

KARYA ILMIAH

**PERKEMBANGAN INDUSTRI PULP
DAN KERTAS MENUJU INDUSTRI
BEBAS AIR LIMBAH**

DISUSUN OLEH

TENGGU FAISAL ZULKIFLI HAMID, ST



**STAF PENGAJAR
UNIVERSITAS MEDAN AREA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
MEDAN
2005**

PERKEMBANGAN INDUSTRI PULP DAN KERTAS MENUJU INDUSTRI BEBAS AIR LIMBAH

Abstrak

Industri pulp dan kertas selama ini telah dapat berkembang sesuai dengan kebutuhan akan berbagai jenis kertas dan telah dapat pula memenuhi tuntutan lingkungan. Meskipun demikian, dengan makin diperlukannya pabrik berskala besar dan makin ketatnya peraturan yang berkaitan dengan masalah air limbah, penanggulangan pencemaran dengan cara mengolah air limbah yang berbentuk tidak lagi dinilai ekonomis. Usaha kini ditujukan pada teknologi bersih dengan memodifikasi pulping agar lebih banyak lignin yang masuk ke sistem pemulihan dan dengan demikian bahan kimia pemutih dapat dikurangi, sehingga sebagian besar air limbahnya dapat digunakan kembali. Langkah-langkah lain dalam penghematan air dikembangkan untuk memperoleh sasaran akhir sebagai industri bebas air limbah. Untuk industri pulp masih diperlukan beberapa waktu, sedang bagi industri kertas tertentu, pelaksanaan bebas air limbah telah diterapkan lebih dari 20 tahun.

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunianya sehingga Penulis telah dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah dengan judul **“PERKEMBANGAN INDUSTRI PULP DAN KERTAS MENUJU INDUSTRI BEBAS AIR LIMBAH “**.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Karya Tulis Ilmiah ini masih jauh dari sempurna. Hal ini disebabkan keterbatasan ilmu yang Penulis miliki, sehingga dalam penyelesaiannya Penulis menemui berbagai kesulitan meskipun pada akhirnya dapat diselesaikan. Karena itu, dengan hasrat menghasilkan yang terbaik, Penulis mengharapkan saran-saran yang membangun serta kritik yang sehat demi kesempurnaan Karya Tulis Ilmiah ini.

Akhirnya Penulis berdo'a dan berharap, semoga Karya Tulis Ilmiah ini bermanfaat bagi Penulis dan juga dapat menjadi sumbangsih Penulis buat masyarakat.

Medan, 16 Januari 2003

Penulis,

Tengku Faisal Zulkifli Hamid,ST

DAFTAR ISI



	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Senyawa Toksik Dalam Air Limbah	3
2.2 Toksisitas Dalam Berbagai Air Limbah	6
2.3 Detoksifikasi Air Limbah	7
2.3.1 Air Limbah Pulping	7
2.3.2 Air Limbah Pemutihan	8
BAB III PRODUKSI BERSIH INDUSTRI PULP	10
3.1 Pembuatan Pulp Kimia	10
3.2 Pemutihan Pulp Kimia	12
3.3 Pulp Mekanik	15
3.4 Serat Sekunder	16
BAB IV PEMBAHASAN DAN EVALUASI	17
4.1 Pabrik Pulp Kraft Putih	17
4.2 Pabrik BCTMP (Bio Chemi Thermo Mechanical Pulp)	20
4.3 Pabrik Kertas	21
BAB V PENUTUP	24
DAFTAR PUSTAKA	25

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Beberapa Pencemar Organik yang Menghambat Aktivitas Metanogenik	4
Gambar 3.1 Prinsip Sistem Terbuka Unit Pemutihan ECF (A) dan Prinsip Sistem Tertutup Unit Pemutihan ECF (B)	14
Gambar 4.1 Pabrik Bebas Air Limbah Meadow Lake	20
Gambar 4.2 Sistem Tertutup Pada Zulpich Paper	22

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 50 % IC (Inhibiting Concentration) dari Senyawa Model Dalam Limbah Industri Kehutanan Terhadap Aktivitas Bakteri Metanogenik	5
Tabel 2.2 50 % IC dari Air Limbah Industri Kehutanan Terhadap Aktivitas Bakteri Metanogenik	6
Tabel 4.1 Debit air Limbah Pabrik (m ³ /ADT)	17
Tabel 4.2 Keadaan Air Proses Sebelum dan Sesudah Pemasangan Proses Biologi	23

BAB I PENDAHULUAN

Industri pulp dan kertas dikenal sebagai industri yang banyak menggunakan air. Semula air limbah yang dihasilkan oleh industri tersebut dapat mencapai beberapa ratus meter kubik per ton pulp yang dihasilkan. Dengan banyaknya air yang dibutuhkan dan banyaknya air limbah yang dikeluarkan, industri pulp dan kertas umumnya berada di lokasi yang berdekatan dengan sumber air.

Seiring dengan perkembangan industri dan adanya kesadaran akan pentingnya perlindungan lingkungan maka oleh pemerintah diadakan peraturan yang membatasi pengeluaran polutan ke lingkungan. Industri mengadakan respon dengan mengolah air limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Perkembangan lebih lanjut dari makin majunya industrialisasi dan makin ketatnya peraturan standar air limbah, dijawab dengan penerapan pengolahan sekunder pada air limbah dan upaya pengurangan pemakaian air dengan pendaur ulangan. Beratnya biaya pengolahan dan tekanan dari pemerintah yang makin memperketat peraturan air limbah membuat industri melakukan terobosan baru dengan melaksanakan produksi bersih, meminimisasi limbah dan lebih lanjut mengupayakan tanpa mengeluarkan air limbah. Dengan demikian limbah yang keluar terbatas pada emisi ke udara dan limbah padat.

Untuk bisa tetap bersaing dan dapat menjual produk, industri pulp dan kertas harus dapat beroperasi dengan efisien, menjaga kualitas dan dapat memenuhi tuntutan lingkungan. Langkah-langkah yang harus diambil antara lain dengan mengupayakan penghematan pemakaian air, pendaur ulangan air dan meminimisasikan terbentuknya limbah. Peningkatan efisiensi pengolahan limbah dengan segregasi beban polutan tinggi sebagai akibat penghematan dan pendaur ulangan air, menyebabkan beban polutan dalam air limbah menjadi tinggi. Meskipun volumenya berkurang, air limbah tersebut tidak lagi dapat diolah dengan proses pengolahan air limbah secara efisien. Salah satu cara pengolahan air limbah tersebut adalah dengan proses anaerobik yang efisien. Proses ini semula digunakan untuk

mengolah bahan yang mudah terdegradasi. Dengan sejumlah keuntungan yang dapat diberikan serta kemampuan lain yang akhir-akhir ini sudah terlihat, maka pada umumnya industri pulp dan kertas banyak menggunakan proses ini dalam mengolah limbahnya.

