

Pemanfaatan Air Kondensat dari *Vacuum Evaporator* untuk Menurunkan Total Alkali pada *Dregs* di Proses *Recausticizing*

Novia Tenselawati, Edwin K. Sijabat, Tri Prijadi Basuki

Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, ITSB

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

Email : noviatenselawati98@gmail.com

Abstrak

Salah satu metode yang digunakan untuk mengambil alkali pada *dregs* adalah dengan menggunakan metode ekstraksi. Ekstraksi alkali sangat penting dilakukan untuk meminimalisir *soda loss* yang terbuang. Untuk mengekstraksi alkali pada *dregs* dibutuhkan suatu pelarut. Pelarut yang biasa digunakan adalah *wash water*. Namun, penggunaan *wash water* kurang optimal untuk mengekstraksi alkali karena nilai konduktivitas yang tinggi sehingga perlu dicari bahan alternatif pengganti *wash water* untuk mengefisiensikan penggunaan energi yaitu menggunakan air kondensat dari *vacuum evaporator*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penggunaan air *wash water* dan air kondensat terhadap nilai *Total Titratable Alkali* yang akan dijadikan sebagai *weak wash liquor* dan Total Alkali pada *dregs*. Pada penggunaan air kondensat dengan perbandingan antara *dregs* dan air kondensat 1:4 dalam waktu ekstraksi 8 jam menghasilkan nilai Total Alkali 9.18%. Sedangkan penggunaan *wash water* dengan perbandingan antara *dregs* dan *wash water* 1:4 dalam waktu 8 jam menghasilkan nilai Total Alkali 14.07%. Berdasarkan pengamatan dan analisis, keuntungan dari penggunaan air kondensat diantaranya dapat mempercepat proses ekstraksi dan dapat lebih cepat menurunkan Total Alkali pada *dregs*.

Kata Kunci: Ekstraksi, Total Alkali, air kondensat, *wash water*.

Abstract

One method used to extract alkali on dregs is to use the extraction method. Alkaline extraction is very important to minimize soda loss wasted. Alkali extraction Solvent extraction is needed for. The commonly used solvent is wash water. However, the use of wash water is less than optimal for extracting alkali because of the high conductivity value, so it is necessary to find an alternative material substitute Wash water to increase the efficiency of energy use, namely using condensate water from a vacuum evaporator. This study aims to analyze the use of wash water and condensate water on the value of Total Titratable Alkali which will be used as weak wash liquor and Total Alkali in dregs. In the use of condensate water with a ratio between dregs and condensate water 1:4 in extraction time of 8 hours produces a total Alkali value of 9.18%. While the use of wash water with a ratio between dregs and wash water 1:4 within 8 hours produces a total Alkali value of 14.07%. Based on observations and analyzes, the benefits of using condensate water include accelerating the extraction process and lowering Alkaline Total in dregs faster.

Keywords: Extraction, Total Alkali, condensate water, wash water.

1. PENDAHULUAN

Recausticizing adalah unit yang berfungsi untuk mengkonversi natrium karbonat (Na_2CO_3) menjadi natrium hidroksida (NaOH). Selain itu, *recausticizing* juga berfungsi untuk mengurangi sebagian besar kotoran yang berasal dari *recovery boiler* dan *lime kiln*. Proses ini melibatkan langkah-langkah kimia yang sangat sederhana diikuti dengan proses yang memanfaatkan berbagai jenis peralatan pemisahan padatan dengan cairan (Sixta, 2006).

Recovery boiler menghasilkan *smelt* yang merupakan hasil pembakaran *black liquor* di dalam *furnace*. *Smelt* dilarutkan menggunakan air (*weak wash liquor*) di dalam *dissolving tank* sehingga menghasilkan produk larutan yang disebut *green liquor*. Produk ini dikirimkan ke *recausticizing plant*, yaitu pada bagian *raw green liquor tank* untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan *white liquor*. Namun, pada umumnya *green liquor* yang dihasilkan masih memiliki kandungan padatan sekitar 1000-3000 ppm, sehingga perlu adanya proses penjernihan lanjutan (giglio, 2018).

Proses penjernihan dilakukan pada tanki yang bernama *green liquor clarifier* dengan penambahan polimer yang bertujuan untuk menggumpalkan padatan agar lebih mudah mengendap dan terpisah dari *green liquor*. Padatan yang dihasilkan dinamakan dengan *dregs*. Dikarenakan padatan atau *dregs* yang dihasilkan dari *opticlear* masih mengandung nilai alkali yang cukup tinggi, sehingga perlu adanya proses ekstraksi (biermann, 1996).

