

PENGARUH *STAGE WASHING* TERHADAP PENURUNAN NILAI TOTAL ALKALI *LIME MUD*

Riris Mayla Permata¹, Erwin^{2*}

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

²Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung

ABSTRAK

Lime mud memiliki kandungan CaCO_3 tinggi sehingga berpotensi untuk dijadikan CaO . Pada *lime mud* terdapat kandungan alkali yang cukup tinggi. Berdasarkan fenomena di industri, *lime mud* yang sudah di *washing* dua kali belum menghasilkan nilai total alkali $< 1\%$. Apabila total alkali tinggi maka nilai *dryness* rendah sehingga mengakibatkan konsumsi energi meningkat dan kualitas produk CaO kurang baik seperti *purity* rendah dan kapur tidak matang secara merata. Untuk mengurangi alkali *lime mud* yang tinggi maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh *stage washing* terhadap penurunan total alkali *lime mud*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang dapat mengetahui pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen. Penelitian ini melakukan *washing* menggunakan variasi rasio *lime mud slurry* dan pencuci dengan perbandingan 1:1 sampai 1:10. Kemudian untuk variasi *stage washing* nya yaitu *stage washing* ketiga menggunakan *condensate*, *stage washing* ketiga menggunakan *condensate* dan *stage washing* keempat menggunakan *weak wash liquor*, serta *stage washing* ketiga menggunakan *condensate* dan *stage washing* keempat menggunakan *condensate*. Berdasarkan hasil penelitian, pencucian yang optimum pada rasio 1:5 dan 1:6 dengan variasi *stage washing* ketiga menggunakan *condensate* dan *stage washing* keempat menggunakan *condensate*. Pada rasio 1:5 memperoleh nilai total alkali 0,60 % dengan *dryness* 64,53 % sedangkan pada rasio 1:6 memperoleh nilai total alkali 0,54% dengan *dryness* 67,24% yang menunjukkan bahwa alkali yang diperoleh sudah memenuhi standar pabrik sedangkan untuk *dryness* belum mencapai standar pabrik dikarenakan tekanan *vacuum* pada skala laboratorium lebih rendah dibandingkan dilapangan. Apabila mengimplementasikan ke pabrik akan memberikan benefit seperti mengurangi *reduce chemical* untuk 1:5 me *reduce chemical* 382 USD/Day dan 1:6 me *reduce chemical* 396,816 USD/Day.

Kata kunci: *condensate, lime mud, total alkali, weak wash liquor*

ABSTRACT

Lime Mud has high CaCO_3 content so it is potentially to be carried out in CaO . In *Lime Mud* there is a high alkali content. Based on the phenomenon in the industry, *Lime Mud* who has been in *Washing* twice has not resulted in the total value of alkali $< 1\%$. If the total alkali is high, the *dryness* value is low in order to result in increased energy consumption and the quality of CaO products is less common as low *purity* and *lime* are not mature evenly. To reduce the alkali of a high *Lime Mud* then this study aims to determine the effect of *stage washing* on the total decline in alkali *Lime Mud*. The method used in this research is the experimental method that can perceive the effect of independent variables on dependent variables. This study was doing *washing* using a variation of *Lime Mud slurry* ratio and *washing* with a 1: 1 to 1:10 ratio. Then for the current *stage washing* of the third *stage washing* using *Condensate*, the third *washing stage* using the *condensate* and the fourth *stage washing* using *Weak Wash Liquor*, as well as the third *stage washing* using the *condensate* and the fourth *stage washing* using *Condensate*. Based on the results of the study, optimum *washing* on 1: 5 and 1: 6 ratio with the third *stage* of *Washing Three* using the *condensate* and the fourth *stage washing* using *Condensate*. In the ratio of 1: 5 obtained a total value of alkali 0.61% with *dryness* 64.53% while in ratio 1: 6 obtained total value of alkali 0.54% with *dryness* 67.24% indicating that alkali obtained has met the factory standard while for *dryness* has not reached the factory standard due to the *vacuum pressure* on the laboratory scale is lower than the field. If implementing to the factory will provide benefits such as reducing *reduc chemical* for 1: 5 Me *reduce chemical* 374,278 USD / Day and 1: 6 Me *Reduce Chemical* 396,816 USD / Day.

Keywords: *Condensate, Lime Mud, Total Alkali, Weak Wash Liquor.*

^{1*} Corresponding author: erwin.dosen@gmail.com

1 Pendahuluan

Industri *pulp* dan kertas adalah salah satu kelompok industri kimia yang menjadi unggulan Indonesia (Arif Permana Yudha, 2019). Sehingga kebutuhan *pulp* dan kertas semakin meningkat dari tahun ke tahun. Meningkatnya kebutuhan *pulp* dan kertas tersebut juga mengakibatkan peningkatan penggunaan bahan kimia dalam proses *cooking pulp*. Untuk mengurangi penggunaan bahan kimia yang murni, maka dapat mengupayakan pemanfaatan kembali bahan kimia pemasak yang terkandung di dalam *black liquor*.

Menurut Denny Gunawan (2013) berdasarkan larutan pemasaknya, ada 3 jenis proses yaitu proses kraft, proses soda, dan proses sulfit. Larutan pemasak yang paling umum digunakan adalah NaOH. Dari proses ini dihasilkan produk samping yang berupa cairan berwarna hitam. Cairan ini adalah limbah *black liquor* yang banyak mengandung lignin dan berbahaya bagi ekosistem perairan. Yusup Chandra (2004) menyebutkan bahwa *Black liquor* merupakan limbah cair yang dihasilkan dari proses pemasakan kayu atau pulping. *Black liquor* tersebut memiliki kandungan organik (kayu terlarut) dan anorganik (bahan kimia pemasak). *Black liquor* termasuk limbah cair B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) apabila dibuang langsung ke sungai dapat mengakibatkan ketidakseimbangan ekosistem perairan (Denny Gunawan, 2013). Antisipasi pencemaran dapat mengurangi limbah dan emisi (Erwin, 2021).

