

# PEMUTIHAN PULP ECENG GONDOK MENGUNAKAN PROSES OZONASI

**Rudi Hartono, Jayanudin, Salamah**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jln. Jend. Sudirman km.3 Cilegon, Telp/Fax: (0254)395502

## Abstrak

*Semakin meningkatnya permintaan pasar akan kebutuhan kertas, maka di perlukan penyediaan bahan baku alternative yaitu memanfaatkan batang dan daun eceng gondok sebagai bahan yang dapat diolah menjadi pulp untuk bahan baku kertas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum pemutihan pulp dengan menggunakan teknik ozonasi dengan cara mengetahui indeks putih pulp tersebut. Sehingga dapat meningkatkan kualitas pulp dari eceng gondok.*

*Proses bleaching pulp yang digunakan dalam penelitian ini adalah proses mengalirkan ozon pada pulp di tempat pengontakan. Prosedur percobaan penelitian ini adalah dengan membuat pulp pada kondisi optimum yang telah didapat menggunakan proses soda dengan konsentrasi larutan NaOH 0.3 N, waktu hidrolisis 120 menit dalam labu leher tiga pada temperatur 100 °C yang dilengkapi dengan kondensor. Pulp yang dihasilkan dikeringkan kemudian diambil sampelnya untuk dilakukan proses pemutihan (bleaching) menggunakan ozon dengan cara mengalirkan ozon pada pulp ke tempat pengontakan dengan variasi waktu 2, 3, 4, 5 jam dan pH-2, pH-3, pH-4, pH-5. Hasil yang diperoleh dilakukan analisa derajat putihnya.*

*Hasil penelitian yang telah dilakukan, bahwa kondisi optimum yang diperoleh dari proses bleaching pulp menggunakan ozon adalah pH 2 dan waktu bleaching (pemutihan) selama 3 jam didapat nilai Brightness = 35,09%, a\* = 8,67 %, b\* = 15,39%.*

*Kata kunci: Eceng Gondok, Ozonasi, Bleaching, Pulp*

## 1. Pendahuluan

Eceng gondok adalah gulma yang paling merugikan daerah lahan basah di dunia, merupakan tumbuhan air yang sangat sulit untuk diberantas. Hal ini disebabkan pertumbuhan eceng gondok sangat cepat dan daya tahan hidupnya tinggi. Eceng gondok dapat menyebabkan kandungan air yang berada di sungai, danau berkurang, tertutupnya saluran-saluran air, satwa air lainnya tidak dapat bertahan hidup dan kandungan oksigen dalam air berkurang. Tapi dari semua segi negatif yang dimiliki, eceng gondok memiliki kadar serat yang tinggi. Eceng gondok mempunyai kandungan selulosa relatif tinggi, kadar selulosa tangkai daunnya mencapai 66,6% dan dari daunnya sebesar 53,3%. Eceng gondok memiliki kadar air yang sangat tinggi sebesar 95,49% pada tangkai daunnya dan 90,87% pada akarnya. Kadar lignin pada tangkai daun rendah (7,42%) sedang pada daun lebih tinggi (26,02%). Serat eceng gondok termasuk jenis serat sedang (1,60-2,12 mm) (Joedodibroto, 1985). Serat tersebut dapat dimanfaatkan secara komersional salah satunya digunakan sebagai bahan baku alternatif industri pulp dan kertas.

Semakin meningkatnya permintaan pasar atas kebutuhan kertas, maka jenis industri kertas berkembang baik dari segi mutu maupun jumlahnya. Fungsi dari industri kertas (pulp) adalah mengkonversi bahan-bahan dasar berupa selulosa menjadi bahan kertas. Terdapat tiga komponen pada bubur kertas yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Lignin merupakan senyawa pengotor *pulp* yang mengandung senyawa *kromofor*, yaitu gugus yang memberi warna pada senyawa aromatik karena menyebabkan *displacement* pada spektrum warna yang terlihat.

