

Pengaruh Penambahan *Burn Lime* Dan *Fresh Lime* Terhadap Efisiensi Kaustisasi

Firstyanto Abdillah, Rachmawati Apriani

Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas

Institut Teknologi Sains Bandung

Kota Deltamas Lot-A1 CBD, Jl. Ganesha Boulevard,
Pasirranji Kec. Cikarang Pusat, Bekasi, Jawa Barat 17530, Indonesia

Email : firstyanto26@gmail.com

Abstrak

Proses rekaustisasi mempunyai peran yang penting dalam memproduksi bahan kimia aktif untuk proses pemasakan pulp dengan metode *kraft*. Proses rekaustisasi dilakukan dengan cara mereaksikan *green liquor* dengan kalsium oksida sehingga menghasilkan *white liquor* dan kalsium karbonat. Dua jenis kalsium oksida yang biasa digunakan yaitu *burn lime* dan *fresh lime*. Namun, keduanya dapat mempengaruhi waktu reaksi dan *causticizing efficiency* (CE). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *burn lime* dan *fresh lime* terhadap efisiensi kaustisasi dengan target utama adalah CE pada tahap *slaking* 72-74% dengan waktu reaksi 10, 15, 20, 25, 30 menit dan tahap kaustisasi 83% dengan waktu reaksi 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330, 360 menit. Hasilnya menunjukkan bahwa pada tahap *slaking*, *fresh lime* menghasilkan CE 73,78% dengan waktu reaksi 20 menit, *burn lime* menghasilkan CE 65,38% dengan waktu reaksi 30 menit. Sedangkan tahap kaustisasi, CE 83,04% tercapai pada waktu 240 menit menggunakan *fresh lime* dan 330 menit menggunakan *burn lime*.

Kata Kunci : rekaustisasi, *burn lime*, *fresh lime*, efisiensi kaustisasi, *slaking*, *white liquor*.

Abstract

Recausticizing is interest part to produce active chemical for pulping with kraft method. Recausticizing is do by means of reacting green liquor with calcium oxide to produce white liquor and calcium carbonate. Two types of calcium oxide, there are is burn lime and fresh lime. But, both affect to time reaction and causticizing efficiency (CE). The objective from this research is to know the effect of addition burn lime and fresh lime to causticizing efficiency with main target is CE on slaking stage 72-74% with time reaction 10, 15, 20, 25, 30 minutes and causticizing stage 83% with time reaction 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330, 360 minutes. The results show at slaking stage, fresh lime produce CE 73,78% with time reaction is 20 minutes, burn lime produce 65,38% CE at 30 minutes. While causticizing stage, 83,04% CE gained in 240 minute used fresh lime and 330 minute used burn lime.

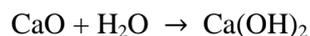
Keyword : *recausticizing*, *burn lime*, *fresh lime*, *causticizing efficiency*, *slaking*, *white liquor*.

1. PENDAHULUAN

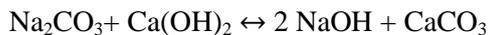
Recausticizing atau rekaustisasi adalah suatu proses untuk mengkonversi sodium karbonat di dalam *green liquor* menjadi sodium hidroksida yang disebut *white liquor* (wang lijun 1991). Proses konversi tersebut dapat terjadi dengan cara menambahkan kapur yang mengandung kalsium oksida ke dalam *green liquor* sehingga akan menghasilkan kalsium hidroksida, reaksi ini disebut sebagai reaksi *slaking*. Selanjutnya, kalsium hidroksida akan bereaksi dengan sodium karbonat dari *green liquor* sehingga menghasilkan sodium hidroksida dan kalsium karbonat. Reaksi ini disebut sebagai reaksi kaustisasi.

Secara teoritis, reaksi *slaking* dan kaustisasi dituliskan ke dalam persamaan kimia sebagai berikut :

Reaksi *Slaking* :



Reaksi Kaustisasi :



Meskipun reaksi *slaking* dan kaustisasi dituliskan ke dalam persamaan reaksi yang berbeda, namun sebagian besar reaksi kaustisasi juga sudah terjadi pada tahap *slaking*.