Proses *chemical recovery* merupakan proses daur ulang bahan kimia anorganik yang digunakan pada saat proses *cooking pulp* dan diregenerasi untuk digunakan kembali. Dalam proses *chemical recovery* akan menghasilkan daur ulang bahan kimia anorganik dan energi panas dari hasil pembakaran material organik yang terkandung dalam *black liquor*, serta dapat mengurangi limbah cair yang berbahaya menjadi material yang bermanfaat (Bierman, 1996, p.101). Proses *chemical recovery* pada *recausticizing* menghasilkan produk samping yaitu *lime mud*. *Lime mud* memiliki kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) yang cukup tinggi yaitu $> 80\%$. Untuk mengurangi limbah dari produk samping *recausticizing* maka *lime mud* dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk memproduksi kalsium oksida (CaO) dengan cara proses kalsinasi pada

silinder berputar dengan menggunakan bantuan panas di dalam *lime kiln* yang dapat menghasilkan kemurnian $\text{CaO} > 75\%$ (Gina Maulia, 2020).

Menurut Toni Laurikainen (2019) alkali yang terkandung dalam *lime mud* dihilangkan dengan cara *washing lime mud*. Setelah proses pencucian alkali dalam *lime mud* biasanya masih terkandung sekitar 1%. Total alkali merupakan jumlah total dari *Natrium Hidroksida* (NaOH), *Natrium Sulfida* (Na_2S), dan *Natrium Karbonat* (Na_2CO_3) yang terkandung dalam *lime mud* (CaCO_3). Apabila total alkali *lime mud* tinggi maka akan berpengaruh terhadap nilai *dryness* rendah sehingga mengakibatkan peningkatan konsumsi energi pada proses pembakaran *lime mud*.

Untuk mengupayakan penurunan nilai total alkali dalam meningkatkan kualitas *lime mud* industri pulp mulai mengaplikasikan proses *two stage washing* pada *lime mud* dengan *stage washing* pertama menggunakan *condensate* dan *stage washing* kedua menggunakan *weak wash liquor*. (Erwin, 2021) dalam upaya untuk mencapai kinerja keberlanjutan perusahaan perlu adanya dukungan terhadap pencapaian kinerja lingkungan dengan peningkatan kompetensi karyawan, program pengurangan sumberdaya alam dan limbah yang memberikan dampak pada keuntungan dari sisi keuangan perusahaan.

Berdasarkan fenomena di industri, *lime mud* yang sudah di *washing* sebanyak dua kali belum menghasilkan total alkali *lime mud* yang sesuai standar atau $< 1\%$. Proses pencucian atau *washing* tersebut bertujuan untuk mengambil alkali yang masih terkandung didalam *lime mud* (Nurwulandari Saputri, 2019). Berdasarkan fenomena di industri yang ada total alkali *lime mud* periode februari sampai maret 2022 cenderung memiliki nilai diatas 1%, hal inilah yang menjadi perhatian industri untuk diperbaiki. Hal tersebut dikarenakan pada saat proses *washing lime mud* penambahan dari pencuci yang kurang banyak sehingga alkali belum dapat mencapai dibawah standar. Apabila total alkali tinggi maka menyebabkan nilai *dryness* rendah sehingga dapat mengakibatkan konsumsi energi semakin banyak dan kualitas produk CaO kurang baik seperti purity CaO rendah dan kapur tidak matang secara merata. Oleh karena itu diperlukan untuk penambahan *stage washing lime mud* agar total alkali *lime mud*

agar total alkali *lime mud* mencapai hasil optimum sehingga dapat memberikan keuntungan pada proses selanjutnya yaitu memperoleh kualitas produk CaO yang baik. (Erwin, 2017) definisi konvensional dari kualitas biasanya menggambarkan karakteristik langsung dari suatu produk. (Erwin, 2018) peningkatan kualitas produk dapat menerapkan sistem manajemen mutu. Pencapaian kinerja perusahaan tergantung pada tingkat sistem manajemen yang diterapkan (Erwin. dkk, 2021).

Berdasarkan penjelasan uraian di atas, tulisan ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan *stage washing* terhadap penurunan nilai total alkali *lime mud*.

2 Tinjauan Pustaka

2.1 Chemical Recovery

Bierman (1996. P. 101) menyatakan bahwa pada *chemical recovery* bahan kimia anorganik yang terkandung dalam *black liquor* atau yang digunakan dalam proses pembuatan *pulp* akan dipulihkan dan diregenerasi menjadi larutan pemasak atau *white liquor* untuk digunakan kembali pada proses *cooking*. Proses *chemical recovery* dapat mengurangi penggunaan bahan kimia pemasak *pulp*. Honghi Tran (2016) *Chemical recovery* adalah proses daur ulang bahan kimia pembuatan *pulp*. Di sisi lain, material organik akan diubah untuk menjadi energi panas dan akan menghasilkan *steam* (Herbert Sixta. 2006, p 1001).

2.2 Recausticizing

Anton (2016) *Recausticizing* merupakan unit *chemical recovery* yang bertujuan untuk mengubah *green liquor* menjadi *white liquor* yang akan digunakan pada proses *cooking* dengan cara mengubah kandungan natrium karbonat (Na_2CO_3) yang ada di dalam *green liquor* menjadi natrium hidroksida (NaOH) dengan bantuan penambahan kapur (CaO).

Terdapat beberapa reaksi kimia di proses *recausticizing* dan *lime kiln*. Reaksi pertama yaitu reaksi *slaking*, reaksi *slaking* ini dilakukan penambahan kalsium oksida (CaO) ke dalam *green liquor*. *green liquor* tersebut masih memiliki kandungan air yang cukup tinggi, sehingga kalsium oksida yang ditambahkan akan

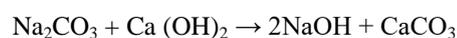
bereaksi dengan air dan menghasilkan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) (Herbert Sixta. 2006, p 1014).

