

PENGARUH PENAMBAHAN ENZIM XILANASE TERHADAP PROSES *ELEMENTAL CHLORINE FREE (ECF) BLEACHING*

Toni Sutrisna¹, Gina Maulia²

Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sains Bandung

Jalan Ganesha Boulevard Lot A-1 CBD Kota Deltamas

Tol Jakarta-Cikampek KM 37, Cikarang Pusat, Bekasi

¹Mahasiswa Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Institut Teknologi Sains Bandung

tonisutrisna10@gmail.com

²Dosen Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Institut Teknologi Sains Bandung

ABSTRAK

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan kertas, kebutuhan bahan pemutih juga mengalami kenaikan. Saat ini bahan pemutih yang banyak digunakan adalah senyawa yang mengandung klor. Senyawa ini dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, oleh karena itu, perlu dicari bahan yang ramah lingkungan untuk menggantikannya. Salah satunya adalah enzim xilanase. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan awal xilanase pada *proses prebleaching pulp* terhadap proses *Elemental Chlorine Free (ECF) bleaching*, pengaruhnya kualitas *pulp* putih dan terhadap *strenght properties* kertas. Percobaan ini menggunakan bahan baku *Acacia Crasicarrpa* : *Acacia Mangium* : *Eucalyptus* (70% : 20% : 10%). Penambahan enzim xilanase dengan variasi dosis : 0, ; 0,5 ; 0,75 ; 1 kg/ton, dengan temperatur 60°C serta waktu pemutihan 120 menit. *Pulp* lalu diputihkan dengan urutan D0-EOP-D1. *Pulp* putih yang diperoleh dibuat kertas 60 gsm dan diuji sifat fisiknya Hasil penelitian proses *prebleaching pulp* menggunakan enzim xilanase menunjukkan penurunan bilangan kappa optimum mencapai 11,4 pada dosis 1 kg/ton. Penggunaan enzim xilanase dapat menurunkan viskoksitas 5,21% hingga 8,24%. Penggunaan enzim xilanase pada *pre-bleaching pulp* menaikkan *brightness pulp* hingga 1,90%. Penggunaan enzim xilanase dapat mengurangi konsumsi penggunaan klorin dioksida tahap D0 sebanyak 2,51 hingga 2,64%, serta dapat mengurangi penggunaan bahan pemutih pada tahap selanjutnya. Penggunaan enzim xilanase dapat menurunkan zat ekstraktif *pulp* putih sebanyak 26,76% hingga 50,70%. Enzim xilanase dapat meningkatkan selektivitas pemutihan seperti terlihat kecenderungan kekuatan sifat fisik kertas.

Kata Kunci : Enzim Xilanase, *Bleaching Pulp*, ClO₂.

ABSTRACT

Along with the increasing need for paper, the need for whitening materials has also increased. At present the bleaching agent that is widely used is compounds containing chlorine. This compound can have a negative impact on the environment, therefore, it is necessary to find an environmentally friendly material to replace it. One of them is the xylanase enzyme. This study aims to determine the effect of xylanase pretreatment on the pulp prebleaching process on the Elemental Chlorine Free (ECF) bleaching process, the effect on the quality of the white pulp and on the strenght properties of paper. This experiment uses the raw material *Acacia Crasicarrpa*: *Acacia Mangium*: *Eucalyptus* (70%: 20%: 10%). Addition of xylanase enzymes with varying doses: 0,; 0.5; 0.75; 1 kg / ton, with a temperature of 60 °C and a bleaching time of 120 minutes. The pulp is then bleached in the order D0-EOP-D1. The white pulp obtained was made of 60 gsm paper and tested for its physical properties. The results of the study of the pulp pre-bleaching process using the xylanase enzyme showed a decrease in the optimum kappa number reaching 11.4 at a dose of 1 kg / ton. The use of xylanase enzymes can reduce viscosity 5.21% to 8.24%. The use of xylanase enzymes in pre-bleaching pulp increases the brightness of the pulp by 1.90%. The use of xylanase enzymes can reduce consumption of stage D0 chlorine dioxide by 2.51 to 2.64%, and can reduce the use of bleaching agents at a later stage. The use of xylanase enzymes can reduce the extractive substances of white pulp by 26.76% to 50.70%. The xylanase enzyme can increase the selectivity of bleaching as evident in the strenght of paper physical properties.

Keywords : Xylanase Enzyme, *Bleaching Pulp*, ClO₂.

1. Pendahuluan

Kebutuhan kertas terus mengalami kenaikan dari tahun ke tahun. Kenaikannya diperkirakan mencapai 3,5% tiap tahun. Kenaikan yang terus menerus ini mengakibatkan kebutuhan bahan-bahan kimia yang terkait dengan proses pembuatan kertas juga mengalami kenaikan, salah satunya adalah bahan pemutih, yang diperkirakan pada tahun 2007 di Amerika Serikat saja kebutuhannya mencapai sekitar 12500 juta lb (Bayer dkk, 1999). Kebutuhan kertas dunia saat ini sekitar 394 ton dan diperkirakan akan meningkat menjadi 490 ton pada tahun 2020 (Kementrian Perindustrian RI, 2017).

Indonesia menempati peringkat ke-9 untuk produsen *pulp* terbesar di dunia dan peringkat ke-6 untuk produsen kertas terbesar di dunia. Sementara di Asia Tenggara Indonesia menempati posisi pertama. Sebagai produk setengah jadi, *pulp* merupakan bahan baku utama dalam pembuatan berbagai jenis kertas. Kualitas yang baik akan menghasilkan kertas dengan kualitas yang tinggi. Salah satu karakteristik *pulp* yang menjadi perhatian konsumen adalah *brightness* (derajat putih) dan kekuatan serat. Derajat putih di pengaruhi oleh proses *bleaching* (pemutihan) dengan menghilangkan warna pada *pulp*.