Sehubungan dengan proses rekaustisasi, Syambas, R. Akbar (2016) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa penambahan kalsium oksida dapat mempengaruhi kualitas *white liquor*. Pada penelitian tersebut, penulis menggunakan kapur jenis *burn lime*. Namun, dalam praktiknya proses pembuatan *white liquor* di industri pulp menggunakan dua jenis kapur, yaitu *burn lime* dan *fresh lime*.

Selain itu, ada beberapa parameter yang perlu diperhatikan dalam pembuatan *white liquor*, salah satunya adalah efisiensi kaustisasi. Dale, R. Sanchez (2007) menyebutkan faktor yang mempengaruhi efisiensi kaustisasi adalah :

1. *Total Titratable Alkali* dan temperatur *green liquor*
2. Kualitas Kapur (kalsium oksida)

3. Temperatur dan waktu reaksi *slaking-causticizing*

Dari ketiga hal tersebut, yang paling sering mengalami perubahan adalah kualitas kalsium oksida. Hal tersebut terjadi karena kalsium oksida yang digunakan pada proses rekaustisasi akan menghasilkan *lime mud* (kalsium karbonat) dan akan didaur ulang menjadi kalsium oksida di dalam *lime kiln*. Akan tetapi, proses daur ulang ini akan mengakibatkan penurunan kualitas kalsium oksida karena kandungan alkali dan zat pengotor lainnya yang terkandung di dalam *lime mud*. kalsium oksida dari proses daur ulang ini disebut *burn lime*. Selain *burn lime*, terdapat juga kalsium oksida murni yang merupakan hasil dari kalsinasi batu kapur (*limestone*) sehingga memiliki kualitas yang lebih baik. Kalsium oksida ini disebut *fresh lime*.

Jenis kalsium oksida yang digunakan dapat mempengaruhi efisiensi kaustisasi yang berarti untuk menghasilkan efisiensi kaustisasi yang diinginkan maka perlu waktu reaksi dan kontrol parameter lainnya yang efektif agar dapat meningkatkan kapasitas produksi serta mengurangi waktu operasi yang berlebih.

Hal di atas melatar belakangi penulis untuk melakukan penelitian dengan judul "Pengaruh Penambahan *Burn Lime* dan *Fresh Lime* terhadap Efisiensi Kaustisasi". Parameter hasil percobaan yang diperhatikan adalah nilai efisiensi kaustisasi, kualitas *white liquor*, dan beban filtrasi.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *hot plate* dan *magnetic stirrer*, erlenmeyer 300 mL, termometer, corong, kertas saring, saringan mesh 100, aluminium foil, buret, mortar, alu, pipet tetes, pipet volume 5 mL & 10 mL & 25 mL, gelas beaker 100 mL, dan desikator.

Sedangkan bahan yang digunakan adalah *burn lime*, *fresh lime*, dan *green liquor* sebagai objek penelitian, serta HCl 0,1N dan 0,5N, BaCl₂ 5% dan 10%, indikator phenolphthalein, formaldehid 37%, indikator *methyl orange* sebagai bahan untuk uji karakteristik bahan baku dan produk.

2.2. Metodologi

Penelitian ini terbagi menjadi tiga tahap. Tahap pertama adalah tahap persiapan, pada tahap ini dilakukan persiapan alat dan bahan baku yang digunakan terutama pengambilan kapur jenis *burn lime* dan *fresh lime*, dan juga *green liquor* dari titik pengambilan sampel di unit *recausticizing* dan *lime kiln* sebagai objek yang akan di teliti. Kemudian dilakukan pengujian karakteristik dari masing masing bahan baku diantaranya kemurnian (*purity*) dari kapur dan *total titratable alkali* (TTA) *green liquor*.