Berikut persamaan reaksi *slaking* di *recausticizing* :

$$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$$

Reaksi selanjutnya yaitu reaksi *causticizer*, *causticizer* merupakan tempat proses penyempurnaan reaksi yang akan mengubah natrium karbonat (Na_2CO_3) menjadi natrium hidroksida (NaOH) dan juga pada reaksi *causticizer* menghasilkan produk kalsium karbonat (CaCO_3).

Berikut persamaan reaksi *causticizer* di *recausticizing* :



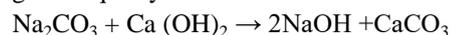
Reaksi terakhir yaitu reaksi *kalsinasi*, *kalsinasi* merupakan tempat proses CaCO_3 yang dipisahkan dari *white liquor* yang kemudian dibakar pada temperatur 820°C .

Berikut persamaan reaksi *kalsinasi* di *recausticizing* :

$$\text{CaCO}_3 + \text{panas} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$$

2.3 Lime Mud

Dyah Suci Perwitasari (2007) *lime mud* adalah kapur sisa dari proses *recausticizing* (daur ulang soda). Sebagian besar kandungan *lime mud* adalah CaCO_3 hasil reaksi kimia antara susu kapur dengan *green liquor* yaitu :



Lime mud adalah salah satu produk samping dari hasil daur ulang pada proses industri *pulp* yang dihasilkan dari proses *recausticizing* yang memiliki kandungan CaCO_3 (*kalsium karbonat*) yang cukup tinggi yaitu $>80\%$. Sejauh ini *lime mud* 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 $>75\%$ (Gina Maulia, 2020).

2.4 Washing

Menurut Toni Laurikainen (2019) alkali yang terkandung dalam *lime mud* dihilangkan dengan cara *washing lime mud*. Apabila *lime mud* tidak dicuci maka Na_2S akan menyebabkan terjadinya

slagging pada proses kalsinasi. Setelah proses pencucian alkali dalam *lime mud* biasanya masih terkandung sekitar 1%. *Washing lime mud* dapat dilakukan dengan menggunakan satu atau dua *step washing*. Patrik Lownertz (2007) Tujuan dari proses *washing* yaitu untuk mengurangi kadar natrium dan sulfida dalam *lime mud* serta agar memperoleh *lime mud* dengan *dryness* yang cukup kering sehingga dapat mempermudah proses pembakaran *lime mud*.

2.4.1 Weak Wash Liquor

Weak wash liquor merupakan filtrat dari proses *dreg washer*, *dreg precoat filter*, dan *dreg press filter* (*Recausticizing and Lime Kiln Overview*, 2021). *Weak wash liquor* dimanfaatkan sebagai pencuci *lime mud* yang bertujuan untuk menurunkan nilai total alkali *lime mud*. Firstyanto Abdillah (2018) *Weak wash liquor* juga digunakan untuk pencampuran *smelt* pada *dissolving tank* untuk menghasilkan *Green Liquor*.

2.4.2 Condensate

Kenneth Nesselrodt, dkk (2015) *Condensate* yang diperoleh dari proses evaporator banyak digunakan pada siklus *recovery*. Firstyanto Abdillah, dkk (2018) *Condensate* yang dihasilkan dari *vacuum evaporator* terbagi menjadi 3 jenis yaitu *clean condensate*, *intermediate condensate*, dan *foul condensate*.

a. Clean Condensate

Clean condensate merupakan air hasil evaporasi pada *vacuum evaporator* yang paling bersih. *Clean condensate* memiliki nilai konduktivitas dibawah 100 $\mu\text{S/m}$ dan akan dikirim ke *fiberline* untuk digunakan proses *washing pulp*.

b. Intermediate Condensate

Intermediate condensate merupakan air hasil evaporasi yang memiliki konduktivitas 100-200 $\mu\text{S/m}$. *Intermediate condensate* akan dikirim ke *recausticizing-lime kiln* dan *recovery boiler*. Pada umumnya *intermediate condensate* digunakan untuk mem-backwash pipa-pipa yang tersumbat dan juga digunakan untuk proses *washing lime mud*.

c. Foul Condensate

Foul condensate merupakan air hasil evaporasi yang memiliki konduktivitas diatas 200 $\mu\text{S/m}$. Air *condensate* ini masih memiliki kandungan methanol sehingga *foul condensate* akan dilakukan *treatment* kembali di dalam sistem untuk diambil methanolnya.

2.5 Total Alkali

Herbert Sixta (2006.p.142) Total alkali terdiri dari jumlah semua garam natrium yaitu jumlah total dari natrium hidroksida (NaOH), natrium sulfida (Na_2S), dan natrium karbonat (Na_2CO_3). Pengujian *total alkali* pada *lime mud* bertujuan untuk mengetahui kandungan alkali dalam *lime mud*. Jika semakin tinggi kandungan *total alkali* maka nilai *dryness* akan semakin rendah, sehingga akan menimbulkan dampak kebutuhan energi yang banyak pada saat proses kalsinasi (Gina Maulia, 2020).

Recausticizing dan Lime Kiln (2021) minimum nilai total alkali pada *lime mud* yaitu 0,2 % apabila total alkali dibawah nilai tersebut maka kapur akan berbentuk *dusty* dan apabila total alkali > 1 % maka *dryness lime mud* rendah sehingga pemakaian bahan bakar lebih tinggi pada proses kalsinasi, kapur berukuran besar, dan kapur tidak matang sempurna. untuk nilai optimum dari total alkali *lime mud* yang diinginkan pada industri yaitu 0,5 % - 0,6 % .

