

**PENGUNAAN LARUTAN EKSTRAK ETANOL DARI TEMULAWAK SEBAGAI
FOTOSENSITIZER DI DALAM PEMUTIHAN (PENGELANTANGAN) PULP
DENGAN PENYINARAN LAMPU**

*The Use Of Etanol Extract From Temulawak As A Fotosensitizer
In Pulp Bleaching With Lamp Irradiating*

Arif Perdana

Balai Besar Kerajinan dan Batik, Jl. Kusumanegara No.7 Yogyakarta, Indonesia

Tgl Masuk Naskah: 16 Oktober 2013

Tanggal Revisi: 20 November 2013

Tanggal Revisi: 25 November 2013

ABSTRAK

Ekstrak etanol dari temulawak (*Curcuma Xanthorrhiza*) dapat digunakan sebagai fotosensitizer pada pemutihan pulp dengan penyinaran lampu, dimana pada pemutihan ini menghasilkan oksigen singlet yang mendegradasi lignin di dalam pulp (delignifikasi) sehingga kenaikan kecerahan pulp meningkat secara signifikan. Kenaikan kecerahan pulp yang didapatkan pada pemutihan dengan penyinaran lampu pada saat waktu pemutihan 60 menit dan menggunakan ekstrak etanol temulawak sebagai fotosensitizer sebesar 4,23 %. Pemutihan dengan tidak menggunakan lampu tidak dapat meningkatkan kecerahan pulp yang cukup signifikan karena tidak menghasilkan oksigen singlet. Hasil kenaikan kecerahan pulp yang didapatkan pada pemutihan ini adalah 2,36 % pada generator oksigen singlet ditutup, dan 3,28 % pada generator oksigen singlet tidak ditutup dan 2,75 % pada pemutihan dengan pengaliran oksigen langsung ke reaktor pemutihan. Penyebab kenaikan kecerahan pulp yang lebih besar pada pemutihan pulp dengan tidak menggunakan penyinaran lampu dan generator oksigen singlet tidak ditutup daripada pemutihan pulp dengan tidak disinari lampu dan generator oksigen singlet ditutup adalah adanya kemungkinan jumlah foton yang masuk ke dalam reaktor oksigen singlet pada pemutihan dengan tanpa lampu dan reaktor oksigen singlet tidak ditutup adalah lebih besar, sehingga kemungkinan elektron dari fotosensitizer tereksitasi dan terbentuknya oksigen singlet lebih besar. Sedangkan penyebab kenaikan kecerahan pulp yang lebih besar pada pengaliran oksigen langsung ke reaktor pemutihan lebih besar daripada pemutihan pulp tidak disinari lampu dan generator oksigen singlet ditutup adalah dikarenakan pada pemutihan tanpa lampu dan tidak ditutup, oksigen triplet yang mengoksidasi pulp tidak menuju langsung ke pulp, akan tetapi melewati terlebih dahulu larutan fotosensitizer. Jadi sebagian oksigen masih ada di dalam larutan fotosensitizer, dan apabila oksigen menuju ke pulp membutuhkan waktu yang lebih lama apabila dibandingkan dengan oksigen dialirkan secara langsung menuju pulp.

Kata Kunci : pemutihan, pulp, oksigen singlet, kecerahan

ABSTRACT

Etanol extract from temulawak can used as fotosensitizer in pulp bleaching with lamp irradiating, which is in this pulp bleaching obtained singlet oxygen. This singlet oxygen can degradate lignin in pulp so that pulp brightness increase significantly after pulp bleaching. The brightness increasing obtained in pulp bleaching with lamp irradiating with bleaching time 60 minute dan use etanol extract from temulawak as fotosensitizer which the brightness increasing is 4,23 %. Non lamp irradiating bleaching pulp cant increase brightness significantly. Brightness increasing which is obtained in this bleaching is 2,36 % in singlet oxygen generator not closed and 3,28 % in singlet oxygen generator closed. In bleaching with direct addition oxygen in bleaching reactor obtain brightness increase equal to 2,75 %. The cause increase of brightness in non lamp irradiating bleaching pulp and singlet oxygen generator not closed more than non lamp irradiating bleaching pulp and singlet oxygen generator closed is the existence of probability amount of foton which come into reactor is more in non lamp irradiating bleaching pulp and singlet oxygen generator not closed, so that amount of excited electron from fotosensitizer and singlet oxygen formed larger. While the cause of increase of brightness in bleaching with direct addition oxygen in

bleaching reaktor is larger than non lamp irradiating bleaching pulp and singlet oxygen generator closed is triplet oxygen which oxydize pulp indirectly go to bleching reaktor, but pass fotosensitizer solution particularly. So there is some of oxygen still in fotosensitizer solution and if oxygen go to bleaching pulp require some time more than compared with direct addition oxygen in bleaching reaktor.