Secara umum, ekstraksi adalah proses pemisahan suatu zat dari campurannya dengan menggunakan pelarut. Pelarut yang digunakan harus dapat mengekstrak substansi yang diinginkan tanpa melarutkan material lainnya (Romadhoni, 2017). Jenis ekstraksi yang digunakan adalah ekstraksi padat-cair. Ekstraksi padat cair atau *leaching* merupakan metode pemisahan satu atau beberapa komponen (*solute*) dari campurannya dalam padatan yang

tidak dapat larut (*inert*) dengan menggunakan pelarut (*solvent*) berupa cairan (Treybal, R. E., 1980).

Pada *plant*, pelarut yang biasa digunakan adalah air (*wash water*) untuk menghasilkan larutan *weak wash liquor*. Namun, *wash water* yang digunakan memiliki nilai konduktivitas yang kurang stabil dan cukup tinggi, serta suhu yang rendah, sehingga proses ekstraksi alkali menjadi kurang optimal. Akibatnya, total alkali yang terkandung pada *dregs* masih tinggi dan *soda loss* yang terbuang semakin meningkat.

Kondensat merupakan cairan yang berubah fasa dari uap ke cair yang dihasilkan dari *vacuum evaporator*. Pada industri pulp dan kertas, air kondensat masih belum banyak dimanfaatkan dan langsung dibuang ke *effluent treatment plant*. Padahal, air kondensat ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku alternative dimana salah satunya dapat digunakan sebagai bahan baku untuk mengekstraksi alkali yang terkandung pada *dregs*.

Oleh Karena itu, penulis ingin melakukan penelitian untuk mengetahui efektifitas proses ekstraksi alkali dengan memanfaatkan air kondensat yang berasal dari *vacuum evaporator* agar Total Alkali yang terkandung pada *dregs* dapat terambil dengan optimal dan dapat meminimalisir *soda loss* yang terbuang.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *beaker glass* 1 L, *condensor*, *conductivity meter*, corong, *dessicator*, gelas ukur 250 ml, *hot plate*, kertas saring *grade 93*, labu didih 500 ml, *magnetic stirrer*, neraca analitik, pH meter, pipet volume, tabung erlenmeyer, termometer, dan *vacuum*. Sedangkan bahan yang digunakan meliputi air demineral (0.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$), air kondensat, BaCl_2 5%, *dregs*, *formaldehyde* 37%, HCl 0,5 N dan 0,1 N, indikator *methyl orange*, indikator PP, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 10%, dan *wash water*.

2.2 Metode

Penelitian ini terbagi menjadi 3 tahap. Tahap persiapan merupakan tahap awal pada percobaan. Pada tahap ini dilakukan persiapan bahan baku *dregs* yang diambil dari tanki *opticlear* pada proses *recausticizing plant*, air *wash water* diambil dari area *recausticizing plant*, dan air kondensat dari *vacuum evaporator* yang digunakan untuk mengekstraksi alkali yang terkandung pada *dregs* dimana kedua air tersebut dijadikan sebagai pelarut. Selain itu, dilakukan persiapan bahan kimia yang digunakan untuk pengujian sampel. Kemudian dilakukan pengecekan alat percobaan serta alat uji larutan.

Tahap kedua adalah tahap pelaksanaan. Pada tahap ini dilakukan pengujian karakteristik pelarut yang meliputi parameter konduktivitas, pH, dan suhu. Lalu dilakukan pencampuran antara *dregs* dengan air *wash water* atau air kondensat. Setelah dicampur, terjadi proses ekstraksi untuk mengambil alkali yang terkandung pada *dregs* dengan bantuan *hot plate* dan *magnetic stirrer* dengan variasi waktu 2 jam, 4 jam, 6 jam, dan 8 jam, variasi perbandingan volume antara *dregs* dan pelarut (*wash water* atau air kondensat) 1:2,5; 1:3; 1:3.5; dan 1:4, kecepatan pengadukan 300 rpm, serta suhu dijaga 65°C. Setelah proses ekstraksi selesai, dilakukan proses sedimentasi selama 15 jam agar padatan *dregs* mengendap.

