**JURNAL TUGAS AKHIR**

**YESI TAMARA  
012.17.015**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Terapan  
Pada Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PENGOLAHAN PULP DAN KERTAS  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG  
KOTA DELTAMAS  
JULI 2021**

**PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN *BURN LIME* DAN  
*FRESH LIME* TERHADAP KUALITAS *LIME MUD***

**JURNAL TUGAS AKHIR**

**YESI TAMARA  
012.17.015**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Terapan  
Pada Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas

Menyetujui,

Kota Deltamas, 20 Juli 2021

Dosen Pembimbing



**Ni Njoman Manik S., S.T., M.T.**  
**NIK. 19680908201407442**

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas



**Ni Njoman Manik S., S.T., M.T.**  
**NIK. 19680908201407442**

---

# PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN *BURN LIME* DAN *FRESH LIME* TERHADAP KUALITAS *LIME MUD*

Yesi Tamara<sup>1)</sup>, Ni Njoman Manik Susantini<sup>2)</sup>

Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung  
Kota Deltamas Lot-A1 CBD, Jl. Ganesha Boulevard Pasirranji, Kec. Cikarang Pusat, Bekasi,  
Jawa Barat 17530

[yesitamara19@gmail.com](mailto:yesitamara19@gmail.com)<sup>1)</sup>, [Njoman.manik@gmail.com](mailto:Njoman.manik@gmail.com)<sup>2)</sup>

## Abstrak

*Recausticizing* adalah suatu unit pengubah *green liquor* menjadi *white liquor* sebagai produk utama dan *lime mud* sebagai produk samping. Dalam proses *recausticizing* terdapat penambahan kalsium oksida. Dua jenis kalsium oksida yang digunakan yaitu *burn lime* dan *fresh lime*. Jenis kalsium oksida yang berbeda dapat mempengaruhi kualitas *lime mud* yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan *burn lime* dan *fresh lime* terhadap kualitas *lime mud* dengan target parameter  $\text{CaCO}_3$  content >86%, total alkali <1% dan *Non-Process Elements* (NPE) <2%. Pembuatan *lime mud* menggunakan variasi penambahan *burn lime* dan *fresh lime* masing-masing 0% - 100%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi optimal penambahan kalsium oksida pada pembuatan *lime mud* baik dari segi teknis maupun biaya adalah variasi kedua, dimana pada komposisi penambahan *burn lime* 75% dan *fresh lime* 25%. Diperoleh nilai  $\text{CaCO}_3$  content 86,80%, total alkali 0,1141% dan *Non-Process Elements* (NPE) berupa  $\text{P}_2\text{O}_5$  0,4260%,  $\text{SiO}_2$  2,4344%,  $\text{MgO}$  0,2260%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,1984% dan  $\text{Mn}_2\text{O}_5$  0,0068% hasil tersebut sesuai dengan standar kualitas *lime mud*.

Kata Kunci: *recausticizing*, *lime mud*, kalsium oksida, *burn lime*, *fresh lime*.

## Abstract

*Recausticizing* is a unit that converts *green liquor* into *white liquor* as the main product and *lime mud* as a by-product. In the *recausticizing* process there is the addition of calcium oxide. Two types of calcium oxide are used, namely *burn lime* and *fresh lime*. Different types of calcium oxide can affect the quality of *lime mud* produced. This study aims to determine the effect of variations in the addition of *burn lime* and *fresh lime* on the quality of *lime mud* with the target parameters of  $\text{CaCO}_3$  content >86%, total alkali <1% and *Non-Process Elements* (NPE) <2%. The production of *lime mud* uses variations in the addition of *burn lime* and *fresh lime*, each 0% - 100%. The results showed that the optimal composition of addition of calcium oxide in the manufacture of *lime mud* both from a technical and cost perspective is the second variation, where the composition of the addition of *burn lime* is 75% and *fresh lime* 25%. The value of  $\text{CaCO}_3$  content is 86.80%, total alkali is 0.1141% and *Non-Process Elements* (NPE) are  $\text{P}_2\text{O}_5$  0.4260%,  $\text{SiO}_2$  2.4344%,  $\text{MgO}$  0.2260%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0.1984% and  $\text{Mn}_2\text{O}_5$  0,0068% the result is in accordance with the *lime mud* quality standard.