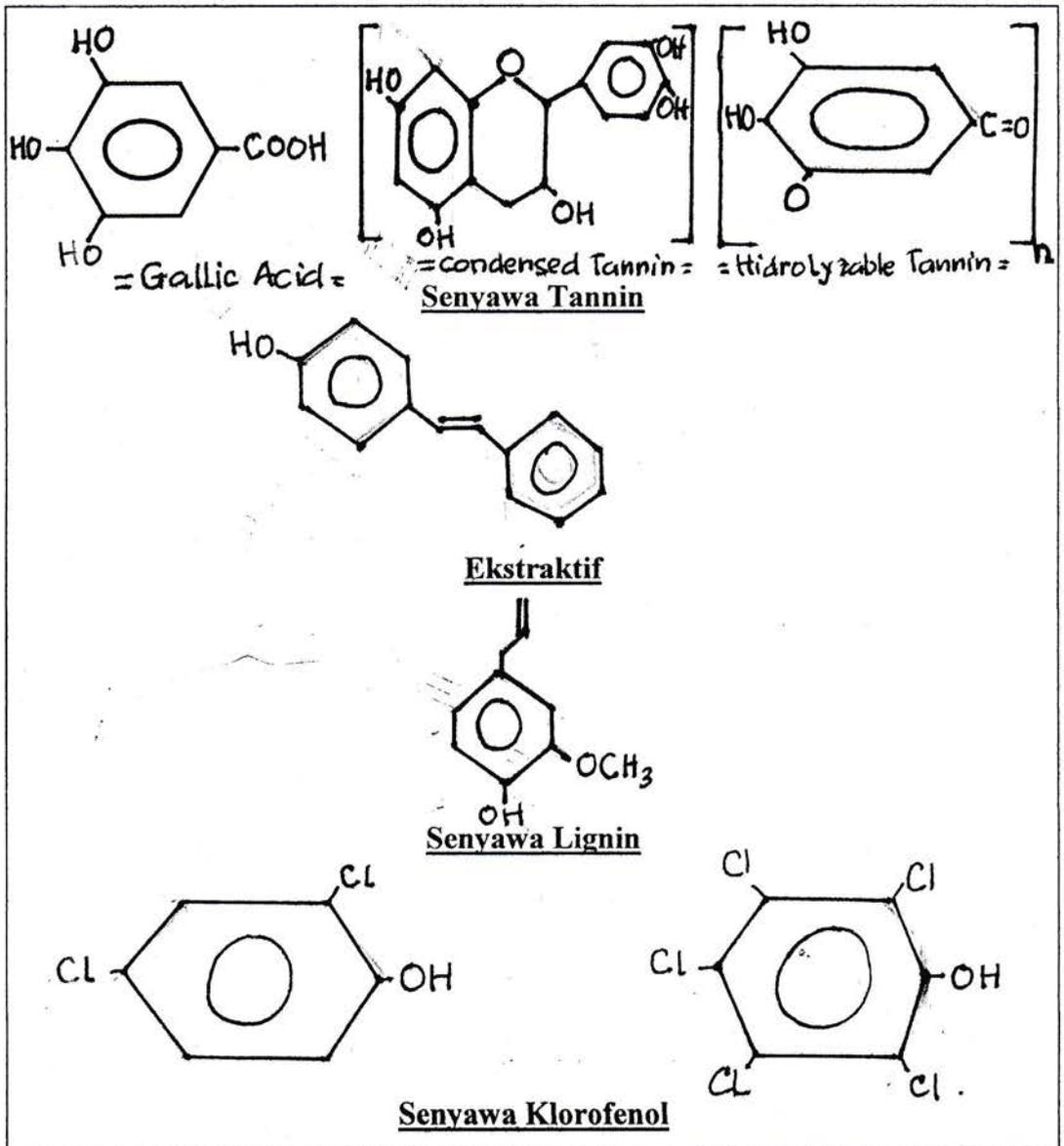
Pada umumnya, industri pulp dan kertas yang beroperasi lebih memikirkan faktor ekonomi yaitu dengan biaya operasional yang rendah diharapkan dapat memberikan keuntungan yang lebih besar. Akibat faktor inilah maka industri pulp dan kertas yang ada banyak mengembangkan proses pembuatan pulp rendemen tinggi. Proses ini memberikan hasil pulp yang lebih tinggi dan memiliki sifat pulp yang cukup baik untuk dibuat kertas budaya maupun kertas industri. Karena proses ini bahan kimia yang digunakan lebih sedikit dari pada proses kimia, maka air limbah yang keluar dari proses rendemen tinggi ini memiliki pencemar COD (Chemical Oxygen Demand) dan BOD (Biochemical Oxygen Demand) yang tinggi.

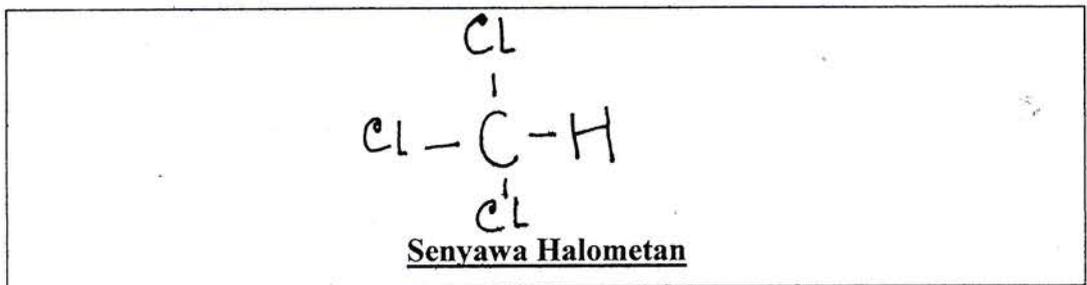
Dalam rangka menunjang program industri berwawasan lingkungan dan mengingat tingkat pencemaran air limbah yang mungkin terjadi dari proses proses pulp diatas maka kemampuan teknologi dalam pengolahan air limbah perlu ditingkatkan atau perlu meminimalisasi air limbah yang dikeluarkan dari proses pulp tersebut.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Senyawa Toksik Dalam Air Limbah

Toksisitas metanogenik dalam limbah industri pulp dan kertas umumnya disebabkan oleh senyawa tanin, ekstraktif, lignin, klorofenol dan halometan. Senyawa tersebut mempunyai rumus bangun sebagai berikut :





Gambar 2.1. Beberapa Pencemar Organik yang Menghambat Aktivitas Metanogenik

Konsentrasi dari masing-masing komponen yang menyebabkan aktivitas mikroorganisme terhambat 50 % (50 % IC) dapat dilihat pada Tabel 1 yang menunjukkan banyaknya Tanin yang terdapat dalam kulit kayu. Dari Tabel 1 tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwa tanin terkondensasi dan tanin tersebut juga terhidrolisa cukup toksik bagi bakteri metan. Sedang tanin monomer dan yang terpolimerisasi tidak bersifat toksik. Ekstraktif apolar dari pinus dan spruce memiliki konsentrasi menghambat 50 % (50 % IC) aktivitas metanogenik sekitar 50 mg/l. Toksisitas metanogenik dari senyawa resin kayu utama yaitu volatile terpene dan asam resin menunjukkan daya hambat yang tinggi pada konsentrasi 100 ppm. Sementara itu ekstraktif bifenil dari kayu daun merupakan senyawa yang paling toksik dari resin kayu.

Toksisitas metanogenik dari turunan lignin monomer dapat dilihat dalam tabel 1 di bawah ini. Asam fenol umumnya tidak toksik pada pH netral. Fenol aldehida dan fenol termetoksilasi menunjukkan sifat toksik ringan. Hanya monomer lignin dengan rantai samping alkil (engenol) yang memiliki toksisitas cukup tinggi. Mengingat monomer lignin hanya merupakan bagian kecil dari lignin total, maka mungkin tidak memegang peranan penting bagi toksisitas air limbah seperti terlihat dalam Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1. 50 % IC (Inhibiting Concentration) Dari Senyawa Model Dalam Limbah Industri Kehutanan Terhadap Aktivitas Bakteri Metanogenik

Senyawa	Senyawa Turunan	50 % IC (mg/l)
Tannin	Monomer monomer Tanin	3000
	Tanin Terkondensasi	350
	Tanin Terhidrolisa	700
	Tanin Terpolimerisasi	> 736
Ekstraktif Kayu	LCFA	250 – 1235
	Asam asam Resin	21 – 400
	Volatile Terpene	42 – 500
	Triterpene	> 1000
	Hydroxystillbene	25
Turunan Monomer Lignin	Asam asam Fenol	1170 - > 10500
	Fenol Aldehida	1800 – 4400
	Methoxyphenols	498 – 2200
	Alkylguaiacols	140 – 250
Lignin	-	33250 - > 15000
Chlorinated Phenol	Mono-Trichlorophenols	2 – 800
	Pentachlorophenols	0,04 – 76
Halometan	Chloroform	0,50 – 0,96

Lignin dari air limbah menunjukkan toksisitas yang ringan. Sierra dan Hatlingan menunjukkan bahwa dari ultrafiltrat lignin hanya fraksi molekul yang rendah yang bersifat toksik.