Tahap ketiga adalah tahap pengujian. Pada tahap ini dilakukan pengujian larutan yang meliputi pengujian TTA (*Total Titratable Alkali*), TA (*Total Alkali*), dan TSS (*Total Suspended Solid*).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Konduktivitas, pH, dan Suhu Pelarut

Tabel 1. Karakteristik Pelarut

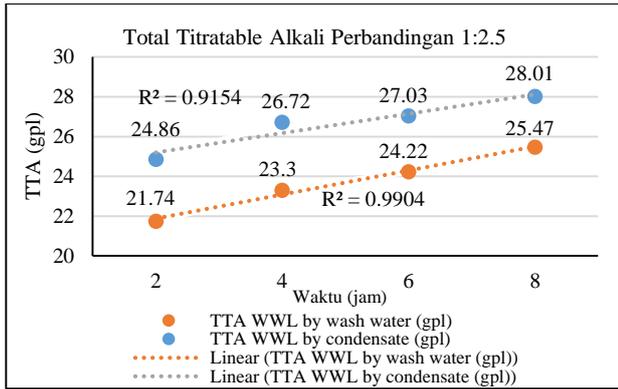
Jenis Pelarut	Konduktivitas	pH	Suhu
<i>Wash Water</i>	7.842 $\mu\text{S/cm}$	9,76	34,6°C
Air Kondensat	429,2 $\mu\text{S/cm}$	9,22	56°C

Tabel diatas merupakan hasil pengujian karakteristik pelarut. Dari tabel diatas, diketahui bahwa nilai konduktivitas dari *wash water* lebih tinggi yaitu mencapai 7.842 $\mu\text{S/cm}$, sedangkan air kondensat hanya mencapai 429,2 $\mu\text{S/cm}$. Hal ini dapat disebabkan *wash water* yang digunakan berdekatan dengan unit *recausticizing* yang dalam prosesnya menggunakan kapur sebagai bahan baku dimana kapur mudah larut dan menghasilkan ion-ion dalam air. Menurut Frenda Nicola (2015), batu kapur mudah larut dalam air dan menghasilkan ion-ion yang terbawa oleh aliran air sehingga meningkatkan nilai konduktivitasnya. Selain itu, *wash water* yang digunakan pada penelitian ini merupakan air buangan dari semua proses yang berada di *recausticizing* yang di alirkan ke parit yang memungkinkan terdapat banyak padatan terlarut sehingga nilai konduktivitas cenderung lebih tinggi. Sedangkan air kondensat hanya berasal dari *steam* dan juga uap dari *black liquor* yang terkondensasi di *vacuum evaporator* sehingga belum terkontaminasi dengan senyawa lain dan menghasilkan nilai konduktivitas yang lebih rendah.

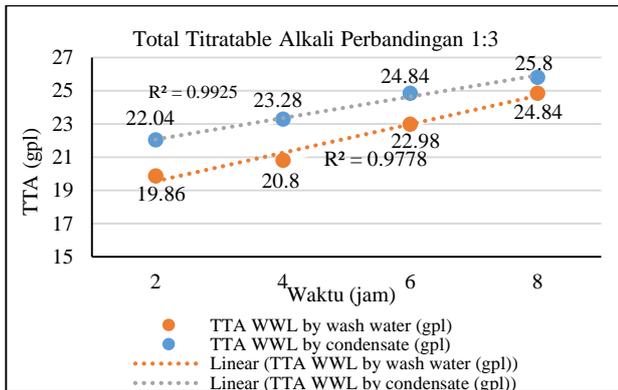
Kemudian untuk pH yang dimiliki kedua pelarut ini tidak jauh berbeda. pH *wash water* 9,76 dan pH air kondensat 9,22. Kedua pelarut ini berada pada kondisi basa. Selain itu, suhu yang dimiliki *wash water* lebih rendah yaitu 34,6°C, sedangkan air kondensat memiliki suhu 56°C. Air kondensat berasal dari uap yang berubah fasa menjadi cair di *vacuum evaporator*, sedangkan *wash water* diambil dari parit – parit area *recausticizing plant*. Oleh karena itu, suhu dari air kondensat lebih tinggi dibandingkan *wash water*.

3.2 TTA (*Total Titratable Alkali*)

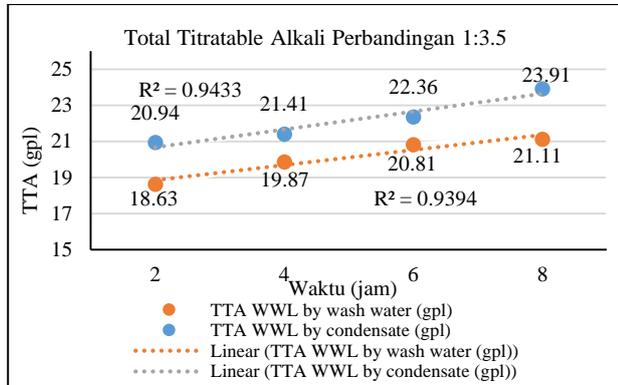
TTA (*Total Titratable Alkali*) didefinisikan sebagai banyaknya jumlah alkali yang terekstrak dari *dregs* dan dinyatakan dengan gram per liter (gpl). Diketahui blank TTA=0 gpl