Keywords: *recausticizing*, *lime mud*, calcium oxide, *burn lime*, *fresh lime*.

## 1. PENDAHULUAN

*Recausticizing* memproduksi larutan pemasak untuk *digester* dari daur ulang bahan kimia anorganik yang dihasilkan dari *recovery boiler* dan *lime kiln* (Sanchez, 2007). *Recausticizing* adalah suatu unit pengubah *green liquor* menjadi *white liquor* dengan adanya penambahan kapur (CaO), sehingga dapat menurunkan kandungan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dan meningkatkan kandungan NaOH. Dalam pembuatan *white liquor* adanya penambahan kapur (CaO), dimana kapur akan bereaksi dengan air yang ada didalam *liquor* sehingga menghasilkan larutan kapur ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), reaksi yang terjadi disebut reaksi *slaking*. Kemudian larutan kapur ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) akan bereaksi dengan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang ada pada *green liquor* sehingga menghasilkan NaOH (*white liquor*) dan  $\text{CaCO}_3$  (*lime mud*), reaksi yang terjadi ini disebut reaksi kaustisasi (Herbet Sixta, 2006).

Persamaan reaksi unttuk proses *slaking* adalah sebagai berikut :

$$\text{CaO}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)} \quad (1.1)$$

Persamaan reaksi unttuk proses kaustisasi adalah sebagai berikut :

$$\text{Na}_2\text{CO}_{3(aq)} + \text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)} \leftrightarrow 2 \text{NaOH}_{(aq)} + \text{CaCO}_{3(s)} \quad (1.2)$$

Persamaan reaksi unttuk proses kalsinasi adalah sebagai berikut :

$$\text{CaCO}_{3(s)} + \text{Panas} \rightarrow \text{CaO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)} \quad (1.3)$$

*Lime mud* adalah produk samping dari proses rekaustisasi yang sebagian besar kandungannya adalah kalsium karbonat. *Lime mud* yang dihasilkan dari proses ini memiliki kandungan kalsium karbonat yang cukup tinggi yaitu >80%.

Pada industri pulp, kalsium oksida digunakan pada proses *recausticizing* yang akan direaksikan dengan *green liquor* untuk menghasilkan *white liquor* dan *lime mud*. Kalsium oksida dapat diproduksi dengan proses kalsinasi *lime mud* pada unit *lime kiln*.

Selain itu, kalsium oksida juga dapat berasal dari kalsinasi batu alam.

*Burn Lime* merupakan produk yang dihasilkan dari proses kalsinasi pada *lime kiln*. *Lime kiln* berguna untuk mengkonversi kalsium karbonat menjadi kalsium oksida seperti pada **Persamaan 1.3**. Sedangkan, *Fresh Lime* atau kapur tohor merupakan produk konvensional dari industri batu kapur (Aziz Muchtar,2010). *Fresh lime* dibuat melalui pembakaran batu kapur (*lime stone*) dalam tungku kalsinasi.

Jenis kalsium oksida yang digunakan dapat mempengaruhi kualitas *lime mud*, sehingga dalam pembuatan pada proses *recausticizing* diperlukan pengetahuan mengenai pengaruh penambahan jumlah jenis kapur (kalsium oksida) yang berbeda.

Hal di atas melatar belakangi penulis untuk melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Penambahan *Burn Lime* dan *Fresh Lime* terhadap Kualitas *Lime Mud*”. Parameter hasil percobaan yang diperhatikan adalah nilai  $\text{CaCO}_3$  content, Total Alkali dan *Non-Process Element* ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_5$  dan  $\text{Mn}_2\text{O}_5$ ).