Adanya proses pemutihan *pulp* mengakibatkan penggunaan kertas menjadi semakin luas. Salah satu efek samping dari proses pemutihan yang perlu diperhatikan adalah degradasi terhadap selulosa. Hal ini akan menyebabkan menurunnya kekuatan serat yang mengakibatkan menurunnya kekuatan tarik kertas sebagai hasil akhir. Pelaksanaan pemutihan dilakukan dengan mencampur bahan kimia dengan *pulp* pada kondisi tertentu. Biasanya proses pemutihan dilakukan dalam beberapa tahap, setiap tahapan dilakukan proses pencucian sebelum dimasukkan ke tahap berikutnya.

Proses proses pemutihan *pulp* yang digunakan di Indonesia terdiri dari proses pemutihan konvensional, substitusi klorin dan *Elemental Chlorine Free* (ECF). Teknologi tersebut menggunakan bahan dasar klorin karena sifatnya yang reaktif, efektif, harga relatif murah dan menghasilkan *pulp* dengan sifat fisik dan derajat putih yang tinggi. Namun disisi lain teknologi ini tidak ramah lingkungan karena dapat menimbulkan masalah lingkungan yang serius dan menjadi titik permasalahan yang dihadapi oleh industri *pulp* dan kertas. Dampak negatif yang di timbulkan adalah pada

pembuangannya yang berupa senyawa klorin organik. *Adsorbable Organic Hologen* (AOX) telah digunakan sebagai parameter yang menyatakan tingkat pencemaran yang berbahaya dan digunakan di seluruh dunia (Pratiwi, 2006).

Salah satu upaya untuk menurunkan kandungan AOX adalah melakukan sistem pemutihan yang ramah lingkungan seperti pemutihan dengan sistem *Total Chlorine Free* (TCF) atau dengan menggunakan enzim pada proses *prebleaching pulp*. Salah satu enzim yang digunakan adalah enzim xilanase. Teknologi ini memiliki beberapa keuntungan dari sisi teknis seperti dapat meningkatkan derajat putih dan menurunkan bilangan kappa (Viikari dkk., 1994). Proses *biobleaching* menggunakan enzim dari mikroba seperti xilanase yang mampu menghidrolisis xilan dari hemiselulosa dan lignin sehingga selulosa terbebas dari lignoselulosa (Tsujiibo dkk, 1992). Penggunaan xilanase diharapkan dapat mengurangi konsumsi bahan kimia klorin dioksida (ClO₂) pada proses pemutihan. Perlakuan menggunakan enzim dapat menurunkan konsumsi klorin dioksida pada tahap ECF *bleaching* hingga 10% (Suees, 2010).

Beg dkk. (2001) menyatakan penggunaan xilanase merupakan metode alternatif dengan biaya rendah sehingga dapat mereduksi penggunaan bahan kimia berbahaya dasar klorin dan bahan-bahan kimia pemutihan lainnya yang bersifat toksik sejumlah 20 - 40%. Dengan menurunnya senyawa klorin yang digunakan pada proses pemutihan maka secara teoritis diharapkan kandungan bahan berbahaya seperti senyawa organik terklorinasi (AOX) dan dioksin pada air limbah industri *pulp* dan kertas dapat direduksi (Dence dan Reeve, 1996).

2. Metodologi Penelitian

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian meliputi peralatan percobaan dan peralatan uji. Peralatan percobaan merupakan alat-alat yang digunakan selama percobaan berlangsung. Peralatan percobaan yang digunakan antara lain : neraca analitik, gelas ukur, *beaker glass*, *thermometer*, *stop watch*, kertas saring, alat *vacuum*, tali, pH meter, *waterbath*, *sheet punch*, pipet ukur, *magnetic stirrer*, alat *screening* dan *disintegrator automatic handsheet maker*.

Sedangkan peralatan uji merupakan alat-alat yang digunakan untuk menguji kekuatan sifat fisik dari sampel *handsheet* yang telah dibuat. Peralatan uji yang digunakan antara

lain : DCM *ekstraktion*, *brightness tester*, *tensile tester*, *bursting tester* dan *tearing tester*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain: pulp dengan rasio bahan baku *Acacia Cracicarpa*, *Acacia Mangium* Dan *Eucalyptus* (70 : 20 : 10%), enzim xilanase berasal dari BPPT (Balai Pengkajian dan Penerapan Teknologi) Tangerang, klorin dioksida, natrium hidroksida, hidrogen peroksida, *aquades* dan *demin water*.

2.2 Proses Prebleaching Pulp Dengan Xilanase Dan Proses Pemutihan Sistem ECF

Proses *prebleaching* menggunakan enzim xilanase dilakukan dengan *pulp* sebanyak 150 gram OD (*oven dry*) dengan penambahan dosis enzim xilanase 0 ; 0,5 ; 0,75 dan 1 kg/ton. Kondisi pada tahap ini dengan konsistensi 10%, suhu pemutihan 60°C dan waktu pemutihan 120 menit. Setelah dilakukan proses *prebleaching* kemudian dilakukan sistem pemutihan ECF bleaching sesuai standar yang ada di mills.

Sistem pemutihan ECF *bleaching* dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu tahap *Dhot* (D0), EOP dan D1. Tahap D0 dilakukan proses *bleaching* dengan *pulp* 120 gram OD. Bahan kimia pemutih yang ditambahkan yaitu klorin dioksida. Penambahan dosis klorin dioksida yaitu 12,4 ; 11,7 ; 11,4 ; 11.1 kg/ton. Konsistensi *pulp* 10%, waktu pemutihan 120 menit dan suhu pemutihan 75°C.