Untuk mendapatkan kertas dengan derajat putih yang telah ditentukan, maka dibutuhkan proses pemutihan bubur kertas. Secara konvensional, proses pemutihan bubur kertas menggunakan senyawa klor, diantaranya gas klorin (Cl<sub>2</sub>), hipoklorit, klorat, dan hidrogen peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Akan tetapi senyawa tersebut menyebabkan reaksi samping antara senyawa klor dengan senyawa organik aromatik (fenolik dan fenil) dalam bubur kertas yang tidak ramah lingkungan, maka perlu dicari alternatif bahan pemutih lain. Salah satu alternatif bahan pemutih tersebut menggunakan ozon (Andra, 2007). Raharja (2007) telah melakukan penelitian mengenai proses pemutihan pulp dengan ozon dengan memvariasikan kadar keasaman dan waktu pemutihan. Hasil yang diperoleh adalah waktu pemutihan 5 jam dengan kadar keasaman 2 dengan derajat putih 28,74<sup>o</sup>ISO.

Tujuan utama dari pemutihan adalah menaikkan derajat putih. Tingkat putih dari pulp dipengaruhi oleh jumlah kromofor yang ada didalamnya. Semakin sedikit senyawa kromofor maka pulp semakin putih. Kromofor dalam pulp adalah gugus-gugus fungsional dari lignin yang terdegradasi dan sisa-sisa lignin. Pada penelitian ini ingin mengetahui pengaruh ozon terhadap derajat keputihan pulp eceng gondok.

\*rudiplccg@yahoo.com.

Pada proses pembuatan pulp, serat selulosa dipisahkan dari lignin. Lignin yang mengotori pulp mengandung senyawa *kromofor* (yaitu gugus yang memberikan warna pada senyawa aromatik karena menyebabkan *displacement* pada spectrum warna yang terlihat) yang dapat melunturkan warna pulp jika tidak diolah. Warna yang ada pada bahan organik dihasilkan dari absorpsi cahaya oleh gugus *kromofor* dalam molekul. Kromofor merupakan ikatan C=C dan C=O yang ada secara bersamaan. Proses *bleaching* pulp dapat menghilangkan lignin yang tetap ada pada serat selulosa setelah proses *pulping* (proses pembuatan bubur kertas) secara bersamaan. Proses *bleaching* pulp juga dapat menghilangkan hemiselulosa yang terkandung dalam pulp.

Ada dua macam proses *bleaching* pulp, yaitu bersifat oksidatif dan reduktif. *Bleaching* pulp secara oksidatif yaitu dengan cara memecahkan ikatan rangkap karbon dan menghilangkan kromofor. Sedangkan *bleaching* pulp secara *reduktif* yaitu dengan cara merubah ikatan rangkap pada rantai konjugasi menjadi ikatan tunggal. Pada Tabel 1 berikut ini berupa *bleaching agent* yang dapat digunakan pada pemutihan pulp.

**Tabel 1.** Karakteristik *Bleaching Agent*

Bleaching Agents	Karakteristik
Klorin (Cl <sub>2</sub> )	Dapat memutihkan kertas dengan baik, namun menghasilkan limbah yang sangat berbahaya bagi lingkungan.
Kalsium hidrogen Sulfit (Ca(HSO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )	Pemutihan dengan senyawa ini tidak permanen. Warna asli dari bubur kertas akan kembali jika terkena udara dan cahaya dalam waktu lama, karena oksigen mengoksidasi senyawa ini.
Hidrogen Peroksida (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	Senyawa ini cukup baik untuk memutihkan kertas, namun derajat putih dihasilkan kecil.
Sodium perboat (NaBO <sub>3</sub> )	Merupakan bahan kimia yang di tambahkan pada detergen. Senyawa ini mengubah molekul air menjadi H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Ozon (O <sub>3</sub> )	Ozon merupakan <i>Bleaching Agent</i> yang ramah lingkungan, karena tidak menghasilkan effluent yang berbahaya seperti effluent senyawa halogen yang di hasilkan klorin.

