

**STUDI PENGGUNAAN *ACTIVE CHLORINE* PADA TAHAPAN  
D0 STAGE**

**JURNAL TUGAS AKHIR**

**M GHAZI ALGHIFARI  
012.17.025**



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

**STUDI PENGGUNAAN *ACTIVE CHLORINE* PADA TAHAPAN  
D0 STAGE**

**JURNAL TUGAS AKHIR**

**M GHAZI ALGHIFARI  
012.17.025**

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



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

**STUDI PENGGUNAAN *ACTIVE CHLORINE* PADA TAHAPAN  
D0 STAGE**

**JURNAL TUGAS AKHIR**

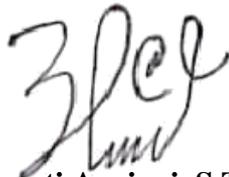
**M. GHAZI ALGHIFARI**  
**012.17.025**

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

Menyetujui,

Kota Deltamas, Agustus 2021

Dosen Pembimbing



**Rachmawati Apriani, S.T., MT.**  
**NIK. 19860427201405420**

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas



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

## STUDI PENGGUNAAN *ACTIVE CHLORINE* PADA TAHAPAN *D0 STAGE*

M Ghazi Alghifari<sup>1</sup>, Rachmawati Apriani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung

Email : [rachmawatiapriani46@gmail.com](mailto:rachmawatiapriani46@gmail.com)

**Abstrak.** Penelitian dengan judul “Studi Penggunaan *Active Chlorine* Pada Tahapan *D0 Stage*” bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsumsi dan dosis *active chlorine* terhadap pencapaian parameter kontrol *pulp* putih di *D0 stage*. Parameter yang digunakan adalah kenaikan nilai *brightness*, residual *kappa number* (CEK), penurunan nilai viskositas *pulp*, final pH, kenaikan residual *chlorine* dan kenaikan *shive content reduction*. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali dengan variasi *kappa number* dan dosis *active chlorine* untuk memperoleh nilai *kappa number* 2,5. Hasil penelitian menunjukkan konsumsi *active chlorine* 27 Kg/T *pulp* merupakan pemakaian *charge* optimal pada tahap *D0*, diperoleh dari nilai *kappa number* rata-rata sebesar 2,52. Dengan konsumsi *active chlorine* yang lebih tinggi dari 27 Kg/T juga berdampak pada tingginya penurunan viskositas *pulp* dan biaya *chemical*(cost) yang dapat dilihat dari residual *chlorine* yang meningkat signifikan pada konsumsi *active chlorine* diatas 27 Kg/T. Kandungan *shive* dalam *pulp* berkurang sebesar rata-rata 60% dengan konsumsi *active chlorine* 27 Kg/T *pulp*.

**Kata Kunci:** *Active chlorine*, *D0 stage*, *Pulp* putih.

## 1. Pendahuluan

Pemutihan (*bleaching*) merupakan proses yang sangat penting dalam pembuatan *pulp*, karena akan berhubungan langsung dengan kualitas kertas yang dihasilkan. Kualitas *pulp* yang baik akan menghasilkan produk kertas yang berkualitas tinggi. Derajat putih dan kekuatan serat merupakan salah satu karakteristik *pulp* yang menjadi perhatian konsumen. Derajat putih (*brightness*) dipengaruhi oleh proses *bleaching* dengan menghilangkan warna pada *pulp*. Keberhasilan dari proses *bleaching* tidak lepas dari penggunaan bahan kimia *bleaching* dan parameter yang berpengaruh dalam setiap tahap prosesnya.

Proses pemutihan (*bleaching*) bertujuan untuk menghilangkan kandungan lignin (*delignifikasi*) didalam *pulp* atau serat sehingga diperoleh tingkat *brightness* yang tinggi dan stabil [1].

Proses *bleaching* harus menggunakan bahan kimia yang reaktif untuk melarutkan kandungan lignin yang ada didalam *pulp* agar diperoleh *brightness* yang tinggi [2].