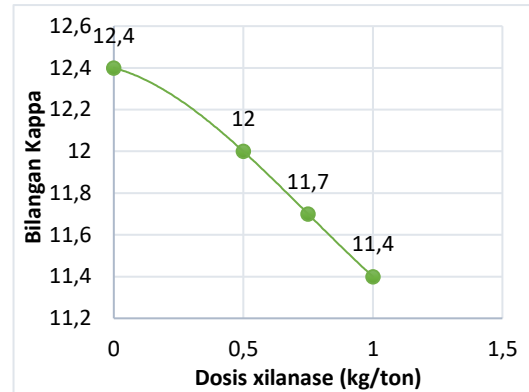
Tahap EOP dilakukan proses *bleaching* dengan *pulp* 100 gram OD. Bahan kimia pemutih yang ditambahkan yaitu natrium hidroksida dan hidrogen peroksida. Penambahan dosis natrium hidroksida 9,92 ; 9,36 ; 9,12 dan 8,82 kg/ton dan penambahan hidrogen peroksida 1 kg/ton pada masing-masing dosis. Konsistensi *pulp* 10%, waktu pemutihan 60 menit dan suhu pemutihan 85°C.

Tahap D1 dilakukan proses *bleaching* dengan *pulp* 80 gram OD. Bahan kimia pemutih yang ditambahkan yaitu klorin dioksida dan natrium hidroksida. Penambahan dosis klorin dioksida 13,5 ; 13 ; 12,5 dan 12 kg/ton dan penambahan natrium hidroksida 8,91 ; 8,58 ; 8,25 dan 7,92 kg/ton pada masing-masing dosis. Konsistensi *pulp* 10%, waktu pemutihan 180 menit dan suhu pemutihan 85°C.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Tahap Prebleaching

3.1.1 Pengaruh Xilanase Terhadap Bilangan Kappa



Gambar 1 Pengaruh Xilanase Terhadap Bilangan Kappa

Analisa bilangan kappa digunakan untuk mengetahui kelarutan *lignin* pada proses pemasakan dengan menghitung kadar *lignin* yang masih ada didalam *pulp* (Mimms, 1993). Tingginya bilangan kappa menunjukkan masih banyaknya *lignin* yang terkandung didalam *pulp*. Gambar 1 menyatakan bilangan kappa sebelum dilakukan *prebleaching* menggunakan enzim xilanase yaitu 12,4. Setelah dilakukan *prebleaching* menggunakan enzim xilanase bilangan kappa mengalami penurunan. Penurunan bilangan kappa terendah pada dosis 1 kg/ton dengan nilai 11,4 dan mengalami penurunan sebesar 8,06%.

Hal ini terjadi karena enzim xilanase merupakan enzim yang dapat menghidrolisis ikatan xilose - xilose dalam rantai xilan dan hanya melarutkan sebagian fraksi dari sejumlah xilan yang terdapat didalam *pulp*. Aksi xilanase dalam proses pemutihan yang memecahkan ikatan xilose - xilose dalam rantai xilan mengakibatkan pecahnya ikatan antar sisa *lignin* dengan karbohidrat, sehingga bahan kimia pemutih akan mudah bereaksi (Tjahjono Sudarmin, 2008).

Hasil proses *prebleaching pulp* dapat dihitung jumlah penggunaan ClO_2 tahap D0 dapat disesuaikan dengan bilangan kappa. Dosis penggunaan ClO_2 sebagai klor aktif = $0,22 \times$ bilangan kappa (Kocurek M.J, 1989). Hasil percobaan yang telah dilakukan jumlah konsumsi ClO_2 dapat di lihat pada tabel 1.

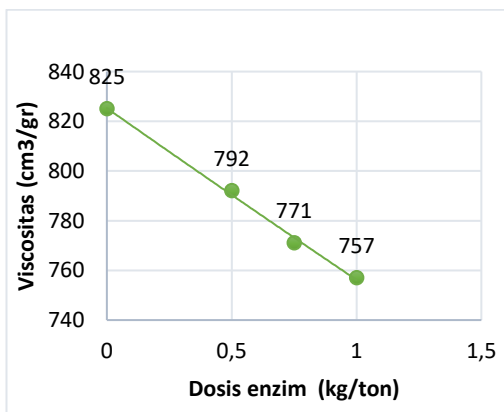
Tabel 1 Data Konsumsi ClO_2 Tahap D0 Dengan Prebleaching Dengan Enzim Xilanase

Dosis Enzim (Kg/Ton)	Bilangan Kappa	Pengurangan Konsumsi ClO ₂ Tahap D0 (%)
0,5	12	2,64
0,75	11,7	2,57
1	11,4	2,51

Penurunan bilangan kappa dari proses prebleaching ini maka konsumsi klorin dioksida pada proses *bleaching* tahap D0 dapat berkurang seperti yang terlihat pada tabel 1. Aplikasi xilanase pada dosis 1 kg/ton dapat menurunkan konsumsi penggunaan klorin dioksida sebesar 2,51% atau menurun sebesar 8,06%.

Dengan adanya persen penurunan klor aktif melalui proses *prebleaching* menggunakan enzim xilanase dapat mengurangi penggunaan ClO₂ sehingga penggunaannya lebih hemat hingga 18% (Tjahjono Sudarmin, 2008). Hal ini juga sejalan dengan penelitian Septiningrum (2013) *prebleaching pulp* dengan enzim xilanase akan mengurangi konsumsi penggunaan ClO₂, sehingga proses *bleaching* akan lebih ramah lingkungan. Hasil penelitian Septiningrum (2013) menunjukkan penggunaan enzim xilanase dapat mengurangi penggunaan ClO₂ pada tahap D0 hingga 6,71%. Suees (2010) juga menyatakan bahwa perlakuan menggunakan enzim dapat menurunkan konsumsi klorin dioksida pada tahap ECF *bleaching* hingga 10%.

