

ISSN : 1412-9612



RATPI 2010
IX

Rekayasa Aplikasi Perancangan dan Industri
Simposium Nasional
Surakarta, 4 Desember 2010

**PENGEMBANGAN TEKNOLOGI
DAN POTENSI ENERGI UNTUK KESEJAHTERAAN**



PROSIDING TEKNIK KIMIA

Universitas Muhammadiyah Surakarta
FAKULTAS TEKNIK

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Surakarta 57102

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah, atas berkat Allah SWT, panitia telah menyusun prosiding Simposium Nasional RAPI (Rekayasa, Aplikasi, Perancangan, dan Industri) IX 2010. Hal ini merupakan agenda pertemuan ilmiah tahunan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang diselenggarakan sebagai sarana komunikasi antara pengembang dan pengguna teknologi. Simposium yang merupakan wujud kerja sama antar perguruan tinggi, lembaga penelitian, industri dan pemerintah, diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan kualitas teknologi yang memungkinkan bangsa Indonesia mengurangi ketergantungan terhadap bangsa lain.

Dengan harapan semoga kegiatan Simposium Nasional ini bermanfaat bagi semua, saya selaku ketua panitia menyampaikan terima kasih kepada jajaran pimpinan Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan dukungan penuh, seluruh panitia yang telah bekerja keras, dan juga sponsor yang telah memberikan bantuan atas terselenggaranya simposium ini.

Di samping itu, dengan mewakili panitia, saya mengharapkan adanya kritik dan saran demi terselenggaranya kegiatan simposium berikutnya yang lebih baik. Semoga kita semua dapat bertemu lagi pada simposium mendatang. Amin.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Surakarta, 4 Desember 2010
Ketua Panitia
Simposium Nasional RAPI IX 2010

Ir. Herry Purnama, M.T., PhD.

**SUSUNAN PANITIA
SIMPOSIUM NASIONAL RAPI IX 2010**

Penanggung Jawab Panitia Pengarah	Ir. Agus Riyanto, MT. 1. Dr. Ir. H. Ahmad M.Fuadi, MT. 2. Ir. H. Aliem Sudjatmiko, MT. 3. Ir. Ngafwan, MT.
Panitia Pelaksana Ketua	Ir. H. Herry Purnama, MT, PhD.
Sekretaris	1. Hafidh Munawir, ST, MT. 2. Ida Nursanti, ST.
Asisten Kesekretariatan	1. Herman Tri Untoro, ST. 2. Tri Maulana Sidiq, ST.
Bendahara	1. Hj. Qunik Wiqoyah, ST, MT. 2. Rini Hidayati, ST, MT.
Publikasi/Humas	1. H. Muhammad Kusban, ST, MT. 2. Agus Supardi, ST, MT. 3. Bambang Waluyo F, ST, MT.
Sponsorship	1. Budi Setyawan, ST, MT. 2. Agung Sugiharto, ST, MEng.
Acara	1. Muhlison Anis, ST, MT. 2. Ir. Indrawati, MT.
Dekorasi & Dokumentasi	1. Wiwien Prasasti Barada, ST. 2. Malik Musthofa, ST, MSc.
Naskah & Prosiding	1. Ir. Tri Tjahjono, MT. 2. Anto Budi Listiyawan, ST, MT. 3. Muhammad Hidayat
Reviewer & Koordinator Jurusan	1. Dr. Ir. Dhani Mutiari, MT. 2. Agus Ulinuha, ST, MT, PhD. 3. Ahmad Kholid Alghofari, ST, MT. 4. Ir. Hj. Nur Hidayati, MT, PhD. 5. Ir. Supriyono, MT, PhD. 6. H. Muslih H. Sutanto, ST, MT, PhD.
Konsumsi	1. Ika Setyaningsih, ST, MT. 2. Eni Budiati, ST, MEng.