Proses pemutihan (*bleaching*) *pulp* di Indonesia umumnya menggunakan metode ECF (*Elemental Chlorine Free*). Proses pemutihan ECF ini bertujuan untuk meningkatkan derajat putih (*brightness*) pada *pulp*, yaitu dengan menghilangkan residual lignin yang sulit di *delignifikasi* pada proses pemasakan, sehingga *pulp* memiliki kestabilan *brightness* yang tinggi [3]. Pada umumnya pemutihan dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu, D0 (klorin dioksida), E (Ekstraksi), D1 (klorin dioksida), D2 (Klorin dioksida) [4]. Tahap awal *bleaching* D0 bertujuan untuk mengurangi dan mendegradasi lignin. Dua tahap akhir yaitu D1 dan D2 bertujuan untuk mencapai *brightness* yang telah mengestak lignin yang telah terdegradasi pada tahap D0, sehingga dapat larut dalam kimia pemutih. Tahap E sering dilakukan dengan penambahan oksigen (Eo), hidrogen peroksida (Ep) atau keduanya (EOP). Umumnya kombinasi antara oksigen dan peroksida menguntungkan karena oksidam bereaksi dengan gugus fungsional lignin yang berbeda dan saling melengkapi satu sama lain.

Variabel proses setiap tahap pemutihan perlu diperhatikan, sebab hal ini berkaitan dengan kelancaran produksi dan kualitas *pulp* yang dihasilkan. Adapun parameter yang berpengaruh pada tahap D0 yaitu: (1) *Inlet kappa number* dari tahap sebelumnya; (2) *soda carry over* dari proses

*washing*; (3) Dosis  $\text{ClO}_2$ ; (4) Kondisi reaksi seperti pH, temperatur dan *retention time*. Salah satu dari parameter yang berpengaruh pada tahap D0 adalah dosis  $\text{ClO}_2$ . Kondisi proses pada D0 *stage*, nilai *kappa number* berkisar antara 3 hingga 3,3, sehingga dilakukan variasi aktif klorin untuk mengoptimalkan residual lignin pada EOP *stage* untuk mendapatkan dosis optimal aktif klorin nilai *kappa number* sebesar 2,5 pada D0 *stage*.

## 2. Metoda Penelitian

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini dengan melakukan percobaan terhadap *pulp* pada tahap D0 skala laboratorium. Percobaan ini dilakukan sebanyak dua kali dengan variasi konsumsi *active chlorine* dan variasi *kappa number* dari *pulp* pre D0 yang tidak jauh berbeda untuk mendapatkan data akhir terhadap pencapaian parameter seperti *kappa number*, viskositas, *brightness*, final pH, *residual chlorine*, dan *shive content*.

### 2.1 Alat dan Bahan

Beberapa alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *waterbatch*, neraca analitik, pH meter, *viscometer*, plastik, gelas *beaker*, *stopwatch*, *sheet press*, erlenmeyer, dan bahan yang digunakan adalah *pulp outlet post washing press* (sebelum memasuki *bleaching stage I*), klorin dioksida dan air demin.

### 2.2 Variabel

Penelitian ini dilakukan variasi *kappa number* dari *pulp* pre D0 dan variasi konsumsi *active chlorine*.

Tabel 1 Variasi Kappa Number Pulp Pre D0

| Percobaan Ke- | Blank Pre D0 |
|---------------|--------------|
| 1             | 9,77         |
| 2             | 9,94         |

Tabel 2 Variasi Konsumsi *Active Chlorine*

| Variasi | Konsumsi <i>Active Chlorine</i> D0 Stage |
|---------|--|
| 1       | 25 Kg/T                                  |
| 2       | 26 Kg/T                                  |
| 3       | 27 Kg/T                                  |
| 4       | 28 Kg/T                                  |
| 5       | 29 Kg/T                                  |
| 6       | 30 Kg/T                                  |

### 2.3 Tahap Persiapan

Berikut merupakan tahap persiapan sebelum melakukan penelitian:

1. Sampel *pulp* diambil dari *outlet post washing press* (sebelum memasuki *bleaching stage I*) atau tahap pre D0. Sampel diambil sebanyak dua kali dengan variasi *kappa number* dari *pulp* pre D0 dengan sampel *pulp* pertama nilai *kappa number* pre D0 9,77 dan pada sampel *pulp* kedua nilai *kappa number pulp* pre D0 9,94.

2. Selanjutnya nilai *brightness*, viskositas dan *shive content* dicatat sebagai blanko dan sebelum, *pulp* dicuci dan diperas dilakukan pengecekan konsistensi.

3. *Active chlorine* diambil dari tangki unit *chemical plant*, kemudian dilakukan analisa konsentrasi *active chlorine* dalam senyawa  $\text{ClO}_2$ .