3.1.2 Pengaruh Xilanase Terhadap Viskositas

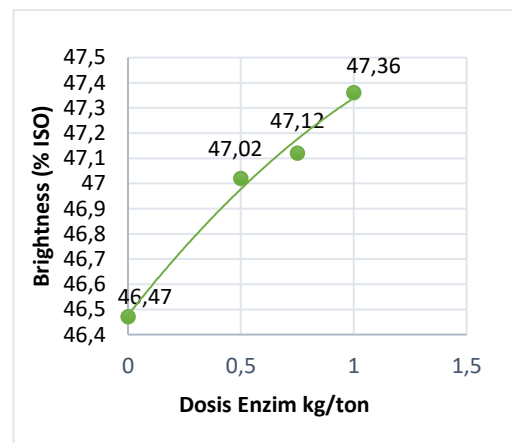


Gambar 2 Pengaruh Enzim Xilanase Terhadap Viskositas

Pengukuran viskositas *pulp* dilarutkan dalam larutan CED dan di alirkan didalam tabung kapiler. Jika pengukuran larutan CED mengalir dengan lambat maka menyatakan tingkat/nilai viskositas yang cukup tinggi, demikian sebaliknya. Semakin tinggi penambahan dosis xilanase maka nilai viskositas semakin menurun.

Penurunan viskositas ini dikarenakan enzim xilanase mengkatalis pemotongan-pemotongan lignin pada serat. Dengan adanya enzim xilanase proses pemotongannya akan menjadi lebih cepat sehingga akan mengurangi viskositas atau kekutan serat. Imelgia (2017) menyatakan penurunan viskositas mengindikasikan adanya derajat polimerisasi selulosa sehingga viskositas menurun. Viskositas yang terlalu rendah akan memberi dampak penurunan kekuatan serat.

3.3 Pengaruh Xilanase Terhadap Brightness



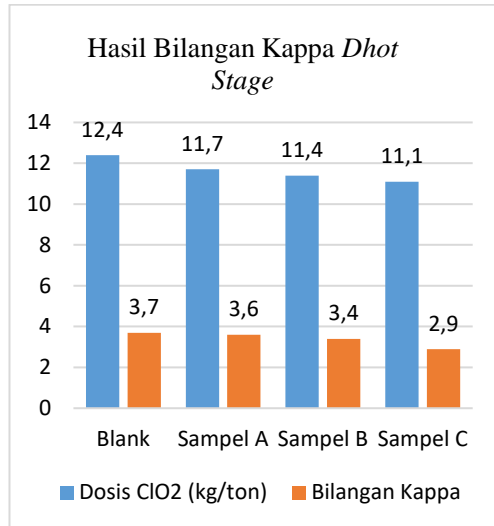
Gambar 3 Pengaruh Enzim Xilanase Terhadap Brightness

Semakin tinggi dosis penambahan enzim xilanase maka nilai *brightness pulp* semakin meningkat. *Brightness* tertinggi didapatkan pada dosis 1 kg/ton. Meningkatnya *brightness* pada proses *prebleaching* maka *bleachability* akan meningkat.

Tjahjono Sudarmin (2008) menyatakan bahwa enzim xilanase berperan menurunkan bilangan kappa sehingga kandungan lignin di dalam *pulp* juga menurun. Hal ini akan meningkatkan *brightnees pulp*. *Brightness pulp* juga di pengaruhi oleh komposisi bahan kimia *pulp*, terutama lignin yang mempunyai kemampuan menyerap sinar tampak. Menurunnya lignin akan di ikuti dengan kenaikan *brightness*.

3.2 Dhot Stage

3.2.1 Pengaruh ClO₂ Terhadap Bilangan Kappa Tahap D₀



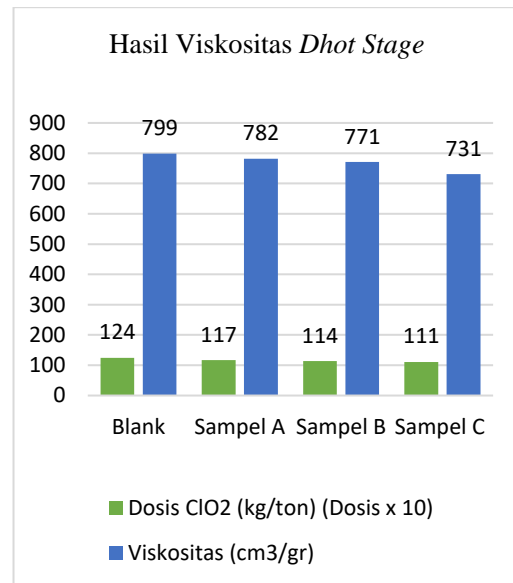
Gambar 4 Pengaruh ClO₂ Terhadap Bilangan kappa tahap D₀

Analisa bilangan kappa digunakan untuk mengetahui kelarutan *lignin* pada proses pemasakan dengan menghitung kadar lignin yang masih ada didalam *pulp* (Mimms, 1993). Tingginya bilangan kappa menunjukkan masih banyaknya *lignin* yang terkandung didalam *pulp*.

Bilangan kappa yang dihasilkan pada D₀ stage ini mengalami penurunan. Bahan kimia yang digunakan yaitu klorin dioksida. Gambar 4 menyatakan bilangan kappa blank tanpa penambahan enzim xilanase pada tahap *prebleaching* yaitu 3,7 sedangkan *pulp* yang di *bleaching* menggunakan enzim xilanase sebelumnya mengalami penurunan yang cukup signifikan. Penurunan terendah bilangan kappa terdapat pada sampel C dengan dosis klorin dioksida 11,14 kg/ton, nilai bilangan kappa 2,9.

Penurunan bilangan kappa ini terjadi karena klorin dioksida merupakan bahan kimia yang bersifat oksidator, yaitu mendegradasi lignin dan menghilangkan warna lignin yang berwarna merah kehitaman sehingga lignin akan terdegradasi dan bilangan kappa akan mengalami penurunan.

