

# ANALISIS KANDUNGAN SENYAWA ORGANIK TERKLORINASI (AOX) PADA PERAIRAN DI SEKITAR INDUSTRI PULP DAN KERTAS

Yasmidi<sup>1</sup> dan Dwina Roosmini<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Staf PT. Indah Kiat Pulp and Paper Tbk- Pekanbaru-Riau, e-mail: [yyasmidi@yahoo.com](mailto:yyasmidi@yahoo.com).

<sup>2</sup> Pengajar di Teknik Lingkungan, ITB, Bandung. e-mail: [drosmini@bdg.centrin.net.id](mailto:drosmini@bdg.centrin.net.id)

## ABSTRACT

*In the period 1996 to 2006, Indonesian pulp and paper production increased rapidly from 5.5 million tones to 16.5 million tones. One of pollutant from a pulp and paper mill is chlorinated organic compounds (Adsorbable Organic Halide, AOX), that produced from using chlorine (Cl<sub>2</sub>) when the bleaching process. The AOX characteristics are toxic, bio-accumulative, carcinogen, and persistent. This research objectives are analysis the AOX concentration in aquatic around pulp and paper mills, and identification impact of pulp and paper mills existence on the AOX concentration. Selected location are A River and B River in Indonesia that receive effluents from 2 the big pulp and paper mills, PT. X and PT. Y. The results of AOX analyzing shown that AOX concentration of PT. X effluent are 2.330 ppm (0.0982 kg/ADT) in the morning (subside) and 3.200 ppm (0.1349 kg/ADT) in the afternoon (tide), while for PT. Y are 0.1511 ppm (0.0071 kg/ADT) in the morning (subside), and 0.5236 ppm (0.0245 kg/ADT) in the afternoon (tide). Both of mills are comply with Sweden AOX Standard (0.2 kg/ADT). In both of the rivers, decreasing of AOX concentration accordance with decreasing of pH value until less than 5, DO value until 3 mg/L (B River) and 2 mg/L (A River). At 16 km distance from effluent, AOX value decreased until 95.58% (morning/subside) and 99.74% (afternoon/tide) in A River, and until 100% (morning/subside) and 98.01% (afternoon/subside) in B River. It still needed to develop this research to all of the pulp and paper mills effluent in Indonesia to get representative data for AOX included identification of compounds in AOX from bleach effluent. Then we hope it useful for determining the national AOX standard.*

Key words: AOX, bleaching, chlorine, effluent, pulp and paper

## INTISARI

*Selama tahun 1996-2006 terjadi peningkatan pesat produksi pulp dan kertas di Indonesia dari 5,5 juta ton menjadi 16,5 juta ton. Salah satu polutan dari sebuah pabrik pulp dan kertas adalah senyawa organik terklorinasi (Adsorbable Organic Halide, AOX), yang dihasilkan sebagai konsekuensi penggunaan bahan kimia klorin (Cl<sub>2</sub>) dalam proses pemutihan pulp. AOX memiliki karakteristik beracun, bioakumulatif, karsinogen, dan persisten. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis kandungan senyawa AOX pada perairan di sekitar industri pulp dan kertas, serta pengaruh keberadaan industri pulp dan kertas terhadap kandungan senyawa AOX di perairan. Lokasi yang dipilih adalah sungai A dan sungai B di Indonesia, yang menerima air limbah dari 2 pabrik pulp dan kertas besar yakni PT. X Dan PT. Y. Hasil pengujian menunjukkan kandungan AOX dari air limbah PT. X sebesar 2,330 ppm (0,0982 kg/ADT) pada pagi hari (pasang) dan 3,200 ppm (0,1349 kg/ADT) pada sore hari (pasang), sedangkan untuk PT. Y adalah 0,1511 ppm (0,0071 kg/ADT) pada pagi hari (surut) dan 0,5236 ppm (0,0245 kg/ADT) pada sore hari (surut). Kedua industri telah memenuhi baku mutu AOX yang berlaku di Swedia (0,2 kg/ADT). Pada kedua sungai yang diamati, penurunan konsentrasi AOX seiring dengan penurunan pH sampai kurang dari 5 serta nilai DO sampai 3 mg/L pada sungai B dan 2 mg/L pada sungai A. Hingga jarak 16 km aliran sungai dari air limbah, nilai AOX mengalami penurunan sampai dengan 98,58% (pagi/surut) dan 99,74% (sore/pasang) pada sungai A, serta sampai dengan 100% (pagi/surut) dan 98,01% (sore/surut) pada sungai B. Diperlukan penelitian lebih lanjut pada air limbah setiap industri pulp dan kertas di Indonesia agar diperoleh data konsentrasi AOX yang lebih representatif termasuk identifikasi senyawa-senyawa yang terukur dalam AOX yang berasal dari air limbah proses pemutihan pulp, sehingga diharapkan dapat bermanfaat bagi penetapan baku mutu AOX secara nasional.*

