

STUDI KELAYAKAN PENGGUNAAN CONDENSATE WATER DAN COOLING WATER SEBAGAI AIR PENGECER PULP PADA PROSES BLEACHING TAHAP D0

Andi Mulyadi¹, Ni Njoman Manik²

Teknologi Pengolahan Pulp Dan Kertas, ITS
Jalan Ganesha Boulevard, Lot-A1 CBD Kota Deltamas,
Cikarang Pusat, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat, Indonesia

Email : andhiadjha10@gmail.com

ABSTRAK

Inovasi terbaru terkait mengurangi atau mengganti *fresh water* adalah dengan menggunakan *condensate water* atau *cooling water* pada proses *bleaching*. Pada penelitian ini dilakukan variasi pencampuran *condensate water* yang akan diaplikasikan pada proses *bleaching* tahap D0 yaitu : *condensate water* 10% + *fresh water* 90%, *condensate water* 20% + *fresh water* 80%, *condensate water* 30% + *fresh water* 70%, *condensate water* 40% + *fresh water* 60%, *condensate water* 50% + *fresh water* 50% dan *fresh water* 100% dan dilakukan juga variasi pencampuran *cooling water* yang akan diaplikasikan pada proses *bleaching* tahap D0 yaitu : *cooling water* 100%, *cooling water* 80% + *fresh water* 20%, *cooling water* 60% + *fresh water* 40%, *cooling water* 40% + *fresh water* 60%, *cooling water* 20% + *fresh water* 80%, dan *fresh water* 100%. Data *brightness cooling water* 100% yaitu 65,49% tidak berbeda dengan nilai *brightness fresh water* 100% yaitu 65,27% sedangkan nilai *brightness condensate water* 64,46% pada konsentrasi 10%. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa mengganti *fresh water* dengan *cooling water* tidak mempengaruhi *pulp* yang dihasilkan sedangkan menggunakan *condensate water* sebagai pengencer *pulp* menyebabkan *pulp* yang dihasilkan mengalami penurunan *brightness*. *Cooling water* dapat menjadi pengganti *fresh water* sebagai pengencer *pulp* diproses *bleaching*

Kata Kunci : *bleaching*, *condensate water*, *cooling water*.

ABSTRACT

The latest innovation related to replacing or replacing fresh water is to use condensate water or cooling water in the bleaching process. In this research, variations in the mixing of condensate water will be applied to the bleaching process D0, namely: condensate water 10% + 90% fresh water, condensate water 20% + 80% fresh water, 30% condensate water + 70% fresh water, 40 condensate water % + 60% fresh water, 50% condensate water + 50% fresh water and 100% fresh water and also mixing cooling water variations will be applied to the D0 bleaching process, namely: 100% cooling water, 80% cooling water + fresh water 20 %, 60% cooling water + 40% fresh water, 40% cooling water + 60% fresh water, 20% cooling water + 80% fresh water, and 100% fresh water. The brightness of the cooling water data of 100% is 65.49% does not differ from the brightness value of fresh water 100% that is 65.27% while the brightness value of condensate water is 64.46% at a concentration of 10%. From this study it can be concluded that replacing fresh water with cooling water does not affect the pulp produced using condensate water as a pulp diluent which causes the resulting pulp to change brightness. The cooling water can become fresh water as a bleaching pulp

Keywords: *bleaching*, *condensate water*, *cooling water*.

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini harga *pulp* & kertas sedang terjadi penurunan sampai 20% (Rivan Kurniawan, 2019). Hal ini tidak menjadi masalah bagi industri *pulp* & kertas di Indonesia. Peluang terbaik bagi Indonesia untuk memacu industri dan *pulp* dengan mengembangkan pasar modal

dan terus berekspansi dan berinovasi. Salah satu inovasi yang mampu mengurangi biaya produksi adalah mengurangi atau mengganti *fresh water* pada proses produksi. Kualitas *pulp* yang baik akan menghasilkan produk kertas yang berkualitas tinggi. Salah satu ciri *pulp* yang

menjadi perhatian konsumen adalah derajat putih dan kekuatan serat. Derajat putih (kecerahan) ditangani oleh proses pemutihan (*bleaching*) dengan menghilangkan warna pada *pulp*.