Klorofenol terdapat dalam air limbah pemutihan pada konsentrasi dari 0,1 hingga 2,6 ppm. Toksisitasnya terhadap bakteri metanogenik bertambah dengan

bertambahnya gugus chlor. Mono hingga trifenol akan sangat toksik apabila konsentrasinya melewati beberapa ratus mg/l. Klorofenol yang paling toksik yaitu Pentaklorofenol (PCP). Senyawa ini akan menghambat aktivitas metagenesis sebesar 50 % (50 % IC) pada konsentrasi antara 0,04 hingga 76 mg/l. Untuk lumpur granular, nilai nilai 50 % IC untuk PCP adalah sekitar 7 mg/l. Klorolignin bermolekul rendah (Oligomer) diperkirakan tidak terlalu toksik, mengingat sifat kelarutannya yang rendah. Penelitian masih perlu dilakukan untuk menentukan toksisitas khlorocatechol dan khloroguaiacol yang lebih dapat mewakili senyawa khlorofenol dalam air limbah pemutihan. Mengenai Halometan, khloroform terdapat dalam air limbah pemutihan sejumlah bebarapa ratus $\mu\text{g/l}$. Senyawa tersebut dengan nilai 50 % IC dari 0,5 sampai 1,0 mg/l, merupakan inhibitor metanogenik yang kuat.

2.2 Toksisitas Berbagai Air Limbah

Dari sudut air limbah industri pulp dan kertas, beberapa air limbah yang terkenal sangat toksik adalah limbah dari proses pengulitan (debarking), limbah CTMP (Chemi Thermo Mechanical Pulp), lindi hitam dari pemutihan pulp proses kimia dan air limbah proses pemutihan. Nilai 50 % IC dari air limbah tersebut yang dinyatakan dalam g COD/l tertera dalam Tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.2. 50 % IC Dari Air Limbah Industri Kehutanan Terhadap Aktivitas Bakteri Metanogenik

Air Limbah	50 % IC (g COD/l)
TMP (Thermo Mechanical Pulp)	11,5 – 13,7
CTMP	1,5 – 8,2
Soda BL	2,1 – 6,2
Debarking	0,9 – 1,9
Chlorine Bleaching	0,1 – 1,6
TCF Bleaching	> 0,7

Dari berbagai air limbah tersebut di atas, air limbah TMP paling rendah toksisitasnya. Kadar rata-rata air limbah TMP umumnya di bawah nilai 50 % IC, sehingga tidak banyak mempengaruhi pengolahan dengan sistem anaerobik. Untuk air limbah yang lain yang terdapat pada tabel 2, umumnya sudah termasuk toksik pada saat dibuang. Limbah CTMP dan lindi hitam, kadarnya dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang berada diantara 2 – 8 g COD/l. Sedangkan untuk proses debarking (pengulitan) berada diantara 1 – 2 g COD/l. Air limbah pemutihan dengan chlorin adalah yang paling toksik. Pada umumnya penghambatan metanogenesis terjadi pada nilai 50 % IC yaitu kurang dari 1 g COD/l.

2.3 Detoksifikasi Air Limbah

Adanya toksisitas dalam air limbah industri pulp tidak menyebabkan proses anaerobik tidak dapat digunakan. Berbagai penelitian detoksifikasi telah dilakukan untuk meningkatkan kemampuan pengolahan air limbah industri tersebut. Berikut ini diuraikan langkah detoksifikasi :

2.3.1 Air Limbah Pulping

Beberapa cara detoksifikasi air limbah CTMP yang efektif telah ditemukan dengan cara menurunkan pH dan menggunakan garam bervalensi dua atau tiga untuk mengendapkan asam resin dan asam lemak. Bagian terbesar dari senyawa ekstraktif kayu dapat dipisahkan dengan pengendapan bersama zat padat halus yang tersuspensi dalam air limbah. Senyawa ekstraktif akan terdegradasi pula dalam proses pengolahan akhir secara aerobik, sehingga air hasil olahan dapat digunakan sebagai air pengencer dimuka sebelum proses anaerobik untuk mengurangi toksisitasnya. Percobaan skala pilot dan laboratorium telah berjalan dengan baik pada pembebanan 15 g COD/l di air limbah setelah detoksifikasi dengan penurunan COD sebesar 40 %.

Senyawa sulfur yang digunakan dalam proses pembuatan pulp akan terbawa ke dalam air limbah. Pada kondisi anaerobik sulfit dan sulfat akan tereduksi menjadi sulfida yang akan menimbulkan masalah toksisitas, korosi dan menurunkan pembentukan gas metana serta efisiensi pengolahan. Usaha mengatasinya telah

dilakukan dengan pengaturan pH reaktor asidogenik yaitu dengan menekan pertumbuhan bakteri pereduksi sulfur dengan penambahan molibdenum dan menghilangkan hidrogen sulfida terlarut dari reaktor metanogenik dengan mensirkulasi gas bebas hidrogen sulfida. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketiga cara tersebut dapat digunakan dan yang paling efektif adalah cara sirkulasi gas pada suhu 35° C. pada kondisi ini reduksi sulfat mencapai 83 % dan penurunan TOC sebesar 55 %. Menurut Field, J. A. et al, untuk tanin yang berasal dari proses debarking dan bersifat toksik dapat dilakukan dengan detoksifikasi secara polimerisasi menjadi polimer humus dengan berat molekul tinggi hingga tidak meracuni bakteri metanogenik. Polimerisasi dilakukan dengan aerasi singkat pada pH tinggi.

2.3.2 Air Limbah Pemutihan

Air limbah proses pemutihan dapat diolah secara anaerobik setelah dilakukan proses pengenceran. Sebagai contoh, air limbah proses pemutihan tahap ekstraksi dengan alkali diencerkan dengan kondensat. Dengan beban 8 – 12 g COD/l, maka penurunan BOD berkisar antara 70 – 80 %. Untuk menghilangkan warna air limbah ekstraksi alkali dapat digunakan oksidasi dengan hipoklorit dengan dosis 0,1 kg chlor aktif/kg warna. Akibat pemakaian senyawa chlor, kandungan AOX air limbah naik hingga 50 %. Akan tetapi dengan proses pengolahan anaerobik maka 80 % AOX tersebut dapat dihilangkan. Oksidasi dengan hipochlorit akan menguraikan AOX menjadi senyawa bermolekul rendah sehingga dapat terurai pada pengolahan anaerobik. Pengolahan langsung dari air limbah ekstraksi alkali dengan pengolahan anaerobik tidak dapat menurunkan kadar AOX dan warna.

Senyawa fenol terkhlorinasi dalam air limbah pemutihan proses kraft merupakan senyawa yang toksik bagi kehidupan air. Penelitian penggunaan proses anaerobik yang termoflik (35° C) berikut modifikasinya dengan melakukan resirkulasi, menggunakan bahan carier dan menambahkan sulfat telah dilakukan untuk memperoleh efisiensi pengolahan yang lebih baik. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa penurunan senyawa fenol terkhlorinasi tertinggi sebesar 95 % dicapai dengan menggunakan reaktor fixed bed berisi poliuretan dan dengan resirkulasi. penambahan ion sulfat tidak memberi pengaruh yang nyata terhadap proses anaerob.