Kata kunci: AOX, proses pemutihan, klorin, air limbah, pulp dan kertas

## PENDAHULUAN

Pada tahun 1996 diketahui bahwa kapasitas terpasang industri pulp dan kertas di Indonesia 5,5 juta ton dan terus mengalami peningkatan pesat. (Directory 2001 dalam Rosita, 2003) Berdasarkan catatan terakhir, pada tahun 2006 produksi pulp dan kertas Indonesia telah mencapai 16,5 juta ton dengan 6,45 juta ton pulp dan 10,05 juta ton kertas (Tambunan, 2006). Saat ini di Indonesia, sedikitnya terdapat 34 industri produsen utama pulp dan kertas dan 15 proyek baru industri pulp dan kertas (Visdatin, 2007). Perkembangan industri pulp dan kertas diketahui telah meningkatkan dampak pencemaran terhadap lingkungan. Diantara bahan polutan yang sangat penting dan berbahaya dari air limbah industri pulp dan kertas adalah senyawa organik terklorinasi (*Adsorbable Organic Halides*, AOX), yang terbentuk dalam proses pemutihan pulp sebagai hasil reaksi antara residual lignin dari serat kayu dan bahan pemutih klorin beserta turunannya.

AOX merupakan polutan spesifik yang berasal dari air limbah proses pemutihan pulp, dan hingga saat ini lebih dari 300 jenis senyawa AOX telah teridentifikasi dari air limbah industri pulp (Australianpaper, 2007). AOX merupakan kumpulan dari senyawa-senyawa organik yang mengandung halida (fluorida, klorida, bromida dan yodida), dimana sebagian besar mengandung klorida. AOX menunjukkan karakteristik beracun, hidrofobik, bioakumulatif, karsinogen, dan persisten (Rosita, 2003). AOX dapat terbioakumulasi pada tubuh ikan, sehingga dapat menimbulkan resiko bagi kesehatan manusia jika mengkonsumsi ikan yang terkontaminasi dalam jumlah besar.