Proses pemutihan *pulp* yang digunakan di Indonesia terdiri dari proses pemutihan konvensional, substitusi *Chlorine* dan *Elemental Chlorine Free* (ECF). Teknologi ini menggunakan bahan kimia berbasah dasar klorin karena sifatnya yang reaktif, efektif dan menghasilkan *pulp* dengan sifat fisik dan derajat putih tinggi

Inovasi terbaru terkait mengurangi atau mengganti *fresh water* adalah dengan menggunakan *condensate water* atau *cooling water* pada proses *bleaching*. *Condensate water* adalah uap air yang berubah fasa menjadi air dari aliran proses karena penurunan suhu. *condensate water* dihasilkan dari multi effect black liquor *evaporatiaon plant*. Penggunaan *condensate water* sebagai air proses dipelajari dengan maksud menutup siklus air di perusahaan *pulp* dan mengurangi emisi (Yang Wang, 2017).

Cooling water adalah air proses dari *cooling tower* yang berfungsi sebagai pendingin air atau untuk menurunkan suhu di aliran proses. *Cooling water* bisa mengalami kejenuhan seperti penurunan suhu yang tidak optimal, maka perlu dibuang dan menggantinya setelah jenuh. Di dalam penelitian ini *cooling water* yang sudah jenuh akan digunakan kembali menjadi air pengencer *pulp* di proses *bleaching*.

2. METODE PENELITIAN

a. Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan percobaan terhadap *pulp* pada proses D0 *bleaching* skala laboratorium. Pada percobaan ini, dilakukan penggantian *dilution water pulp* dengan *condensate water* atau *cooling water* pada proses D0 *bleaching*. Variasi perbandingan dosis *fresh water* dengan *condensate water* atau *cooling water* dilakukan untuk memperoleh data parameter *pulp* seperti, bilangan kappa, viskositas CED, pH, residual *chlorine*, COD, dan *brightness*. Data tersebut diolah sehingga menghasilkan data kuantitatif.

b. Alat dan bahan penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain : gelas beaker, gelas ukur, pipet ukur, magnetik stirrer, *water bath*, plastik, neraca

analitik, dan alat *screening* adapun bahan yang digunakan yaitu *fresh water*, *condensate water*, *cooling water*, dan *chlorine dioxide*.

c. variabel penelitian

Pada penelitian ini dilakukan variasi pencampuran *condensate water* yang akan diaplikasikan pada proses *bleaching* tahap D0 yaitu : *condensate water* 10% + *fresh water* 90%, *condensate water* 20% + *fresh water* 80%, *condensate water* 30% + *fresh water* 70%, *condensate water* 40% + *fresh water* 60%, *condensate water* 50% + *fresh water* 50% dan *fresh water* 100% dan dilakukan juga variasi pencampuran *cooling water* yang akan diaplikasikan pada proses *bleaching* tahap D0 yaitu : *cooling water* 100%, *cooling water* 80% + *fresh water* 20%, *cooling water* 60% + *fresh water* 40%, *cooling water* 40% + *fresh water* 60%, *cooling water* 20% + *fresh water* 80%, dan *fresh water* 100%.

d. Tahap Persipan

1. *Pulp* diambil dari tanki pre *bleaching*. Komposisi *pulp* acacia mangium (15%), acacia crasicarpa (55%), dan eucalyptus (30%).
2. Sampel *pulp* awal dilakukan pengecekan seperti *consistency*, bilangan kappa, *brightness*, dan viskositas.
3. *Fresh water*, *cooling water* dan *condensate water* dilakukan pengecekan seperti pH, color, turbidity, COD, konduktivitas, Fe, SiO₂, total hardness, dan NaCl.

e. Tahap Pelaksanaan

1. *Pulp* diambil dari tanki pre *bleaching*. Komposisi *pulp* acacia mangium (15%), acacia crasicarpa (55%), dan eucalyptus (30%).
2. Sampel *pulp* awal dilakukan pengecekan seperti *consistency*, bilangan kappa, *brightness*, dan viskositas.
3. *Fresh water*, *cooling water* dan *condensate water* dilakukan pengecekan seperti pH, color, turbidity, COD, konduktivitas, Fe, SiO₂, total hardness, dan NaCl.