Koordinator Teknik Expo

1. Dra. Hj. Kun Harismah, MSi, PhD.
2. Agus Yulianto, ST, MT.
3. Adonis.

Koodinator Temu PTM

1. Ir. H. Sri Sunaryono, MT, PhD.
2. Ir. H. A. Karim Fatchan, MT.
3. Amien Sulistiyanto, ST, MT..

RAPI K-019

OPTIMASI CHELATING UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI BLEACHING DENGAN H₂O PADA PULP SOFT-WOOD

Ahmad M. Fuadi K124 – K129

OPTIMASI CHELATING UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI BLEACHING DENGAN H₂O₂ PADA PULP SOFT-WOOD

Ahamad M Fuadi

Jurusan Teknik Kimia FT-UMS, JL. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos 1

email: Fuadi60@yahoo.com

Abstrak

Kebutuhan kertas terus mengalami kenaikan, kenaikannya sekitar 3,5 % setiap tahunnya. Peningkatan kebutuhan kertas otomatis memacu peningkatan konsumsi bahan-bahan yang digunakan dalam proses pembuatan kertas, salah satunya bahan pemutih. Produksi pulp dan kertas telah lama dikenal sebagai sumber polusi yang significant. Penggunaan bahan pemutih yang mengandung klor menghasilkan senyawa organo-klorine yang sangat beracun, sehingga perlu dicari bahan pemutih sebagai pengganti. Hidrogen peroksida salah satu bahan pemutih yang ramah lingkungan. Keefektifan H₂O₂ sebagai pemutih akan sangat rendah jika di dalam pulp mengandung metal ion. Untuk meningkatkan efisiensi pemakaian H₂O₂, maka metal ion yang ada perlu dikeluarkan sebelum proses bleaching, yaitu dengan cara chelating. Kondisi chelating yang berbeda, memberikan hasil bleaching yang berbeda-beda pula. Pada penelitian ini, chelating dilakukan pada berbagai suhu dengan berbagai perbandingan EDTA dan H₂SO₄ serta berbagai waktu chelating. Kondisi chelating yang memberikan hasil bleaching terbaik diperoleh ketika chelating dilakukan pada suhu 70°C, dengan komposisi EDTA 0,2% dan H₂SO₄ 0,2% selama 60 menit. Pada kondisi ini proses bleaching mampu menurunkan bilangan Kappa menjadi 6,64 dengan pemakaian H₂O₂ yang efisien, ditunjukkan dari sisa H₂O₂ yang masih banyak yaitu 0,68 g/L.

Kata kunci: Metal ion, Chelating, Peroksida

Pendahuluan

Kebutuhan kertas terus mengalami peningkatan, saat ini kebutuhan kertas dunia mencapai sekitar 200 juta ton tiap tahun, dan terus mengalami kenaikan sekitar 3,5 % tiap tahunnya. Peningkatan terhadap kebutuhan kertas ini juga memacu peningkatan bahan-bahan yang digunakan dalam proses pembuatan kertas. Bahan pemutih yang merupakan salah satu bahan yang digunakan dalam proses bleaching juga mengalami peningkatan, diperkirakan kebutuhannya pada tahun 2007 di Amerika saja mencapai sekitar 7000 juta kg per tahun (Bayer dkk., 1999). Saat ini bahan pemutih yang banyak digunakan dalam proses bleaching adalah bahan yang mengandung klor. Padahal bahan ini adalah bahan yang tidak ramah lingkungan. Oksidasi dengan senyawa yang mengandung klor bisa membentuk campuran yang berbahaya seperti kloroform, kloronitrometan, dan lain-lain. Beberapa campuran dari hasil halogenasi ini banyak yang mengandung racun dan sulit terdegradasi di lingkungan berair.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengamati efek samping pada proses bleaching dengan menggunakan bahan yang mengandung klor. Daru (2001), melakukan kajian tentang reaksi samping yang terjadi pada proses bleaching dengan menggunakan bahan yang menggunakan klor. Klorin akan bereaksi dengan senyawa organik dalam kayu membentuk senyawa toksik, misalnya dioksin. Dioksin ditemukan dalam proses pembuatan kertas, air limbah bahkan di dalam produk kertas yang dihasilkan. Meskipun konsentrasi dioksin di air limbah cukup kecil, tetapi jika masuk ke dalam rantai makanan, konsentrasinya akan menjadi berlipat ganda karena adanya proses biomagnifikasi. Akibatnya, konsentrasi dioksin dalam tubuh ikan di lingkungan ini, jauh lebih besar daripada konsentrasi dioksin di lingkungannya.