Sumber : Othmer, 1992

Ozon adalah zat pengoksidasi paling kuat dan paling cepat yang akan mengoksidasi hampir seluruh bakteri, *endotoxin*, *mold* dan *yeast spora*, material organik dan berbagai macam virus. Ozon tidak hanya merupakan zat pengoksidasian yang sangat kuat (*powerful oxidizing agent*) tetapi juga dapat sebagai zat *non-chemical disinfectant* yang sangat kuat pula. Zat ini memiliki ciri-ciri dan spesifikasi yang khas yaitu:

- Tidak beracun (*non toxic*)
- Material yang ramah lingkungan
- Relatif tidak berbahaya
- Hampir serupa dengan oksigen

Ozon (O<sub>3</sub>) merupakan alotrof dari oksigen yang keberadaannya tidak stabil dan memiliki sifat tidak berwarna pada temperatur kamar, bau pedas (*pungent*) dan tajam (*acrid*). Ozon dapat digunakan sebagai *bleaching agent* yang mempunyai beberapa keuntungan, di antaranya adalah :

1. Ozon sangat reaktif terhadap lignin karena memiliki sifat *electrofilic* yang kuat dan reaksinya sangat efektif.
2. Mudah terdekomposisi, sehingga tidak menghasilkan effluent yang berbahaya bagi lingkungan dan makhluk hidup.
3. Ozon mampu menghancurkan beberapa senyawa yang beracun dan berbahaya dalam limbah cair.

Beberapa hal yang mempengaruhi pada proses pemutihan menggunakan ozon :

1. pH

Ozon dapat bereaksi dengan lignin secara efektif pada suasana asam, karena ozon mudah terdekomposisi dengan kenaikan pH, sehingga ozon semakin reaktif. Jika hal itu terjadi maka akan terbentuk senyawa hidroksil yang dapat menyerang selulosa sehingga menurunkan sifat fisik dari kertas yang dihasilkan (Langlais, 1991)

2. Waktu Pemutihan

Derajat putih pulp dapat meningkat dengan adanya kenaikan waktu reaksi. Semakin lama waktu reaksi maka semakin lama ozon bereaksi dengan lignin, tapi harus dicari waktu yang paling optimal karena jika lignin dalam bubur kertas sudah berkurang dan tinggal sedikit maka ozon akan menyerang selulosa

3. Suhu

Ozonasi dilakukan pada suhu ruang, karena lignin dan ozon bereaksi optimal pada suhu 28 -30 °C.

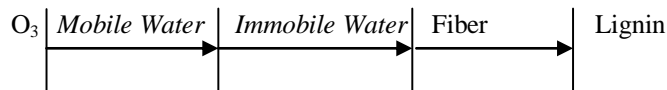
4. Perlakuan awal pada pulp sebelum dilakukan ozonasi.

Perlakuan awal pada pulp dengan pengasaman dapat mengurangi laju dekomposisi ozon dan penyerangan selulosa oleh ozon. Pengasaman ini juga bertujuan untuk meningkatkan efektifitas penghilangan lignin.

## 5. Konsistensi pulp

Konsistensi bubur kertas sangat mempengaruhi konsumsi ozon dalam proses pemutihan pulp.

Selama proses *bleaching* pulp serta selulosa disuspensikan kedalam air. *Transfer* ozon terjadi pada *Bulk* dari fase cair sebelum mencapai bagian yang bereaksi (Raharja, 2007). Ozon terdifusi kedalam *reaction medium* melalui lapisan – lapisan yang memiliki ketebalan yang berbeda-beda dimana berubah-ubah sesuai dengan konsistensi dari bubur kertas.