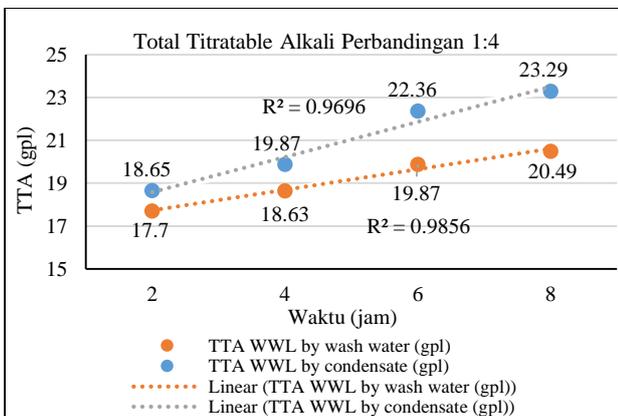
Gambar 1. Grafik TTA Perbandingan 1:2,5



Gambar 2. Grafik TTA Perbandingan 1:3



Gambar 3. Grafik TTA Perbandingan 1:3,5

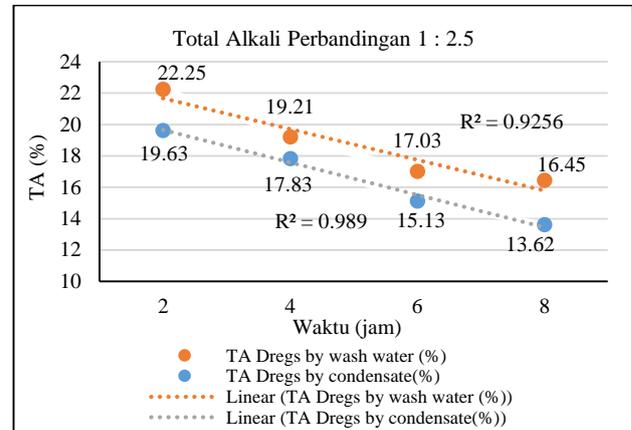


Gambar 4. Grafik TTA Perbandingan 1:4

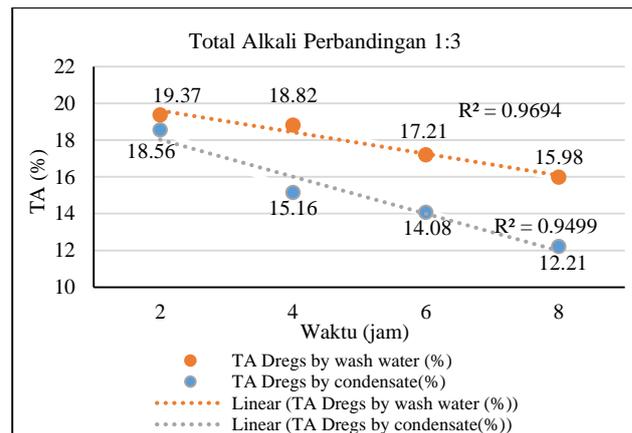
3.3 TA (Total Alkali)

TA (*Total Alkali*) merupakan presentase alkali yang belum terekstraksi pada *dregs* dan dinyatakan dalam persen (%).