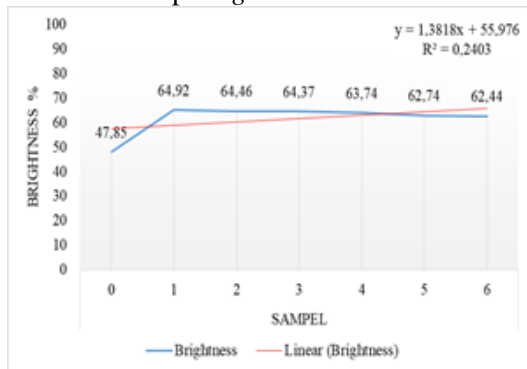
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian disajikan dalam bentuk grafik berdasarkan data hasil penelitian dan kemudian pada setiap grafik akan disertai

pembahasan sehingga diharapkan pembaca lebih mudah dalam memahami isi dari hasil penelitian.

Berikut penjelasan berdasarkan data yang diperoleh pada proses *bleaching* menggunakan air pengencer *fresh water*, *condensate water*, dan *cooling water*.

1. Hubungan Ratio Pemakaian *Condensate Water* terhadap *Brightness*

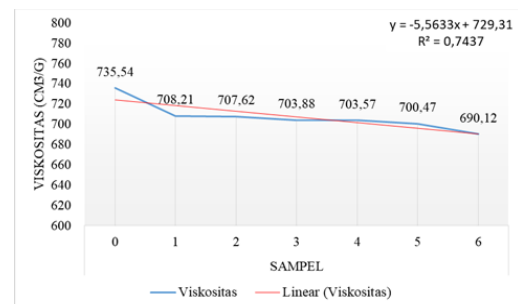


Gambar 1. Grafik Hubungan Ratio Pemakaian *Condensate Water* terhadap *Brightness*

Nilai *brightness* yang semakin tinggi menandakan bahwa proses pemutihan berjalan dengan baik. Tetapi dibalik nilai *brightness* kita juga harus memperhatikan nilai viskositas, nilai end pH, dan nilai residual ClO_2 . Kualitas *pulp* akan mempengaruhi harga dari *pulp* itu sendiri. Semakin baik atau tingginya kualitas suatu *pulp* maka semakin tinggi pula harga jual dari *pulp* tersebut. Dapat dilihat dari grafik diatas bahwa kondisi maksimum pada proses pemutihan ini ada pada sampel 3 (*fresh water* 80% + *condensate water* 20%) dengan tingkat kecerahan 64.37 %. Disini juga dapat kita lihat pada sampel 3 (*fresh water* 80% + *condensate water* 20%) menunjukkan hasil tingkat kecerahan 64.37 %, nilai ini dapat kita bandingkan dengan hasil tingkat kecerahan pada sampel 1 (*fresh water* 100%) sebagai blank dengan nilai tingkat kecerahan 64.92 % tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Maka dapat disimpulkan dengan penambahan 20% clean *condensate* pada air pengenceran *bleaching pulp* masih dapat digunakan, jika menggunakan clean *condensate* lebih dari 20% maka akan menurunkan nilai *brightness* yang cukup signifikan. Adapun optimal *brightness* pre D0 out nilai standar nya >45% dari data diatas *brightness* pre D0

out sudah memenuhi standar dengan nilai 47.85%. sedangkan optimal *brightness* D0 out nilai standar nya >70% dari data di atas tidak ada yang memenuhi standar dikarenakan dosis penggunaan ClO_2 yang sedikit yaitu 18.5 kg/t. dapat dilihat dari blank sampel atau sampel 1 (*fresh water* 100%) saja masih belum memenuhi standar yaitu 64.92%.

2. Hubungan Ratio Pemakaian *Condensate Water* terhadap Viskositas

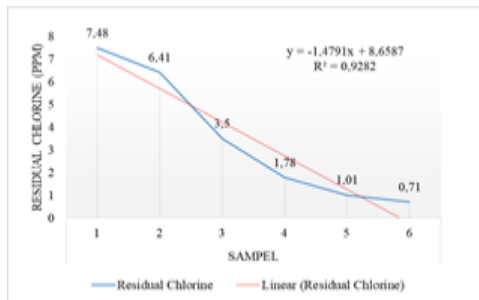


Gambar 2. Grafik Hubungan Ratio Pemakaian *Condensate Water* terhadap Viskositas

Berdasarkan hasil grafik diatas disimpulkan bahwa hasil atau kondisi optimum pada proses pemutihan pada sampe 2 (*fresh water* 90% + *condensate water* 10%) ditinjau dari nilai viskositas, diperoleh 707.62 cm^3/gr dengan dosis ClO_2 18.5 Kg/T tidak terlalu beda dengan sampel 1 (*fresh water* 100%) dengan viskositas 708.21 cm^3/gr dengan dosis 18.5 Kg/T. Adapun pada kondisi optimal nilai standar nya >600 cm^3/gr . Dapat disimpulkan bahwa Penggunaan clean *Condensate* berpengaruh terhadap penurunan Viskositas.