2.6 Dryness

Dwi Maritawati (2021) *Dryness* merupakan tingkat kekeringan dari *lime mud* (CaCO_3). *Dryness* tersebut memiliki pengaruh terhadap proses kalsinasi *lime mud* (CaCO_3), sehingga hal tersebut juga dapat berpengaruh terhadap burn lime (CaO) yang dihasilkan. *Dryness* tersebut juga memiliki pengaruh terhadap penggunaan energi pada saat proses kalsinasi. Jika *dryness lime mud* (CaCO_3) yang dihasilkan terlalu rendah maka penggunaan atau konsumsi energi semakin banyak dan *cost* juga meningkat. (Ingelman, 2014) menyatakan bahwa pada *lime mud filter* bertujuan untuk meningkatkan tingkat kekeringan dari *lime mud* sebelum dikirim ke *lime kiln* untuk dilakukan proses pembakaran. Biasanya sebelum dikirim ke *lime kiln* tingkat kekeringan *lime mud* berkisaran antara 70-80 %.

3 Bahan dan Metode

3.1 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain *lime mud slurry* yang sudah di *washing* dua kali, *condensate*, *weak wash liquor*, *demin water*, indikator methyl orange, indikator phenolptalein, formaldehid 37%, HCl 0.1 N, HCl 0.5 N, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 10 %, dan BaCl_2 5 %. Alat penelitian yang digunakan antara lain *Beaker glass* 2000 ml, gelas ukur, timbangan, buret, pipet volume, *magnetic stirrer*, *erlenmeyer*, *thermometer*, *hot Plate*, *vacuum*, corong, kertas saring, *stopwatch*. Sedangkan instrumen analisis yang digunakan antara lain oven, cawan, labu distilasi, dan kondensor.

3.2 Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang melakukan percobaan secara langsung di laboratorium. Untuk unit *sampling* yang digunakan satu kali pengambilan sampel dan setiap variasi penelitian dilakukan tiga kali pengujian setiap parameter. Untuk unit analisis yaitu sebanyak 3 data dari nilai total alkali dan *dryness* dari setiap variasi *washing* dan rasio *dilution*. Pada penelitian ini terdapat tiga variasi *washing* yaitu variasi pertama pada *stage washing* ketiga menggunakan *condensate*, variasi kedua pada *stage washing* ketiga menggunakan *condensate* dan *stage washing* keempat menggunakan *weak wash liquor*, dan variasi ketiga pada *stage washing* ketiga menggunakan *condensate* dan *stage washing* keempat menggunakan *condensate*. Serta variasi *dilution* pada penelitian ini yaitu *lime mud slurry* (400 ml) berbanding dengan pencuci 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, 1:7, 1:8, 1:9, 1:10.

Terlebih dahulu *lime mud slurry* dicampur dengan pencuci baik dengan *condensate* maupun *weak wash liquor* sesuai dengan variasi *washing* dan rasio *dilution* yang digunakan. Kemudian dilakukan proses *washing* selama 5 menit dengan kecepatan pengadukan 300 rpm dan pada suhu 65-70°C. Setelah dilakukan *washing* kemudian dilakukan proses pengeringan menggunakan *vacuum* dengan tekanan -0,4 bar. Kemudian untuk variasi *washing* yang hingga *stage* keempat maka

setelah dilakukan proses pengeringan *lime mud* dilakukan proses *washing* kembali baik dari pencuci *condensate* maupun *weak wash liquor* sesuai dengan variasi *washing* dan jumlah pencuci yang ditambahkan sama dengan *stage washing* ketiga. Setelah itu dilakukan pengeringan kembali dan *lime mud* yang sudah kering akan dilakukan pengujian parameter seperti total alkali dan *dryness*.

4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengujian Bahan Baku

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Bahan Baku

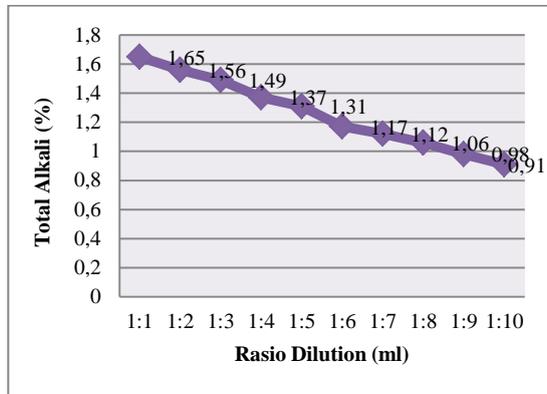
Parameter	Komposisi
<i>Lime Mud Slurry</i>	
Total alkali	1,79 %
<i>Dryness</i>	56,31 %
<i>Condensate</i>	
Total Alkali	0,0021 %
<i>Weak Wash Liquor</i>	
NaOH	7,15 g/l as Na_2O
Na_2S	8,08 g/l as Na_2O
Na_2CO_3	10,26 g/l as Na_2O
Total Titrable Alkali	25,49 g/l as Na_2O
Total Titrable Alkali	2,549 %

Pengujian total alkali *lime mud slurry* untuk mengetahui kandungan alkali pada *lime mud slurry*. Total alkali tersebut berhubungan dengan *dryness lime mud*, jika semakin tinggi total alkali maka *dryness* yang dihasilkan akan semakin rendah. Apabila *dryness* rendah maka kebutuhan energi untuk proses kalsinasi akan meningkat. Maka dari itu total alkali pada *lime mud* harus < 1 %.

Pengujian *dryness lime mud slurry* untuk mengetahui tingkat kekeringan dari *lime mud* atau jumlah kandungan air yang terdapat di dalam *lime mud*. *Dryness* yang diinginkan yaitu > 70 % agar mempermudah proses kalsinasi dan dapat mengurangi konsumsi energi serta dapat menghasilkan produk CaO dengan kualitas yang baik.

Pengujian alkali pada *condensate* dan *weak wash liquor* dilakukan untuk mengetahui alkali yang terkandung. Semakin rendah alkali dalam pencuci maka akan semakin baik untuk digunakan *washing lime mud*.