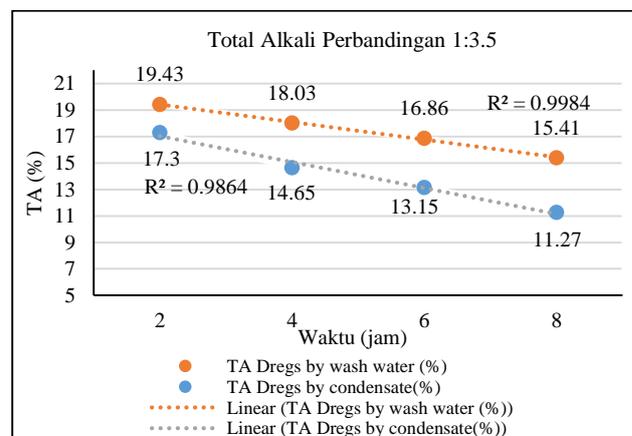
Diketahui *blank* TA = 34,18%



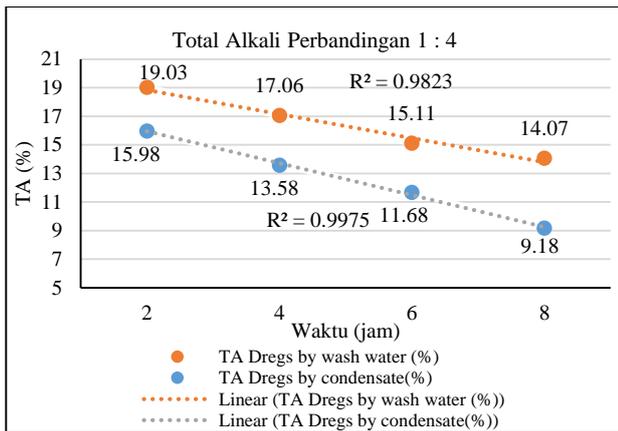
Gambar 5. Grafik TA Perbandingan 1:2,5



Gambar 6. Grafik TA Perbandingan 1:3



Gambar 7. Grafik TA Perbandingan 1:3,5



Gambar 8. Grafik TA Perbandingan 1:4

Pada grafik 1-8, merupakan hasil pengujian TTA dan TA terhadap waktu dengan menggunakan pelarut dari *wash water* maupun air kondensat. Berdasarkan grafik diatas, diketahui bahwa nilai TTA cenderung mengalami kenaikan seiring dengan semakin lama waktu ekstraksi. Hal ini membuktikan bahwa semakin lama waktu ekstraksi, maka semakin banyak alkali yang dapat terambil dari *dregs*. Berbanding terbalik dengan nilai TA. Semakin lama waktu ekstraksi, maka nilai TA pada *dregs* semakin menurun. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu ekstraksi jumlah alkali yang terambil semakin banyak sehingga presentase alkali yang masih tertinggal pada *dregs* semakin sedikit.

Selain itu, dari grafik diatas memiliki perbandingan volume yang berbeda dimana variasi perbandingan volume yang digunakan adalah 1:2,5 – 1:4. Dari grafik dengan variasi perbandingan volume yang berbeda diatas membuktikan bahwa semakin besar rasio penggunaan pelarut, maka semakin rendah total alkali yang tersisa pada *dregs* sehingga presentase *soda loss* yang terbuang akan semakin rendah. Berdasarkan hasil pengujian diatas dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

a. Waktu reaksi

Semakin lama waktu reaksi maka semakin banyak filtrat alkali yang terambil. Hal ini dikarenakan semakin lama proses ekstraksi

maka kesempatan kontak antara pelarut dengan senyawa alkali semakin besar sehingga yang tersisa pada *dregs* semakin sedikit. Lama ekstraksi berpengaruh terhadap ekstraksi, semakin lama ekstraksi maka komponen yang terekstrak bertambah sampai titik jenuh tertentu. Semakin lama ekstraksi maka akan memberikan kesempatan kontak antara bahan dengan pelarut semakin besar, sehingga komponen dalam larutan akan meningkat hingga mencapai titik jenuh Wuryantoro dkk. (2014). Menurut Masud dan Puspitasari (2017), Waktu ekstraksi sangat mempengaruhi hasil, terutama terhadap nilai transfer massa. Semakin lama waktu kontak antara *solute* dengan *solvent* selama proses ekstraksi, maka semakin banyak pula jumlah unsur-unsur kandungan kimia yang terekstrak. Pada hasil pengujian waktu ekstraksi yang palik baik berada pada waktu 8 jam dengan menggunakan pelarut air kondensat dimana total alkali yang tersisa pada *dregs* 9,18%, sedangkan dengan menggunakan *wash water* pada waktu ekstraksi 8 jam total alkali yang tersisa pada *dregs* masih cukup tinggi yaitu 14,07%. Untuk mengambil alkali pada *dregs* belum mencapai titik optimal sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mencari titik optimum untuk melakukan ekstraksi alkali pada *dregs* agar tidak terjadi *soda loss* dan *recovery* bahan kimia menjadi optimal.

b. Kuantitas Pelarut

Semakin banyak penambahan air atau kuantitas air sebagai pelarut maka ekstraksi berjalan semakin cepat dan menghasilkan filtrat yang lebih banyak sehingga nilai total alkali yang masih ada pada *dregs* semakin sedikit seiring dengan bertambahnya jumlah volume. Hal ini dapat disebabkan karena semakin banyak pelarut yang digunakan maka perbedaan konsentrasi antara pelarut

dan zat yang ingin diekstrak semakin besar yang menyebabkan proses difusi akan berjalan lebih cepat hingga mencapai titik kesetimbangan. Menurut Treybal (1980), Pada awal proses konsentrasi sampel dan pelarut berada pada keadaan tidak setimbang yang mengakibatkan gaya dorong (*driving force*) terjadinya difusi hingga keduanya mencapai keadaan setimbang. Perpindahan massa secara difusi bergantung pada besarnya gradien konsentrasi. Gradien konsentrasi cenderung menyebabkan terjadinya gerakan komponen satu ke arah komponen lain untuk menyamakan konsentrasi dan menghapuskan gradien. Selain itu, menurut Masud dan Puspitasari (2017), Banyaknya pelarut mempengaruhi luas kontak padatan dengan pelarut, semakin banyak pelarut maka luas kontak akan semakin besar, sehingga distribusi pelarut ke padatan akan semakin besar. Meratanya distribusi pelarut ke padatan akan memperbesar rendemen yang dihasilkan. Banyaknya pelarut akan mengurangi tingkat kejenuhan pelarut, sehingga komponen yang diinginkan akan terekstrak secara sempurna