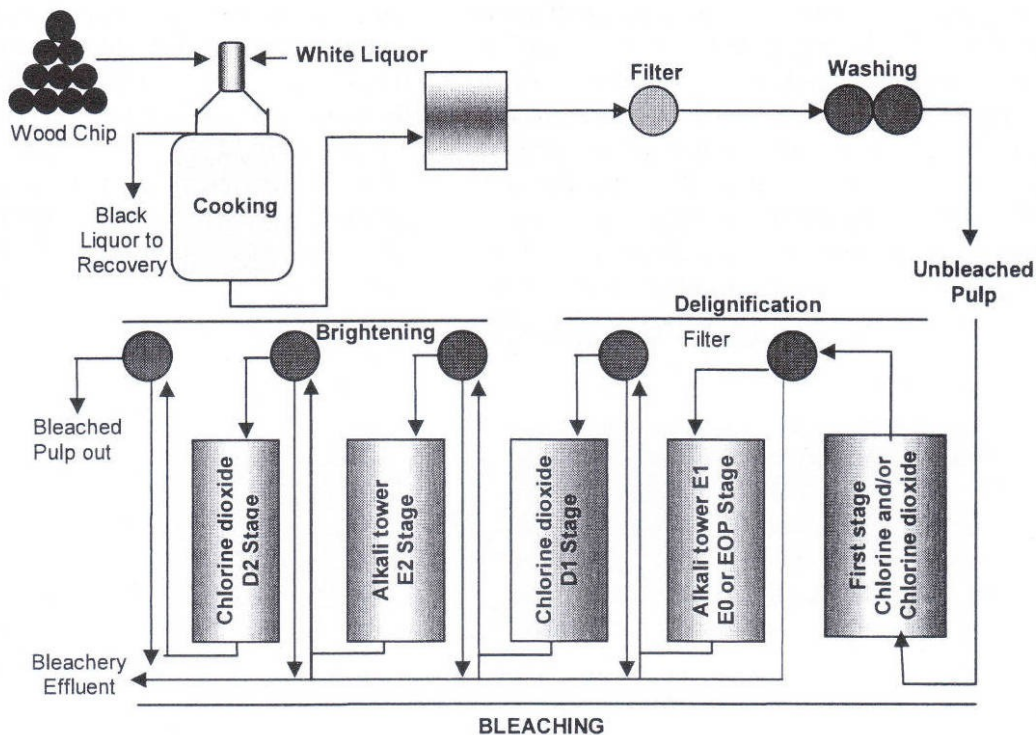
Chloroform, sebagai salah satu senyawa yang tergolong AOX, bersifat karsinogen yang pada paparan singkat dapat menyerang sistem saraf dan menyebabkan sakit kepala, sedangkan pada paparan yang lama akan menyerang organ hati, menyebabkan hepatitis dan penyakit kuning. Dioxin dan furan, mengakibatkan kerusakan pada kulit, kanker, gangguan pada sistem reproduksi, dan menurunnya sistem kekebalan tubuh (US EPA, 1997). Bahkan

dengan frekuensi paparan hanya 10 kali level rendah, dioxin dapat menyebabkan timbulnya penyakit diabetes (Australianpaper, 2007).

Secara nasional baku mutu untuk parameter AOX sendiri belum diterapkan di Indonesia. KepMen LH No. KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri juga belum memuat parameter AOX (Rosita, 2003). Beberapa negara sudah menerapkan baku mutu AOX seperti: Amerika Serikat (0,623 kg/ADT), Brasil (0,2-1,0 kg/ADT), Finlandia (HW:1,0 kg/ADT, SW: 2,0 kg/ADT), Kanada (1,5 kg/ADT), Prancis (HW:1,0 kg/ADT, SW: 2,0 kg/ADT), Selandia Baru (0,34 kg/ADT) dan Swedia (0,2 kg/ADT) (Johnson, 2007). Di Indonesia, penerapan baku mutu AOX baru dilakukan secara sukarela di beberapa industri pulp dan kertas, misalnya di PT. Indah Kiat Pulp and Paper di Perawang Riau, dimana berkisar pada 0,2-0,4 kg/ADT (non ECF) dan 0,1-0,25 (ECF). Sedangkan di PT. Tanjung Enim Lestari berada pada kisaran 3,7-6,8 kg/ADT (non ECF) dan 0,9-1,7 kg/ADT (ECF) (Rosita, 2003).

Mengingat bahwa baku mutu AOX belum diterapkan di Indonesia, sementara potensi pencemaran senyawa tersebut cukup tinggi, maka sudah seharusnya dilakukan pengendalian melalui reduksi timbulannya dan dibatasi pemaparannya ke lingkungan. Penelitian ini bertujuan melakukan analisis kandungan senyawa AOX pada perairan di sekitar industri pulp dan kertas, pengaruh keberadaan industri pulp dan kertas terhadap kandungan senyawa AOX di perairan, dan evaluasi resiko AOX terhadap kehidupan akuatik dan manusia.