Keywords : *bleaching, singlet oxygen, pulp, brightness*

I. PENDAHULUAN

Pulp merupakan produk utama dari kayu, digunakan sebagai bahan baku kertas. Pulp mengandung komponen-komponen kayu yang terdiri dari empat bagian yaitu selulosa, hemiselulosa, lignin, dan senyawa-senyawa ekstraktif lainnya. (Blum dan Lauren, 1996)

Pulp dari kertas bekas yang merupakan campuran dari kertas koran dan majalah memiliki kecerahan pada kisaran 47 - 50 % yang mana nilai ini tidak layak untuk digunakan kembali. Untuk menjadikan kertas bekas tersebut menjadi layak pakai harus memiliki kecerahan pada kisaran 55 - 65 %, sehingga kertas dengan kecerahan 47 - 50 % tersebut harus melalui prose pengelantangan dimana setelah proses pengelantangan tersebut maka nilai kecerahannya menjadi naik dan memasuki kisaran 55 - 65 % agar layak digunakan sebagai kertas koran. Pengelantangan ini dapat dilakukan dengan menggunakan sistem Fotosensitizer Katil Bergerak. (Akhlus, 2000a)

Suatu pulp yang baik atau mempunyai daya jual tinggi adalah pulp yang mempunyai kecerahan yang tinggi. Salah satu upaya untuk menaikkan kecerahan tersebut adalah dengan pemutihan (pengelantangan) pulp. Pemutihan ini dapat dibagi menjadi 2 yaitu dengan pemutihan penghilangan lignin (delignifikasi) dan pemutihan pelindungan lignin (penahanan) (Sjostorm, 1995).

Pemutihan delignifikasi menghasilkan derajat putih tetap dan tinggi dan dapat diterapkan pada pulp. Penghilangan lignin ini dilakukan dalam serangkaian pemutihan yang terdiri atas beberapa tahap perlakuan dengan bahan-bahan kimia pemutih dan alkali (natrium hidroksida). Pada penelitian dilakukan delignifikasi dikarenakan pemutihan ini dapat meningkatkan kecerahan lebih baik daripada penahanan lignin.

Bahan-bahan oksidator dan reduktor yang digunakan pada pemutihan biasanya adalah oksigen, oksigen singlet, klor, dan yang lainnya. Klor pada umumnya digunakan sebagai bahan pengelantang pada industri pulp dan kertas, akan tetapi karena masalah lingkungan diharapkan pada masa mendatang bahan-bahan kimia bebas klor digunakan sebagai pengelantang. (Sjostorm, 1995).

Oksigen (O_2) baik dalam keadaan singlet maupun triplet merupakan salah satu bahan pemutihan. Oksigen singlet merupakan oksidator yang lebih kuat daripada oksigen keadaan dasar (triplet), sehingga lebih dapat untuk mendegradasi lignin dari pulp (delignifikasi). Oksigen singlet merupakan oksigen yang elektronnya dalam keadaan tereksitasi keadaan singlet dari keadaan triplet. Pada pemutihan ini diperlukan pH yang tinggi. Lignin murni adalah senyawa dengan warna putih, tetapi di alam lignin membentuk persenyawaan kimia sehingga warnanya menjadi lebih gelap. Hal ini diakibatkan oleh gugus kromofor yang terdapat pada lignin tersebut. Jika lignin dihilangkan atau didegradasi maka kecerahan pulp akan semakin bertambah. (Sjostorm, 1995).

Pembentukan oksigen singlet dapat melalui beberapa tahap, yaitu melalui reaksi kimia; melalui tegangan listrik; melalui eksitasi langsung oksigen; melalui dekomposisi fotolitik ozon; melalui fotosensitisasi dengan pencelup (*dye*) atau fotosensitizer. Cara yang terakhir merupakan cara yang paling mudah dan sering digunakan. Salah satu cara yang paling lazim digunakan adalah dengan proses fotosensitisasi dengan pencelup (*dye* / fotosensitizer) dengan melibatkan transfer energi. Fotosensitizer digunakan karena tidak semua molekul dapat mengabsorpsi cahaya langsung untuk terjadi reaksi, seperti halnya oksigen. Untuk dapat mengabsorpsi cahaya

tersebut dibutuhkan suatu senyawa perantara, yaitu fotosensitizer. Fotosensitizer mengabsorpsi cahaya dari lampu, kemudian elektron dari fotosensitizer tereksitasi ke keadaan tereksitasi, setelah itu elektronnya mengalami *inter system crossing* (ISC) menuju ke keadaan triplet dan akhirnya terpadamkan ke keadaan dasar dengan memancarkan energi dengan panjang gelombang tertentu yang diabsorb oleh oksigen yang mengakibatkan elektronnya tereksitasi ke keadaan singlet. (Grossweiner, 1997).

Pada reaksi fotokimia, tidak semua molekul dapat mengabsorpsi cahaya untuk menghasilkan reaksi, tetapi menggunakan fotosensitizer. Reaksi fotokimia semacam ini dapat terjadi jika fotosensitizer menyerap energi dan mentransfer energi ke reaktan. Reaktan akan memadamkan fotosensitizer sehingga fotosensitizer akan kembali ke keadaan dasar. Pemadaman fotosensitizer diikuti dengan perpindahan energi elektronik atau perpindahan elektron ke reaktan (Moore, 1980).