Tahap kedua adalah pelaksanaan, pada tahap ini dilakukan percobaan untuk membuat *white liquor* dengan cara mereaksikan *green liquor* dengan kapur berdasarkan target efisiensi kaustisasi 83%. Temperatur awal *green liquor* dikondisikan pada 87°C. Percobaan ini dilakukan pada dua tahap, yaitu tahap *slaking* dan kaustisasi. Pada tahap *slaking*, temperatur reaksi di kontrol pada 101-104°C dengan waktu reaksi *slaking* 10, 15, 20, 25, dan 30 menit. Sedangkan pada tahap kaustisasi, temperatur reaksi di kontrol pada 98-100°C serta waktu reaksi 60 sampai 360 menit dengan interval waktu 30 menit. Setelah percobaan selesai dilakukan, dilakukan filtrasi menggunakan kertas saring dan di ukur waktu retensinya. Tujuan dari filtrasi adalah untuk memisahkan *white liquor* dengan *lime mud*.

Basis perhitungan yang digunakan adalah penentuan efisiensi kaustisasi, sedangkan penambahan kapur didasarkan pada perbandingan mol kalsium oksida dengan mol sodium karbonat. Adapun untuk mendapatkan nilai efisiensi kaustisasi dapat menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Efisiensi Kaustisasi} = \frac{NaOH}{NaOH+Na_2CO_3} \times 100$$

Tahap ketiga adalah tahap pengujian, pada tahap ini dilakukan pengujian karakteristik dari *white liquor* yang dihasilkan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui *total titratable alkali* (TTA) pada *white liquor* sehingga dapat dilakukan perhitungan efisiensi kaustisasi yang dihasilkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian Bahan Baku

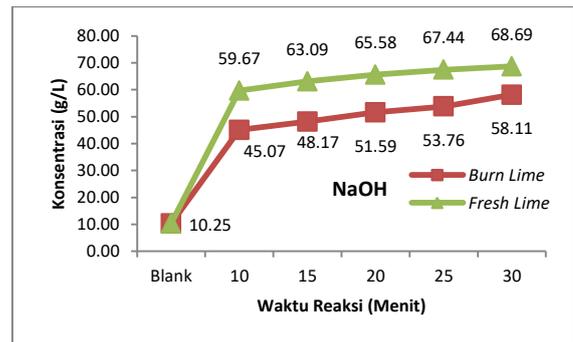
Tabel 1. Kemurnian Kalsium Oksida

Sampel Kapur	Kemurnian (%)
<i>Burn Lime</i>	74,47%
<i>Fresh Lime</i>	92,64%

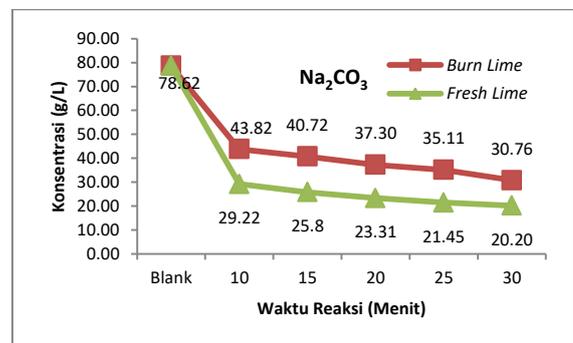
Tabel 2. Komposisi *Clean Green Liquor*

Parameter	Komposisi
NaOH	10,25 g/L as Na ₂ O
Na ₂ S	41,64 g/L as Na ₂ O
Na ₂ CO ₃	78,62 g/L as Na ₂ O
<i>Total Titratable Alkali</i>	130,51 g/L as Na ₂ O
<i>Total Suspended Solid</i>	125 ppm

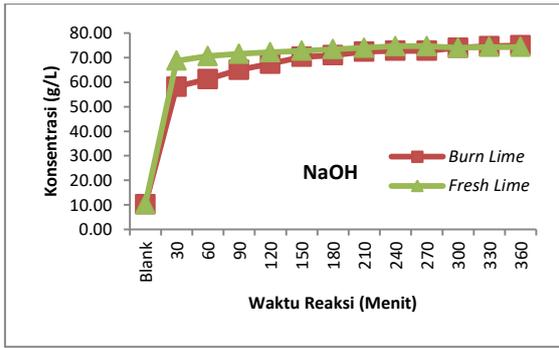
3.2. Konsentrasi NaOH dan Na₂CO₃ tahap *Slaking* dan Kaustisasi