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 ALAT DAN BAHAN

Alat yang digunakan dalam penelitian dan pengujian antara lain erlenmeyer, *magnetic stirrer*, *hot plate*, gelas ukur, *aluminium foil*, kertas saring, gelas *beaker*, timbangan, neraca analitik, termometer, alu dan mortar, labu bulat, corong, mesh 80, pipet volume, kertas saring GF/D, *furnace*, *Y tube*, oven, cawan, desikator, *heating mantle*, *water bath*, rangkaian alat *digest*, rangkaian alat *gravimetry*, rangkaian alat *vacuum*, rangkaian alat *calcimeter*, ICP (*Inductively Coupled Plasma*).

Bahan yang digunakan dalam penelitian dan pengujian antara lain *green liquor*, *burn lime*, *fresh lime*, gula pasir, *water free*  $\text{CO}_2$ , HCl 0,5 N, *calcimeter solution*, formaldehid 37%,  $\text{BaCl}_2$  10%,

HNO<sub>3</sub> 1:1, *quimociac reagent*, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 10%, HNO<sub>3</sub> pure, HBF<sub>4</sub>, indikator *methyl orange* (MO), air demin dan indikator phenolphthalein.

## 2.2 METODE

Tahap persiapan merupakan tahap pertama yang dilakukan dalam penelitian. Pada tahap ini dilakukan persiapan mulai dari penyiapan bahan baku, pengujian spesifikasi bahan baku, dan persiapan alat. Pengujian spesifikasi bahan baku berupa *burn lime* dan *fresh lime* dilakukan pengujian kemurnian CaO (kapur) sedangkan *green liquor* dilakukan pengujian *Total Titratable Alkali* (TTA). Pengujian tersebut dilakukan berguna untuk menentukan jumlah kapur yang akan ditambahkan pada proses pembuatan *lime mud*.

Tahap kedua merupakan tahap pelaksanaan. Tahap pelaksanaan adalah melakukan percobaan pembuatan *lime mud* dengan target kualitas *lime mud*. Pada penelitian ini dilakukan dua tahapan pelaksanaan yaitu pertama pembuatan *white liquor* dan *lime mud slurry* dan tahap perlakuan *lime mud ready to kiln*.

Dalam penelitian ini dilakukan Trial pembuatan *lime mud* skala laboratorium dengan menggunakan waktu reaksi efektif dalam penelitian terdahulu. Pembuatan *lime mud* dengan menggunakan *burn lime* dan *fresh lime* sebagai kalsium oksida yang akan bereaksi dengan sodium karbonat sehingga menghasilkan sodium hidroksida dan kalsium karbonat. Kalsium oksida divariasikan, kemudian tahap slaking dilakukan selama 20 menit dengan temperatur proses dijaga pada 101-104°C dan tahap kaustisasi dilakukan selama 220 menit dengan temperatur proses dijaga pada 98-100°C. *Lime mud slurry* yang terbentuk selanjutnya akan dilakukan penambahan air dengan *density* 1,05 kg/L.

**Tabel 2. 1** Variasi Percobaan Pembuatan *Lime Mud*

No.	Kalsium Oksida (CaO)	
	<i>Burn Lime</i>	<i>Fresh Lime</i>
1	100%	0%
2	75%	25%
3	50%	50%
4	25%	75%
5	0%	100%

Tahap pengujian merupakan tahap akhir dalam penelitian. Pada tahap ini dilakukan pengujian parameter kualitas *lime mud*. Diantara parameter yang di cek adalah CaCO<sub>3</sub> *content*, Total Alkali dan NPE (*Non-Process Element*).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Pengujian Bahan Baku

Hasil Pengujian bahan baku yang digunakan akan disajikan pada **Tabel 3.1** dan **Tabel 3.2** dibawah ini.

**Tabel 3. 1** Kemurnian Kalsium Oksida

Sampel CaO	Kemurnian (%)
<i>Burn Lime</i>	74,95
<i>Fresh Lime</i>	89,05

**Tabel 3. 2** Komposisi *Green Liquor*

Parameter	Komposisi
NaOH	8,39 g/L as Na <sub>2</sub> O
Na <sub>2</sub> S	34,80 g/L as Na <sub>2</sub> O
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	87,32 g/L as Na <sub>2</sub> O
<i>Total Titratable Alkali</i>	130,51 g/L as Na <sub>2</sub> O

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian bahan baku yang bertujuan untuk mengetahui kandungan yang terdapat didalam bahan baku tersebut. Kandungan ini akan berpengaruh pada proses dan produk yang dihasilkan.