BAB III

Produksi Bersih Industri Pulp

Dari ketiga komponen utama kayu yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin, dalam penyiapan serat untuk pembuatan kertas, selulosa dan hemiselulosa merupakan komponen utama dalam serat yang memberikan kontribusi bagi ikatan antar serat. Sedangkan lignin berguna untuk mengurangi kemampuan ikatan antar serat. Selanjutnya kayu mengandung sejumlah kecil asam organik lain yang berfungsi untuk melindungi kayu dari serangan mikroorganisme dan serangga. Dalam proses pembuatan pulp, lignin, asam lemak, asam resin dan sebagainya terlarut dan memiliki toksisitas tertentu.

3.1 Pembuatan Pulp Kimia

Secara garis besar, pembuatan pulp dapat dibagi dalam proses mekanik dan proses kimia.

Proses yang banyak digunakan dalam proses kimia adalah proses Kraft. Dengan makin meningkatnya kebutuhan akan kertas dan dengan pertimbangan skala ekonomis, kapasitas produksi dari suatu pabrik pulp menjadi semakin besar. Perkembangan tersebut mengakibatkan buangan padat zat tersuspensi dan bahan pengonsumsi oksigen secara biologis menjadi besar pula.

Pada tahun 80-an, penanggulangan dilakukan dengan pengolahan limbah secara eksternal. Dengan cara ini, pencemaran dari bahan organik, nutrisi, warna dan senyawa organo-klorida masih terus berlangsung dan menjadi masalah bagi pabrik. Ditemukannya dioxin dan furan terpoliklorinasi dalam produk kertas dan air limbah membangkitkan protes yang cukup keras dari kelompok pencinta lingkungan terhadap industri pulp. Meskipun pada saat masalahnya teridentifikasi, pembentukan dioxin terklorinasi telah dapat ditekan sampai batas yang tidak membahayakan, namun kemudian protes ditujukan pada senyawa yang mengandung klor secara

umum. Isu lingkungan telah menjadi penggerak utama bagi pengembangan industri ini.

Dalam pabrik pulp yang modern, pemisahan lignin dari serat selulosa dapat dibagi ke dalam beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Pemasakan berlanjut (extended cooking),
2. Delignifikasi oksigen,
3. Delignifikasi oksidatif pada pemutihan,
4. Pemutihan akhir dari pulp.

Sampai pertengahan tahun 80-an, bilangan Kappa 30 (kadar lignin kurang lebih 5 % dalam pulp) dianggap batas terendah yang dapat dicapai pulp kayu jarum yang keluar dari digester. Pemasakan yang lebih lama dalam larutan pemasak dapat menurunkan kualitas pulp.

Pada tahun 1984 diperkenalkan salah satu cara pemasakan berlanjut dengan pemasakan pergantian panas cepat (RDH) yang dapat menurunkan sisa lignin. Perubahan kondisi pemasakan ini ternyata sangat efektif dalam delignifikasi serpih kayu, sehingga pemasakan dapat dilanjutkan hingga bilangan kappa rendah dalam digester batch. Kekurangan dari cara ini adalah diperlukannya instalasi baru pada bagian digester. Bilangan kappa dapat diturunkan hingga mencapai 13 – 15 dan kualitas pulp yang dihasilkan lebih baik dari pada cara konvensional.

Delignifikasi lebih lanjut pulp yang keluar dari digester menggunakan oksigen dimungkinkan dengan adanya pengembangan teknologi konsistensi medium, yaitu pemompaan pulp dan pencampuran dengan bahan pada konsistensi 10 – 15 %. Dengan proses ini penurunan bilangan kappa sebesar 40 – 50 % tanpa merusak kualitas pulp dapat dicapai. Laporan pabrik menunjukkan bilangan kappa 8 – 10 untuk pulp kayu jarum.

Ditinjau dari sudut pencemaran, penurunan kadar lignin dalam pulp penting, karena dengan demikian lignin yang terbawa dengan lindi hitam menjadi lebih banyak untuk bisa dimanfaatkan dalam proses pemulihan kimia sebagai sumber energi. Selain itu lignin yang perlu dipisahkan pada proses pemutihan menjadi lebih

sedikit sehingga mengurangi bahan kimia pemutih serta mengurangi beban pengolahan air limbah dan beban pencemaran lingkungan.

3.2 Pemutihan Pulp Kimia

Pemakaian senyawa klor untuk pulp kertas dimulai pada tahun 1799. Hipoklorit mendominasi bahan pemutih hingga tahun 1930-an, hingga ditemukannya bahan yang tahan korosi yang memungkinkan penggunaan gas klor sebagai bahan pemutih dalam kondisi asam. Pada akhir tahun 1950, pulp kraft putih dapat mencapai derajat keputihan yang tinggi dengan menggunakan klor dioksida. Senyawa tersebut memiliki kemampuan untuk mendegradasi secara selektif terhadap lignin, tetapi tidak terhadap selulosa.

Karena gas klor lebih murah dari pada klorin dioksida, maka gas klor digunakan terus dalam proses pemutihan. Pada tahun 1980-an, perhatian ditujukan pada senyawa organik terkhlorinasi. Setelah beberapa pengembangan dilakukan terhadap proses pembuatan pulp dan pemutihan, maka limbah bahan organik terkhlorinasi yang terbuang semula berjumlah 6 – 8 kg/ton pulp telah dapat dikurangi menjadi di bawah 1,5 pulp/ton pulp. Para ahli berpendapat bahwa dengan jumlah tersebut pengaruhnya terhadap kehidupan di air sangat kecil atau tidak berpengaruh. Usaha pengurangan lebih lanjut akan merupakan pemborosan tanpa memperoleh perlindungan lingkungan yang optimum.

Dua istilah yang banyak dikaitkan dengan perkembangan proses pemutihan adalah ECF (Elemental Chlorine Free) dan TCF (Totally Chlorine Free). Dengan proses ECF telah dipasarkan pulp kayu daun dan pulp kayu jarum dengan derajat putih tinggi. Dengan proses TCF sampai tahun 1994 baru pulp kayu daun yang diterapkan. Proses TCF berpotensi menimbulkan kontaminasi baru, dimana senyawa EDTA yang dipakai dapat mengikat logam dari pulp. Pengaruh kontaminan ini belum jelas pengaruhnya bagi kehidupan.

Salah satu kontribusi penting dalam usaha menuju industri pulp yang bebas air limbah (TEF atau Totally Effluent Free) adalah pengembangan dalam proses

pemutihan yang memungkinkan air limbah pemutihan yang merupakan sumber pencemar terbesar dapat di daur ulang.

Hal ini terutama disebabkan oleh tingkat kadar klorida yang rendah dalam filtrat tahap ekstraksi dengan pencucian yang baik, sehingga memungkinkan diadakannya pendaurulangan. Dengan satu atau dua tahapan delignifikasi, selanjutnya bilangan kappa 5 – 8 untuk kayu daun dan 10 – 12 untuk kayu jarum dapat dicapai.