Pada umumnya fotosensitizer merupakan molekul diamagnetik yang menyerap sinar dan berpindah ke tingkat keadaan singlet eksitasi. Pada keadaan singlet tereksitasi, fotosensitizer dapat memancarkan radiasi ke keadaan dasar atau mengalami penyilangan antar sistem ke keadaan triplet. Keadaan triplet mempunyai waktu hidup yang lebih panjang daripada keadaan singlet tereksitasi. Keadaan ini sangat berarti bagi reaksi fotokimia. Pembentukan ($^1\text{O}_2$) dari ($^3\text{O}_2$) digunakan fotosensitizer pada keadaan triplet antara 30 – 56 kkal mol⁻¹. (Moore, 1980).

Beberapa penelitian menyebutkan fotosensitizer yang dapat digunakan pada pemutihan pulp adalah Rose Bengal dan Fullerit. Ketiga fotosensitizer tersebut sejauh ini belum ditemukan pada zat warna alam tumbuhan. Ody (2004) telah membuktikan bahwa penggunaan Rose Bengal dengan konsentrasi 200 ppm sebagai fotosensitizer pada pengelantangan pulp dapat meningkatkan kecerahan pulp secara signifikan yaitu sebesar 6,76 %. Penggunaan Fullerite dengan

konsentrasi 5×10^{-6} M sebagai fotosensitizer pada pengelantangan pulp dengan menggunakan lampu juga dapat meningkatkan kecerahan pulp secara signifikan yaitu sebesar 6,73 % (Satria, 2004).

Pada penelitian ini digunakan fotosensitizer yang berasal zat warna alam yang berasal dari tumbuhan yaitu larutan ekstrak etanol dari temulawak (*Curcuma Xanthorrhiza*) sebagai fotosensitizer. Diharapkan pada larutan ekstrak etanol dari temulawak didapatkan senyawa kurkumin. Pada temulawak ditemukan senyawa kurkumin di dalamnya dengan 1,6 % - 2,12 %, dimana senyawa kurkumin ini larut di dalam etanol. (Yasni, 1993).

Kurkumin merupakan salah satu fotosensitizer yang baik, yang merupakan akseptor elektron dan efisien digunakan sebagai fotosensitizer karena memiliki gugus yang dapat menerima sinar tampak dan ultraviolet (gugus kromofor). Kurkumin dapat dipilih sebagai fotosensitizer karena energi eksitasinya yang mendekati energi eksitasi dari oksigen. Kurkumin bila mengalami quenching, dapat mentransfer energinya ke oksigen untuk membentuk oksigen singlet, dengan tingkat self quenching 5×10^8 L mol⁻¹ s⁻¹. Energi triplet kurkumin 191 ± 2 kJ/mol sehingga energinya dapat diberikan ke oksigen triplet untuk membentuk oksigen singlet. Dimana energi oksigen singlet dalam keadaan triplet sekitar 94 kJ/mol atau 22,4 kcal/mol untuk dapat mentransfer energinya ke oksigen agar terbentuk oksigen singlet. Kurkumin dapat larut dalam etanol dan tidak larut di dalam air. Oleh karena itu, untuk dapat mendapatkan kurkumin dari rimpang temulawak, maka dilakukan ekstraksi etanol pada bubuk rimpang temulawak. (Gorman dan Hamblett, 1994).

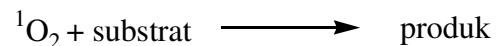
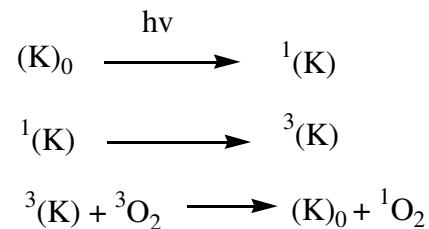
Kurkumin memiliki gugus yang mengabsorpsi radiasi elektromagnetik UV-Vis yang dinamakan gugus kromofor. Gugus kromofor pada kurkumin adalah berupa ikatan rangkap terkonjugasi dan pasangan elektron menyendiri dari atom oksigen (O). Ikatan rangkap tersebut menangkap radiasi cahaya

sehingga menyebabkan elektron mengalami transisi dari π ke π^* , sedangkan pasangan elektron menyendiri atom O menyebabkan elektron mengalami transisi n ke π^* . Gugus kromofor dari kurkumin mengabsorb sinar UV-Vis yang berasal dari lampu, kemudian elektron dari kurkumin mengalami eksitasi menuju ke keadaan tereksitasi, dan mengalami *inter system crossing* (ISC) menuju ke keadaan triplet. Setelah itu elektron tersebut terpadamkan ke keadaan dasar sambil memancarkan energi dengan panjang gelombang tertentu yang dapat digunakan oksigen dalam keadaan triplet untuk mengeksitasi elektronnya ke keadaan singlet. Oksigen singlet dalam keadaan singlet kemudian digunakan untuk mendegradasi lignin dan ikatan lignin-selulosa yang berada di dalam pulp. (Gorman dan Hamblett, 1994)