**Gambar 1.** *Transfer* massa ozon model Osawa dan Schuerch

*Transfer* ozon ke *reactive side* serat adalah secara konveksi pada fase gas dimana serat terdispersi, dissolusi pada lapisan air disekeliling serat, dan *diffuse* menuju reaktif site. Meskipun ozon adalah oksidator, reaktifitasnya dibatasi oleh kelarutannya yang rendah dalam air dibandingkan zat pemutih lainnya (Dence dan Reeve, 1996). Dispersi gas menuju suspensi serat merupakan kunci dari perpindahan massa, dan disain proses dipengaruhi oleh jumlah air dalam suspensi pulp, yaitu konsistensi pulp.

Pada pulp dengan konsistensi rendah ( 1- 3 % ) ozon bergerak secara konveksi sepanjang lapisan air bergerak (*mobile water layer*) dan secara difusi sepanjang lapisan air diam (*immobile water layer*) yang mengelilingi serat. Jika konsistensi dinamika, lapisan air bergerak perlahan – lahan hilang dan hanya tinggal lapisan air diam. Untuk itu diperlukan pengadukan dengan intensitas tinggi. Sedang pada konsistensi pulp tinggi, sebagian air tersimpan dalam serat dan hanya ada lapisan tipis air tak bergerak yang mengelilingi serat, yang mengakibatkan penurunan panjang jalur difusi ozon menuju serat. Untuk itu dibutuhkan proses pengolahan awal untuk memisahkan serat – serat agar memperluas permukaan kontak pulp dengan ozon.

Ozon relatif tidak stabil dalam larutan dimana laju dekomposisinya meningkat dengan kenaikan pH. Dekomposisi keseluruhan merupakan proses radikal bebas yang membentuk oksigen, radikal hidroksil dan perhidroksil dan hidrogen peroksida. Meskipun *bleaching* pulp bertujuan untuk mereaksikan lignin dengan zat pemutih, secara bersamaan karbohidrat dapat mengalami transformasi selama *bleaching* pulp yang dapat memberikan dampak bagi kekuatan produk pulp yang dihasilkan. Penyerangan ozon terhadap karbohidrat hanya sedikit, namun karbohidrat dapat diserang oleh radiakal yang terbentuk akibat dekomposisi ozon. Radikal hidroksil menyerang cincin karbohidrat dan membentuk gugus karbonil. Dekomposisi ozon di pengaruhi oleh adanya kandungan ion – ion logam yang terdapat pada pulp. Dekomposisi ozon menjadi molekul – molekul oksigen mengurangi kemampuan ozon dalam mengoksidasi lignin karena oksigen bukan merupakan oksidator yang efektif.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Proses Pembuatan Pulp Eceng Gondok

Proses yang digunakan adalah proses soda dimana eceng gondok yang sudah dibersihkan dari kotoran kemudian dikeringkan dengan sinar matahari. Eceng gondok yang sudah dikeringkan kemudian ditimbang sebanyak 10 gram kemudian dimasak dengan larutan NaOH 0.3 N sebanyak 200 ml dalam labu leher tiga yang telah dipasang thermometer dan kondensor dan ditempatkan di atas pemanas listrik. Proses ini berlangsung selama 120 menit pada temperatur 100°C (Jayanudin, 2007). Pulp diambil kemudian didinginkan pada suhu kamar.