c. Kecepatan Pengadukan

Kecepatan pengadukan juga dapat mempengaruhi hasil filtrat yang terambil. Semakin tinggi kecepatan pengadukan maka akan semakin cepat dan semakin banyak filtrat yang dihasilkan. Pengadukan dapat mempercepat pelarutan dan meningkatkan laju difusi *solute*. Pergerakan pelarut di sekitar bahan akibat pengadukan dapat mempercepat kontak bahan dengan pelarut dan memindahkan komponen dari permukaan bahan ke dalam larutan dengan jalan membentuk suspensi serta melarutkan komponen tersebut ke dalam media pelarut (Larian, 1959).

d. Nilai Konduktivitas

Nilai konduktivitas dari suatu pelarut juga dapat menentukan tinggi rendah nya filtrat

yang terambil. Pada hasil percobaan diketahui bahwa nilai TA *weak wash liquor* dengan pelarut air kondensat lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan *wash water*. Hal ini dikarenakan *wash water* memiliki nilai konduktivitas sekitar 7.842 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sedangkan nilai konduktivitas pada air kondensat sekitar 429,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Menurut Hendrawati dkk. (2015), nilai konduktivitas yang tinggi dapat terjadi berdasarkan adanya ion-ion mineral dan senyawa organik yang terlarut dalam air. Menurut Karamah (2005), angka konduktivitas seimbang dengan jumlah zat padat terlarut (garam terlarut) sehingga jika nilai konduktivitas tinggi pada larutan, maka jumlah zat padat terlarut juga akan tinggi. Apabila jumlah padatan terlarut tinggi, maka kerapatan dari pelarut juga akan tinggi dan dapat menghambat berpindahannya senyawa alkali ke pelarut. Kerapatan adalah massa per unit volume suatu zat pada temperatur tertentu. Sifat ini merupakan salah satu sifat fisika yang paling sederhana dan sekaligus merupakan salah satu sifat fisika yang paling *definitive*, dengan demikian dapat digunakan untuk menentukan kemurnian suatu zat (Martin, 1993). Semakin tinggi kerapatan suatu pelarut, maka perpindahan zat terlarut kedalam zat pelarut akan lebih sulit. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai konduktivitas suatu pelarut maka kandungan senyawa yang terdapat pada pelarut juga semakin banyak sehingga dapat menghambat proses ekstraksi.

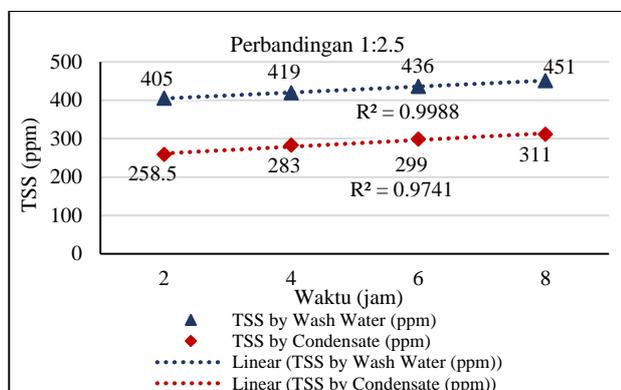
e. Temperatur

Pada percobaan ini, alkali yang terfiltrat menggunakan pelarut kondensat lebih tinggi dibandingkan dengan pelarut *wash water*. Air kondensat memiliki suhu yang lebih tinggi yaitu sekitar 50–60 °C, sedangkan *wash water* hanya memiliki suhu sekitar 30–40 °C. Hal ini menyatakan bahwa suhu juga