Sistem Fotosensitizer dibagi menjadi dua yaitu sistem pengelantangan fotonis langsung dan tak langsung, pada sistem pengelantangan fotonis langsung, selama penyinaran lampu, fotosensitizer bercampur dengan pulp didalam reaktor yang sama sehingga menyebabkan fotosensitizer menjadi pudar akibat penyinaran secara terus menerus. Selain itu juga terjadi pencampuran fotosensitizer dan hasil pengelantangan sehingga perlu proses pemisahan. Untuk mengatasi masalah tersebut, telah dilakukan proses pengelantangan dengan menggunakan reaktor katil bergerak (Akhlus, 2000a). Pengelantangan pulp dengan sistem reaktor fotosensitasi katil bergerak dapat memperpanjang pemakaian fotosensitizer sehingga lebih menghemat fotosensitizer. Pada proses tersebut, kecerahan pulp dipengaruhi oleh laju alir oksigen, laju alir fotosensitizer, konsentrasi fotosensitizer dan komposisi membran polisulfon (Akhlus, 2000b). Pada Penelitian ini digunakan sistem Fotosensitizer Katil Bergerak yang mana pengelantangannya merupakan pengelantangan fotonis yang tak langsung.

Lignin murni adalah senyawa dengan warna putih, tetapi di alam lignin membentuk persenyawaan yang justru warnanya menjadi lebih gelap. Hal ini diakibatkan oleh gugus

kromofor yang terdapat pada lignin tersebut. Jika lignin dihilangkan atau didegradasi maka kecerahan pulp akan semakin bertambah. Reaksi yang terjadi dapat digambarkan sebagai berikut :



(Sjostorm, 1995).

Pemutihan pulp juga seringkali menggunakan bahan NaOH. Fungsi dari NaOH adalah sebagai bahan pengembang (*swelling agent*), sehingga memungkinkan pulp yang mengandung lignin dapat mengembang. Selulosa pada pulp mempunyai gugus hidroksil bebas yang mempunyai afinitas yang kuat pada senyawa polar. Selama pengembangan selulosa, ikatan hidrogen selulosa mengalami pemutusan dan digantikan dengan ikatan hidrogen dari air dan NaOH. Pengembangan selulosa ini diikuti dengan semakin luas penampang dari lignin sehingga memudahkan oksigen singlet menyerang lignin. Selain bahan pengembang, NaOH juga berfungsi sebagai pembawa kondisi basa. Hal ini ditujukan untuk melarutkan lignin, baik yang telah terdegradasi oleh oksigen singlet maupun yang masih terdapat dalam pulp, karena lignin dapat larut dalam keadaan basa. (Blum, 1996)

Permasalahan dari penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penggunaan oksigen singlet hasil dari fotosensitisasi ekstrak etanol dari temulawak (sebagai fotosensitizer) dengan oksigen pada proses pemutihan dan mengetahui perbandingan derajat putih pulp hasil pemutihan menggunakan oksigen singlet bila dibandingkan dengan pemutihan menggunakan oksigen (keadaan triplet).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan ekstrak

etanol dari temulawak sebagai fotosensitizer terhadap kecerahan pulp pada proses pemutihan menggunakan oksigen singlet dan triplet dan untuk mengetahui perbandingan kecerahan pulp hasil pemutihan menggunakan oksigen singlet bila dibandingkan dengan pemutihan menggunakan oksigen (keadaan triplet).

II. METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah gas oksigen, pulp dengan konsistensi 1% (b/b), NaOH p.a, temulawak, etanol teknis, dan akuades

Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah Generator Oksigen Singlet (GOS) berupa balok datar dengan sudut kemiringan 45° dan volume 6 L, dan satu lampu halogen 100 Watt, kemudian Reaktor Pemutihan (RP) terdiri atas: sebuah beker glas 1000 mL dan satu pengaduk untuk mencampur pulp dengan oksigen singlet. Peralatan lain yang digunakan adalah pompa sirkulasi, reservoir larutan ekstrak etanol dari temulawak, tabung oksigen, blender, stop kran, stop watch, pompa vakum, corong Buchner, pengukur laju larutan ekstrak etanol dari temulawak dan laju oksigen (2 flow meter berskala), selang, penyaring pulp, beker glas, pengaduk kaca, oven pengering, neraca analitik, pH meter, pipet tetes, labu ukur, Erlenmeyer, penguji kecerahan, pipet mikro, pisau dan penggiling.

Prosedur Penelitian Pembuatan Larutan Fotosensitizer

Langkah awal dari penelitian ini adalah temulawak (*Curcuma Xanthorrhiza*) kering sebanyak 1 kg dicuci, dikupas kemudian dipotong kecil-kecil, dijemur, serta digiling halus. Bubuk temulawak yang terbentuk diambil sebanyak 200 g dan dimaserasi dalam 1 L etanol selama 1 minggu. Larutan yang terbentuk kemudian dipisahkan dari residunya kemudian diencerkan dengan etanol. Larutan

yang terbentuk digunakan sebagai larutan fotosensitizer pada proses pemutihan.

Pembuatan Sediaan Pulp

Pulp yang berasal dari kertas bekas ditimbang seberat 2 g kemudian ditambah dengan air secukupnya dan dihaluskan dengan blender. Air dan bubur kertas kemudian dipisahkan dan ditambahkan akuades hingga 200 g larutan. Pulp dalam air tersebut disebut dengan larutan pulp dengan konsistensi 1% (b/b). Pemutihan dilakukan pada pH =8 dengan menambahkan NaOH yang memberikan suasana basa.