Pengujian kemurnian CaO dilakukan untuk mengetahui jumlah kandungan CaO dan partikel pengotornya, semakin tinggi kemurnian CaO, partikel pengotornya akan semakin sedikit, dan sebaliknya. Selain itu, kemurnian CaO digunakan untuk menentukan jumlah kapur (CaO) yang ditambahkan dalam proses pembuatan *lime mud*.

Pengujian komposisi *green liquor* dilakukan untuk mengetahui jumlah komposisi alkali yang terdapat di dalam *green liquor*. Karena komposisi alkali *green liquor* akan digunakan untuk mengetahui jumlah sodium karbonat yang akan diubah menjadi sodium hidroksida dan kalsium karbonat.

### 3.2 Hasil Pengujian Lime Mud

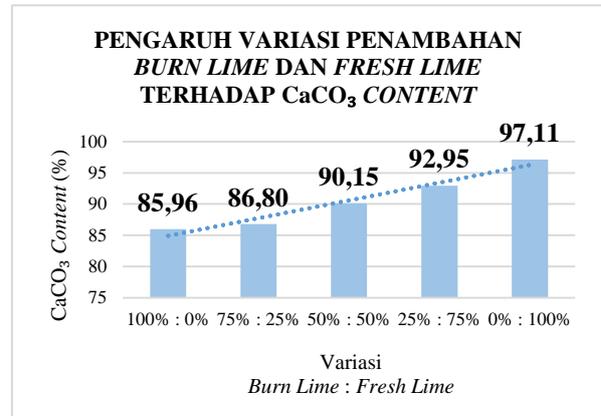
#### 3.2.1 Hasil Pengujian CaCO<sub>3</sub> Content

Hasil pengujian CaCO<sub>3</sub> content bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak CaCO<sub>3</sub> yang terkandung dalam *lime mud*, karena banyaknya kandungan CaCO<sub>3</sub> akan mempengaruhi CaO yang dihasilkan. Selama proses kalsinasi, semakin tinggi kandungan CaCO<sub>3</sub>, suhu dan waktu yang cukup, maka semakin tinggi randemen CaO yang dihasilkan, dan semakin tinggi pula kemurnian CaO yang dihasilkan. Hasil Pengujian CaCO<sub>3</sub> content akan disajikan pada **Tabel 3.3**. dibawah ini.

**Tabel 3. 3** Hasil Pengujian Pengaruh Penambahan CaO terhadap CaCO<sub>3</sub> Content

No.	Variasi		CaCO <sub>3</sub> Content (%)
	Burn Lime	Fresh Lime	
1	100%	0%	85,96
2	75%	25%	86,80
3	50%	50%	90,15
4	25%	75%	92,95
5	0%	100%	97,11

Dari pengolahan data diatas diperoleh grafik mengenai pengaruh penambahan *burn lime* dan *fresh lime* terhadap CaCO<sub>3</sub> content sebagai berikut :



**Gambar 3. 1** Hasil Pengujian CaCO<sub>3</sub> Content

Hasil pengujian CaCO<sub>3</sub> content sampel *lime mud* dengan variasi *burn lime* 100% dan *fresh lime* 0% yaitu 85,96%. Hasil pengujian CaCO<sub>3</sub> content sampel *lime mud* dengan variasi *burn lime* 75% dan *fresh lime* 25% yaitu 86,80%. Hasil pengujian CaCO<sub>3</sub> content sampel *lime mud* dengan variasi *burn lime* dan *fresh lime* masing-masing 50% yaitu 90,15%. Hasil pengujian CaCO<sub>3</sub> content sampel *lime mud* dengan variasi *burn lime* 25% dan *fresh lime* 75% yaitu 92,95%. Hasil pengujian CaCO<sub>3</sub> content sampel *lime mud* dengan variasi *burn lime* 0% dan *fresh lime* 100% yaitu 97,11%.