Berikut merupakan data parameter kualitas pre D0 Stage dari dua kali percobaan.

Tabel 3 Data Parameter Kualitas Pre D0 Stage Percobaan-1

| Skala Lab   | Parameter Kualitas        | Unit                            | Blank Pre D0 Out |
|-------------|---------------------------|---------------------------------|------------------|
| Percobaan-1 | <i>Kappa Number</i>       | -                               | 9,77             |
|             | <i>Brightness</i>         | %ISO                            | 46,93            |
|             | <i>Viscosity Pulp</i>     | cm <sup>3</sup> /g              | 741              |
|             | <i>Consistency</i>        | %                               | 35,14            |
|             | <i>Shive Content Pulp</i> | mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> | 73,54            |

*Active Chlorine* 23,31 g/l, *Temperature*: 70°C, *Reaction Time* : 60 Minute

Tabel 4 Data Parameter Kualitas Pre D0 Stage Percobaan-2

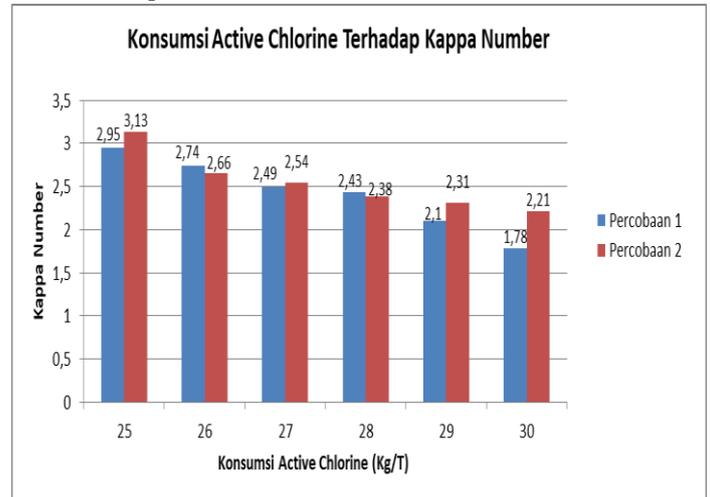
| Skala Lab   | Parameter Kualitas        | Unit                            | Blank Pre D0 Out |
|-------------|---------------------------|---------------------------------|------------------|
| Percobaan-2 | <i>Kappa Number</i>       | -                               | 9,94             |
|             | <i>Brightness</i>         | %ISO                            | 46,62            |
|             | <i>Viscosity Pulp</i>     | cm <sup>3</sup> /g              | 738              |
|             | <i>Consistency</i>        | %                               | 35,64            |
|             | <i>Shive Content Pulp</i> | mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> | 80,31            |

*Active Chlorine* 23,31 g/l, *Temperature*: 70°C, *Reaction Time* : 60 Minute

### 3. Pembahasan

#### 3.1 Kappa Number

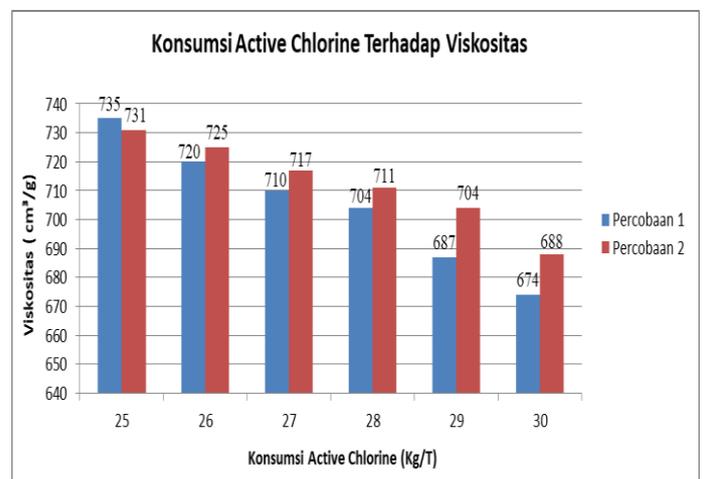
Penelitian ini dilakukan dengan variasi konsumsi *active chlorine* untuk mendapatkan target nilai *kappa number* sebesar 2,5 sebagai nilai optimal residual lignin yang masih tersisa didalam *pulp* setelah tahap D0.