Cara Kerja Generator Oksigen Singlet (GOS)

Generator Oksigen Singlet (GOS) mula-mula diisi ekstrak etanol dari temulawak dengan laju alir 300 mL/menit (diatur menggunakan flow meter) sampai batas volume yang diinginkan, kemudian oksigen mulai dialirkan dengan laju alir 6 mL/menit (diatur menggunakan flow meter). Kemudian GOS disinari dengan lampu halogen 100 Watt dengan jarak sekitar 20 cm yang merupakan sumber foton selama 60 menit sehingga oksigen singlet terbentuk secara fotokimia. Oksigen singlet yang dihasilkan kemudian dialirkan ke Reaktor Pemutihan (RP) dengan selang.

Proses Pemutihan

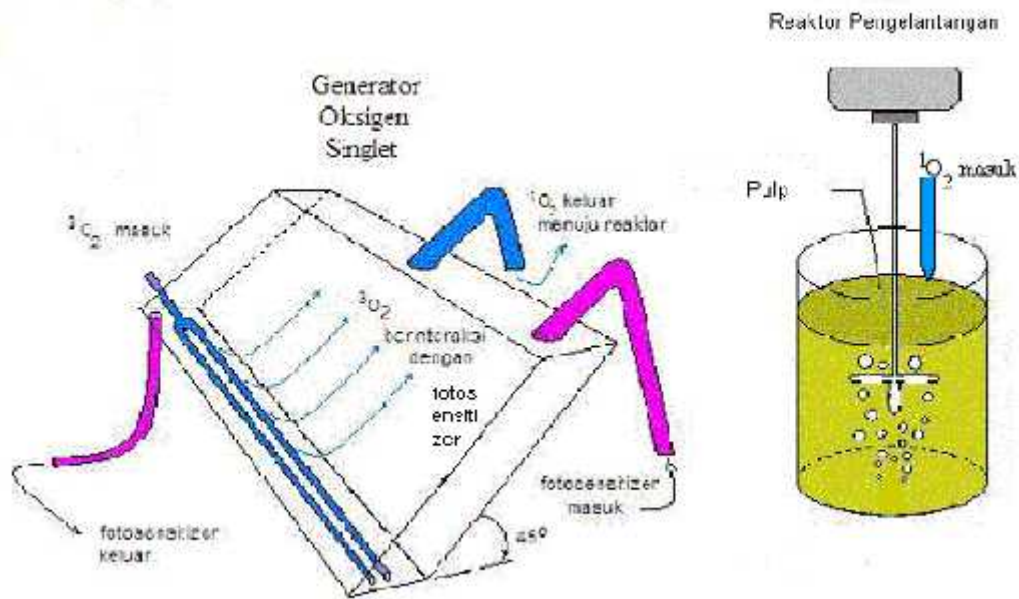
Pulp dengan konsistensi 1% (b/b) dalam akuades) dimasukkan ke dalam RP, kemudian pulp dialiri oksigen singlet dari GOS sambil diaduk selama 60 menit dan sebelumnya ditambahkan larutan NaOH sampai pH = 8. Hasil pemutihan dicuci dengan air dan dicetak dalam bentuk lembaran, dan kemudian pulp dikeringkan. Setelah kering lembaran pulp dilakukan uji kecerahannya.

Sebagai standar (kontrol) dilakukan Pemutihan tanpa menggunakan penyinaran lampu terhadap GOS dan dilakukan selama 60 menit. Pemutihan tanpa menggunakan radiasi ini dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu pemutihan dengan generator oksigen singlet (GOS)

ditutup dan pemutihan dengan generator oksigen singlet (GOS) tidak ditutup.

Sebagai kontrol juga, dilakukan pengaliran oksigen langsung ke pulp selama 60 menit tanpa melewati generator oksigen (GOS), kemudian hasil kecerahan pulp dibandingkan dengan hasil kecerahan pulp dengan pemutihan tidak menggunakan penyinaran lampu dan pemutihan dengan menggunakan penyinaran lampu. Setelah proses pemutihan selama 60 menit, masing-

masing pulp yang dihasilkan diambil, kemudian dikeringkan dan dicetak lembaran dan pulp yang dihasilkan kemudian diuji kecerahannya. Kemudian masing-masing proses pemutihan baik pemutihan pulp dengan menggunakan penyinaran lampu, tanpa menggunakan penyinaran lampu, pemutihan dengan pengaliran langsung oksigen ke dalam reaktor pemutihan dilakukan sebanyak 3 kali. Proses pemutihan pulp dapat digambarkan pada gambar 1.



Gambar 1. Proses Pemutihan Pulp

Analisa Kecerahan Pulp (*Brightness*)

Analisa kecerahan (*brightness*) dilakukan dengan alat brightnessmeter yang disebut dengan photovolt, suatu alat pengukur yang menggunakan metode ISO. Kecerahan pulp diukur berdasarkan persentase sinar yang dipantulkan oleh pulp dari lampu di dalam photovolt. Bahan yang dapat memantulkan seluruh sinar yang diterima mempunyai reflektan 100%. Sebagai standar metode ISO, magnesium klorida mempunyai reflektan 100% (SNI 14-4733-1998).