4.2 Pengaruh Stage Washing 3 Menggunakan Condensate Terhadap Total Alkali Dan Dryness Lime Mud

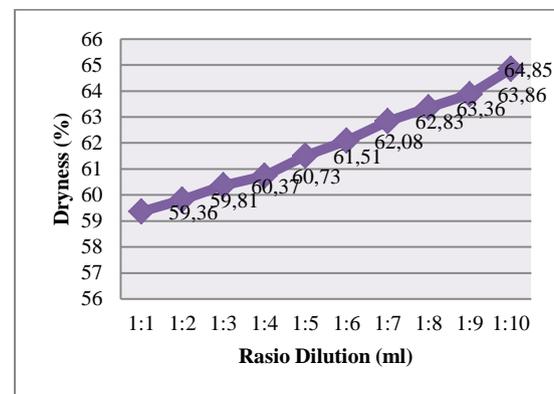


Gambar 4. 1 Grafik Pengaruh Stage Washing 3 Menggunakan Condensate Terhadap Total Alkali

Nilai total alkali *lime mud* menunjukkan bahwa banyaknya kandungan *white liquor* yang terikat ke dalam *lime mud* pada saat proses pemisahan antara *white liquor* dengan *lime mud*. Kandungan alkali dalam *lime mud* tinggi karena proses pemisahan tersebut tidak sempurna. Hal tersebut dikarenakan adanya kandungan NPE (*Non Process Element*) yang menyumbat *cloth* filtrasi sehingga proses pemisahan tersebut tidak sempurna dan banyak kandungan alkali yang terikat dalam *lime mud slurry*. Menurut Jenny Svensson (2012) contoh NPE seperti aluminium fosfor, magnesium, dan silikon.

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa penurunan nilai persen total alkali seiring dengan banyaknya penambahan jumlah *dilution*, dimana pada rasio *dilution* 1:9 dan 1:10 nilai total alkali sudah mencapai dibawah standar 1 % yaitu 0,98 % dan 0,91 % akan tetapi belum mencapai nilai optimum yang diinginkan yaitu 0,5 % - 0,6 %. Salah satu faktor yang menentukan penurunan alkali *lime mud* dari jumlah pencuci yang ditambahkan semakin banyak pencuci maka alkali akan semakin rendah. Menurut Magnus Ingelman (2014) menyatakan bahwa untuk mengurangi alkali dapat menambahkan proses washing dengan jumlah air pencuci yang cukup.

Penurunan nilai total alkali disebabkan oleh alkali yang memiliki sifat mudah larut pada air. Menurut Denny Widhiyanuriyawan (2013) menyatakan bahwa alkali seperti NaOH sangat mudah larut dalam air. Serta proses pencucian *lime mud* terjadi reaksi difusi sehingga alkali yang memiliki konsentrasi tinggi akan berpindah ke cairan yang memiliki konsentrasi lebih rendah. Riesqi Ayu Hardianti (2013) proses difusi tersebut menunjukkan bahwa mengalirnya suatu zat (alkali) ke dalam sebuah pelarut (pencuci).

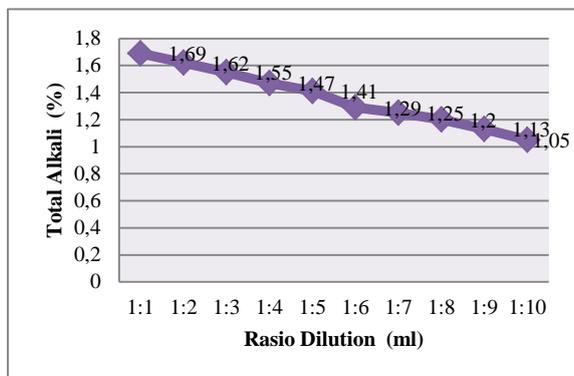


Gambar 4. 2 Grafik Pengaruh Stage Washing 3 Menggunakan Condensate Terhadap Dryness

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa peningkatan *dryness* dipengaruhi oleh penurunan nilai persen total alkali. Dimana nilai total alkali yang mencapai dibawah 1 % pada rasio *dilution* 1:9 memperoleh nilai *dryness* 63,86 % dan pada rasio *dilution* 1:10 yaitu 64,85 %. Nilai *dryness* yang diperoleh belum mencapai diatas 70 %, hal tersebut dikarenakan oleh total alkali yang dihasilkan pada variasi ini masih tinggi.

Menurut Magnus Ingelman (2014) menyatakan bahwa apabila ingin memperoleh *lime mud* dengan tingkat kekeringan tinggi maka akandungan alkali harus rendah. Alkali tersebut berupa cairan yang bercampur dengan *lime mud*. Apabila alkali tinggi maka cairan alkali juga banyak sehingga menyebabkan tingkat kekeringan dari *lime mud* rendah. Setelah dilakukan *washing* kandungan alkali menurun atau rendah yang berarti cairan alkali yang terkandung juga sedikit. Sedikitnya cairan alkali dalam *lime mud* maka *lime mud* tersebut akan memiliki karakteristik lebih kering.

4.3 Pengaruh Stage Washing 3 Menggunakan Condensate dan Stage Washing 4 Menggunakan Weak Wash Liquor Terhadap Total Alkali dan Dryness Lime Mud



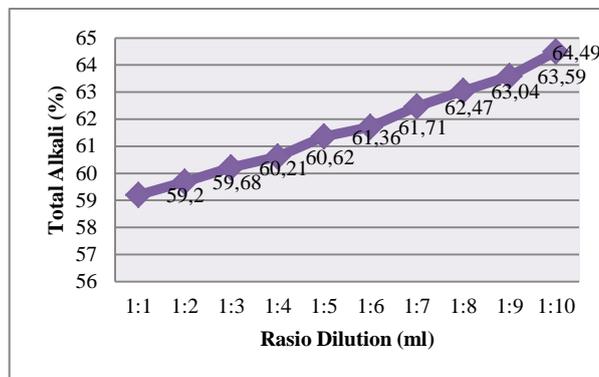
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Stage Washing 3 Menggunakan Condensate dan Stage Washing 4 Menggunakan Weak Wash Liquor Terhadap Total Alkali

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa penurunan nilai persen total alkali seiring dengan banyaknya penambahan jumlah *dilution*. Dimana nilai total alkali terendah yang dihasilkan pada rasio *dilution* 1:10 yaitu 1,05 %. Pada rasio *dilution* tertinggi total alkali yang dihasilkan belum dibawah 1 %. Apabila total alkali > 1 % maka *dryness lime mud* akan rendah sehingga konsumsi bahan bakar akan meningkat pada saat proses kalsinasi, serta akan berdampak terhadap kualitas kapur seperti kapur yang dihasilkan akan berukuran besar dan kapur tidak matang secara sempurna.