3.2.2 Pengaruh ClO₂ Terhadap Viskositas Tahap D₀

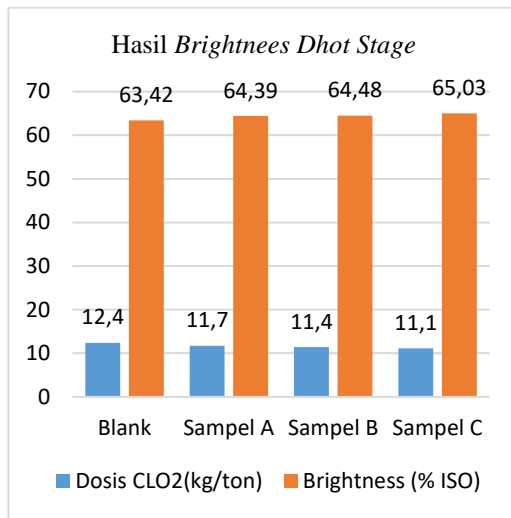


Gambar 5 Pengaruh ClO₂ Terhadap Viskositas Tahap D₀

Pada tahap ini viskositas mengalami penurunan. Penurunan viskositas ini terjadi karena pada proses *bleaching* menggunakan klorin dioksida tahap D₀ memungkinkan terjadinya derajat polimerisasi selulosa. Terjadinya derajat polimerisasi selulosa menyebabkan viskositas atau kekuatan serat akan menurun. Viskositas ini dipengaruhi oleh penambahan enzim pada proses *prebleaching* berfungsi sebagai fatalisator agar memudahkan bahan kimia masuk ke dalam serat. Penambahan enzim xilanase proses pemotongan ikatan lignin lebih cepat, sehingga memungkinkan terjadinya derajat polimerisasi selulosa.

Deswenty (2008) menyatakan viskositas dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya konsentrasi dari bahan pemutih yang digunakan. Penggunaan klorin dioksida sebagai bahan kimia pemutih *pulp* akan menyebabkan degradasi selulosa sehingga mempengaruhi kekuatan serat. Bahkan dengan kondisi yang baik kemungkinan masih terjadi penurunan kekuatan serat. Banyaknya bahan kimia yang digunakan berbanding terbalik dengan viskositas *pulp*.

3.2.3 Pengaruh ClO₂ Terhadap *Brightness* Tahap D₀



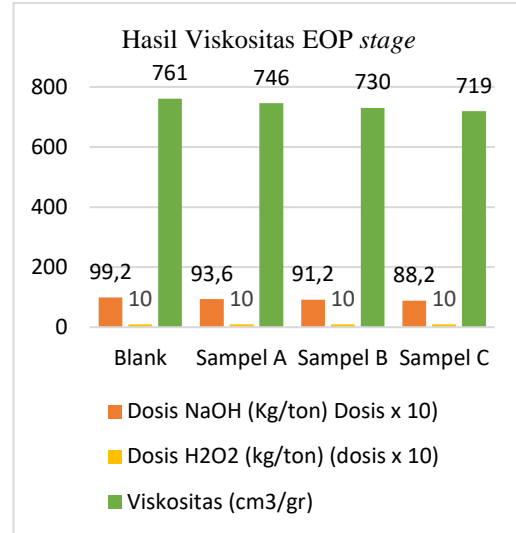
Gambar 6 Pengaruh ClO₂ Terhadap *Brightness* Tahap D₀

Gambar 6 menunjukkan *brightness* pada tahap ini mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Nilai *brightness* tertinggi pada sampel C dengan nilai 65,03 % ISO. Hal ini dikarenakan bilangan kappa yang di dapat pada tahap ini mengalami penurunan yang cukup signifikan, sehingga lignin yang terkandung dalam *pulp* telah mengalami *delignifikasi*. Proses *delignifikasi* pada tahap ini bekerja dengan optimal sehingga *brightness pulp* yang dihasilkan meningkat. Bilangan kappa mengalami penurunan maka akan diikuti dengan kenaikan *brightness pulp*.

Menurut Kocurek M.J. (1989) klorin dioksida memiliki selektivitas yang tinggi hanya bereaksi dengan lignin tidak bereaksi secara luas dengan karbohidrat. Selain memiliki selektivitas yang tinggi, klorin dioksida dapat memberikan derajat putih yang tinggi dan penurunan kekuatan *pulp* yang sedikit.

3.3 EOP Stage

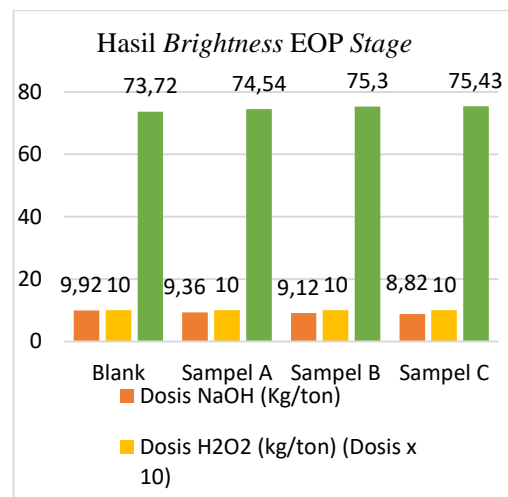
3.3.1 Pengaruh NaOH dan H₂O₂ Terhadap Viskositas Tahap EOP



Gambar 7 Pengaruh NaOH dan H₂O₂ Terhadap Viskositas Tahap EOP

Viskositas yang dihasilkan pada tahap EOP ini mengalami penurunan. Penurunan viskositas pada tahap EOP ini dikarenakan penggunaan NaOH dan peroksida sebagai bahan kimia pemutih dapat memungkinkan terjadinya depolimerisasi selulosa pada saat proses *bleaching*. Terjadinya derajat polimerasi pada selulosa akan mengakibatkan menurunnya kekuatan serat.