Mula-mula sinar lampu photovolt (search unit) diarahkan pada lempeng benda hitam untuk memperoleh derajat kecerahan nol. Jika kecerahan belum nol, perlakuan diulangi hingga mempunyai nol. Kemudian search unit

diarahkan pada MgO sebagai standar sehingga menuju reflektan 100. Pantulan sinar dari MgO tersebut digunakan sebagai pembanding. Cuplikan pulp diletakkan pada *measure plate* dan kemudian disinari dengan photovolt dari 8 (delapan) penjuru. Reflektan dari cuplikan pulp kemudian dilewatkan pada filter yang mempunyai panjang gelombang 457 nm yang sesuai standar ISO untuk pengukuran nilai kecerahan. Sinar yang telah melewati filter akan diteruskan ke lensa pengukur. Sinyal ini diperkuat dan kemudian ditransfer ke komputer.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengamatan

Hasil pengukuran kecerahan pulp sebelum diputihkan terdapat dalam tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Kecerahan pulp sebelum diputihkan

Perlakuan	Kecerahan Pulp (%)
1	52.03
2	52.20
3	52.68
Rata-rata	52.30

Sedangkan hasil pengukuran kecerahan pulp setelah dialirkan secara langsung oksigen ke dalam reaktor pemutihan tanpa melewati generator oksigen singlet (GOS) yang telah berisi pulp selama 60 menit terdapat dalam tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Kecerahan pulp setelah dialiri oksigen selama 60 menit

Perlakuan	Kecerahan Pulp (%)
1	55.12
2	54.95
3	54.98
Rata-rata	55.05

Hasil pengukuran kecerahan pulp setelah dilakukan pemutihan dengan tidak menggunakan penyinaran lampu dan generator oksigen singlet (GOS) ditutup selama 60 menit terdapat pada tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 3. Kecerahan pulp setelah diputihkan dengan tidak menggunakan penyinaran lampu dan generator oksigen singlet ditutup

Perlakuan	Kecerahan Pulp (%)
1	54.65

2	54.35
3	54.98
Rata-rata	54.66

Hasil pengukuran kecerahan pulp setelah dilakukan pemutihan dengan tidak menggunakan penyinaran lampu dan generator oksigen singlet tidak ditutup (GOS) selama 60 menit terdapat pada tabel 4 sebagai berikut :

Tabel 4. Kecerahan pulp setelah diputihkan dengan tidak menggunakan penyinaran lampu dan generator oksigen singlet tidak ditutup

Perlakuan	Kecerahan Pulp (%)
1	55.42
2	55.94
3	55.37
Rata-rata	55.58

Hasil pengukuran kecerahan pulp setelah dilakukan pemutihan dengan menggunakan penyinaran lampu selama 60 menit terdapat pada tabel 5 sebagai berikut :

Tabel 5. Kecerahan pulp setelah diputihkan dengan menggunakan penyinaran lampu

Perlakuan	Kecerahan Pulp (%)
1	56.42
2	56.65
3	56.51
Rata-rata	56.53

Pembahasan

Pada penelitian ini menggunakan bahan pengelantang oksigen dan oksigen singlet. Sebagai kontrol dilakukan pemutihan dengan mengalirkan langsung oksigen langsung ke dalam reaktor pengelantang

yang telah berisi pulp yang telah ditambahkan NaOH sampai pH = 8.

Hasilnya bahwa pulp yang diputihkan menggunakan oksigen singlet hasil fotosensitisasi oksigen dengan larutan fotosensitizer ekstrak etanol dari temulawak menghasilkan kenaikan kecerahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pulp yang diputihkan dengan menggunakan oksigen. Hal ini dilihat dari kenaikan kecerahan pulp yang diputihkan dengan disinari yang menghasilkan oksigen singlet pada Tabel 5 dengan kecerahan pulp awal pada Tabel 1 adalah $= 56,53 - 52,3 = 4,33$.

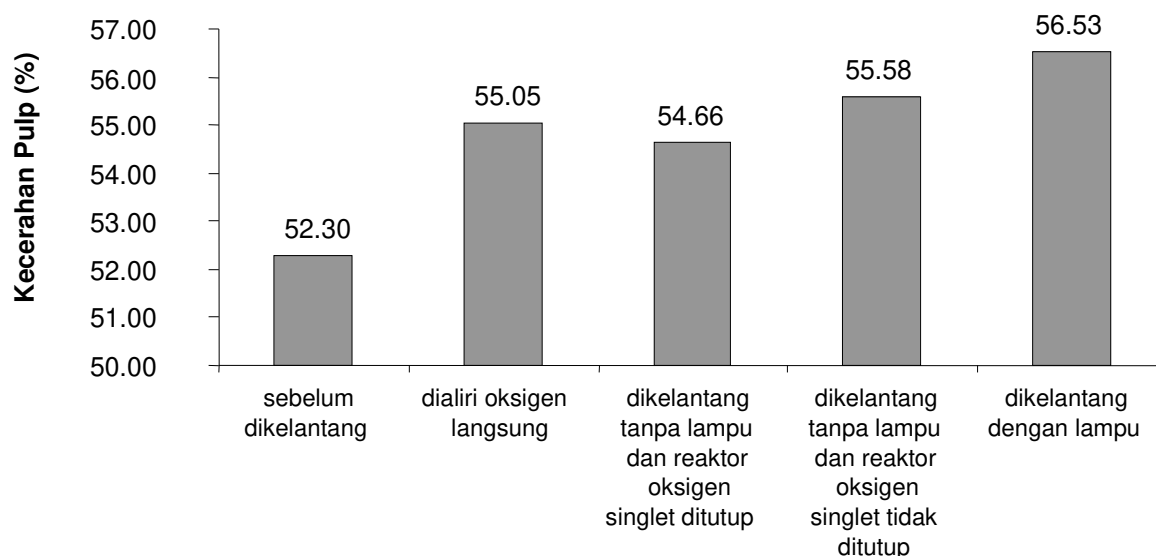
Kenaikan kecerahan tersebut lebih tinggi apabila dibandingkan dengan kenaikan kecerahan pulp setelah diputihkan menggunakan oksigen tanpa lampu baik generator oksigen singlet ditutup maupun tidak ditutup dan kenaikan kecerahan pulp setelah dialirkan langsung oksigen ke dalam Reaktor Pemutihan yang telah berisi pulp. Kenaikan kecerahan tersebut antara lain :