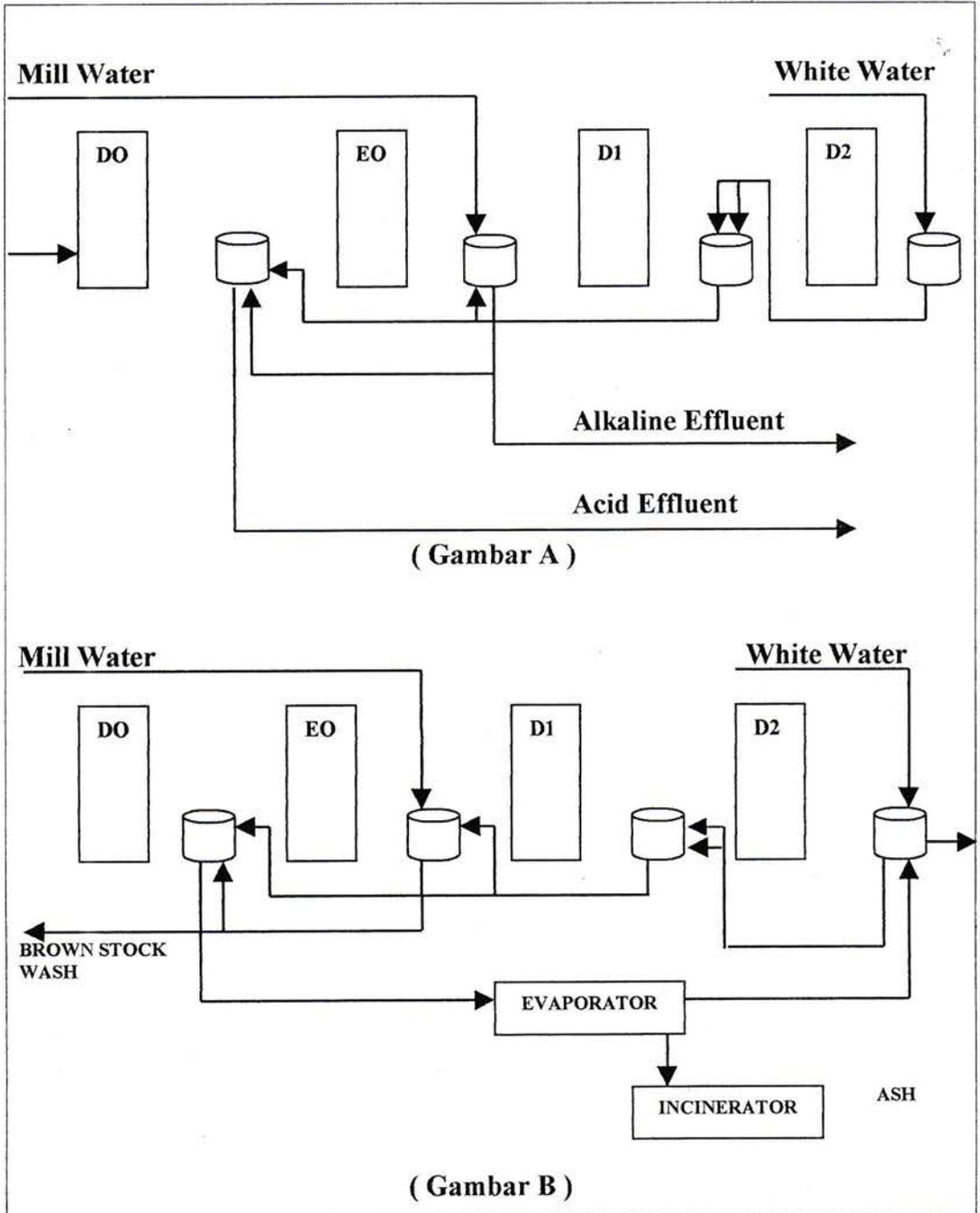
Pemecahan masalah air limbah dari proses pemutihan tidak hanya menyelesaikan masalah AOX (Absorbable Organic Halide), tetapi sangat mengurangi pembuangan bahan organik, nutrisi, sisa natrium dan bahan warna.

TEF merupakan langkah tepat untuk mencapai industri pulp yang ramah lingkungan, karena usaha meniadakan polutan yang merugikan tidak dapat dicapai dengan meniadakan pemakaian senyawa chlor. Senyawa yang tidak mengandung chlor juga dapat bersifat toksik. Pendaurulangan air secara total merupakan langkah yang tuntas bagi pencemaran air.

Untuk mencapai penutupan putaran air, suatu proses perlu pemecahan banyak masalah sekaligus, yaitu :

1. Neraca air,
2. Neraca bahan kimia,
3. Korosi,
4. Pengendapan garam,
5. Pengeluaran bahan non produk.

Berikut di bawah ini dapat dilihat Gambar 3.1 yang menunjukkan sistem terbuka dari unit pemutih ECF dan juga gambar yang menunjukkan sistem tertutup dari unit pemutih ECF.



Gambar 3.1. Prinsip Sistem Terbuka Unit Pemutihan ECF(A) dan Prinsip Sistem Tertutup Unit Pemutihan ECF (B).

Tahapan pemutihan tersebut terdiri dari 4 tingkat yaitu : DO, EO, D1 dan D2. Pada sistem terbuka, air limbah alkalin dan asam dibuang ke unit pengolahan air limbah. Dalam sistem tertutup, filtrat dari washer digunakan kembali pada tahap sebelumnya dan filtrat dari washer tahap ekstraksi digunakan untuk pencucian brown stock. Kemudian selanjutnya masuk ke sistem pemulihan bahan kimia. Filtrat asam dari tahap DO, ditangani terpisah dengan pemekatan dalam sistem *vapour recompression evaporator* yang semula dirancang untuk desalinasi air laut. Konsentrat yang diperoleh kemudian dibakar dalam incinerator yang dilengkapi dengan sistem pencegahan terbentuknya senyawa organik terkhlorinasi dalam flue gas.

3.3 Pulp Mekanik

Sebagai akibat dari kekhawatiran yang berlebihan dari senyawa organo klorida, air limbah dari pulping secara mekanik tidak mendapat perhatian sebesar yang ditujukan pada air limbah dari pemutihan pulp kimia. Meskipun demikian, air limbah dari pulping mekanik rendemen tinggi memiliki toksisitas yang cukup tinggi. Hal ini terutama disebabkan oleh adanya ekstraktif lipofilik yang terdapat dalam kayu yang terlarut pada saat pengulitan dan proses pulping.

Rendemen pulping mekanik tergantung pada kualitas yang ingin diproduksi, pada SGW (Unbleached Standard Groundwood) yang digunakan untuk kertas koran, rendemen mencapai 99 %. Untuk TMP (Thermo Mechanical Pulp) dan CTMP (Chemi Thermo Mechanical Pulp) rendemen dapat turun di bawah 90 %. Dalam hal ini, lebih dari 10 % dari kayu terlarut dalam air proses dan tidak dapat diambil kembali. Beban bahan organik dalam air limbah yang diukur dengan COD dan BOD, menjadi sangat tinggi. Pemisahan bahan pencemar tersebut dilakukan dengan pengolahan air limbah dan pemakaian kembali air yang terolah.

3.4 Serat Sekunder

Pemakaian serat sekunder yang diperoleh dari kertas bekas menunjukkan peningkatan yang cukup pesat akhir-akhir ini. Serat sekunder yang diproduksi dengan penghilangan tinta biasanya menggunakan beberapa tahap dari seluruh tahapan sebagai berikut : penguraian serat, penyaringan, pembersihan, pencucian, flotasi, dispersi, pemutihan dan asidifikasi. Berbagai bahan kimia yang digunakan adalah : natrium hidroksida, natrium silikat, hidrogen peroksida, chelating agent, surfaktan dan bahan kimia untuk floatasi. Untuk setiap ton serat sekunder terdapat 45 – 90 kg bahan kimia anorganik yang tidak dapat dipulihkan. Di dalam air limbah terdapat semua bahan tersebut ditambah dengan bahan yang terlarut dari serat.

Penguraian air proses dilakukan dengan resirkulasi. Clarifier yang bekerja baik diperlukan untuk memisahkan zat padat tersuspensi dari air proses. Untuk setiap ton pulp dihasilkan 50 – 250 kg (berat kering) lumpur deinking. Air limbah diolah lebih lanjut dengan proses biologi. BOD dapat diturunkan dengan baik, akan tetapi pencemar anorganik tetap masih ada. Penelitian dan pengembangan lebih lanjut masih diperlukan sebelum pabrik dapat beroperasi tanpa air limbah.