Viskositas yang menurun karena terjadi pemutusan rantai selulosa yang mengakibatkan rendahnya kekuatan *pulp*. Dari nilai viskositas diketahui kekuatan serat yang dimiliki oleh *pulp* serta hubungannya terhadap jumlah bahan pemutih yang diperlukan untuk proses pemutihan *pulp*. Dengan adanya nilai viscositas dapat diketahui perbandingan kekuatan serat yang dimiliki oleh *pulp* pada proses pemutihan *pulp* tahan pertama (D0) dan proses pemutihan *pulp* tahap kedua (D1). Penggunaan bahan kimia pemutih (ClO_2) yang berlebih menyebabkan degradasi selulosa sehingga mengurangi kekuatan *pulp* (viskositas *Pulp*).

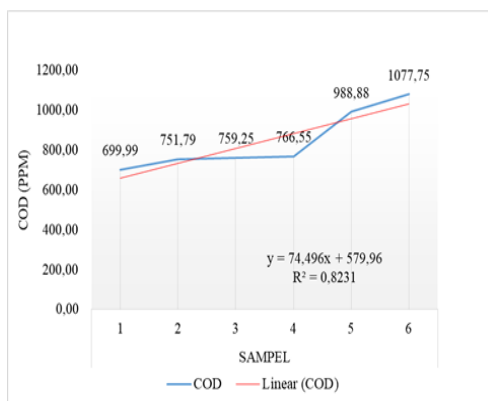
3. Hubungan Ratio Pemakaian *Condensate Water* terhadap *Residual Chlorine*



Gambar 3. Grafik Hubungan Ratio Pemakaian *Condensate Water* terhadap *Residual Chlorine*

Dalam kondisi optimal nilai standar residual *chlorine* adalah ≤ 10 ppm. Dapat dilihat pada grafik diatas nilai residual *chlorine* yang terendah dihasilkan pada sampel 6 (*fresh water* 50% + *condensate water* 50%) dengan dosis penambahan ClO_2 18.5 Kg/T dan nilai residual *chlorine* 0.71, nilai ini sesuai standar untuk residual *chlorine*. Sedangkan untuk nilai residual *chlorine* tertinggi dihasilkan pada sampel 1 (*fresh water* 100%) dengan dosis penambahan ClO_2 18.5 Kg/T dan nilai residual *chlorine* 7.48. Sehingga dapat disimpulkan untuk hasil nilai residual *chlorine* dapat di tekan dengan penambahan *condensate water* pada tahap *bleaching* D0.

4. Hubungan Ratio Pemakaian *Condensate Water* terhadap COD

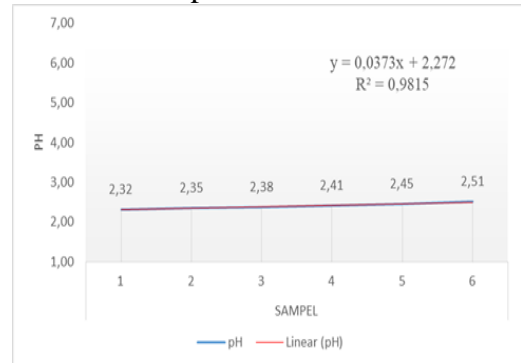


Gambar 4 Grafik Hubungan Ratio Pemakaian *Condensate Water* terhadap COD

Nilai standar COD *filtrate* untuk ke *waste water treatment* maksimal 1400 ppm. Dari data COD diatas semua variasi masih memenuhi standar. Dapat kita lihat penggunaan *condensate water* pada peoses *bleaching* D0 dapat mempengaruhi nilai

COD semakin banyak penggunaan *clean Condensate* semakin tinggi pula nilai COD-nya.