Coakley (2001) melakukan penelitian untuk mengamati cairan limbah yang berasal dari proses bleaching dengan menggunakan ClO₂ untuk mengetahui dampaknya terhadap ikan yang hidup di lingkungan sekitarnya. Cairan limbah dikumpulkan, diukur potensinya dalam mempengaruhi *enzym mixed function oxygenase* (MFO) di hati, yang ditunjukkan dengan keaktifan ethoxyresorufin-o-deethylase (EROD). Limbah yang diukur berasal dari proses bleaching untuk pulp dari *hard wood* dan *soft wood* pada berbagai tahapan. Hasilnya menunjukkan filtrat yang berasal dari bleaching pulp *hard wood* mempunyai potensi yang lebih besar daripada filtrat yang berasal dari pulp *soft wood*. Filtrat yang berasal dari tahap akhir menunjukkan potensi yang paling kecil.

Nakatama dkk (2004) melakukan proses pemutihan dengan menggunakan ClO₂. Dalam penelitiannya, air limbah dari proses ini mengandung kloroform. Hal ini dibuktikan dengan pengujian sampel air buangan dan udara di sekitar proses, yang ternyata mengandung kloroform pada batas yang dapat terukur. Pembentukan kloroform pada

elemen chlor free (ECF) bleaching pulp diperkirakan 2,07 sampai 5,34 g/ton pulp. Kloroform yang terbentuk, diperkirakan 30 % nya tidak dapat diuraikan oleh lumpur aktif, dan sekitar 97 % nya akan menguap ke udara. Kloroform merupakan racun bagi organ-organ vital seperti jantung, ginjal maupun hati. Kloroform telah dipastikan termasuk bahan *carcinogenic* serta sangat beracun.

Elemen chlor free (ECF) bleaching pulp merupakan proses bleaching yang menggunakan ClO_2 tanpa ada elemen klor yang bebas. Hal ini bertujuan untuk meniadakan efek samping dari proses *bleaching*, namun demikian penelitian-penelitian yang telah dilakukan di atas menunjukkan bahwa efek samping tersebut tidak bisa dihilangkan sama sekali. Mengingat betapa bahayanya senyawa-senyawa yang mengandung klor, maka akhir-akhir ini banyak dikembangkan penelitian-penelitian yang terkait dengan proses pemutihan dengan prinsip *total chlor free* (TCF), menggunakan bahan yang benar-benar bebas dari senyawa klor, sehingga tidak ada bahan yang berbahaya dari sisa-sisa klorinasi yang berasal dari proses pemutihan (Paren, dkk., 1995).

Hidrogen peroksida merupakan salah satu bahan pemutih yang bisa digunakan untuk proses pemutihan dengan konsep TCF. Keefektifan hidrogen peroksida sebagai *bleaching agent* sangat dipengaruhi oleh keberadaan *metal ions* di dalam pulp. Pengaruh *metal ions* yang ada di dalam pulp terhadap hasil *bleaching* telah dilakukan (Fuadi dan Harald, 2006). Dalam penelitiannya, pulp yang akan *dibleaching* dengan hidrogen peroksida ada yang didahului dengan *chelating* dan ada yang tidak didahului dengan *chelating*. Proses *chelating* bertujuan untuk melepaskan *metal ions* yang ada di dalam pulp. Hasil *bleaching* menunjukkan bahwa pulp yang didahului dengan *chelating* memberikan peningkatan derajat putih yang jauh lebih tinggi daripada pulp yang tidak didahului dengan *chelating*. Disamping itu pemakaian hidrogen peroksida pada proses *bleaching* yang didahului dengan proses *chelating* juga lebih efisien. Hasil menunjukkan bahwa proses *chelating* merupakan tahapan yang sangat penting pada proses *bleaching* dengan hidrogen peroksida. Penelitian ini akan mencari kondisi yang optimum pada proses *chelating* sehingga keefektifan hidrogen peroksida sebagai bahan pemutih pulp bisa maksimal.