BAB IV
PEMBAHASAN DAN EVALUASI

4.1 Pabrik Pulp Kraft Putih

Data lapangan pelaksanaan konsep industri pulp kimia bebas air limbah sangat sedikit ditemukan di lapangan. Data yang dikemukakan oleh Edde H menguraikan debit air limbah pabrik pulp kraft putih dari kayu daun dengan tahapan pemutihan DC, E0, D1 dan D2. Debit air dari setiap unit operasi bagi pabrik yang relatif baru, rancangan baru dan pabrik yang akan datang adalah seperti dalam Tabel 4.1 di bawah ini :

Tabel 4.1. Debit Air Limbah Pabrik (m³/ADT)

Area	Pabrik Relatif Baru	Rancangan Kini	Kemungkinan Yang Akan Datang
Penanganan Kayu	0,3	0,3	0,3
Pulping	1,0	1,0	0,2
Pencucian / Penyaringan	1,8	0,5	0,2
Unit Pemutih :			
➤ Asam	21,1	10,5	5,3
➤ Alkali	10,0	10,6	5,3
Mesin Pulp :			
➤ Rejects	1,3	0,7	0,3
➤ Umum	5,9	5,9	0,7
Evaporator	0,6	0,4	0,2
Demineralisasi	0,1	0,1	0,1
Pemulihan	0,7	0,2	0,2
Hog / Power Boiler	3,3	1,0	0,5
Rekostisasi	1,4	1,1	0,5
Penyiapan Bahan Kimia	0,8	0,3	0,2

Penyediaan Air	8,1	2,7	0,8
Pengolahan Air Limbah	0,0	1,2	0,2
Air Jernih By Pass	16,6	0,0	0,0
Total	73,0	36,5	14,8

Perkiraan dibuat menggunakan steady state simulation software dari wasik. Tekanan ditujukan pada kemungkinan penghematan air yang dapat terealisasi dengan koleksi internal dan resirkulasi. Pemakaian air dapat dikurangi dengan membuat rancangan yang terinci untuk mengatur hal hal kecil seperti kenaikan suhu yang diinginkan. Sedapat mungkin menggunakan kondensasi dengan kontak tidak langsung dan langkah-langkah lain seperti :

- Penggunaan air limbah rekostisasi air melalui clasifier tumpahan ke tangki pencampur kapur.
- Seal water pompa vakum dari filter lumpur kapur dan dregs memilki kualitas yang sesuai untuk digunakan dalam proses atau air seal dapat diresirkulasi bila diadakan pendinginan tidak langsung. Air limbah terolah yang dingin dapat pula digunakan untuk ini.
- Air limbah yang keluar dari unit produksi adalah yang dari pencucian asam. Air perasan dari pencucian pulp hanya dubuang agar keseimbangan sistem air pasi terpelihara.
- Kualitas air perasan biasanya sesuai untuk dipakai ulang pada shower depan Epo. Untuk ini diperlukan pompa pengembalian air yang kedua, dan mungkin pula saringan serat atau sistem penghilangan pitch.
- Pemakaian seal mekanik dengan kebutuhan air rendah atau memasang sistem koleksi air seal pompa dan air pendingin untuk mengurangi pembuangan air.
- Sistem pemulihan air tumpahan untuk serat dan cairan akan langsung mengurangi beban air limbah dan mengurangi pengenceran karena pembersihan dengan penyemprotan.

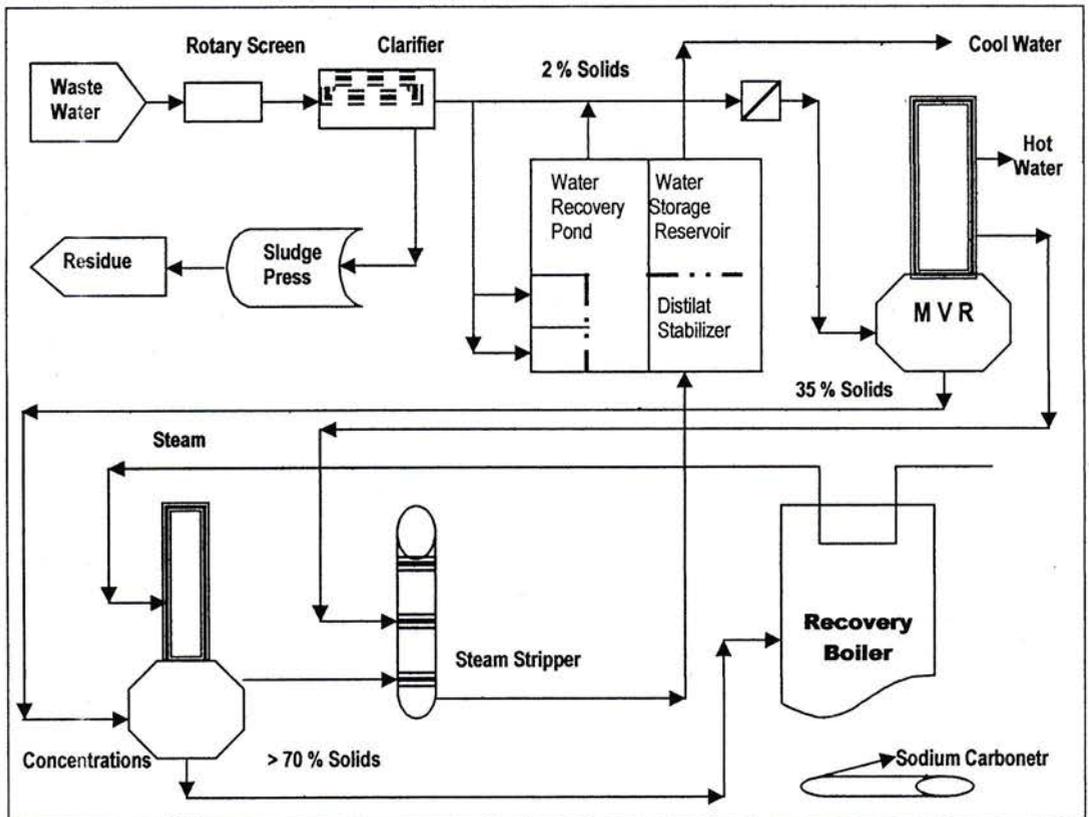
- Pengulitan ring dapat dilakukan terhadap log beku.
- Air pasi pulp atau air limbah Eop dapat digunakan untuk pelumer es dan pencucian log.
- Penggunaan jump stage split flow counter current washing untuk dapat menggunakan filtrat Epo untuk pengganti sebagian di Dc washer.
- Penggunaan kembali sebagian dari filtrate Dc untuk pengenceran setelah pengempaan pada washer setelah oksigen.
- Pemasangan ring difuser yang kedua dalam diffusion washer. Upayakan agar filtrate Epo tidak tembus lembaran washer Dc, untuk menghindari pembentukan busa, penempelan pitch dan resirkulasi air buangan Epo ke dalam tahap Dc.
- Penggunaan air buangan Dc untuk pengenceran setelah post D2 wash Press.
- Pengurangan dapat pula dicapai dengan menggunakan air buangan Dc sebagai "Final Partial Displacement" pada desher.
- Resirkulasi air buangan Epo ke sistem recovery.
- Agar menghindari terbawanya bahan organik dari tahap Epo dengan pencucian yang efisien, diperlukan resirkulasi melalui menara pendingin evaporatif yang inderek.
- Mengisolasi 85 % dari seluruh klorida pemutih dalam aliran air buangan Dc yang ada tampak memungkinkan.
- Sebelum penutupan seluruh sistem dimungkinkan, diperlukan pengembangan proses pengolahan yang dapat memakai ulang aliran yang sekarang dibuang. Dalam hal ini termasuk pengolahan kondensat evaporator dan air perasan serta yang diperoleh dari tahap pemekatan air buangan yang bersifat asam.