1. Kenaikan kecerahan pulp setelah diputihkan dengan tidak disinari lampu dan generator oksigen singlet ditutup $= 54,66 - 52,30 = 2,36$
2. Kenaikan kecerahan pulp setelah Diputihkan dengan tidak disinari lampu dan generator oksigen singlet tidak ditutup $= 55,58 - 52,30 = 3,28$
3. Kenaikan kecerahan pulp setelah dialiri oksigen langsung ke dalam reaktor pengelantang $= 55,05 - 52,30 = 2,75$

Kenaikan kecerahan pulp pada masing-masing perlakuan dapat dituliskan pada Tabel 6 dan Gambar 2.

Tabel 6. Kenaikan Kecerahan Pulp Masing-masing Perlakuan Pemutihan Pulp

No	Perlakuan	Kecerahan (%)	Kenaikan Kecerahan (%)
1	Pulp sebelum diputihkan	52,30	-
2	Pulp setelah diputihkan dengan disinari lampu	56,53	4,33
3	Pulp setelah diputihkan dengan tanpa disinari lampu dan GOS ditutup	54,66	2,36
4	Pulp setelah diputihkan dengan tanpa disinari lampu dan GOS tidak ditutup	55,58	3,28
5	Pulp setelah oksigen dialirkan langsung ke Reaktor Pemutihan	55,05	2,75



Gambar 2. Kecerahan Pulp setelah diputihkan dengan menggunakan lampu dan tanpa menggunakan lampu dan kecerahan pulp sebelum diputihkan

Pada pemutihan dengan disinari lampu menghasilkan oksigen singlet sehingga menghasilkan kenaikan kecerahan pulp yang lebih besar dibandingkan dengan kenaikan kecerahan pulp yang diputihkan dengan tidak disinari lampu. Lampu yang digunakan pada pemutihan ini mempunyai panjang gelombang (λ) yang sesuai dengan panjang gelombang sinar tampak, dimana ketika lampu menyinari generator oksigen singlet yang terdapat didalamnya fotosensitizer ekstrak etanol dari temulawak dan oksigen singlet, mengakibatkan elektron dari fotosensitizer tereksitasi ke keadaan tereksitasi dari keadaan dasar kemudian mengalami *intersystem crossing* ke keadaan triplet kemudian turun kembali (terpadamkan) ke keadaan dasar dengan memancarkan energi panjang gelombang tertentu. Energi tersebut ditangkap oleh oksigen untuk tereksitasi menjadi oksigen singlet. Oksigen pada keadaan dasar dalam keadaan triplet. Oksigen singlet yang terbentuk kemudian mengalir menuju Reaktor Pemutihan yang telah berisi pulp 1%. Di dalam reaktor pemutihan, oksigen singlet yang bersifat lebih oksidator daripada oksigen triplet menyerang lignin dan ikatan lignin-

selulosa yang terdapat dalam pulp sehingga mengakibatkan lignin terdegradasi dan ikatan antara lignin-selulosa putus. Lignin merupakan komponen pengotor di dalam pulp yang mengakibatkan kecerahan pulp menjadi berkurang. Sehingga akibat lignin terdegradasi ini adalah kecerahan dari pulp menjadi meningkat.

Pada pemutihan pulp yang tidak menggunakan lampu, tidak dihasilkan oksigen singlet, karena untuk menghasilkan oksigen singlet dibutuhkan sinar lampu sebagai sumber foton untuk mengeksitasikan elektron pada larutan fotosensitizer, sehingga pada pemutihan ini hanya menghasilkan oksigen triplet. Oksigen triplet merupakan oksidator kurang kuat dibandingkan dengan oksigen singlet sehingga lignin yang terdegradasi dan ikatan lignin-selulosa yang putus lebih sedikit dibandingkan dengan lignin yang terdegradasi dan ikatan lignin-selulosa yang putus akibat oksigen singlet.