Gambar 1 Grafik Konsumsi *Active Chlorine* Terhadap Kappa Number

Dari gambar 1 menunjukkan bahwa semakin besar konsumsi *active chlorine* yang digunakan untuk tahap D0 juga akan menghasilkan penurunan nilai bilangan *kappa number*. Dari dua percobaan *bleaching D0 stage*, penggunaan konsumsi *active chlorine* 27 Kg/T, diperoleh nilai *kappa number* rata-rata sebesar 2,52. Diharapkan nilai *kappa number* 2,5 dari *pulp* D0 stage, sisa lignin dalam *pulp* dapat mudah di degradasi pada tahap selanjutnya di EOP stage tanpa banyak mendegradasi rantai selulosa yang diidentifikasi sebagai penurunan nilai viskositas *pulp*.

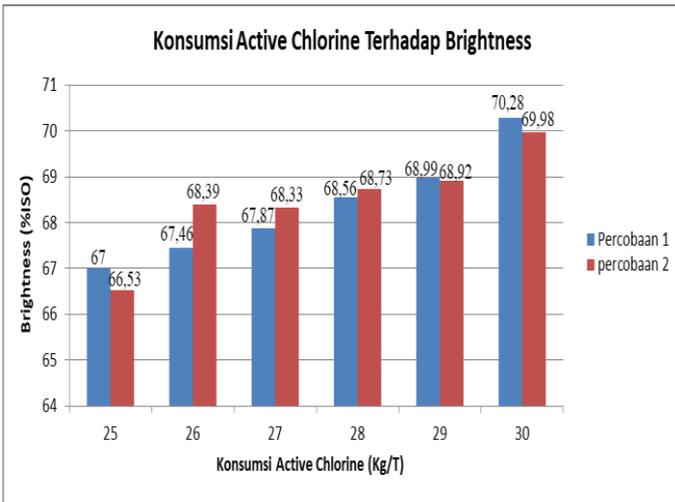
#### 3.2 Viskositas



Gambar 2 Grafik Konsumsi *Active Chlorine* Terhadap Viskositas

Tingginya konsumsi *active chlorine* berpengaruh terhadap penurunan nilai viskositas *pulp*, artinya konsumsi *active chlorine* berpengaruh pada terjadinya degradasi *selulosa* selama proses pemutihan. Nilai optimal penurunan viskositas dapat ditentukan dari hasil percobaan ini yaitu pada konsumsi *active chlorine* 27 dan 28 Kg/T. Jika konsumsi *active chlorine* 27 Kg/T dihasilkan nilai *kappa number* 2,5 sesuai target, maka untuk mencegah terjadinya degradasi rantai *selulosa* yang tinggi, penggunaan konsumsi *active chlorine* 27 Kg/T merupakan konsumsi optimal.

### 3.3 Brightness

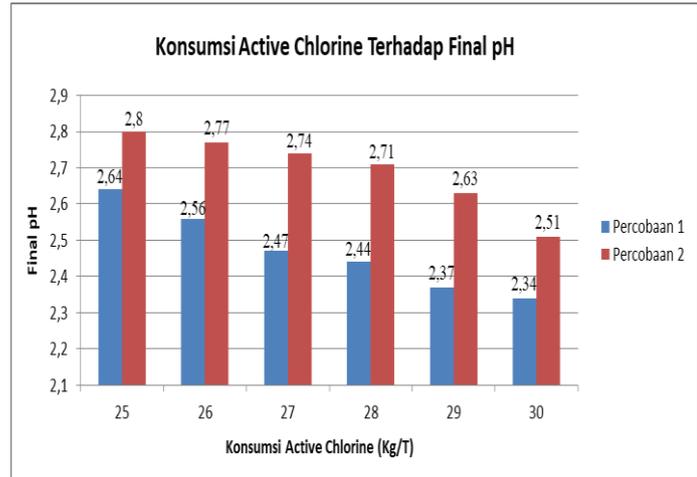


Gambar 3 Grafik Konsumsi *Active Chlorine* Terhadap *Brightness*

Tujuan utama dari proses pemutihan adalah untuk meningkatkan *brightness pulp*. Hasil penelitian yang diperoleh untuk nilai *brightness* dapat dilihat pada gambar 3.