### 2.2. Proses *Bleaching* Pulp

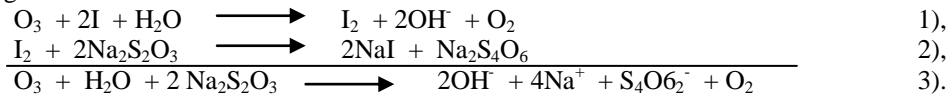
Tahap awal dari proses *bleaching* adalah mengukur produktifitas ozon. Proses ini bertujuan unyuk mengetahui jumlah ozon yang dihasilkan ozonator. Pengukuran dilakukan dengan melawatkan gas yang dihasilkan atau keluaran dari ozonator kedalam larutan KI yang berada dalam bubbler. Gas dilewatkan hingga warna larutan KI menjadi kekuningan karena teroksidasi ozon. Metode pengukuran yang digunakan adalah titrasi dengan metode iodometri yang berdasarkan reaktifitas ozon dalam larutan KI. Ion iodida dioksidasi oleh ozon dalam larutan KI. Iodium yang terbentuk dititrasi dengan natrium tiosulfat, pada saat titik ekivalen titrasi ditambahkan amilum. Titik akhir titrasi ditunjukkan dengan perubahan warna larutan dari biru tua menjadi tak berwarna (Raharja,2007).

Proses *Bleaching* Pulp yang akan dilakukan menggunakan ozon sebagai zat pemutih. Proses ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh ozon terhadap derajat putih pulp dengan variasi waktu dan tingkat keasaman (pH). Langkah-langkah proses *bleching* pulp tersebut adalah sebanyak 12 gram yang sudah dicuci, dan menambahkan aquadest sebanyak 600 ml guna mengencerkan pulp tersebut, kemudian dimasukan ke dalam tempat pengontakan pulp dan ozon. Menambahkan asam oksalat ke dalam pulp sehingga pH-nya menjadi 2. Diaduk hingga homogeny, alirkan ozon ke dalam reaktor dan bersamaan dengan itu menghidupkan *stopwatch* untuk variasi waktu 2, 3, 4, dan 5 jam. Setelah selesai sampel dicuci dan dikeringkan untuk dianalisa menggunakan alat *brightness elepro* untuk mengetahui % *brightness*, a\*, dan b\* sampel (pulp). Mengulangi langkah-langkah diatas dengan memvariasikan pH 3, 4, dan 5.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pada proses hidrolisa pulp, penelitian ini mengacu pada penelitian sebelumnya yaitu “Pemanfaatan Pulp Eceng Gondok Sebagai Alternatif Bahan Baku Kertas dengan Proses Soda” (Jayanudin, 2007). kondisi konsentrasi larutan pemasakan 0,3 N, waktu pemasakan selama 120 Menit dan suhu 100 °C mempunyai kandungan selulosa 89.72 %.

Produksi ozon yang dihasilkan melalui analisa dengan metode iodometri diperoleh data jumlah ozon yang dihasilkan dari ozonator dan reaktivitas ozon dalam cairan yang dilakukan adalah secara stoikiometri dengan reaksi sebagai berikut :

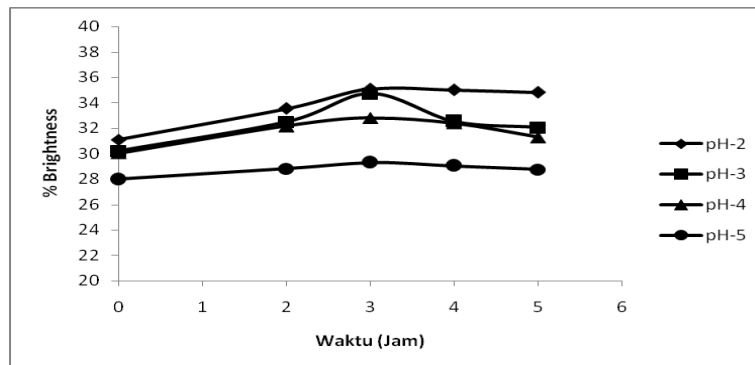


Dari persamaan 1 sampai 3 didapat hubungan :



Pengukuran produktivitas ozonator yang digunakan dalam penelitian ini menghasilkan ozon sebesar 0,03 gram/jam.