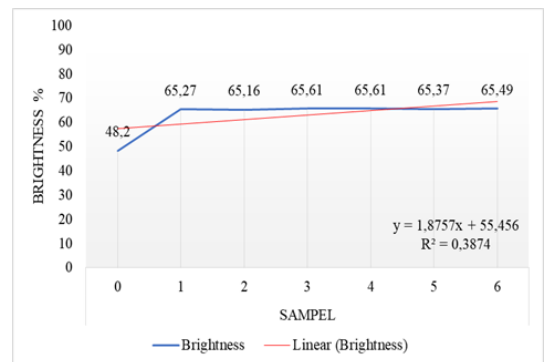
5. Hubungan Ratio Pemakaian *Condensate Water* terhadap end Ph



Gambar 5. Grafik Hubungan Ratio Pemakaian *Condensate Water* terhadap end Ph

Nilai standar End pH adalah 2-3. Dari grafik diatas hasil yang diperoleh adalah semua variasi dosis nilai End pH-nya sesuai standar dengan dosis penggunaan ClO_2 18.5 Kg/T dan nilai pH yang didapatkan 2.32 – 2.51. sementara untuk nilai End pH tertinggi yaitu pada sampel 6 (*fresh water* 50% + *condensate water* 50%) dengan dosis penggunaan ClO_2 18.5 Kg/T dengan nilai pH yang didapatkan 2.51, dan untuk nilai End pH terendah yaitu pada sampel 1 (*fresh water* 100%) dengan dosis penggunaan ClO_2 18.5 Kg/T dengan nilai pH yang didapatkan 2.32. Dapat disimpulkan bahwa dosis penggunaan *clean condensate* pada saat proses pemutihan (D0) dapat mempengaruhi End pH yang didapatkan setelah proses pemutihan tersebut.

6. Hubungan Ratio Pemakaian *Cooling water* terhadap *Brightness*

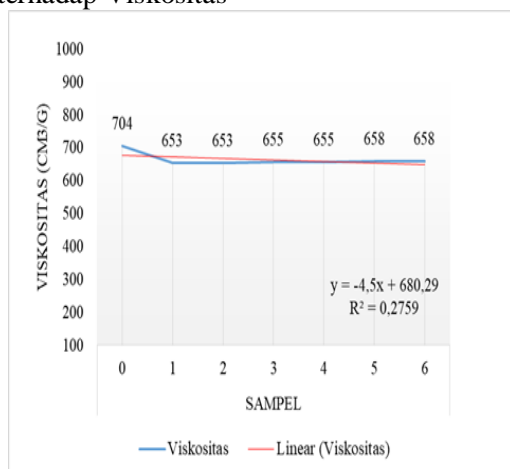


Gambar 6. Grafik Hubungan Ratio Pemakaian *Cooling water* terhadap *Brightness*

Pada proses *bleaching* menggunakan air penencer *fresh water* dengan rasio 100 ; 80 ; 60 ; 40 ; 20 ; 0 dan di campur dengan *cooling water* dengan rasio 0 ; 20 ; 40 ; 60 ; 80 ; 100 di dapat data nilai *brightness* yang tidak memiliki perbedaan yang signifikan bahkan data memiliki persamaan yang artinya penggunaan *cooling water* tidak memiliki efek untuk menurunkan nilai *brightness*. Nilai *brightness* sampel 1 (*fresh water* 100%) adalah 65,27% dibandingkan dengan nilai *brightness* sampel 6 (*cooling water* 100%) adalah 65,49%. Dengan *pulp* yang air pengencernya *fresh water* sebagai standard dalam penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *cooling water* dapat menggantikan penggunaan *fresh water* sebagai air pengencer *pulp* dalam proses *bleaching* tahap D0.

Adapun optimal *brightness* pre D0 out nilai standar nya >45% dari data diatas *brightness* pre D0 out sudah memenuhi standar dengan nilai 48,2%. sedangkan optimal *brightness* D0 out nilai standar nya >70% dari data di atas tidak ada yang memenuhi standar dikarenakan dosis penggunaan ClO₂ yang sedikit yaitu 18,5 kg/t. dapat dilihat dari blank sampel atau sampel 1 (*fresh water* 100%) saja masih belum memenuhi standar yaitu 65,27%.