Pada variasi *washing stage* keempat yang menggunakan *weak wash liquor* belum dapat menurunkan total alkali secara signifikan atau penurunan persen total alkali nya sedikit setiap rasio *dilution* nya. Sehingga pada rasio *dilution* tertinggi total alkali yang dihasilkan belum mencapai dibawah 1 %. Hal tersebut disebabkan oleh proses *washing* yang menggunakan *weak wash liquor* yang masih memiliki kandungan alkali tinggi yaitu 25,49 g/l as Na_2O . Menurut Magnus Ingelman (2014) pencuci *lime mud* dapat menggunakan dari *weak wash liquor*, *condensate*, dan *hot water*. Semakin rendah alkali yang terkandung dalam pencuci maka semakin bagus untuk digunakan *washing lime mud*.

Xiaosong Mao (2015) *Lime mud* yang tidak

dicuci lebih banyak mengandung *overliming* sedangkan *lime mud* yang dicuci dengan baik lebih sedikit mengandung kapur bebas (*overliming*). *Overliming* merupakan pengapuran atau kapur yang berlebih.

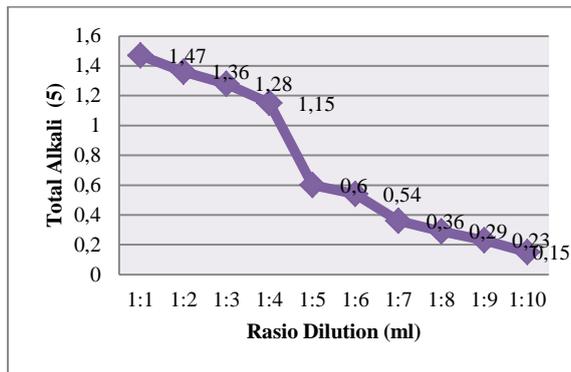


Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Stage Washing 3 Menggunakan Condensate dan Stage Washing 4 Menggunakan Weak Wash Liquor Terhadap Dryness

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa peningkatan *dryness* dipengaruhi oleh penurunan nilai persen total alkali. Dimana nilai *dryness* tertinggi yang dihasilkan pada rasio *dilution* 1:10 yaitu 64,49 %. *Dryness* yang dihasilkan masih < 70 %, hal tersebut disebabkan karena pada variasi ini total alkali *lime mud* yang dihasilkan belum dibawah standar 1 %. Honghi Tran, dkk (2007) menyatakan bahwa penurunan nilai *dryness lime mud* akan membutuhkan bahan bakar lebih banyak sehingga dapat meningkatkan biaya operasional;

Variasi *washing* ini pada saat proses *vacuum lime mud* lebih sulit kering atau *lime mud* yang dihasilkan masih lebih basah dan menggumpal-gumpal sehingga *dryness* masih rendah. Pada variasi *washing* ini *dryness* meningkatnya hanya sedikit setiap rasio *dilution*. Karena berbanding dengan penurunan nilai total alkali setiap rasio *dilution* nya yang juga sedikit. Fariba Azgomi (2010) menyatakan bahwa proses pemisahan, pencucian, dan pengeringan *lime mud* yang efektif sangat penting dalam operasi pembakaran kapur di *lime kiln*.

4.2 Pengaruh Stage Washing 3 Menggunakan Condensate dan Stage Washing 4 Menggunakan Condensate Terhadap Total Alkali dan Dryness Lime Mud



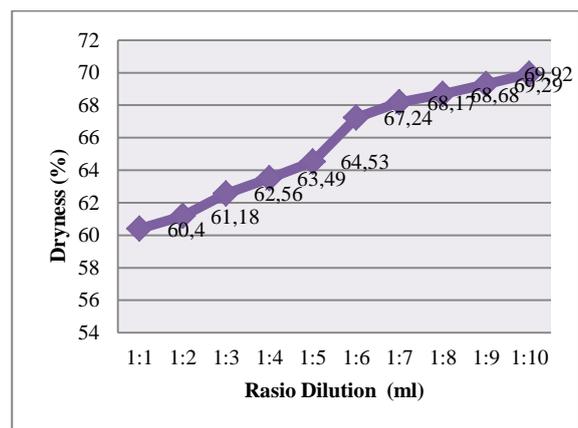
Gambar 4. 5 Grafik Pengaruh *Stage Washing* 3 Menggunakan *Condensate* dan *Stage Washing* 4 Menggunakan *Condensate* Terhadap Total Alkali

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa penurunan nilai persen total alkali seiring dengan banyaknya jumlah *dilution* yang ditambahkan. Secara *quality* proses penggunaan variasi *washing* ini memperoleh total alkali yang optimum. Nilai optimum total alkali *lime mud* yang diinginkan pada industri *pulp* yaitu 0,5 % – 0,6 % agar kapur yang dihasilkan berbentuk *nodule*. Menurut Nesselrodt, dkk (2015) menyatakan bahwa ukuran kapur dapat mempengaruhi kualitas kapur, *nodule* yang lebih besar dari 80 mm mengandung lebih dari 50% CaCO_3 . Dimana persen total alkali yang optimum diperoleh setelah dilakukan proses *washing* ketiga dan keempat dengan menggunakan *condensate* pada rasio *dilution* 1 : 5 dengan total alkali 0,60 % dan 1 : 6 dengan total alkali 0,54 %. Minimum nilai total alkali *lime mud* pada industri *pulp* yaitu 0,2 %. Pada rasio *dilution* 1 : 9 memperoleh nilai total alkali 0,23 %, apabila total alkali dibawah 0,2 % maka dapat menyebabkan kapur akan terbentuk menjadi *dusty*. Kemudian apabila persen total alkali > 1 % maka *dryness lime mud* rendah sehingga konsumsi energi lebih tinggi pada proses kalsinasi, kapur berukuran besar, dan kapur tidak matang sempurna.