#### 3.1. Pengaruh pH dan Waktu Pemutihan Terhadap *Brightness*

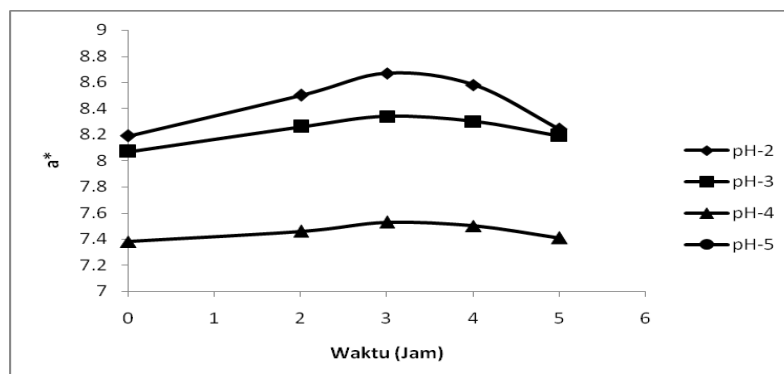


Gambar 2. Hubungan antara waktu, pH pemutihan dengan *brightness*

Proses pemutihan bubur kertas (pulp) dengan ozon merupakan pemutihan dengan cara oksidatif dimana ozon memecah ikatan rangkap dan mengoksidasi gugus kromofor dalam lignin. Pada proses pemutihan dengan ozon, suhu operasi disesuaikan dengan suhu ruangan ( 25 °C- 30 °C) karena pada suhu tinggi ozon (gas) Sangat mudah terdekomposisi, sehingga kemampuan untuk bereaksi dengan lignin berkurang.

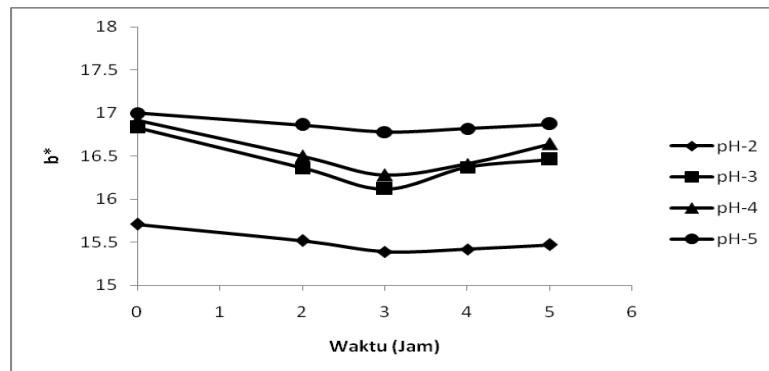
Salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi stabilitas ozon dalam air adalah pH, dimana dengan kenaikan nilai keasaman dari air maka ozon mudah terdekomposisi menjadi O<sub>2</sub> dan HO<sup>\*</sup>, ozon semakin reaktif pada kondisi asam. Pada Susana basa dekomposisi ozon akan menghasilkan senyawa HO<sub>2</sub><sup>\*</sup> berupa radikal hydroperoxide yang dapat mengoksidasi selulosa, sehingga menghasilkan penurunan ketahanan tarik atau bonding Strength .

Dari penjelasan di atas maka hasil penelitian yang didapat bahwa waktu optimum pemutihan selama 3 jam dan pH asam yaitu pH-2 dimana pengasaman yang dilakukan dengan penambahan asam oksalat bertujuan untuk mengurangi degradasi karbohidrat oleh radikal yang terbentuk pada dekomposisi ozon, dan asam oksalat adalah senyawa organik (Raharja, 2007). Maka nilai brightness sebesar 35.09%, brightness menunjukkan hasil keputihan pulp, dimana pulp yang mengandung lignin telah teroksidasi oleh ozon sehingga lebih putih