7. Hubungan Ratio Pemakaian *Cooling water* terhadap Viskositas

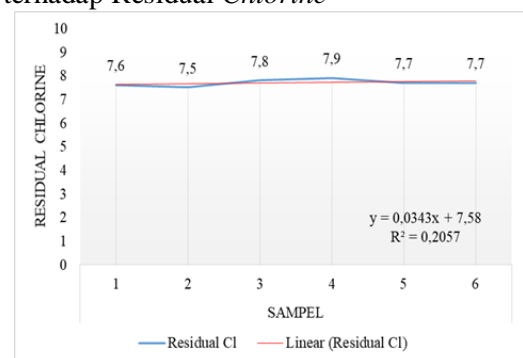


Gambar 7. Grafik Hubungan Ratio Pemakaian *Cooling water* terhadap Viskositas

Viskositas intrinsik adalah pengukuran *pulp* yang dilarutkan dalam cairan CED dan mengukur sifat-sifat larutan *pulp* tersebut dalam bejana kapiler. Jika larutan *pulp* mengalir dengan lambat dalam kapiler tersebut ini berarti menandakan tingkat/nilai viskositas yang cukup tinggi, dan demikian sebaliknya. Tingkat viskositas yang tinggi menunjukan rantai selulosa yang terdapat dalam larutan *pulp* tersebut memiliki kekuatan yang tinggi terhadap tekanan.

Pada proses *bleaching* menggunakan air penencer *fresh water* dengan rasio 100 ; 80 ; 60 ; 40 ; 20 ; 0 dan di campur dengan *cooling water* dengan rasio 0 ; 20 ; 40 ; 60 ; 80 ; 100 di dapat data nilai viskositas yang tidak memiliki perbedaan yang signifikan bahkan data memiliki persamaan yang artinya penggunaan *cooling water* tidak memiliki efek untuk menurunkan nilai viskositas. Nilai viskoaitas sampel 1 (*fresh water* 100%) adalah 653 cm³/g dibandingkan dengan nilai viskositas sampel 6 (*cooling water* 100%) adalah 658 cm³/g. Adapun pada kondisi optimal nilai standar nya >600 cm³/gr. Dengan *pulp* yang air pengencernya *fresh water* sebagai standard dalam penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *cooling water* dapat menggantikan penggunaan *fresh water* sebagai air pengencer *pulp* dalam proses *bleaching* tahap D0.

8. Hubungan Ratio Pemakaian *Cooling water* terhadap Residual Chlorine

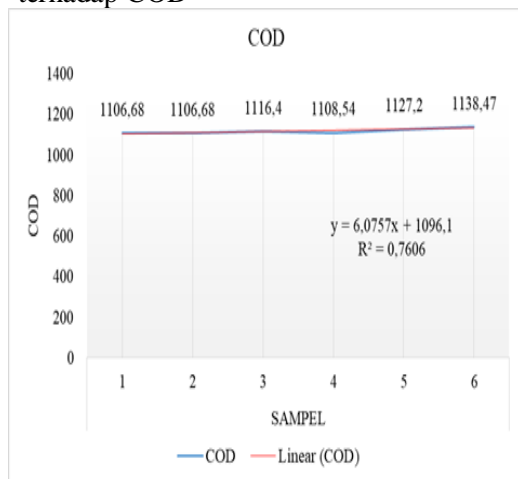


Gambar 8. Grafik Hubungan Ratio Pemakaian *Cooling water* terhadap Residual Chlorine

Dalam kondisi optimal nilai standar residual *chlorine* adalah ≤10 ppm. Pada proses *bleaching* menggunakan air penencer *fresh water* dengan rasio 100 ; 80 ; 60 ; 40 ; 20 ; 0 dan di campur dengan *cooling water* dengan rasio 0 ; 20 ; 40 ; 60 ; 80 ; 100 di dapat data nilai residual *chlorine* yang tidak memiliki

perbedaan yang signifikan bahkan data memiliki persamaan yang artinya penggunaan *cooling water* tidak memiliki efek untuk menurunkan nilai residual *chlorine*. Nilai residual *chlorine* sampel 1 (*fresh water* 100%) adalah 7,6 ppm dibandingkan dengan nilai residual *chlorine* sampel 6 (*cooling water* 100%) adalah 7,7 ppm. Dengan *pulp* yang air pengencernya *fresh water* sebagai standard dalam penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *cooling water* dapat menggantikan penggunaan *fresh water* sebagai air pengencer *pulp* dalam proses *bleaching* tahap D0.