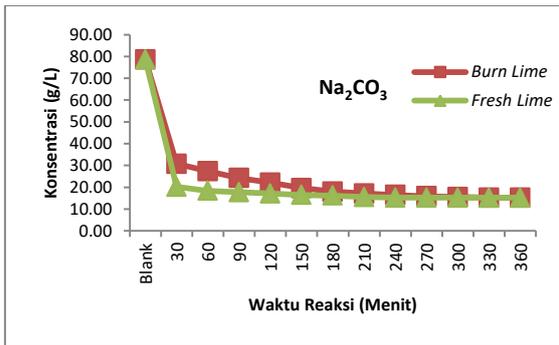
Gambar 1. Grafik Konsentrasi NaOH Tahap *Slaking*



Gambar 2. Grafik Konsentrasi Na₂CO₃ Tahap *Slaking*



Gambar 3. Grafik Konsentrasi NaOH Tahap Kaustisasi



Gambar 4. Grafik Konsentrasi Na₂CO₃ Tahap Kaustisasi

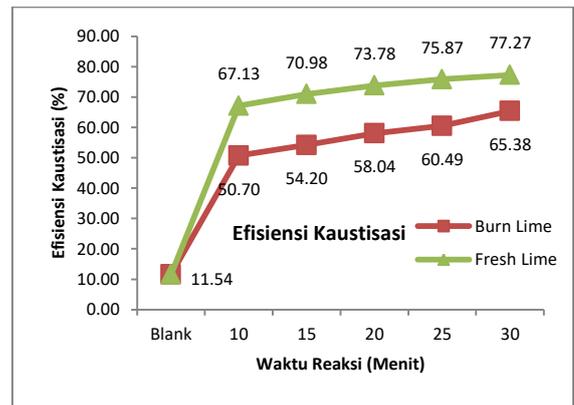
Sodium Hidroksida merupakan bahan kimia aktif yang digunakan sebagai larutan pemasak pada proses *pulping* dengan metode *kraft*. Di dalam proses pemulihan bahan kimia sisa dari proses *kraft* dilakukan dengan metode rekaustisasi, yaitu proses untuk mengubah sodium karbonat (NaOH) menjadi sodium hidroksida (Na₂CO₃) dengan cara menambahkan kalsium oksida (CaO).

Gambar 1 dan Gambar 3 menunjukkan bahwa dengan penambahan kapur jenis *burn lime* dan *fresh lime*, serta penambahan waktu reaksi dapat meningkatkan konsentrasi NaOH di dalam *liquor*. Sedangkan Gambar 2 dan Gambar 4 menunjukkan bahwa dengan perlakuan yang sama dapat menurunkan konsentrasi Na₂CO₃. Rata rata peningkatan konsentrasi NaOH pada tahap *slaking* adalah 5,08% sedangkan tahap kaustisasi sebesar 1.54%. Hal tersebut dapat terjadi karena pada tahap *slaking* konsentrasi Ca(OH)₂ dan Na₂CO₃ di dalam *liquor* masih tinggi sehingga waktu reaksi yang diperlukan lebih singkat. Berbeda dengan tahap kaustisasi yang berlangsung sangat lambat karena tahap ini adalah penyempurnaan reaksi dari tahap

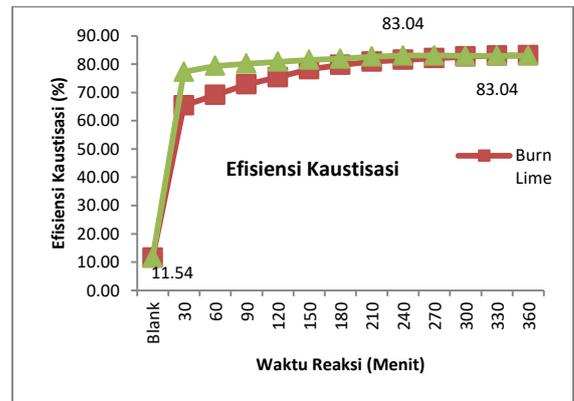
slaking. Penurunan konsentrasi Na₂CO₃ sebanding dengan meningkatnya konsentrasi NaOH.