Komponen utama pulp adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin serta sedikit *metal ions*, seperti Fe, Mn dan Cu. Keberadaan *metal ions* di dalam pulp menurunkan keefektifan hidrogen peroksida untuk memutihkan pulp. Keberadaan *metal ions* di dalam pulp juga mempunyai pengaruh terhadap kualitas pulp. Ion feri (Fe^{+3}) termasuk *metal ions* yang sangat kuat dalam mempercepat proses *yellowing* terhadap lignin yang ada di dalam pulp. *Metal ions* di dalam pulp bisa membentuk senyawa-senyawa kompleks yang berwarna dengan makromolekul lignin (Dence dan Reeve, 1996). Beberapa *metal ions* yang ada di dalam pulp ditunjukkan pada Tabel I (Basta, dkk., 1991).

Tabel I. Kandungan *metal ions* pada kraft pulp

Jenis kayu	Mg, mg/kg	Mn, mg/kg	Fe, mg/kg	Cu, mg/kg
Soft wood	200 – 300	86 – 210	3 – 25	1 – 2
Hard wood	180 – 280	115 – 130	8 – 11	< 1

Sumber utama pencemaran *metal ions* di dalam sistem *bleaching* adalah pulp itu sendiri. Secara umum, tumbuh-tumbuhan memperoleh *metal ions* dan makanan berasal dari tanah dimana tumbuhan tersebut tumbuh. Sehingga jumlah dan jenis *metal ions* yang ada di dalam pulp tergantung dari jenis dan lokasi tumbuh. Sumber pencemaran oleh *metal ions* dari luar pulp adalah air dan peralatan untuk proses.

Chelating adalah *treatment* awal yang bertujuan untuk melepaskan *metal ions* dari dalam pulp. Meskipun profil *metal ions* yang ideal tidak diketahui, namun *pretreatment* dengan menggunakan *chelating agent* menunjukkan efek yang menguntungkan. Pengendalian dekomposisi hidrogen peroksida adalah hal yang sangat penting pada *bleaching* peroksida. Dekomposisi meningkat tajam dengan adanya ion-ion logam transisi. Dari beberapa ion logam transisi, telah diketahui bahwa Mn adalah salah satu logam transisi yang mempunyai pengaruh paling jelek selama *bleaching* dengan peroksida pada suasana alkali.

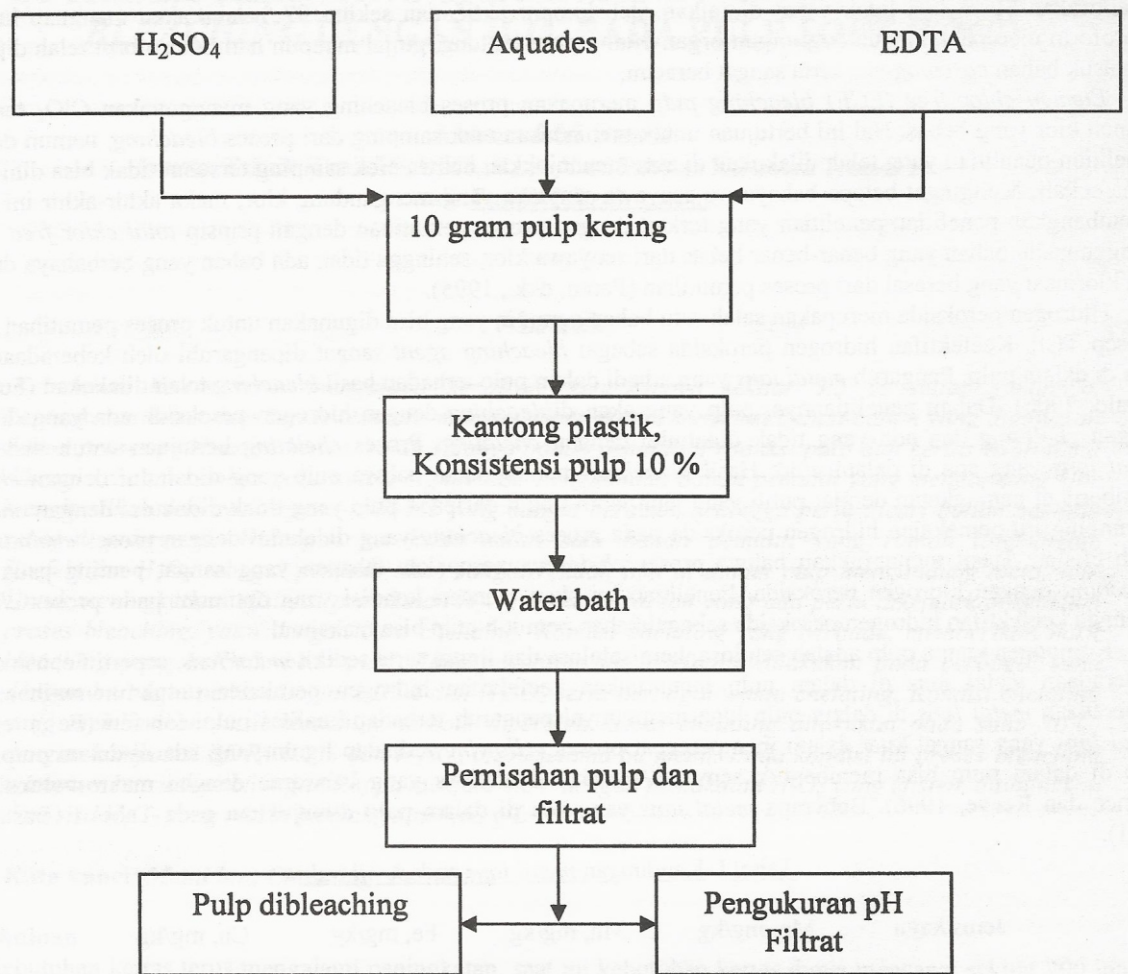
Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengamati pengaruh kondisi *chelating* yang meliputi komposisi EDTA dan H_2SO_4 , suhu dan waktu *chelating* terhadap hasil *bleaching* pulp jenis *soft wood*.