Untuk bisa mengurangi air limbah lebih rendah dari $15 \text{ m}^3/\text{ADT}$, maka penelitian dalam penggunaan air buangan pemutihan alkali untuk pencucian brown stock, kondensat evaporator dalam unit pemulihan dan pengolahan terpisah dan pemulihan air buangan asam perlu dilakukan secara lebih intensif.

4.2 Pabrik BCTMP (Bio Chemi Thermo Mechanical Pulp)

Salah satu pabrik BCTMP yang melaksanakan sistem bebas air limbah adalah Millar Western – Meadow Lake Mill di Kanada. Pabrik tersebut menghasilkan BCTMP 800 ADT/hari dan telah melakukan air buangan nihil sejak tahun 1992.

Kebutuhan tambahan air $2 \text{ m}^3/\text{ADT}$ untuk mengimbangi kehilangan dalam evaporasi dan pembuangan lumpur. Air buangan sebesar $12 \text{ m}^3/\text{ADT}$ dialirkan ke dalam Mechanical Vapor Recompression (MVR), dimana 60 %v dari destilat diresirkulasi untuk keperluan proses dan sisanya didinginkan dan ditampung untuk distabilkan secara biologi sebelum digunakan di dalam pabrik. Kira-kira 95 % energi evaporasi diambil kembali. Sebelum digunakan di dalam pabrik, destilat dibersihkan dari kandungan bahan organik volatil yang kira-kira 10 % dengan menggunakan uap. Komponen yang volatil tersebut kemudian dikondensasi dan dibakar. Diagram alir dari pengolahan tersebut dapat dilihat dalam Gambar 4.1 dibawah ini :



Gambar 4.1. Pabrik Bebas Air Limbah Meadow Lake.

4.3 Pabrik Kertas

Menurut publikasi dari NCASI (National Council of the Paper Industry for Aid and Stream Imvronement, Inc) di Amerika, tahun 1997 ini merupakan tahun keberhasilan yang ke 25 dari Stone Container Corp di Uncasville, Councentiont dalam mengoperasikan pabriknya tanpa air limbah.tersebut menghasilkan 465 ton/hari recycled corrugating medium. Kunci keberhasilannya adalah :

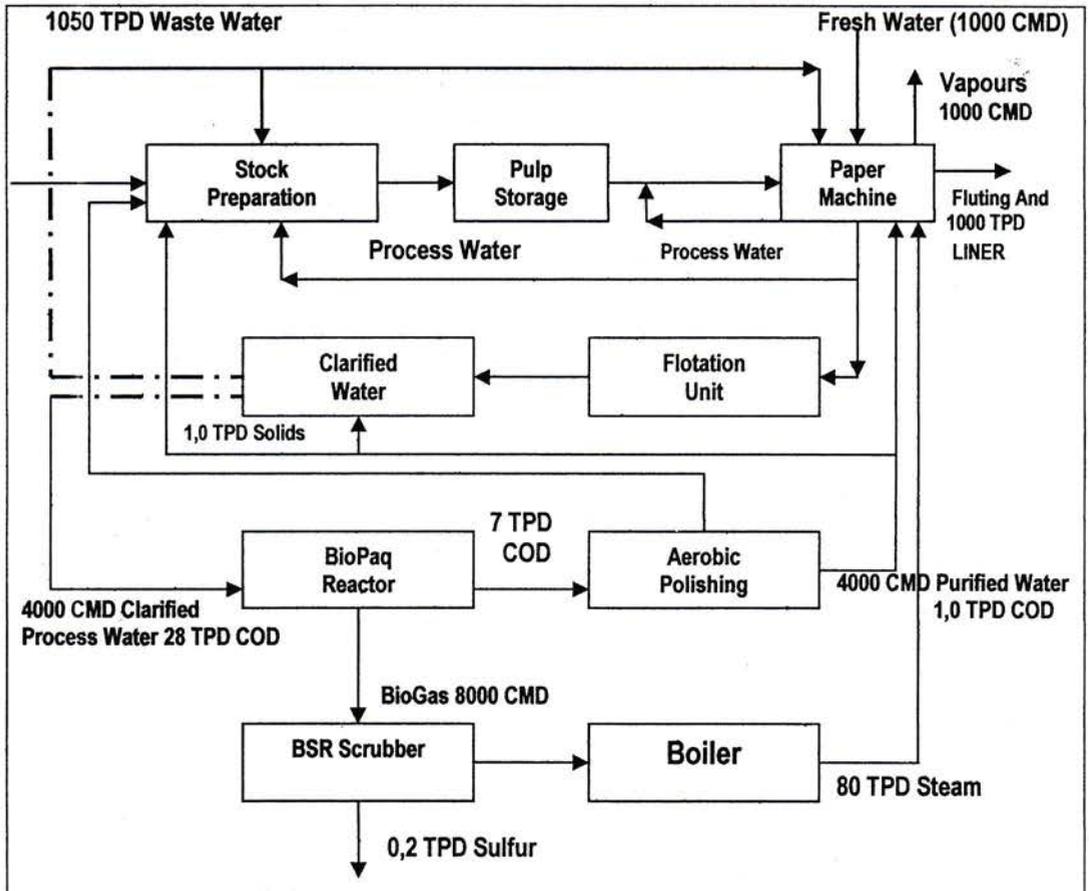
- a Memiliki tanki penampung air proses dengan kapasitas yang cukup besar.
- b Membatasi penggunaan air baru hanya pada penggunaan air yang kritis.
- c Menciptakan fleksibilitas pemompaan volume air untuk optimasi perpindahan dari dan masuk suatu area.
- d Merancang kimiawi dan pembersihan bentangan mesinn (clothing).
- e Menggunakan bahan tahan korosi.

Meskipun operasi bebas air limbah telah berhasil dilaksanakan di pabrik ini, apabila kualitas medium yang dihasilkan lain dan persyaratan pengoperasian mesin berbeda, operasi bebas air limbah dapat menjadi mahal.

NCASI telah mengidentifikasi 14 pabrik kertas dan karton yang menggunakan kertas bekas, 5 pabrik roofing felt dan 6 pabrik karton kemasan, tanpa menghasilkan air limbah.

Dari Belanda, KNP – BT yang merupakan suatu perusahaan daun ulang memiliki beberapa pabrik yang bebas air limbah telah beroperasi lebih dari 20 tahun. Keuntungan yang diperoleh terletak pada konservasi energi dan tidak ada biaya untuk buangan air limbah. Kekurangannya antara lain, akumulasi bahan organik, naiknya kadar garam, kesadahan air dan asam lemak volatil.

Salah satu pabrik KNP – BT yaitu Zulpicch Paper, menghasilkan fluting dan testliner 340.000 ton per tahun. Untuk mencapai tahap air limbah terhadap air proses dilakukan pengolahan yang terdiri dari tahap anaerobik dan aerobik. Penempatannya di pabrik dan sistem perputaran airnya dapat dilihat pada Gambar 4.2 di bawah ini :



Gambar 4.2. Sistem Tertutup Pada Zulpich Paper.

Air limbah yang memasuki reaktor anaerobik diperoleh dari clarified water tank. Volume air yang akan diolah tergantung dari tingkat COD yang diinginkan yang berada dalam perputaran. Dalam reaktor anaerobik, bagian terbesar COD dihilangkan. Air kemudian dibersihkan dalam reaktor aerobik untuk menghilangkan sisa BOD, sulfida dan untuk mengendapkan CaCO_3 . Hasil gas Metan dibersihkan dari H_2S (1 %) dan digunakan untuk pembangkit uap air di boiler.