R. Andreola, dkk. (2015) menjabarkan bahwa peningkatan konsentrasi NaOH dan penurunan konsentrasi Na₂CO₃ disebabkan karena reaksi *slaking* dan kaustisasi yang berlangsung. Reaksi *slaking* adalah reaksi CaO dengan H₂O sehingga menghasilkan Ca(OH)₂. Sedangkan reaksi kaustisasi adalah reaksi antara Na₂CO₃ dengan Ca(OH)₂ menghasilkan NaOH dan CaCO₃. Namun, sebagian besar reaksi kaustisasi juga terjadi pada saat reaksi *slaking* yang berlangsung didalam suatu tanki yang disebut *slaker*.

3.3. Efisiensi Kaustisasi Tahap *Slaking* dan Kautiasi



Gambar 5. Grafik Efisiensi Kaustisasi Tahap *Slaking*



Gambar 6. Grafik Efisiensi Kaustisasi Tahap Kautiasi

Dari **Gambar 5** dan **Gambar 6** dapat diketahui bahwa waktu reaksi berpengaruh terhadap reaksi *slaking* dan kaustisasi. Hal ini dibuktikan dengan meningkatnya nilai efisiensi kaustisasi yang mengindikasikan tingkat berjalannya reaksi kaustisasi. Standar efisiensi kaustisasi di tahap *slaking* adalah diatas 70%.

Wang Lijun (1993) menjelaskan, meskipun reaksi *slaking* dan kaustisasi dinyatakan sebagai dua tahap, namun *slaking* dan kaustisasi sangat berhubungan satu sama lain karena sebagian besar reaksi kaustisasi juga terjadi pada saat proses *slaking*. Reaksi kaustisasi bersifat *reversible* (bolak-balik) dan dapat berlanjut ke arah kanan maupun kiri tergantung pada konsentrasi relatif reaktan dan produk. Karena kalsium karbonat sulit larut menjadi kalsium hidroksida, maka reaksi kaustisasi cenderung bergerak ke arah kanan.

Sanchez, Dale (2007) menyebutkan bahwa mill yang beroperasi dengan efisiensi kasutisasi sebesar 80-84% di *causticizer* terakhir, produk dari *slaker* harus mencapai efisiensi kaustisasi 72-75%. Hal ini dimaksudkan agar semakin banyak *lime* yang terkonversi menjadi CaCO_3 dan juga semakin banyak Na_2CO_3 yang terkonversi menjadi NaOH .

Meskipun efisiensi kaustisasi tertinggi pada tahap *slaking* tercapai pada 77,27%, namun target pada tahap *slaking* yang efektif tercapai waktu reaksi 20 menit dengan nilai 73,78% menggunakan kalsium oksida jenis *fresh lime* seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5**. Sedangkan pada tahap kaustisasi pada **Gambar 6** menunjukkan bahwa waktu efektif dari reaksi kaustisasi adalah 240 menit dengan nilai efisiensi kaustisasi sebesar 83,04% menggunakan *fresh lime* dan penggunaan *burn lime* mencapai efisiensi kaustisasi 83,04% dengan waktu yang lebih lama yaitu 330 menit. Meskipun demikian, target efisiensi kaustisasi yang ditetapkan oleh unit *recausticizing* berkisar 80-83%, sehingga waktu reaksi 90 menit sudah dapat mencapai target yang diinginkan menggunakan kapur jenis *fresh lime*.

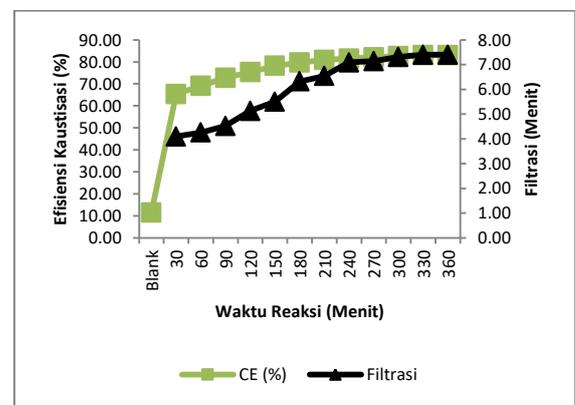
Gambar 5 dan **Gambar 6** menunjukkan bahwa penggunaan kalsium oksida jenis *fresh lime* cenderung lebih efektif dibandingkan dengan penggunaan *burn lime*. Hal tersebut dapat terjadi karena *burn lime* yang digunakan

memiliki reaktivitas yang rendah sehingga pembentukan Ca(OH)_2 sangat lambat. Hal ini juga dapat terlihat dari bentuk *burn lime* yang lebih padat sehingga membutuhkan waktu *slaking* yang lebih lama agar CaO dapat bereaksi dengan H_2O .