Metode Penelitian

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah pulp dari jenis *soft wood*. *Chelating agent* yang digunakan adalah kombinasi antara ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) dan H_2SO_4 .

Sebanyak 10 gram pulp kering ditambah dengan larutan H_2SO_4 dan larutan (EDTA) pada berbagai komposisi. Kemudian ditambah aquades sehingga konsistensinya 10 %, dicampur sampai benar-benar homogen lalu dimasukkan dalam kantong plastik, dipanaskan dalam *waterbath* pada berbagai waktu dan suhu. Selanjutnya pulp dari hasil *chelating* *dibleaching* pada kondisi yang sama. Proses *chelating* dilakukan sebagaimana Gambar 1.



Gambar 1. Proses *chelating stage*

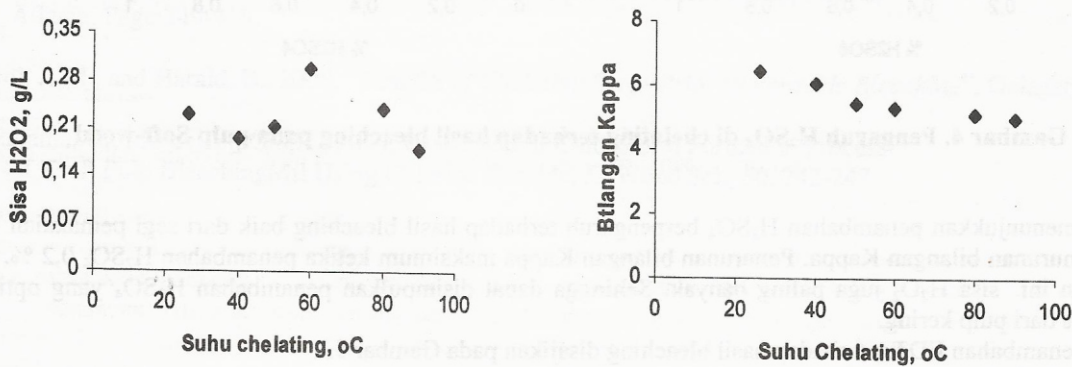
Hasil Dan Pembahasan

Proses *chelating* dilakukan dengan menggunakan H₂SO₄ dan EDTA. Proses ini bertujuan untuk mengeluarkan *metal ions* yang ada di dalam pulp. Keefektifan pelepasan metal ion diamati melalui hasil bleaching yang didahului dengan proses *chelating* pada berbagai kondisi. Hasil bleaching pada berbagai kondisi *chelating* disajikan pada Tabel II.