**Gambar 3.1.** menunjukkan bahwa terjadi peningkatan nilai persen CaCO<sub>3</sub> content dengan semakin meningkatnya penambahan *fresh lime*, dimana nilai persen CaCO<sub>3</sub> content tertinggi diperoleh pada penambahan *fresh lime* 100%.

Dapat dilihat juga pada **Tabel 3.1.** bahwa kemurnian kalsium oksida jenis *fresh lime* memiliki kemurnian yang cukup tinggi yaitu 89,05%, kemurnian *fresh lime* ini dapat berpengaruh terhadap nilai persen CaCO<sub>3</sub> content yang akan dihasilkan atau dapat dikatakan bahwa *lime mud* yang dihasilkan akan memiliki kualitas yang baik.

Menurut Adi Prastyo (2020) apabila semakin tinggi kemurnian kalsium oksida maka partikel pengotor (*impurities*) akan semakin sedikit dan begitu sebaliknya. Oleh karena itu, kalsium oksida jenis *fresh lime* akan lebih tinggi nilai persen  $\text{CaCO}_3$  content dibandingkan dengan *burn lime*.

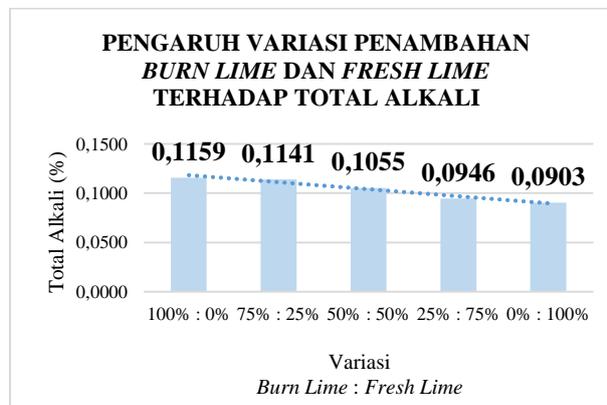
### 3.2.2 Hasil Pengujian Total Alkali

Hasil pengujian total alkali *lime mud* bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak kandungan alkali pada *lime mud*. Pengujian ini juga dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan *burn lime* dan *fresh lime* terhadap nilai total alkali *lime mud*. Hasil Pengujian total alkali *lime mud* akan disajikan pada **Tabel 3.4.** dibawah ini.

**Tabel 3. 4** Hasil Pengujian Pengaruh Penambahan CaO terhadap Total Alkali

No.	Variasi		Total Alkali (%)
	<i>Burn Lime</i>	<i>Fresh Lime</i>	
1	100%	0%	0,1159
2	75%	25%	0,1141
3	50%	50%	0,1055
4	25%	75%	0,0946
5	0%	100%	0,0903

Dari pengolahan data diatas diperoleh grafik mengenai pengaruh penambahan *burn lime* dan *fresh lime* terhadap total alkali *lime mud* sebagai berikut :



**Gambar 3. 2** Hasil Pengujian Total Alkali

Hasil pengujian total alkali sampel *lime mud* dengan variasi *burn lime* 100% dan *fresh lime* 0% yaitu 0,1159%. Hasil pengujian total alkali sampel *lime mud* dengan variasi *burn lime* 75% dan *fresh lime* 25% yaitu 0,1141%. Hasil pengujian total alkali sampel *lime mud* dengan variasi *burn lime* dan *fresh lime* masing-masing 50% yaitu 0,1055%. Hasil pengujian total alkali sampel *lime mud* dengan variasi *burn lime* 25% dan *fresh lime* 75% yaitu 0,0946%. Hasil pengujian total alkali sampel *lime mud* dengan variasi *burn lime* 0% dan *fresh lime* 100% yaitu 0,0903%. Dari data hasil pengujian total alkali sampel *lime mud* dengan berbagai variasi telah memiliki nilai sesuai yang diharapkan yaitu <1,0%.