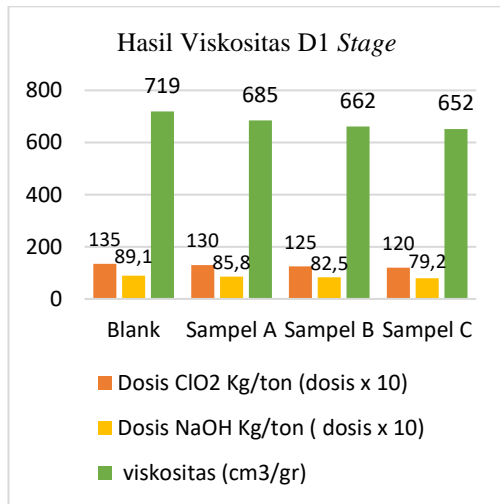
3.3.2 Pengaruh NaOH dan H₂O₂ Terhadap *Brightness* Tahap EOP



Gambar 8 Pengaruh NaOH dan H₂O₂ Terhadap *Brightness* Tahap EOP

3.4 D1 Stage

3.4.1 Pengaruh ClO₂ Dan NaOH Terhadap Viskositas Tahap D1

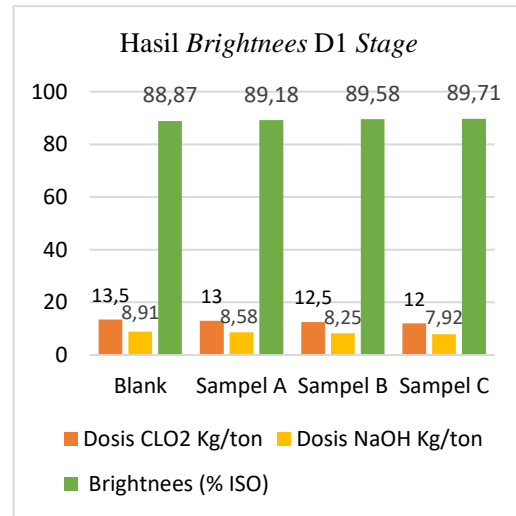


Gambar 9 Pengaruh ClO₂ dan NaOH Terhadap Viskositas Tahap EOP

Penambahan klorin dioksida dan NaOH pada tahap D1 dapat menurunkan viskositas. Hasil viskositas akhir pada penelitian ini tidak kurang dari standar yang ada di mills yaitu maksimal 650 cm³/gr. Salah satu faktor yang mempengaruhi dari viskositas *pulp* adalah penambahan bahan pemutih yang sedikit akan menyebabkan *pulp* berwarna gelap. Sebaliknya, apabila penambahan bahan pemutih yang terlalu banyak dapat mempengaruhi kekuatan serat pada *pulp* yang dihasilkan. Penggunaan bahan kimia pemutih ClO₂ dan NaOH dapat menyebabkan degradasi selulosa sehingga mengurangi kekuatan serat. Banyaknya bahan kimia pemutih berbanding terbalik dengan viskositas *pulp*. Oleh karena itu, bahan pemutih yang digunakan harus stabil agar mendapatkan viskositas yang tinggi dan *brightness pulp* tinggi.

Viskositas yang rendah artinya lebih banyak selulosa yang rusak atau selulosa yang terdegradasi. Para ahli menduga adanya degradasi lignin. Degradasi lignin merupakan salah satu faktor yang menyebabkan rusaknya nilai viskositas. Hal ini terjadi karena adanya perpecahan acak molekul selulosa yang menyebabkan berkurangnya rantai panjang selulosa. Besar kecilnya viskositas ini menentukan mutu dari hasil akhir *pulp*.

3.4.2 Pengaruh ClO₂ Dan NaOH Terhadap Brightness Tahap D1

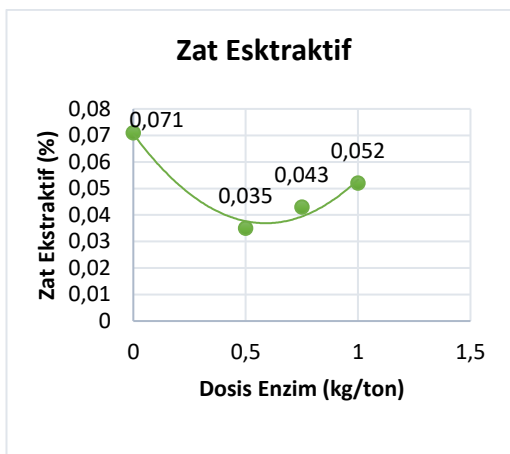


Gambar 10 Pengaruh ClO₂ dan NaOH Terhadap Brightness Tahap EOP

Gambar 10 menunjukkan hasil *brightness* yang di dapat pada tahap ini mengalami kenaikan yang signifikan. Nilai *brightness* pada sampel A, B dan C sudah sesuai dengan standar yang ada di mills yaitu > 89% ISO. Kenaikan *brightness* ini terjadi dikarenakan penambahan klorin dioksida dan NaOH dapat mendegradasi dan melarutkan lignin sehingga bilangan kappa akan menurun. Bilangan kappa menurun akan diikuti dengan kenaikan *brightness*. Menurut Sixta (2006) klorin dioksida sebagai bahan pemutih memiliki selektivitas yang tinggi atau hanya bereaksi dengan lignin dan tidak terhadap serat. Klorin dioksida juga dapat menghasilkan *brightness* yang lebih tinggi dan stabil, serta dapat mengurangi *shives* dan kotoran pada *pulp*.

Bahan kimia pemutih yang ditambahkan selain klorin dioksida pada tahap D1 yaitu NaOH sebagai *chemical* yang digunakan untuk mengatur pH akhir yang sesuai dengan standar pabrik. pH akhir proses D1 yang standar yaitu 4 - 5. Sixta (2006) menyatakan pada pH > 4 ClO₂ akan menjadi ClO₃, sedangkan pada pH < 3 ClO₂ akan menjadi HOCl. ClO₃ dan HOCl tidak bereaksi dengan lignin dan dapat merusak serat.