Tabel II. Data penelitian pada proses bleaching pada berbagai kondisi di *Chelating*

NO	Kondisi <i>Chelating</i>				Kondisi <i>Bleaching</i>			pH	Sisa H ₂ O ₂ (g/l)	Bilangan Kappa
	Kadar EDTA %	Kadar H ₂ SO ₄ %	Suhu (°C)	Waktu (menit)	NaOH (mL)	H ₂ O ₂ (mL)	H ₂ O (mL)			
1	0,2	0,3	26	60	3,125	8,37	56,57	10,7	0,2295	6,41
2	0,2	0,3	40	60	3,125	8,37	44,25	10,4	0,1955	6,05
3	0,2	0,3	50	60	3,125	8,37	49,21	11	0,2125	5,41
4	0,2	0,3	60	60	3,125	8,37	42,69	11	0,2975	5,29
5	0,2	0,3	80	60	3,125	8,37	55,22	11	0,238	5,12
6	0,2	0,3	90	60	3,125	8,37	55,43	11	0,1785	4,99
7	0,2	0,3	70	5	3,125	8,37	54,31	11	0,1445	6,59
8	0,2	0,3	70	20	3,125	8,37	53,86	11	0,1275	6,47
9	0,2	0,3	70	40	3,125	8,37	53,31	10,8	0,255	6,17
10	0,2	0,3	70	60	3,125	8,37	53,53	10,7	0,2125	5,82
11	0,2	0,3	70	80	3,125	8,37	55,31	10,9	0,187	5,64
12	0,2	0,3	70	100	3,125	8,37	55,73	10,7	0,1615	5,17
13	0,2	0,2	27	60	3,125	8,37	53,375	11	0,2805	7,17
14	0,2	0,2	40	60	3,125	8,37	54,665	11,1	0,221	6,76
15	0,2	0,2	50	60	3,125	8,37	58,795	10,9	0,2465	6,41
16	0,2	0,2	60	60	3,125	8,37	53,645	11	0,238	5,99
17	0,2	0,2	80	60	3,125	8,37	59,905	10,9	0,221	5,64
18	0,2	0,2	90	60	3,125	8,37	54,895	10,7	0,3145	5,17
19	0,2	0,2	70	5	3,125	8,37	51,875	10,6	0,4675	7,35
20	0,2	0,2	70	20	3,125	8,37	50,385	11	0,4675	6,94
21	0,2	0,2	70	40	3,125	8,37	27,195	12	0,34	6,76
22	0,2	0,2	70	60	3,125	8,37	49,995	12	0,68	6,64
23	0,2	0,2	70	80	3,125	8,37	51,835	12	0,306	6,17
24	0,2	0,2	70	100	3,125	8,37	53,455	11,9	0,595	5,94
25	0,2	0	70	60	3,125	8,37	54,225	10,9	0,3315	8,11
26	0,2	0,4	70	60	3,125	8,37	54,835	10,6	0,1615	8,29
27	0,2	0,6	70	60	3,125	8,37	50,565	11	0,2295	8,70
28	0,2	0,8	70	60	3,125	8,37	53,255	11	0,3825	9,11
29	0	0,2	70	60	3,125	8,37	57,425	11	0,3145	9,93
30	0,4	0,2	70	60	3,125	8,37	54,275	11	0,3655	9,46
31	0,6	0,2	70	60	3,125	8,37	54,735	11,1	0,323	9,23
32	0,8	0,2	70	60	3,125	8,37	54,865	11	0,238	8,58