**Gambar 3.2.** menunjukkan bahwa penurunan nilai persen total alkali seiring banyaknya jumlah *fresh lime* yang ditambahkan, dimana nilai persen total alkali terendah diperoleh pada penambahan *fresh lime* 100%. Selain itu, apabila semakin banyak penggunaan *burn lime* maka akan semakin tinggi nilai persen total alkali *lime mud* yang dihasilkan.

Menurut Adi Prastyo (2020) kandungan alkali pada *lime mud* berhubungan dengan dengan tingkat kekeringannya (*dryness*). Semakin tinggi kandungan total alkali pada *lime mud* maka semakin rendah *dryness* yang dihasilkan sehingga akan berdampak pada kebutuhan energi pada proses kalsinasi. Untuk alasan ini, diharapkan kandungan total alkali pada *lime mud* sedikit mungkin. Selain itu, *lime mud* haruslah memiliki tingkat kekeringan (*dryness*) yang rendah.

Nilai persen total alkali mengindikasikan bahwa banyaknya kandungan *white liquor* atau alkali yang masuk ke dalam *lime mud*. Selain itu, nilai persen total alkali tinggi akan berpengaruh pada pemakaian bahan bakar yang tinggi pada proses kalsinasi di *lime kiln*. Kemudian dari proses kalsinasi tersebut akan menghasilkan kapur yang berukuran besar, karena besarnya ukuran kapur ini maka akan

menyebabkan bagian dalam kapur mentah. Akibatnya dari kondisi ini, kapur yang dihasilkan akan mempengaruhi proses di *recausticizing*. Seperti yang diketahui bahwa proses *recausticizing* dan proses *lime kiln* merupakan bagian dari proses *chemical recovery* pada industri *pulp kraft*.

### 3.2.3 Hasil Pengujian Non-Process Elements (NPE)

Hasil pengujian *Non-Process Element* (NPE) bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak kandungan senyawa logam yang terdapat pada *lime mud*. Pengujian ini dilakukan dengan 2 metode yaitu metode *gravimetry* dan metode ICP (*Inductively Coupled Plasma*). Hasil Pengujian total alkali *lime mud* akan disajikan pada **Tabel 3.5** dibawah ini.

**Tabel 3. 5** Hasil Pengujian *Non-Process Element* (NPE)

No.	Variasi		Senyawa (%)			
	<i>Burn Lime</i>	<i>Fresh Lime</i>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1	100%	0%	0,5747	2,6848	0,2423	0,2307
2	75%	25%	0,4260	2,4344	0,2260	0,1984
3	50%	50%	0,4040	1,7025	0,2198	0,1583
4	25%	75%	0,3404	1,6513	0,2085	0,1467
5	0%	100%	0,1724	0,8701	0,1720	0,0341

Dari pengolahan data diatas diperoleh grafik mengenai pengaruh penambahan *burn lime* dan *fresh lime* terhadap *Non-Process Element* (NPE) sebagai berikut :



**Gambar 3. 3** Hasil Pengujian Difosfor Pentaoksida (P<sub>2</sub> O<sub>5</sub> )



**Gambar 3. 4** Hasil Pengujian Silika (SiO<sub>2</sub> )



**Gambar 3. 5** Hasil Pengujian Magnesium Oksida (MgO)



**Gambar 3. 6** Hasil Pengujian Besi (III) Oksida (Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub> )



**Gambar 3. 7** Hasil Pengujian Mangan (V) Oksida (Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub> )

*Non-Process Element* (NPE) diklasifikasikan sebagai elemen / unsur yang tidak dibutuhkan dalam proses. Dengan kata lain, NPE dapat dianggap sebagai pengotor pada *lime mud*. Menurut Svensson (2012) dalam Karlemo, C (2019) bahwa NPE memasuki proses melalui kayu, kulit kayu, *make-up lime*, *make-up chemical* dan air proses.