3.5 Pengaruh Xilanase Terhadap Zat Ekstraktif Pulp Putih



Gambar 11 Pengaruh Enzim Xilanase Terhadap Zat Ekstraktif *Pulp* Putih

Ekstraktif merupakan bahan organik non polimer yang dapat dipisahkan dengan cara pelarutan dalam pelarut – pelarut yang netral seperti: eter, alkohol, benzena, aseton dan uap air. Kandungan ekstraktif pada kayu bervariasi yaitu antara 1 – 10% dan dapat mencapai 20% pada kayu - kayu tropis (Tjahjono Sudarmin, 2008). Penurunan ekstraktif paling rendah di dapat pada dosis 0,5 kg/ton. Penambahan dosis enzim xilanase yang semakin besar, maka diperoleh kadar ekstraktif yang lebih besar juga, tetapi tidak melebihi nilai blank. Hal ini terjadi pada penambahan dosis enzim xilanase yang lebih besar dari 0,5 kg/ton terjadi peningkatan tegangan antar serat dan ekstraktif sulit dihilangkan.

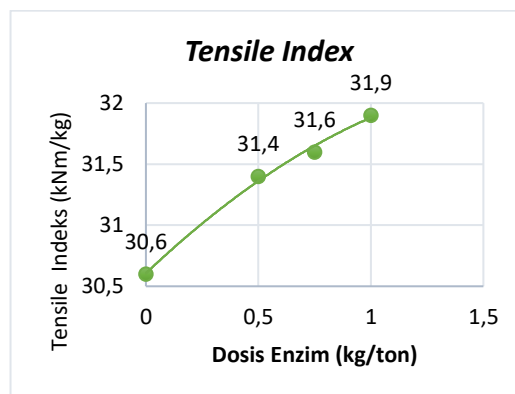
Penggunaan enzim xilanase dapat menurunkan zat ekstraktif karena enzim xilanase dapat mendegradasi xilan yang ada di dalam pulp sehingga ekstraktif pulp akan menurun. Selain itu, bahan kimia pemutih dalam proses *bleaching* dapat menurunkan zat ekstraktif pada *pulp*. Kadar ekstraktif yang dihasilkan pada penelitian ini di bawah standar, sesuai dengan TAPPI T204 - 97 kadar ekstraktif yang terkandung di *pulp* putih maksimal 0,2%.

Kadar ekstraktif merupakan parameter kualitas *pulp* putih yang sangat penting. Zat ekstraktif harus dihilangkan karena dapat menyebabkan masalah *pitch* pada pembuatan *pulp* dan kertas. *Pitch* adalah kumpulan dari bahan – bahan ekstraktif yang tidak terlarutkan oleh bahan kimia, sehingga menyebabkan ekstraktif tersebut mengendap dalam perlatan (*screen* dan *wire*) dan juga menimbulkan noda - noda pada kertas (Tjahjono Sudarmin, 2008). Kadar ekstraktif ini dapat dihilangkan dengan menambahkan surfaktan (kimia) dan lipase

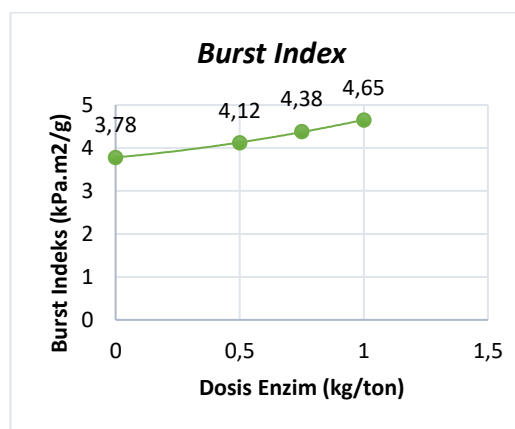
(biologi) pada proses pemasakan di dalam *digester* (Septinigrum, 2013)

3.6 Pengaruh Xilanase Terhadap Kekuatan Sifat Fisik Kertas

3.6.1 Pengaruh Xilanase Terhadap *Tensile Index* Dan *Burst Index* Kertas



Gambar 12 Pengaruh Enzim Xilanase Terhadap *Tensile Index* Kertas



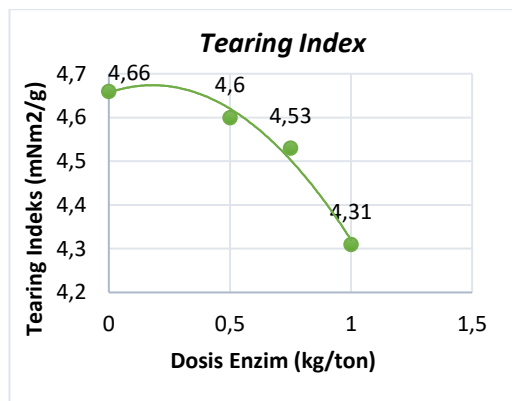
Gambar 13 Pengaruh Enzim Xilanase Terhadap *Burst Index* Kertas

Semakin tinggi penambahan dosis enzim xilanase maka nilai *tensile index* dan *burst index* semakin meningkat. Nilai *tensile index* tertinggi didapat pada penambahan dosis enzim xilanase 1 kg/ton dengan nilai 31,9 kNm/kg. Nilai *burst index* tertinggi di dapat pada penambahan dosis enzim xilanase 1 kg/ton dengan nilai 4,65 KPa. m²/kg.

Meningkatnya sifat fisik lembaran kertas yaitu *tensile index* dan *burst index* menunjukkan bahwa penambahan xilanase dapat menurunkan kandungan lignin pada *pulp*

akibatnya kekuatan antar serat semakin meningkat sehingga kekuatan fisik kertas putih meningkat. Meningkatnya nilai sifat fisik kertas dengan penambahan xilanase dibandingkan dengan tanpa penambahan enzim, menunjukkan bahwa xilanase dapat meningkatkan selektivitas dalam proses pemutihan artinya proses *delignifikasi* lebih dominan jika dibandingkan dengan reaksi karbohidrat. Selektivitas yang tinggi dalam proses pemutihan akan menurunkan degradasi karbohidrat (selulosa) sehingga kekuatan fisik *pulp* meningkat (Tjahjono Sudarmin, 2008).