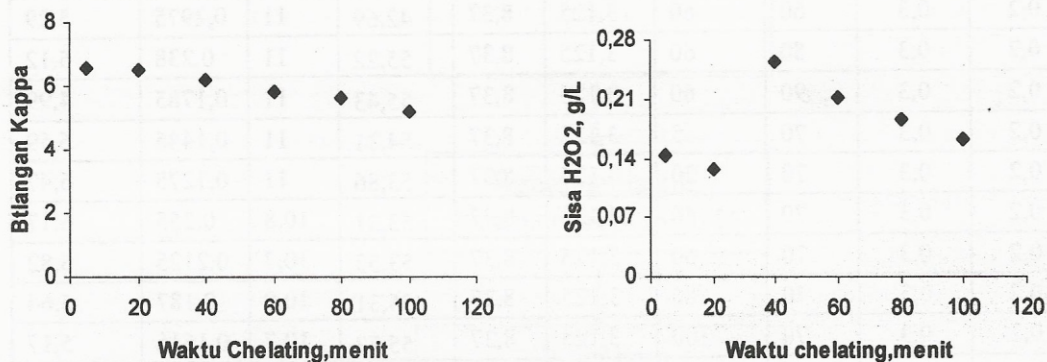
Berdasarkan hasil penelitian yang disajikan pada Tabel II bisa dibuat grafik sebagaimana disajikan pada Gambar 2 sampai 5.



Gambar 2. Pengaruh suhu chelating terhadap hasil bleaching pada pulp Soft-wood

Gambar 2 menunjukkan bahwa ada pengaruh suhu chelating terhadap hasil bleaching. Ditinjau efisiensi pemakaian H_2O_2 , maka suhu chelating yang paling efektif adalah $60^\circ C$ ditunjukkan dengan sisa H_2O_2 yang paling banyak. Pada kondisi ini pelepasan lignin juga sangat efisien ditunjukkan dengan rendahnya bilangan Kappa. Berdasarkan hasil ini maka bisa disimpulkan suhu chelating yang paling efektif adalah $60^\circ C$. Hal ini disebabkan karena banyaknya metal ion yang terlepas pada kondisi ini.

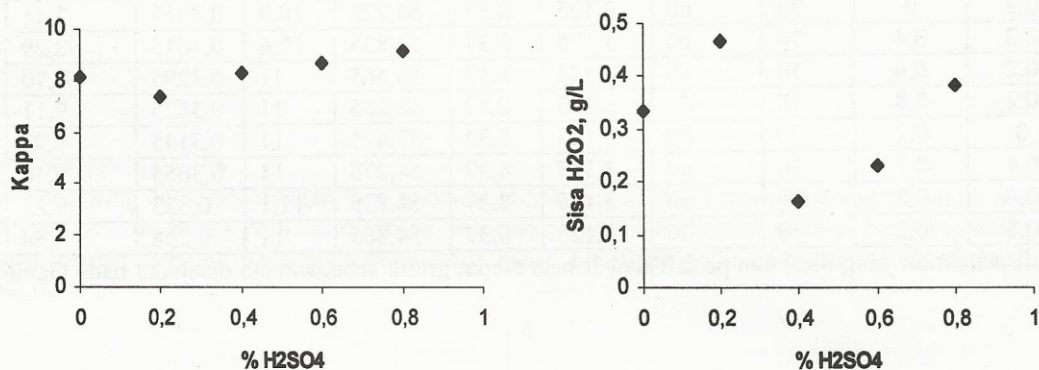
Pengaruh waktu chelating terhadap hasil bleaching ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh waktu chelating terhadap hasil bleaching pada pulp Sof-wood

Gambar 3 menunjukkan semakin lama waktu chelating, semakin banyak pula lignin yang terlepas dari pulp, ditunjukkan dengan semakin rendahnya bilangan Kappa. Dari pemakaian H_2O_2 , waktu chelating yang terlalu singkat (sampai 20 menit) menunjukkan ketidak efektifan pemakaian H_2O_2 . Setelah 40 menit, H_2O_2 yang digunakan banyak, tetapi penurunan bilangan Kappanya kecil. Sisa H_2O_2 terbanyak untuk waktu chelating 40 menit. Jika waktu chelating ditambah, sisa H_2O_2 menurun tetapi bilangan Kappanya juga mengalami penurunan yang efektif. Berdasarkan hasil ini bisa disimpulkan waktu efektif untuk chelating berkisar antara 40-60 menit.