**Gambar 3.3.** hingga **Gambar 3.7.** menunjukkan bahwa penambahan CaO dapat mempengaruhi persen *Non-Process Element* (NPE) yang terkandung dalam *lime mud*. Terlihat dari gambar terdapat 5 jenis NPE yaitu P<sub>2</sub> O<sub>5</sub> , SiO<sub>2</sub> , MgO, Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub> dan Mn<sub>2</sub> O<sub>5</sub> . Kelima jenis NPE ini merupakan senyawa pengotor yang dapat mengganggu proses *causticizing* dan *lime kiln*. Salmenoja, K dkk (2009) menyebutkan bahwa senyawa P<sub>2</sub> O<sub>5</sub> , MgO, Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub> dan Mn<sub>2</sub> O<sub>5</sub> sebagai beban mati yang tinggi di *kiln* pada proses *lime cycle*. Sedangkan, SiO<sub>2</sub> dan MgO dapat menyebabkan masalah penyumbatan filter sehingga penyaring pada proses *causticizing* akan menjadi buruk. Karena NPE dianggap sebagai senyawa pengotor maka kandungannya di dalam *lime mud* diharapkan sedikit mungkin.

**Gambar 3.3.** hingga **Gambar 3.7.** persentase 5 jenis senyawa pengotor yang terdapat pada *lime mud* menunjukkan bahwa sampel dengan variasi penggunaan *burn lime* yang semakin banyak dapat menyebabkan kandungan senyawa pengotornya semakin banyak pula.

Selain itu, dapat terlihat dari **Gambar 3.3.** hingga **Gambar 3.7.** grafik yang disajikan dari setiap senyawa pengotor atau NPE semakin menurun beriringan dengan semakin sedikit pula penggunaan *burn lime*. Dapat dikatakan bahwa semakin banyak penggunaan *fresh lime* maka akan semakin menurun kandungan NPE pada *lime mud* yang dihasilkan. Hal ini disebabkan *fresh lime* merupakan jenis CaO yang dihasilkan dari proses kalsinasi batu kapur alam. Berbeda hal dengan *burn lime* yang merupakan jenis CaO yang dihasilkan dari proses *kiln*, dimana prosesnya yang mengkonversi kalsium karbonat menjadi kalsium oksida. Sehingga untuk kualitas *fresh lime* lebih baik dibanding dengan *burn lime*.

Jika mengikuti variabel terikat NPE <2% maka persen SiO<sub>2</sub> dengan variasi *burn lime* 100% dan variasi *burn lime* 75% : *fresh lime* 25% tidak memenuhi keinginan atau angka yang ditetapkan, dimana nilai persen untuk variasi *burn lime* 100% yaitu 2,6848% dan variasi *burn lime* 75% : *fresh lime* 25% yaitu 2,4344%.

**Gambar 3.3.** hingga **Gambar 3.7.** menunjukkan persentase NPE sudah cukup baik, dimana persentase nilainya banyak yang kurang dari 2%.

### 3.2.4 Cost Variasi Kalsium Oksida (CaO)

**Tabel 3. 6** Cost Variasi Kalsium Oksida (CaO)

No.	Variasi		Total Harga (USD/kg CaO)
	<i>Burn Lime</i>	<i>Fresh Lime</i>	
1	100%	0%	3,2876
2	75%	25%	4,8780737
3	50%	50%	6,4699427
4	25%	75%	8,0608164
5	0%	100%	9,6512901

**Tabel 3.6** Didapat data *cost* yang dikeluarkan untuk variasi penambahan kalsium oksida (CaO). Dimana untuk setiap variasi penambahan kalsium oksida (CaO) memiliki nilai *cost* yang berbeda-beda. Standar kualitas *lime mud* yang digunakan yaitu  $\text{CaCO}_3$  *content* >86%, total alkali <1% dan *Non-Process Elements* (NPE) <2%.