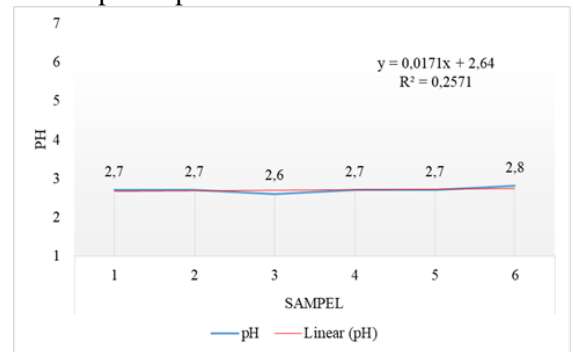
9. Hubungan Ratio Pemakaian *Cooling water* terhadap COD



Gambar 9. Grafik Hubungan Ratio Pemakaian *Cooling water* terhadap COD

Nilai standar COD *filtrate* untuk ke *waste water treatment* maksimal 1400 ppm. Pada proses *bleaching* menggunakan air penencer *fresh water* dengan rasio 100 ; 80 ; 60 ; 40 ; 20 ; 0 dan di campur dengan *cooling water* dengan rasio 0 ; 20 ; 40 ; 60 ; 80 ; 100 di dapat data nilai COD yang tidak memiliki perbedaan yang signifikan bahkan data memiliki persamaan yang artinya penggunaan *cooling water* tidak memiliki efek untuk menurunkan nilai COD. Nilai COD sampel 1 (*fresh water* 100%) adalah 1106,68 ppm. dibandingkan dengan nilai COD sampel 6 (*cooling water* 100%) adalah 1138,47 ppm. Dengan *pulp* yang air pengencernya *fresh water* sebagai standard dalam penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *cooling water* dapat menggantikan penggunaan *fresh water* sebagai air pengencer *pulp* dalam proses *bleaching* tahap D0.

10. Hubungan Ratio Pemakaian *Cooling water* terhadap End pH



Gambar 10. Grafik Hubungan Ratio Pemakaian *Cooling water* terhadap End Ph

Nilai standar end pH adalah 2-3. Pada proses *bleaching* menggunakan air penencer *fresh water* dengan rasio 100 ; 80 ; 60 ; 40 ; 20 ; 0 dan di campur dengan *cooling water* dengan rasio 0 ; 20 ; 40 ; 60 ; 80 ; 100 di dapat data nilai end pH yang tidak memiliki perbedaan yang signifikan bahkan data memiliki persamaan yang artinya penggunaan *cooling water* tidak memiliki efek untuk menurunkan nilai end pH. Nilai end pH sampel 1 (*fresh water* 100%) adalah 2,7 dibandingkan dengan nilai end pH sampel 6 (*cooling water* 100%) adalah 2,8. Dengan *pulp* yang air pengencernya *fresh water* sebagai standard dalam penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *cooling water* dapat menggantikan penggunaan *fresh water* sebagai air pengencer *pulp* dalam proses *bleaching* tahap D0.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan mengenai studi kelayakan penggunaan *condensate water* dan *cooling water* sebagai air pengencer *pulp* pada proses *bleaching* tahap D0 dapat disimpulkan :

1. *Condensate water* sebagai pengencer *pulp* menyebabkan *pulp* yang dihasilkan mengalami penurunan *brightness* dan viskositas *pulp* sedangkan *cooling water* sebagai pengencer *pulp* tidak mempengaruhi *brightness* dan viskositas *pulp* yang dihasilkan. Optimasi penggunaan *condensate water* hanya 10% sedangkan optimasi penggunaan *cooling water* yaitu 100%.
2. Mengganti *fresh water* dengan *cooling water* tidak mempengaruhi limbah COD

yang dihasilkan sedangkan menggunakan *condensate water* sebagai pengencer *pulp* menyebabkan limbah COD yang besar.