Gambar 3. Pengaruh waktu dan pH pemutihan dengan nilai a\*

Pada Gambar 3 menunjukkan pengaruh waktu dan pH pemutihan terhadap nilai  $a^*$  pada pH-2, pH-3, pH-4, dan pH-5. Dalam proses pemutihan terdapat  $a^*$  yang menyatakan warna kemerahan dan kehijauan. Nilai  $a^*$  pada alat analisa derajat putih menunjukkan bahwa semakin positif nilai  $a^*$  maka warna pulp akan semakin merah, sebaliknya semakin negatif nilai  $a^*$  maka akan didapat pulp yang berwarna semakin hijau. Pada pulp sebelum *dibleaching* warna pulp lebih hijau, karena sebelum *dibleaching* masih banyak kandungan kromofor pada lignin tersisa dari proses hidrolisa pulp. Setelah *dibleaching* warna pulp menjauhi dari warna hijau karena kromofor telah teroksidasi oleh ozon, dari Gambar 3 di atas diperoleh kondisi optimum yaitu pada waktu 3 jam dan pH-2 dengan nilai  $a^*$  8.67 %.



Gambar 4. Pengaruh waktu dan pH pemutihan dengan nilai  $b^*$

Gambar 4 merupakan hubungan antara waktu pemutihan terhadap nilai  $b^*$  pada pH-2, pH-3, pH-4, dan pH-5. Dalam proses pemutihan terdapat  $b^*$  yang menyatakan warna kekuningan dan kebiruan. Nilai  $b^*$  pada alat analisa derajat putih menunjukkan bahwa semakin positif nilai  $b^*$  maka warna pulp akan semakin kuning, sebaliknya semakin negatif nilai  $b^*$  maka akan didapat pulp yang berwarna semakin biru. Pada pulp sebelum *dibleaching* warna pulp lebih biru, karena sebelum *dibleaching* masih banyak kandungan kromofor pada lignin tersisa dari proses hidrolisa pulp. Setelah *dibleaching* warna pulp menjauhi dari warna biru karena kromofor telah teroksidasi oleh ozon, dimana warna biru tersebut dapat mempengaruhi kecerahan pulp sehingga pulp akan terlihat pucat. Dari gambar 2.3 di atas diperoleh kondisi optimum yaitu pada waktu 3 jam dan pH-2 dengan nilai  $b^*$  15.39 %.

#### 4. Kesimpulan

Hasil penelitian yang telah dilakukan, bahwa kondisi optimum yang diperoleh dari proses bleaching pulp menggunakan ozon adalah pH 2 dan waktu bleaching (pemutihan) selama 3 jam didapat nilai Brightness = 35,09% ,  $a^*$  = 8,67 % ,  $b^*$  = 15,39%.

#### 5. Daftar Pustaka

- Andra H, 2007, "Proses Pemutihan Pulp Serat Eceng Gondok Dengan Menggunakan Hidrogen Peoksida", Skripsi Jurusan Teknik Kimia Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon.
- Dence, C dan Reeve D., 1996, "Pulp Bleaching : Principles and Practice, Chapter IV 5 : Ozone Delignification", Dept of Chemical Eng. And Applied Chemistry Pulp and Paper Center, University of Toronto, Atalanta.
- Jayanudin., Hartono, R., Suhendi, E., 2007, "Pemanfaatan Pulp Eceng Gondok Sebagai Alternatif Bahan Baku Kertas dengan Proses Soda", Prosiding SATEK. Universitas Lampung
- Joedodibroto, 1985, "Proses Pemanfaatan Eceng Gondok Dalam Industri Pulp dan kertas", Berita Selulosa, Vol XIX, No.2.
- Langlais, B., 1991, "Ozone in Water Treatment : Application and Engineering", Lewis Publisher.
- Raharja, C, 2007, "Proses Pemutihan Pulp (Bubur Kertas) dengan Teknik Ozonasi", Skripsi Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon.
- Othmer, K, 1992, "Encyclopedia Of Chemical Technology" Vol 9, Interscience, Encyclopedia Inc, New York.
- Toren, K., 1997, "The History of Pulp and Paper Bleaching : Respiratory Health Effect, Lacet Ltd.