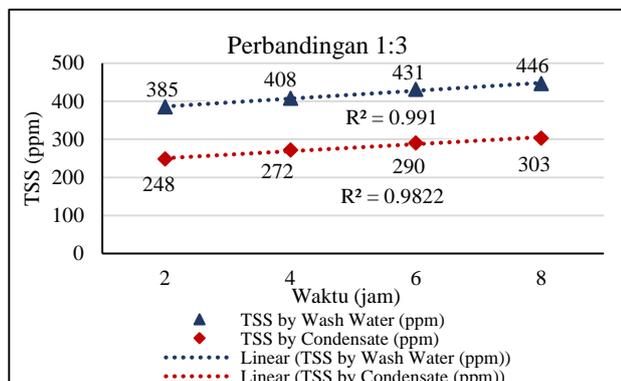
mempengaruhi hasil ekstraksi. Suhu ekstraksi berpengaruh terhadap ekstraksi, semakin tinggi suhu maka akan mempercepat ekstraksi sehingga hasilnya juga akan bertambah sampai titik jenuh tertentu (wuryantoro dkk, 2014). Menurut Masud dan Puspitasari (2017), ekstraksi padat cair dilakukan pada suhu yang tinggi karena semakin tinggi temperatur, semakin besar konsentrasi solute dalam pelarut. Hal ini disebabkan semakin tinggi temperatur maka viskositas akan semakin rendah dan difusitas solute akan semakin tinggi sehingga semakin cepat dan semakin banyak solute yang berpindah. Selain itu, temperatur air pencuci yang rendah akan mengurangi efisiensi pencucian dan meningkatkan *soda loss* ke *landfill* (Sanchez, 2007).

3.4 TSS (Total Suspended Solid)

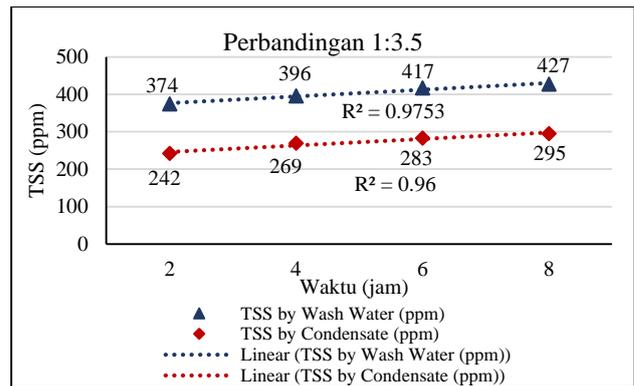
TSS (*Total Suspended Solid*) merupakan parameter yang menyatakan banyaknya jumlah padatan tidak larut dalam *part per million* (ppm).



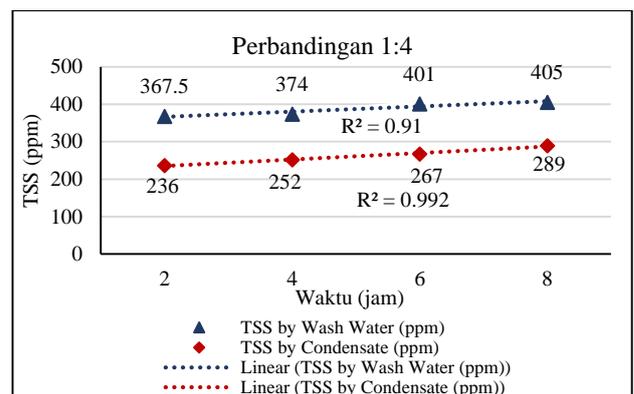
Gambar 9. Grafik TSS Perbandingan 1:2,5



Gambar 10. Grafik TSS Perbandingan 1:3



Gambar 11. Grafik TSS Perbandingan 1:3,5



Gambar 12. Grafik TSS Perbandingan 1:4

Pada gambar 9-12, diketahui bahwa semakin lama waktu ekstraksi, maka semakin tinggi jumlah padatan yang tersuspensi pada larutan. Hal ini dapat disebabkan oleh waktu pengadukan yang lama disertai kecepatan pengadukan yang cukup tinggi yaitu 300 rpm dapat memecah flok-flok yang sudah terbentuk pada tanki *opticlear*.

Semakin lama waktu pengadukan maka flok-flok yang sudah terbentuk semakin banyak yang terpecah. Hal ini disebabkan oleh flok yang terkena kecepatan pengadukan dimana kecepatan yang digunakan dalam percobaan cukup tinggi yaitu sekitar 300 rpm. Oleh karena itu, padatan yang sudah membentuk flok-flok besar lebih mudah hancur dan sulit mengendap. Pada percobaan ini diketahui bahwa nilai TSS pada larutan dengan bahan pelarut *wash water* lebih tinggi dibandingkan dengan air kondensat. Karena sampel *wash water* yang digunakan adalah air hasil buangan dari proses di

recausticizing plant dan memungkinkan terdapat banyak padatan tidak larut pada air dibandingkan dengan air kondensat. Sehingga nilai TSS dengan pelarut *wash water* lebih tinggi dibandingkan dengan air kondensat.