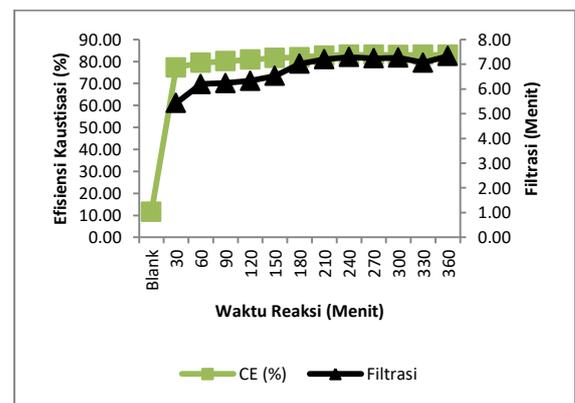
Sancez, Dale (2007) menyebutkan bahwa efisiensi kaustisasi bergantung pada :

1. TTA dan temperatur *green liquor*.
2. Kualitas Kapur
3. Waktu retensi dan temperatur *slaking*.

3.4. Beban Filtrasi



Gambar 7. Beban Filtrasi menggunakan *Burn Lime*



Gambar 8. Beban Filtrasi menggunakan *Fresh Lime*

Beban filtrasi adalah waktu penyaringan yang dibutuhkan untuk memisahkan *liquor* (cairan) dengan kalsium karbonat yang terbentuk dan diukur dengan hitungan menit.

Dari **Gambar 7** dan **Gambar 8** dapat diketahui bahwa semakin lama waktu reaksi yang diberikan maka efisiensi kaustisasi yang dicapai juga akan semakin tinggi. Hal tersebut mengakibatkan kalsium karbonat yang terbentuk di dalam *liquor* semakin banyak sehingga mempengaruhi waktu filtrasi yang dibutuhkan.

3.5. Hubungan Total Titratable Alkali, Efisiensi Kaustisasi, dan Kalsium Oksida

Total Titratable Alkali (TTA) merupakan jumlah dari sodium karbonat, sodium hidroksida, dan sodium sulfida. Ketiga senyawa tersebut merupakan komponen yang sangat penting dalam proses rekaustisasi karena dijadikan sebagai basis perhitungan untuk mengetahui parameter lainnya seperti aktif alkali, efektif alkali, sulfiditas, dan efisiensi kaustisasi.

Untuk itu TTA erat hubungannya dengan efisiensi kaustisasi dan kalsium oksida dalam pembuatan *white liquor*. Karena untuk membuat *white liquor* dengan standar nilai efisiensi kaustisasi tertentu, diperlukan data TTA beserta senyawanya sehingga dapat dilakukan perhitungan terkait jumlah sodium karbonat yang harus direaksikan menjadi sodium hidroksida untuk mencapai target efisiensi kaustisasi. Jumlah sodium karbonat yang harus direaksikan inilah yang menjadi dasar penambahan kalsium oksida menggunakan perbandingan mol.

Jadi TTA, efisiensi kaustisasi, dan kalsium oksida sangat erat hubungannya dalam proses pembuatan *white liquor*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data dan analisa diatas, dapat disimpulkan bahwa :

1. Penambahan kalsium oksida dapat meningkatkan jumlah sodium hidroksida dan menurunkan jumlah sodium karbonat di dalam *liquor*. Rata-rata peningkatan

konsentrasi NaOH sebesar 5,08% pada tahap slaking dan 1,54% pada tahap kaustisasi. Penurunan konsentrasi Na_2CO_3 sebanding dengan peningkatan konsentrasi NaOH.