Berdasarkan informasi dari industri dimana penelitian ini dilaksanakan harga *burn lime* sebesar 0,04\$/kg CaO dan *fresh lime* sebesar 0,13953\$/kg CaO. Untuk variasi yang menggunakan *fresh lime* lebih banyak, maka *cost* yang dikeluarkan juga akan semakin besar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas *lime mud* yang baik terdapat pada semakin banyaknya komposisi penambahan *fresh lime*. Maka komposisi optimal dari sisi teknis dan biaya adalah variasi kedua, dimana komposisi penambahan *burn lime* 75% dan *fresh lime* 25%.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan data penelitian diatas, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Penambahan *burn lime* dan *fresh lime* akan berpengaruh terhadap persen  $\text{CaCO}_3$  *content*. Semakin banyak penambahan komposisi dari *fresh lime* maka persen  $\text{CaCO}_3$  *content* yang dihasilkan akan semakin tinggi, yaitu pada penambahan komposisi *fresh lime* 100%. Persen  $\text{CaCO}_3$  *content* dihasilkan sebanyak 97,11%.
2. Penambahan *burn lime* dan *fresh lime* akan berpengaruh terhadap total alkali *lime mud*. Semakin banyak penambahan komposisi dari *burn lime* maka total alkali *lime mud* yang dihasilkan akan semakin tinggi, yaitu pada penambahan komposisi *burn lime* 100% dan dihasilkan nilai adalah 0,1159%. Akan tetapi, seharusnya semakin rendah nilai total alkali maka akan semakin baik kualitas *lime mud* yang dihasilkan. Pada penambahan komposisi *fresh lime* 100%

dihasilkan nilai total alkali terendah yaitu 0,0903%.

3. Penambahan *burn lime* dan *fresh lime* berpengaruh terhadap nilai *Non-Process Elements* (NPE). Pada NPE diperlukan nilai yang serendah mungkin, yaitu pada penambahan komposisi *fresh lime* 100%. Nilai NPE yang dihasilkan adalah  $\text{P}_2\text{O}_5$  0,1724%,  $\text{SiO}_2$  0,8701%,  $\text{MgO}$  0,1720%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,0341% dan  $\text{Mn}_2\text{O}_5$  0,0047%.
4. Komposisi optimal penambahan kalsium oksida pada pembuatan *lime mud* baik dari sisi teknis atau biaya adalah variasi kedua, dimana komposisi penambahan *burn lime* 75% dan *fresh lime* 25%.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Abdillah, F. (2020). *Pengaruh Penambahan Burn Lime dan Fresh Lime terhadap Efisiensi Kaustisasi*. Deltamas: ITSB.
2. Aziz, M. (2010). Batu Kapur dan Peningkatan Nilai Tambah serta Spesifikasi untuk Industri. *Teknologi Mineral Batubara*, Volume 6 Nomor 3 : 116-131.
3. Boyton, R. S. (1999). *Chemistry and Technology of Lime and Limestone, 2nd Edition*.
4. Karlemo, C. (2019). *Non-Process Elements in the Recovery Cycle of Six Finnish Kraft Pulp Mills*. Turku, Finland: Abo Akademi University.
5. Prastyo, A. (2020). *Pembuatan PCC (Precipitated Calcium Carbonate) Menggunakan Bahan Baku Lime Mud dengan Metode Kaustik Soda*. Deltamas: ITSB.
6. Salmenoja, K. (2009). *Management of Non-Process Elements in Eucalyptus Kraft Pulp Mills*. Rauma: Technical Development.

- 
7. Sanchez, D. (2007). *Recausticizing - Principle and Practice*. Burlington.
  8. Sixta, H. (2006). *Handbook of Pulp*. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
  9. Svensson, J. (2012). *Non-Process Elements in the Green Liquor System*. Lund, Sweden: Lund University, Departement of Chemical Engineering
  10. Tran, H. (2007). *The Kraft Chemical Recovery Process*. Toronto: University of Toronto.
  11. Tran, H. (2008). *Lime Kiln Chemistry and Effects on Kiln Operations*. Toronto: University of Toronto.
  12. Trivedi and Hagemeyer. (2004). *The Industrial Minerals Handybook II*. United Kingdom: RMC Industrial Minerals Ltd.