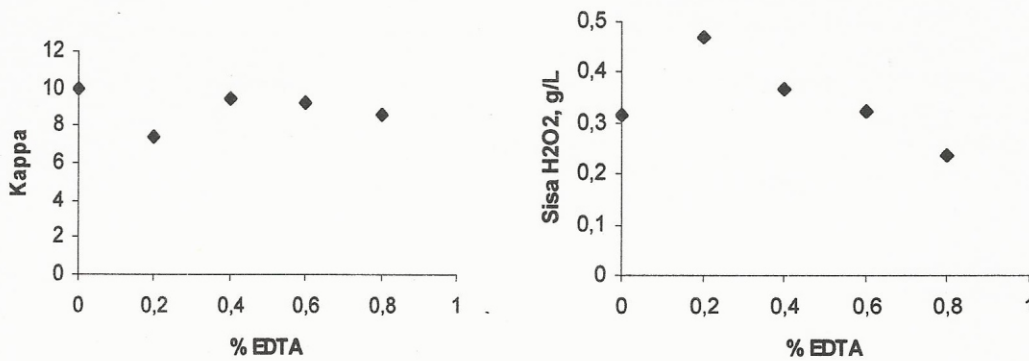
Pengaruh penambahan H_2SO_4 pada proses chelating terhadap hasil bleaching disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh H_2SO_4 di chelating terhadap hasil bleaching pada pulp Soft-wood

Gambar 4 menunjukkan penambahan H_2SO_4 berpengaruh terhadap hasil bleaching baik dari segi pemakaian H_2O_2 maupun penurunan bilangan Kappa. Penurunan bilangan Kappa maksimum ketika penambahan H_2SO_4 0,2 %. Pada penambahan ini sisa H_2O_2 juga paling banyak. Sehingga dapat disimpulkan penambahan H_2SO_4 yang optimum adalah 0,2% dari pulp kering.

Pengaruh penambahan EDTA terhadap hasil bleaching disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh EDTA di chelating terhadap hasil bleaching pada pulp Soft-wood

Pengaruh penambahan EDTA yang disajikan di Gambar 5 menunjukkan bahwa pada penambahan EDTA 0,2% mampu mencapai hasil bleaching yang terbaik, yaitu pemakaian H₂O₂ minimal serta mampu menurunkan bilangan Kappa yang maksimal.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian bisa disimpulkan beberapa hal, antara lain:

1. Hasil *bleaching* dengan hydrogen peroksida sangat dipengaruhi oleh kondisi *chelating* yang dilakukan sebelum *bleaching*.
2. Kondisi optimum di *chelating* agar menghasilkan proses *bleaching* dengan H₂O₂ yang baik adalah: suhu *chelating* pada kisaran 60-80°C, kadar EDTA 0,2%, kadar H₂SO₄ 0,2% dijalankan pada kisaran 40-80 menit.

Daftar Pustaka

- Basta, J., Holtinger, I., Hook, J., 1991, "Controlling the Profil of Metal in the Pulp befor Hydrogen Peroxide Treatment", 6 th International Symposium on Wood and Pulping Chemistry Notes, Appita, Parkville, Victoria, Australia, page: 237.
- Bayer, J., Dilme, Fernandez-Zapico, J.M., 1999, Tendencias en la Industria Papelera en Los Inicios del Siglo XXI Ingeniería Química 3, 177-181
- Coakley, J., Honsden, P.V., Heiningen, A.V., Cross, T., 2001, MFO Induction in Fish By Filtrates From Chlorine Dioxide Bleaching of Wood Pulp, Wat.Res., 35, 921-928.
- Daru, S.R., 2002, Minimasi Limbah Dalam Industri Pulp dan Kertas, WWW.Terranet.or.id
- Dence, C.W., Reeve, D.W., 1996, Pulp Bleaching Principle and Practice, Tappi Perss, Atlanta, Page: 349-415.
- Fuadi, A.M., and Harald, B., 2006, "Benefits of Chelating Stage Prior to Peroxide Bleaching", Gelagar, 17, 91-97.
- Nakatama, K., Motoe, Y., Ohi, H., 2004, Evaluation of Chloroform Formed in Process of Kraft Pulp Bleaching Mil Using Chlorine Dioxide, J., Wood Sci., 50, 242-247.