Semakin tinggi konsumsi *active chlorine*, juga akan meningkatkan *brightness pulp*, tetapi nilai *brightness* tidak meningkat signifikan dengan peningkatan konsumsi *active chlorine* pada tahap D0, karena total lignin pada *pulp* masih tinggi, dimana sebagian lignin yang rantainya masih kuat hanya dapat dihilangkan pada proses ekstraksi. Dengan demikian nilai optimal konsumsi *active chlorine* terhadap pencapaian *brightness* sama dengan konsumsi optimal pencapaian *kappa number* yaitu 27 Kg/T.

### 3.4 Final pH

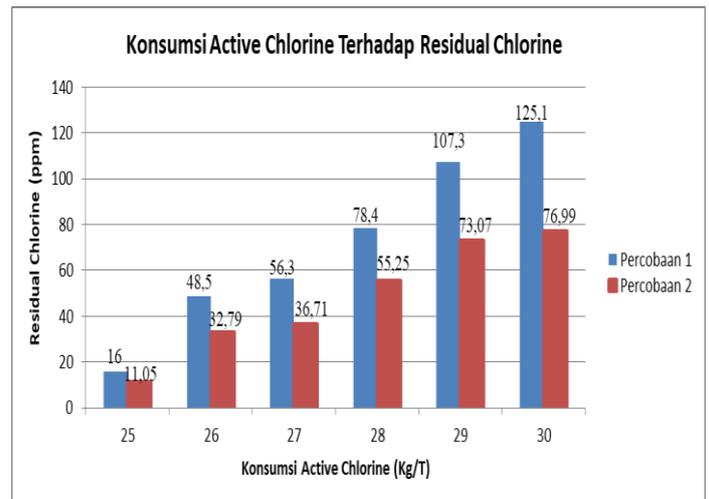


Gambar 4 Grafik Konsumsi *Active Chlorine* Terhadap Final pH

pH akan mempengaruhi reaksi antara  $\text{ClO}_2$  dan *pulp*. Final pH terhadap konsumsi *active chlorine* dapat di lihat pada gambar 4.

Dari hasil penelitian, dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsumsi *active chlorine* maka akan menghasilkan nilai pH semakin rendah, hal ini terjadi karena  $\text{ClO}_2$  bersifat asam sehingga reaksi  $\text{ClO}_2$  dan *pulp* menghasilkan suasana asam. Namun pH harus dilakukan pengontrolan karena akan mempengaruhi semua proses pemutihan *pulp*. Apabila konsentrasi pH terlalu rendah maka penghilangan lignin tidak sempurna, sementara bila konsentrasi pH terlalu tinggi maka akan mempengaruhi *brightness* dimana penambahan kandungan alkali yang berlebihan akan melampaui laju reaksi proses pemutihan *pulp* sehingga akan menurunkan *brightness pulp*.

### 3.5 Residual Chlorine

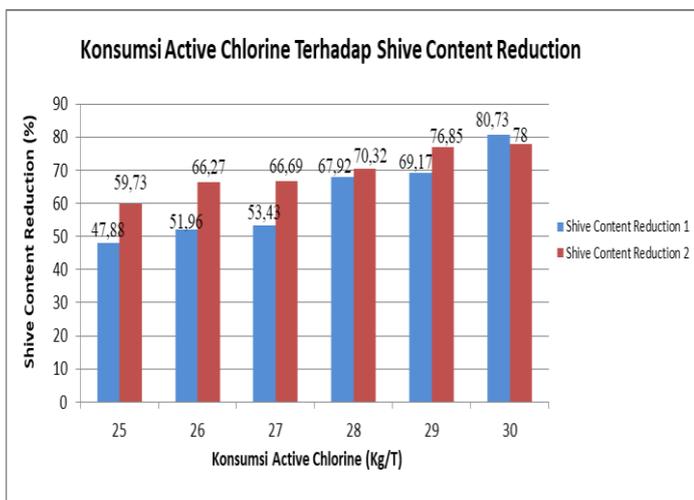


Gambar 5 Grafik Konsumsi *Active Chlorine* Terhadap *Residual Chlorine*

*Residual chlorine* disebut juga dengan *chlorine* bebas atau aktif, dapat diartikan sebagai jumlah *chlorine* yang tersedia sebagai desinfektan setelah waktu kontak tertentu. Pengaruh konsumsi *active chlorine* dapat dilihat pada gambar 5.

Dari hasil penelitian, dapat dilihat dari gambar 5, bahwa semakin besar penggunaan *active chlorine* maka semakin besar *residual chlorine* yang dihasilkan. Nilai *residual chlorine* terendah didapat dari konsumsi *active chlorine* 25 Kg/T pada percobaan pertama dan kedua dengan nilai sebesar 16 ppm dan pada percobaan kedua 11,05 ppm.