Apabila semakin banyak pencuci maka semakin banyak alkali yang terkandung dalam *lime mud* terikut mengalir ke dalam pencuci tersebut. Sehingga banyaknya pencuci sangat mempengaruhi penurunan dari persen total alkali. Sanchez (2007) filtrat pencucian atau *weak wash* digunakan untuk pencampuran *smelt* pada *dissolving tank* untuk menghasilkan *green liquor*.

Penurunan nilai total alkali disebabkan oleh alkali yang memiliki sifat mudah larut pada air dan terjadi reaksi difusi sehingga alkali yang memiliki konsentrasi tinggi akan berpindah ke cairan yang memiliki konsentrasi lebih rendah. Proses difusi tersebut menunjukkan bahwa mengalirnya suatu zat dalam sebuah pelarut.

Pada penggunaan variasi *washing* ini dapat menurunkan total alkali secara signifikan. Hal tersebut disebabkan oleh dari kedua *stage* pencucian menggunakan *condensate* yang kandungan total alkali sangat rendah yaitu 0,0021 % . Hasil akhir *lime mud* pada variasi *washing* ketiga menggunakan *condensate* dan *washing* keempat menggunakan *condensate* memiliki tekstur yang lebih kering dibandingkan dengan variasi *washing* pertama dan kedua. Hal tersebut disebabkan karena total alkali yang terkandung di dalam *lime mud* lebih rendah.



Gambar 4. 6 Grafik Pengaruh *Stage Washing* 3 Menggunakan *Condensate* dan *Stage Washing* 4 Menggunakan *Condensate* Terhadap *Dryness*

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa peningkatan *dryness* dipengaruhi oleh penurunan nilai persen total alkali. Dimana nilai *dryness* tertinggi yang dihasilkan pada rasio *dilution* 1:10 yaitu 69,92 %. Akan tetapi pada variasi ini total alkalinya sangat rendah yaitu 0,15 %, apabila total alkali *lime mud* terlalu rendah maka dapat menyebabkan kapur akan seperti *dusty* atau tidak berbentuk granula.

Monica Apriani Br Karo (2017) *lime mud* harus dicuci dan dikeringkan terlebih dahulu sebelum diumpankan ke dalam *lime kiln*. Nilai optimum total alkali *lime mud* yang diinginkan pada industri *pulp* yaitu 0,5 % - 0,6 %. Dimana persen total alkali yang

optimum yaitu pada perbandingan 1 : 5 dengan total alkali 0,60 % dan memperoleh dryness sebesar 64,53 % sedangkan untuk perbandingan 1 : 6 memperoleh total alkali 0,54 % dengan dryness 67,24% yang sudah mendekati standar dryness di industri pulp. Pada variasi ini total alkali yang dihasilkan sudah mencapai nilai optimum dan dryness yang dihasilkan juga sudah cukup tinggi sehingga lime mud dengan karakteristik tersebut dapat mempermudah proses pembakaran atau kalsinasi dan juga dapat meminimalisir konsumsi energi.

Nilai dryness tersebut belum mencapai standar pabrik > 70 % disebabkan oleh proses pengeringan atau proses vacuum, karena tekanan vacuum di laboratorium lebih kecil dibandingkan dengan lapangan. Untuk tekanan vacuum di laboratorium yaitu - 0,4 bar sedangkan untuk di proses pabrik tekanannya sebesar - 0,8 bar. Menurut Magnus Ingelman (2014) menyatakan bahwa tekanan vacuum lime mud lebih baik berkisar - 0.7 bar sampai - 0,8 bar.

5 Kesimpulan

Penambahan stage washing berpengaruh terhadap penurunan total alkali dan peningkatan dryness lime mud. Pada variasi pencucian stage washing ketiga dan keempat menggunakan condensate hasil dari total alkali mengalami penurunan secara signifikan. Pada rasio dilution 1 : 5 dan 1 : 6 memperoleh nilai optimum nilai total alkali sebesar 0,60 % dan 0,54 % dengan nilai dryness sebesar 64,53 % dan 67,24 %. Apabila nilai total alkali mengalami penurunan maka dryness lime mud akan mengalami peningkatan. Penggunaan pencuci dari condensate dapat menurunkan total alkali secara signifikan dibandingkan dengan penggunaan pencuci dari weak wash liquor. Hal tersebut dikarenakan oleh kandungan alkali pada condensate lebih rendah dibandingkan dengan weak wash liquor.

6 Saran

Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan fresh waster untuk proses washing lime mud, dapat melakukan washing pada stage awal menggunakan weak wash liquor terlebih dahulu, dapat melakukan penambahan variasi rasio pada stage washing

ketiga menggunakan condensate sampai mendapatkan hasil total alkali yang optimum, dan dapat menggunakan variasi waktu pada saat melakukan proses washing lime mud.