Terdapat perbedaan kenaikan kecerahan antara pemutihan dengan tanpa menggunakan penyinaran lampu dan generator oksigen singlet ditutup dan pemutihan tanpa menggunakan penyinaran lampu dan reaktor

oksigen singlet tidak ditutup, dimana menunjukkan kecerahan yang lebih besar pada pemutihan dengan tanpa disinari lampu dan generator oksigen singlet tidak ditutup. Pemutihan tanpa menggunakan penyinaran lampu dan generator oksigen singlet ditutup menunjukkan kenaikan kecerahan sebesar 2,36 %, sedangkan pemutihan tanpa disinari lampu dan generator oksigen singlet tidak ditutup menghasilkan kenaikan kecerahan sebesar 3,28 %, dimana grafik kecerahan dapat ditunjukkan pada Gambar 2. Penyebab hal ini adalah adanya kemungkinan jumlah foton yang masuk ke dalam reaktor oksigen singlet pada pemutihan dengan tanpa disinari lampu dan reaktor oksigen singlet tidak ditutup adalah lebih besar, sehingga kemungkinan elektron dari fotosensitizer tereksitasi dan terbentuknya oksigen singlet lebih besar, sehingga menimbulkan kenaikan kecerahan pulp yang semakin besar pada pemutihan pulp dengan tidak disinari lampu dan generator oksigen singlet tidak ditutup dibandingkan dengan pemutihan pulp dengan tidak disinari lampu dan generator oksigen singlet ditutup.

Pada gambar 2 juga terdapat bahwa pulp yang dialiri langsung oksigen selama 60 menit ternyata mempunyai kenaikan kecerahan yang lebih besar daripada pulp yang diputihkan tanpa disinari lampu dan tidak ditutup. Pengaliran oksigen langsung ke pulp menghasilkan kenaikan kecerahan sebesar 2,75 %, sedangkan pemutihan pulp tanpa menggunakan penyinaran lampu dan generator oksigen singlet ditutup. Secara logika, semestinya kenaikan kecerahan dari keduanya adalah sama. Hal ini dikarenakan keduanya sama-sama hanya menghasilkan oksigen triplet saja. Akan tetapi pada gambar 1 terlihat ada perbedaan dari keduanya, meskipun tidak terlalu tinggi. Hal ini dikarenakan pada pemutihan tanpa disinari lampu dan tidak ditutup, oksigen triplet yang mengoksidasi pulp tidak menuju langsung ke pulp, akan tetapi melewati terlebih dahulu larutan fotosensitizer. Jadi sebagian oksigen masih ada di dalam larutan fotosensitizer, dan apabila oksigen menuju ke pulp membutuhkan waktu

yang lebih lama apabila dibandingkan dengan oksigen dialirkan secara langsung menuju pulp. Jadi pemutihan pulp dengan tanpa disinari lampu dan ditutup dengan kain ini menjadi lebih tidak efektif daripada pengaliran oksigen langsung ke pulp, karena kecerahan yang dihasilkan lebih sedikit.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Ekstrak etanol dari temulawak dapat digunakan sebagai larutan fotosensitizer yang baik pada proses pemutihan pulp. Terdapat kenaikan kecerahan pulp yang cukup signifikan yaitu sebesar 4,23 % pada proses pemutihan dengan menggunakan penyinaran lampu dan fotosensitizer larutan ekstrak etanol dari temulawak apabila dibandingkan dengan kenaikan kecerahan pulp yang dihasilkan pada pemutihan tidak menggunakan penyinaran lampu yang tidak menghasilkan oksigen singlet, baik pada generator oksigen singlet tidak ditutup sebesar 3,28 % dan pada generator oksigen singlet ditutup sebesar 2,36 % maupun dengan kenaikan kecerahan pulp pada pemutihan dengan pengaliran oksigen langsung ke dalam Reaktor Pemutihan sebesar 2,75 %.

Saran

Untuk penelitian lebih lanjut disarankan meliputi : penggunaan beberapa pengaruh seperti jenis kertas/pulp, jarak lampu dengan generator oksigen singlet, sumber foton, sehingga diperoleh kenaikan kecerahan pulp yang optimum.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Blum, L, (1996), "*The Production of Bleached Kraft Pulp*", Environmental Defence Fund, <http://www.rfu.org/cacw/basic2KraftPulp.htm>, (diakses tanggal 10 Oktober 2013)

- Gorman, A.A. and Hamblett, I., (1994), "Kurkumin-derived transients : a pulsed laser and pulse radiolysis study", *J.Photochem.Photobiol*, 389-398
- Grossweiner, L.I., (1997), "Singlet Oxygen : Generation and Properties". www.photobiology.com/educational/le_n2/singox.html. (diakses tanggal 10 Oktober 2013)
- Moore, J.W. and Pearson, K.P., (1980), "Kinetics and Mechanism", Edisi 3, John Wiley and Sons, New York.
- Sjöström, E, (1995), " *Kimia Kayu. Dasar – Dasar dan Penggunaan*", diterjemahkan oleh Harjono Sastrohamidjojo, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Yasni S., et al, (1994), "Identification of an Active Principle in Essential Oils and Hexane Soluble Fraction of *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. Showing Triglyceride Lowering Action in Rats", Unpad, Bandung