### 3.6 Shive Content Reduction



Gambar 6 Grafik Konsumsi *Active Chlorine* Terhadap *Shive Content Reduction*

*Shive content* merupakan sekumpulan kecil serat kayu yang tidak dimasak dengan sempurna, pengaruh konsumsi *active chlorine* terhadap *shive content reduction* dapat dilihat dari gambar 6.

Semakin tinggi konsumsi *active chlorine* maka akan menghasilkan sedikit *shive content* dan semakin tinggi konsumsi *active chlorine* juga akan menghasilkan *shive content reduction* yang tinggi. Dari dua kali percobaan penurunan kandungan *shive pulp* rata-rata sebesar 60% pada konsumsi 27 Kg/T *active chlorine*.

## 4. Kesimpulan dan Diskusi

Dari penelitian yang telah dilakukan mengenai studi penggunaan *active chlorine* pada tahapan D0 *stage* dapat disimpulkan :

1. Semakin besar konsumsi *active chlorine* pada tahap D0 menghasilkan penurunan bilangan *kappa number*, penurunan nilai viskositas, dan menghasilkan nilai pH yang semakin rendah,

dan semakin besar konsumsi *active chlorine* pada tahap D0 juga akan meningkatkan nilai *brightness pulp*, menghasilkan nilai *residual chlorine* yang semakin besar, serta mengurangi kandungan *shive content* dalam *pulp* yang berkurang rata-rata sebesar 60% dan tentunya penurunan kandungan *shive* akan lebih besar lagi pada tahap ekstraksi (EOP).

2. Dari dua kali percobaan untuk memperoleh nilai *kappa number* 2,5 setelah *bleaching* tahap D0 diperlukan rata-rata konsumsi *active chlorine* sebesar 27 Kg/T *pulp*, dengan nilai *kappa number* rata-rata dari *pulp* yang akan diputihkan (Pre D0) 9,86. Konsumsi *active chlorine* 27 Kg/T *pulp* adalah pemakaian *charge* yang optimal pada tahapan D0 ini, karena dengan konsumsi *active chlorine* yang lebih tinggi, juga akan berdampak pada tinggi penurunan viskositas *pulp* (degradasi *selulosa* banyak terjadi pada penggunaan  $\text{ClO}_2$  yang lebih tinggi). Selain itu konsumsi *active chlorine* yang lebih tinggi dari 27 Kg/T *pulp*, juga berdampak pada tingginya biaya *chemical* (cost) karena konsumsi berlebih dari *active chlorine*, dapat dilihat dari *residual chlorine* yang meningkat signifikan pada konsumsi *active chlorine* diatas 27 Kg/T.

Masukan dan saran yang dapat disampaikan untuk pembaca atau penelitian selanjutnya adalah :

- Perlu dilakukan beberapa percobaan lagi untuk tahapan D0 ini dengan nilai *kappa number* yang lebih rendah pada tahap Pre D0, dengan rentang nilai *kappa number* 8-9, sehingga dapat dibuat korelasi nilai *kappa number* Pre D0 dengan nilai *kappa number* setelah tahap D0.

- Pengujian *pulp* pada tahap D0 ini perlu dilanjutkan sampai tahap *bleaching* EOP, untuk melihat pengaruh konsumsi *active chlorine* terhadap nilai *kappa number* setelah tahap EOP.

- Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan variasi dosis *active chlorine* dengan rentang nilai sama dengan *kappa number* pre D0 *stage* berkisar antara 8-10, dengan menggunakan variasi waktu dan temperatur agar didapat nilai viskositas dan *brightness* yang tinggi.

- Perlu dilakukan pengujian parameter *sodaloss* untuk mengetahui kandungan jumlah soda yang tersisa didalam *pulp*.

## Referensi

1. Gellerstedt, G. (2010). Chemistry of pulp bleaching. In *Lignin and Lignans: Advances in Chemistry* (pp. 393-438). Boca Raton: CRC Press.

2. 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.

3. Dence, C. W. (1996). Pulp bleaching principles and practice. *TAPPI*, 812-815.

4. Sirait, S. (2003) : *Bleaching Module*, Training and Development Centre, Porsea, PT. Toba Pulp Lestari Tbk.