Untuk mengurangi nilai TSS pada larutan perlu ditambahkan kembali polymer sesuai dengan kapasitas yang dibutuhkan. Polimer adalah bahan kimia yang berfungsi sebagai flokulan untuk mengikat atau menggumpalkan partikel-partikel pengotor menjadi flok yang lebih besar dan mudah mengendap.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan data penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Waktu ekstraksi yang paling baik dengan pelarut kondensat berada pada waktu 8 jam dengan nilai TA paling rendah sebesar 9,18%, sedangkan menggunakan *wash water* nilai TA hanya mencapai 14,07%. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan pelarut kondensat lebih efektif untuk mengambil alkali dari *dregs* dan dapat meminimalisir *soda loss* yang terbuang.
2. Perbandingan volume antara pelarut dan *dregs* yang paling baik pada penelitian ini adalah pada perbandingan 1:4 baik menggunakan pelarut *wash water* maupun kondensat. Pada penggunaan pelarut kondensat pada perbandingan volume 1 : 4 nilai TA *dregs* diperoleh sebesar 9,18%, sedangkan menggunakan *wash water* dengan perbandingan volume 1 : 4 hanya mencapai 14,07%.
3. Perbandingan volume yang paling baik adalah 1 : 4 dengan nilai TSS pada waktu ekstraksi 2 jam diperoleh 236 ppm; pada waktu ekstraksi 4 jam diperoleh nilai 252 ppm; pada waktu ekstraksi selama 6 jam dengan pelarut *wash water* diperoleh nilai

267 ppm; dan pada waktu ekstraksi selama 8 jam dengan diperoleh nilai 289 ppm.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak Edwin K. Sijabat dan bapak Tri Prijadi Basuki yang telah mereview laporan, dan terima kasih kepada seluruh staff industri Kertas di Palembang yang telah banyak membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, F., Sobri, M. 2018. Laporan Hasil Magang PT. OKI Pulp and Paper Mill “*Vacuum Evaporator & Recovery Boiler*”. Ogan Komering Ilir: Institut Teknologi dan Sains Bandung.
- Abdillah, Firstyanto. 2019. Pengaruh Kemurnian CaO Terhadap *Causticizing Efficiency Dan White Liquor Quality*. Ogan Komering Ilir: Institut Teknologi dan Sains Bandung
- Biermann, Christopher J. 1996. *Handbook of Pulping and Paper Making 2nd Edition*. California: Academic PRESS.
- Giglio, Alisha. 2018. *Calcite Scale Formation in the Green Liquor Handling System of the Kraft Chemical Recovery Process by Calcite Scale Formation in the Green Liquor Handling System of the Kraft Chemical Recovery Process*. Toronto: University of Toronto
- Hendrawati. Sumarni, S., Nurhasni. 2015. Penggunaan Kitosan sebagai Koagulan Alami dalam Perbaikan Kualitas Air Danau. *Jurnal Kimia VALENSI*, 1 (1), 1-11.
- Larian, M. G. 1959. *Fundamental of Chemical Engineering Operation*. Tokyo: Marusen Co. Ltd.
- Martin, Alfred. 1990. *Farmasi Fisika Edisi I*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.

- Masud, Fajriyati, Puspitasari. 2017. Studi Pendahuluan Ekstraksi Bertingkat Minyak Biji Mangga Arumanis (*Mangifera Indica*) Menggunakan Pelarut N-Heksan dan Etanol. Makassar: Journal INTEK.
- Nicola, Frenda. 2015. Hubungan antara Konduktivitas TDS (*Total Dissolved Solid*) dan TSS (*Total Suspended Solid*) dengan Kadar Fe^{2+} dan Fe Total pada Air Sumur Gali. Jember: Universitas Jember.
- Romadhoni, F. P. 2017. Isolasi Pektin dari Kulit Pisang Kepok (*Musa Balbisiana* Abb) dengan Metode Refluks Menggunakan Pelarut HCL Encer. Palembang: Politeknik Sriwijaya.
- Sanchez, Dale R. 2007. *Recausticizing and Practice, TAPPI Kraft Recover Course 2007, Vol 1*. Burlington: Vector Process Equipment Inc.
- Sixta, Herbert. 2006. *Handbook of Pulp*. Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Tran, Honghi. 2015. *The Kraft Recovery Process, TAPPI Kraft Recover Course 2007 vol. 1, pp. 1-20*. Toronto: Toronto of University.
- Treybal, R.E. 1980. *Mass-Transfer Operations. 3rd ed.* Singapore: McGraw-Hill International.
- Wuryantoro, H., Susanto, W.H. 2014. Penyusunan Standard Operating Procedures Industri Rumah Tangga Pangan Pemanis Alami Instan Sari Stevia (*Stevia Rebaudiana*). Malang: Universitas Brawijaya.