Penghilangan H_2S diperlukan untuk bisa memenuhi ketentuan flue gas dan Scrubber yang dipilih adalah yang dapat menghasilkan sulfur dalam bentuk padat agar tidak terjadi pengembalian sulfur ke air proses.

Keadaan air proses sebelum pemasangan proses Biologi dan sesudahnya dapat dilihat dalam Tabel 4.2 berikut di bawah ini :

Tabel 4.2. Keadaan Air Proses Sebelum dan Sesudah Pemasangan Proses Biologi.

Parameter	Volume	Agustus 1995	Desember 1995
COD	mg/L	35.000	7.500
Ca	mg/L	3.700	535
Sulfat	mg/L	1.500	500
Khlorida	mg/L	550	450
Asam Asetat	mg/L	5.000	1.000
Asam Propional	mg/L	700	250
Asam Bulirat	mg/L	400	20
Laktat	mg/L	5.800	800
pH	-	6,25	7,25
Konduktivitas	mS/cm	9,0	4,5

BAB V

PENUTUP

Industri pulp dan kertas berlandaskan pada penggunaan bahan baku alam yang dapat diperbaharui. Sebagian besar dari produknya dapat didaur ulang. Industri ini telah pula membuktikan dapat menjawab tantangan lingkungan. Meskipun demikian, industri pulp dan kertas adalah salah satu pabrik manufaktur berskala besar yang sangat membutuhkan kapital besar. Oleh karena itu perubahan yang sangat cepat tidak mungkin terjadi. Modernisasi berlangsung tergantung dari teknologi yang ada. Situasi teknik dan keadaan finansial dari pabrik yang bersangkutan. Teknologi terbaik yang ada (BAT) bagi modernisasi pabrik yang sudah berdiri berbeda dengan pabrik rancang baru yang bisa dibuat lebih akrab lingkungan.

Usaha untuk mencapai pabrik Kraft sistem tertutup harus didahului oleh pengurangan air yang digunakan. Berbagai upaya terutama pemakaian kembali air dari unit pemutihan baru diperkirakan baru mencapai 15 m³/ADT. Untuk mencapai volume air yang lebih kecil lagi masih diperlukan pengembangan ke arah resirkulasi yang lebih intensif.

Bagi pabrik BCTMP, air buangan akhir perlu dievaporasi dan hasil pekatannya dibakar. Untuk pabrik kertas, pabrik bebas air limbah telah dapat dilaksanakan lebih dari 20 tahun yang lalu. Akan tetapi hanya bisa dilaksanakan pabrik kertas industri (medium dan testliner) kualitas tertentu. Penutupan sistem air selain diadakan resirkulasi semaksimal mungkin masih diperlukan pengolahan air limbah secara anaerobik dan aerobik agar air terolah dapat digunakan sebagai air proses.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous, 1996, **Guidance Manual on Cleaner Production at Pulp and Paper Mills**, Network For Industrial Enviromental Management (NIEM), UNEP.
- Clark. T., M. Bruce, S. Anderson, 1994, **Decolarisation of Extraction Stage Bleach Plant Effluent by Combined Hypochlorite Oxidation and Anaerobic Treatment**, Water Science & Technology, Volume 29, No. 5 - 6, Halaman 421 – 432.
- Edde, H., 1994, **Techniques For Closing The Water Circuits in The Pulp and Paper Industry**, Water Science & Technology, Volume 29, No. 5, Halaman 11 – 18.
- Evans, T., 1992, **Start Up Of Millar Western Zero Discharge BCTMP Mill in Meadow Lake**, Proceeding of 1992 TAPPI Pulping Conference, Halaman 1167 – 1179.
- Evan, T., Sweet, B., Analescu, D., 1993, **Meadow Lakes's Success Popen The Door For Kraft Bleach Plant Closure**, Annual Pasific Paper Expo, Vancouver, B. C, 25 November 1993.
- Ferguson, J. F., 1990, **Sequential Anaerobic / Aerobic Biological Treatment of Bleaching Waste Water**, Proceedings 1990 TAPPI Enviromental Conference, TAPPI Press, Atlanta, Halaman 333 – 338.
- Field, J. A., et al., 1988, **The Methanogenic Toxicity of Bark Tannins and the Anaerobic Biodegradability of Water Soluble Bark Matter**, Water Science & Technology, Volume 20, No. 1, Halaman 219 – 240.
- Field, J. A., G. Lettinga, L. H. A. Habets, 1990, **Oxydative, Detoxification of Aqueous Bark Extracts**, Journal of Chemical Technology & Biotechnology, Volume 49, Halaman 15 – 33.
- Grace, T. M, 1989, **Pulp and Paper Manufacture**, Volume 5, Halaman 23 – 25, McGraw Hill.
- Habets, L. H. A., A. L. de Vegt, 1991, **Anaerobic Treament of Bleached TMP and CTMP Effluent in the Biopaq NASB System**, Water Science & Technology, Volume 24, No. 3 - 4, Halaman 331 – 345.

- Haberts, L. H. A., Knelissen H.J., 1997, **In Line Biological Water Regeneration in A Zero Discharge Recycle Paper Mill**, Water Science & Technology, Volume 35, No. 2 – 3, Halaman 41 – 48.
- Ibnusantosa, G., 1994, **Teknologi Proses Pemutihan Pulp Yang Berwawasan Lingkungan**, Seminar Teknologi Pemutihan Dengan ECF Dalam Industri Pulp dan Kertas di Indonesia, Bandung, 21 Juli 1994.
- Lepisto, R., J. Rintala, 1994, **The Removal of Chlorinated Phenolic Compounds From Chlorine Bleaching Effluents Using Thermophilic Anaerobic Process**, Water Science & Technology, Volume 29, No. 5 - 6, Halaman 373 – 380.
- Myreen B., 1994, **Pulp and Paper Manufacture in Transition**, Water Science & Technology, Volume 29, No. 5, Halaman 1 – 9.
- NCASI Bulletin Board, Volume 23, No. 9, 1997.
- Qiu, R., J. F. Ferguson, M. M. Benyamin, 1988, **Sequential Anaerobic and Aerobik Treatment of Kraft Pulping Wastes**, Water Science & Technology, Volume 20, No.1, Halaman 107 – 120.
- Rou, W. M., L. Bhatnagar, J. G. Zeikus, 1993, **Performance of Anaerobic Granules for Degradation of Pentachlorophenol**, Applied Environmental Microbiology, Volume 59, No. 2, Halaman 389 – 397.
- Sierra, R., S. Korlekaas, M. Van Ekert and G. Lettinga, 1991, **The Anaerobic Biodegradability and Methanogenic Toxicity of Pulping Waste Waters**, Water Science & Technology, Volume 24, No. 3 - 4, Halaman 113 – 125.
- Stephenson, R. J., Branion, R. M. R., Pinder, K. L., 1994, **Anaerobic 35 °C and 55 °C Treatment of a BCTMP/TMP Effluent : Sulphur Management Strategies**, Water Science & Technology, Volume 29, No. 5 - 6, Halaman 433–445.
- Wasik, L. S., Herschmiller, D. W., 1988, **Where Simulation Makes The Difference**, CPAA Process Simulation Symposium, Quebec City, September, 1988.
- Web, L., 1991, **Clean Production Techniques For Waste minimization in The Pulp and Paper Industry**, Halaman 22.
- Welander, T., 1988, **An Anaerobic Process For Treatment of CTMP Effluent**, Water Science & Technology, Volume 20, No. 1, Halaman 143 – 147.