7 Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada ketua Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp Dan Kertas Ibu Ni Njoman Manik Susantini, S.T.,M.T., Sekretaris Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp Dan Kertas Ibu Nurul Ajeng Susilo S.Si.,M.T., dan seluruh pengajar di Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp Dan Kertas Bapak Dr. Edwin K.Sijabat, S.T.,M.T., dan Bapak Ir. Tri Prijadi Basuki yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam penyelesaian penelitian ini. Saya ucapkan juga kepada Bapak Hendra Permana, A.Md dan Bapak Raflan G. Simanjuntak, A.Md selaku pembimbing lapangan saya ketika penelitian berlangsung. Ucapan terimakasih kepada Bapak Go Jok Tong, S.T dan Ibu Rachmawati Apriani, S.T., M.T sebagai penguji yang telah memberikan saran dan ilmu pada penelitian ini. Dan juga saya ucapkan terimakasih kepada kedua orang tua, keluarga dan saahat saya yang telah memberikan dukungan dan do'a

8 Daftar Pustaka

- Abdillah, Firstyanto. (2020). "Pengaruh Penambahan Burn Lime dan Fres Lime Terhadap Efisiensi Kaustisasi". Institute Teknologi Sains Bsndung.
- Azgom F., dkk., (2010). "Effect of Liming Ratio On Lime Mud Settling and Filterability." University of Toronto.
- Chandra, Yusup. (2004) "Alkaline Pulping: Deadload Reduction Study Studies In Cemical Recovery System". Georgia Institute Of Tecnology.
- Erwin. (2017) "Konsep Perancangan Kualitas Sistem Transmisi Conveyor." *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, Vol 2, No. 2.

- Erwin., dkk., (2021). “*Corporate Sustainability Improvement Strategy in Manufacturing Industry with The Use of Control in Environmental Pollution, Quality, and Occupational Health and Safety.*” *Indonesia Journal of Environmental Management and Sustainability*.
- Erwin. (2021). “Implementasi Sistem ISO 14001 Dalam Mendukung Pencapaian Kinerja Keberlanjutan Perusahaan Di Industri Manufactur Pulp Dan Kertas Di Indonesia”. *Jurnal Vokasi Teknologi dan Industri*, Vol. 3, No. 2.
- Erwin., dkk., (2021). “Integrated Management System as a Tool to Improve Corporate Sustainability Performance in the Pharmaceutical Manufacturing Industry in Indonesia.” *Advances in Engineering Research* 212.
- Erwin. (2021) “*The Impact of Agile Supply Chain Strategt on Sustainability Performance with Company 's Sustainability Reporting : Evidence from Pulp & Paper Industry in Indonesia.*” *Jurnal Ilmiah Akuntansi*, Vol 6, No. 2.
- Firstyanto Abdillah dan Muhammad Sobri. (2018)“Fakum Evaporator dan Recovery Boiler”. Institute Teknologi Sains Bsndung.
- Gunawan, Denny. (2013) “Pengolahan Limbah Black Liquer dengan Recovery Boyiler”. *Scientific Article*, Vol. 1, no. 1.
- Hardianti, Riesqi Ayu. (2013). “Difusi Osmosis.” Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor
- Ingelman M., dkk., (2012) “Method And Apparatus For Optaining Strong Whit Liquorn Lime Mud With Low Residual Akali Level”. *International Publication*.
- J.Birmann, Christopher. (1996). "*Hand Book Of Pulping And Paper Making*". Academic Perss.
- Karo, Monica Apriliani Br. (2017). “Penetapan Kadar Alkali Dalam White Liquor Untuk Proses Pemasakan Chips Pada Unit Digester Di PT. Toba Pulp Lestarari, Tbk Porsea.” Universitas Sumatera Utara.
- Nesselrodt K., dkk., (2015). "*Mill Study On Improving Lime Kiln Efficiency*". *Tappi Journal*, Vol. 14, No. 2.
- Laurikainen, Toni. (2019). “*Zeta Potential In Lime Mud Evaluation*”. Lappeenranta-lahti University Of Technology LUT.
- Lownertz, Patrik. (2007). “*Method And Device For Washing Of Lime Mud*”. *Patent Application Publication*.
- Mao, Xiaosong., dkk., (2015). *Measurement of Free Lime Content in Lime Mud*. *Tappi Journal*, Vol. 14, No.7.
- Maritawati, Dwi. (2021). “Pengaruh Variasi Waktu dan Suhu Kalsinasi Terhadap Kualitas Burn Lime(CaO)”. Institute Teknologi Sains Bsndung.
- Maulia, Gina. (2018). “Pembuatan PCC(*Presipitatet Calcium Carbonate*) Menggunakan Baha Baku *Lime mude* Dengan Metode Kaustik Soda”. *Jurnal Vokasi Teknologi Industri*, Vol. 2, No. 2.
- Permana Yudha, Arif. (2019). "*Produktifitas Industri Pulp Dan Kertas*". Jakarta: Warta Ekspor.
- Sanchez, Dale R. (2007) “*Recausticizing-Principles and Practie*”. Burlington.
- Saputri, Nurwulandari. (2019). “Pengaruh Moisture *Lime Mud* Terhadap Puirity CaO DAN Penggunaan Bahan Bakar Pada Unit Recausticizing Plant 10”. Universitas Riau.
- Sari, Dyah Suci Perwita. (2007). “Pemanfaatan Limbah Lime Mud Sebagai Filler Kertas”.Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UPN "veteran" Jawa Timur.

Sixta, Herbert. (2006) "*Hand Book Of Pulp*" 1. Weinheim : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA".

Svensson, Jenny. (2012). *Non-Process Element in Green Liquor System. Departement of Chemical Engineering, Lund University, Swedan*

Training *Recausticizing and Lime Kiln*. 2021. PT OKI *Pulp and Paper Mill*.

Tran, Honghi. (2007). "*Lime Kiln Chemistry and Effects on Kiln Operations.*" *Pulp and Paper Centre and Departement of Chemical Engineering and Applied Chemistry*. University of Toronto.

Tran, Honghi. (2016). "*The Kraft Chemical Recovery Process.*" *Pulp and Paper Centre*. University of Toronto.

Widhiyanuriyawan, Denny. (2013) "Variasi Temperatur Pemanasan Zeolite Alam-NaOH Untuk Pemurnian Biogas." *Jurnal Energi dan Manufaktur*, Vol 6, No. 1.