3.6.2 Pengaruh Xilanase Terhadap *Tearing Index*



Gambar 14 Pengaruh Enzim Xilanase Terhadap *Tearing Index* Kertas

Semakin banyak dosis enzim xilanase yang ditambahkan maka semakin turun nilai *tearing index* pada kertas yang dihasilkan. Penurunan *tearing index* pada kertas putih menunjukkan masih adanya selulase pada ekstrak kasar xilanase yang digunakan dan secara tidak langsung membantu dalam proses fibrilasi pada proses penggilingan sehingga serat tidak utuh akibatnya kekuatan serat menurun (Septiningrum, 2013). Penurunan kekuatan sobek kertas juga dapat disebabkan karena *pulp* yang digunakan tidak melalui proses *refining/beating*, sehingga serat tidak mengalami fibrilasi. Pada penelitian ini hanya menggunakan *desintegrator* sehingga memungkinkan adanya serat yang terpotong, sehingga berdampak kepada penurunan kekuatan serat

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan enzim xilanase pada proses *prebleaching pulp* memiliki pengaruh terhadap karakteristik *pulp* seperti bilangan kappa, viskositas dan *brightness pulp*.
2. Penurunan bilangan kappa optimum mencapai 11,4 pada dosis 1 kg/ton.
3. Penggunaan enzim xilanase dapat menurunkan viskositas *pulp* 5,21% hingga 8,24%, dan menaikkan *brightness* hingga 1,90% serta menurunkan zat ekstraktif 26,76% hingga 50,70%.
4. Penambahan enzim xilanase dapat mengurangi penggunaan klorin dioksida pada tahap D0 sebanyak 2,51 - 2,64%, serta dapat mengurangi penggunaan bahan pemutih pada tahap selanjutnya.
5. Penambahan enzim xilanase dapat mempengaruhi kekuatan fisik kertas yang di hasilkan, seperti *tensile index* mengalami kenaikan 2,61 – 4,63%, menaikkan *burst index* 8,99 – 23,01%, dan menurunkan *tearing index* 1,28 – 7,51%.

Ucapan Terima Kasih

- Allah SWT atas segala rahmat yang diberikan selama melaksanakan tugas akhir dan penyusunan laporan.
- Kedua orang tua yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
- Ibu Gina Maulia, S.Si.,M.Si. dan Ibu Dr. Ir. Trismilah, M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu, memberikan pengarahan dan bimbingan selama melakukan tugas akhir.
- Bapak Indra Gunawan selaku HRD sekaligus *training officer* yang telah banyak membantu penulis.
- Bapak Ivan Widarko, S.Si. selaku *supervisor physical pulp* sekaligus mentor yang selalu memberi nasihat, saran, arahan serta bimbingan kepada penulis.
- Kedua sahabat saya yaitu Alm. Muhammad Sobri dan Leonardo yang selalu memberikan do'a dan *support* kepada penulis dalam pelaksanaan tugas akhir
- Teman - teman program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas Institut Teknologi Sains Bandung, khususnya angkatan 2016.

Referensi

- Beg, Q.K., Kapoor. M., Mahajan, L., Hoondal, G. S. 2001. *Microbial xylanases and their industrial applications : a review*. Applied Microbiology and Biotechnology, (56): 326- 338.
- Biermann, Christopher J. 1996. Handbook of Pulping and Papermaking (Second Edition). London: Academic Press Limited.
- Dencee, C.W., and D. W. Reeve, 1996. *Pulp Bleaching : Principle And Pratic*.TAPPI press, Atlanta, San Diego, California.
- Imelgia, 2013. *Penggunaan Enzim Xylanase pada Proses Prebleaching Pulp*. Tugas Akhir. Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sains Bandung.
- Kemenperin, 2017. Kemenperin Apresiasi Daya Saing Industri Kertas Berharga. [http://www.Kemenperin.Go.Id/Artikel/15399/Kemenperin -Apresiasi -Daya -Saing - Industri - Kertas - Berharga](http://www.Kemenperin.Go.Id/Artikel/15399/Kemenperin-Apresiasi-Daya-Saing-Industri-Kertas-Berharga). Kemenperin 2019.
- Kocurek, M.J.,1989. *Pulp And Paper Manufacture*, Vol 5: Alkaline Pulping, Joint Textbook Committee of The Paper Industry , Atlanta.
- Mimms, A. 1993. *Kraft Pulping- A Compilation of Notes*. TAPPI press, Atlanta GA. USA.
- Pratiwi Wieke, 2006-2007. *Diktat Pemutihan*. Akademi Teknologi Pulp dan Kertas: Bandung
- Septiningrum, K. and Sugesty, S. (2013). *Pengaruh Penambahan Xilanase PadaProses Pemutihan*. *Jurnal Selulosa*, 3(1), pp. 15–26.
- Sinaga, Deswenty. 2008. *Penentuan Viskositas pada Proses Pemutihan Pulp (Bleaching) di PT.Toba Lestari, Tbk*. Universitas Sumatera Utara
- Sixta, Herbert. 2006. *Handbook of Pulp*. Vol, 1. Weinheim: WILEY-VCH
- Suess, Hans Ulrich. 2010. *Pulp Bleaching Today*. Berlin: De Gruyter
- Tjahjono, H.J., Sudarmin. 2008. *Pengaruh Xilanase pada Perlakuan Awal Pemutihan Terhadap Kualitas Pulp*. *Berita Selulosa*. 43(2): 62-68.
- Tsujibo, H dkk. 1992. *Appl. Env. Microbiol.*, 58 : 371-375.
- Viikari L., Kantelinen A., Sundquist J. and Linko M. 1994. *Xylanases In bleaching: from and idea to the industry*. *FEMS Microbiol. Rev.*,13, 335 – 355