2. Waktu reaksi berpengaruh terhadap efisiensi *slaking* dan kaustisasi. Semakin lama waktu reaksi maka efisiensi kaustisasi yang dihasilkan akan semakin tinggi.
3. Untuk mendapatkan target efisiensi kaustisasi 83%, waktu reaksi yang efektif untuk tahap *slaking* yaitu 20 menit dengan efisiensi kaustisasi 73,78% dan 240 menit dengan efisiensi kaustisasi 83,04% untuk tahap kaustisasi menggunakan kalsium oksida jenis *fresh lime* yang lebih efektif dibanding *burn lime*.
4. *Total titratable alkali* dan efisiensi kaustisasi berhubungan dengan penambahan kalsium oksida dalam pembuatan *white liquor*. Karena penambahan kalsium oksida didasarkan kepada target efisiensi kaustisasi yang ingin dicapai dan efisiensi kaustisasi dapat dihitung jika *total titratable alkali* telah diketahui.

5. SARAN

Berdasarkan data hasil penelitian yang telah di peroleh, beberapa saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan penelitian ini sebagai berikut :

1. Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai metode pengujian reaktivitas kalsium oksida.
2. Melakukan percobaan terkait pengaruh pembuatan *white liquor* dengan rasio perbandingan *fresh lime* dan *burn lime* terhadap kualitas *lime mud* yang dihasilkan. Dimulai dari rasio 100% *burn lime* atau *fresh lime*, atau 50%:50%.
3. Melakukan perhitungan biaya produksi secara rinci.

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih saya sampaikan kepada seluruh elemen yang sudah membantu, semoga Allah membalasnya dengan kebaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andreola, R., A. A. Santos, M. M Jorge, 2015. *Predictions of Values in a Causticizing Process. Chemical and Molecular Engineering*, Vol : 9, No.07. pp. 912-918.
- Aziz, Muchtar, 2010. “Batu Kapur dan Peningkatan Nilai Tambah serta Spesifikasi untuk Industri. Bandung”, *Teknologi Mineral Batubara. Volume 6 Nomor 3* : 116-131.
- Bajpai, Partima, 2017. *White Liquor of Preparation*.
- Biermann, J. Christoper, 1996. *Handbook of Pulping and Papermaking*. Oregon : Academic Press.
- Boynton, S. Robert, 1999. *Chemistry and Technology of Lime and Limestone* 2nd.Ed.
- Sanchez, Dale. R, 2007. “*Recausticizing-Principles and Practice*”, *Kraft Recovery Short Course*. Burlington, Januari 2007.
- Shrinath, A., Buettner, C., 2000. A review of issues related to green liquor quality, and approaches towards improved clarification. 33rd Pulp and Paper Annual Congress. Sao Paulo, 23-26 October 2000.
- Sixta, Herbet, 2006. *Handbook of Pulp*. Weinheim : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Smook, G.A. 1992. *Handbook for Pulp and Paper Technologist 3rd Edition*. Vancouver : Angus Wilde Publications Inc.
- Syambas, A. Ramadhan, 2016. Pengaruh Penambahan CaO terhadap Kualitas White Liquor. Deltamas : ITS B.
- Trivedi and Hagemeyer, 2004. “*The Industrial Minerals Handybook IP*”, *Carbonate Rocks*. United Kingdom : RMC Industrial Minerals Ltd.
- Ulmgren, P. 1990. *On the Chemistry of Recausticizing. Paper Presented at TAPPI Kraft Recovery Operations Short Course*. Orlando, 8-12 Januari 1990.
- Wang, Lijun. 1993. *Dynamic Symulation a Recausticizing Plant*. Vancouver : The University of British Columbia.

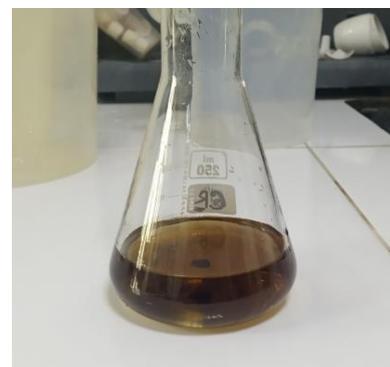
LAMPIRAN



Gambar Fresh Lime



Gambar Burn Lime



Gambar White Liquor