3. Nilai *brightness fresh water* yaitu 65,27% tidak berbeda secara signifikan dengan nilai *brightness cooling water* yaitu 65,49% serta didukung dengan nilai viskositas, *end pH*, residual *chlorine*, dan COD yang tidak berbeda secara signifikan sehingga *cooling water* dapat menjadi pengganti *fresh water* sebagai pengencer *pulp* di proses *bleaching*.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Ahmet, Tutus. Dan Ilhan, Deniz. (2004) : *Effect of Bleaching Condition on Optical and the Physical Properties During the Bleaching of Poplar Organosolv Pulps with Two-stage Hydrogen Peroxide*, Journal of Biological Sciences, Pakistan.
2. Batubara, Ridwanti. (2006) : *Teknologi Bleaching Ramah Lingkungan*, Fakultas Pertanian. Karya Tulis USU Repository, Indonesia.
3. Biermann, Cristhoper J. *Pulp and Papermaking*, Academic Press 1996
4. Hassan, Jameel. *Bleaching*, TAPPI PRESS 1991-1992
5. Dence, C. W. dan Reeve, D. W. (1996) : *Pulp Bleaching Principle and Practice*, hal:349-415, Tappi Press, Atlanta.
6. Departemen Perindustrian. 2005, *Penentuan Kadar Air Dalam Kayu, Pulp, Karton Dan Kertas*, SNI 08-7070-2005, Jakarta.
7. Herbert, Sixta. (2006) : *Handbook of Pulp*, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA, Weinheim.
8. Kocurek, M.G. (1989) : *Pulp and Paper Manufacture, Volume 5 : Alkaline Pulping*. Joint Texbook Committee of The Paper Industry, Atlanta.
9. PT.Lontar Papyrus Pulp & Paper Industry, *Operation Manual Bleaching Department*, Jambi.
10. Kvaerner Pulping AB, *Operating Manual Compact Cooking™ And Washing, JPulp Fiber Line Modification/105506 Lontar Papyrus Jambi*, Kvaerner Pulping AB 2006.
11. PT.Lontar Papyrus Pulp & Paper Industry, *Analisa ClO₂, Cl₂ dan HCl dalam ClO₂ larutan*, Test Method No PQ/TM/1-70 , Jambi.
12. PT.Lontar Papyrus Pulp & Paper Industry , *Residual Chlorine , ClO₂ dan NaOH*, Test Method No. PQ/TM/1-17, Jambi.
13. PT.Lontar Papyrus Pulp & Paper Industry, *Proses Bleaching Pada Pulp (Skala Laboratorium)*, Test Method No. PQ/TM/1-164 , Jambi.
14. PT.Lontar Papyrus Pulp & Paper Industry, *ISO Brightness Final Product*, Test Method No.PQ/TM/1-16 Jambi.
15. PT.Lontar Papyrus Pulp PT Lontar Papyrus Pulp & Paper Industry *Viscositas Pulp dengan Metode CED*, Test Method No PQ/TM/1-10 Jambi.
16. Rahmawati, N. (1999) : *Struktur Lignin Kayu Daun Lebar dan Pengaruhnya terhadap Laju Delignifikasi*, Skripsi Institut Pertanian Bogor, Bogor.
17. Reeve, Douglas, W., *Brightening Process Variables*, Kocurek MJ, *Pulp and Paper Manufacture Vol 5*, Alkaline Pulping, 3rd edition,. The Joint Text Book Committe, Atlanta, 1989.
18. Reeve, Douglas, W., *Delignification Process Variable*, Kocurek MJ, *Pulp and Paper Manufacture Vol 5*, Alkaline Pulping, 3rd edition,. The Joint Text Book Committe, Atlanta, 1989.
19. Rivan Kurniawan, (2019) : *Peluang Industri Pulp dan Kertas Indonesia Dibalik Anjloknya Harga Kertas*.
20. Sirait, S. (2003) : *Bleaching Module*, Training and Development Centre, Porsea, PT. Toba Pulp Lestari. Tbk.
21. Smook, G. A. (2002) : *Handbook for Pulp & Paper Technologists*, Angus Wilde Publications Inc, Vancouver, Canada.
22. Wang, Yang. (2017). *Jurnal The Use of Secondary Condensate from Evaporation Plant in Pulp Bleaching*.
23. Wong, D.F, J.A Schmidt, dan C. Heitner. 2006. *Magnesium Based Alkalis for Hydrogen Peroxide Bleaching of Mechanical Pulps*. Pulp and Paper Canada.
24. Yiannoulakis. 2015. *Pulp and Paper Application of MgO*. Research and Development Center. Grecian Magnesite.
25. Z. Li, G. Court, R. Belliveau, M. Crowell, R. Murphy, A. Gibson, M. Wajer, B. Branch, Y. Ni. 2006. *Using Magnesium Hydroxide (Mg(OH)₂ as the Alkali Source During Peroxide Bleaching at Irving Paper*. Pulp & Paper Canada 106.