Kayu sebagai bahan baku pembuatan pulp terdiri dari 2 (dua) komponen utama yakni: selulosa (serat) dan lignin (getah yang menempel pada serat dan berfungsi mengikat serat kayu). Proses pembuatan pulp pada prinsipnya adalah proses pemisahan selulosa dari lignin (US EPA, 1997). Diagram alir proses pembuatan pulp dengan proses kraft secara umum dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir proses pembuatan pulp dengan proses Kraft (Solomon, 1996)

Saat ini, terdapat sedikitnya 500 industri pulp dengan proses kraft di dunia. Permasalahan yang muncul adalah penggunaan proses kraft dengan proses pemutihan pulp yang berbasis pada penggunaan klorin, menimbulkan dampak negatif karena melepaskan senyawa toksik ke lingkungan. Diantara senyawa yang berasal dari proses pemutihan pulp adalah senyawa organik terklorinasi (AOX) yang cepat masuk ke lingkungan dan rantai makanan (Brotten et al, 1999). Lebih dari 80% senyawa organik terklorinasi yang terlarut dalam air limbah proses pemutihan pulp dengan proses kraft merupakan senyawa dengan berat molekul tinggi. Berat molekul yang tinggi menyebabkan senyawa ini sulit terurai dan memberikan dampak biologis yang buruk terhadap organisme yang hidup di badan air penerima (O'Connor et al, 1992).

Sebuah penelitian di Irlandia menunjukkan bahwa ikan jenis *oily fish* memiliki kecenderungan mengalami bioakumulasi kontaminan lipofilik yang lebih tinggi dibandingkan jenis *non-oily fish*. Tabel 1 menunjukkan kandungan lemak beberapa spesies ikan di Irlandia dihubungkan dengan

hasil penelitian kandungan dioxin (PCDD) dan furan (PCDF).

Tabel 1.  
 Kandungan lemak dan PCDD/PCDF pada beberapa spesies ikan di Irlandia

Fish Product	Average Lipid (%)	Kandungan PCDD/PCDF (ng/kg)
Wild salmon	10.7	0.34
Tinned red salmon	6.7	0.19
Tined tuna	5.3	0.02
Smoked salmon	10.3	0.28
Tuna	10.1	0.16
Herring	13.0	0.42
Farmed salmon	14.5	0.54
Mackerel	10.1	0.28
Tinned mackerel	30.1	0.31
Tinned herring	16.0	0.38
Oysters	2.5	0.21

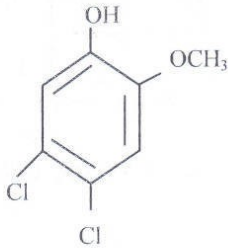
Sumber: Tlustos et al., 2007

Beberapa contoh senyawa AOX seperti: chloroform, chlorophenol, chlorocatechol, chloroguaiacol, chloroveratrole, chlorosyringol, 2,3,7,8-tetrachloro-dibenzo-p-dioxin (TCDD), 2,3,7,8-tetra-

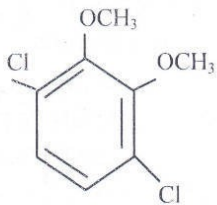
chlorodibenzofuran (TCDF), dan lain-lain. Rute pemaparan AOX masuk ke dalam tubuh manusia dapat melalui berbagai cara, misalnya 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) dapat masuk ke dalam tubuh melalui pernafasan dan pencernaan. Kontak kulit dapat terjadi melalui kontaminasi dengan tanah dan air. Menurut WHO (1988): ibu menyusui dapat menularkan 4 hingga 12% melalui air susu ke bayinya. Sekali dioxin masuk ke tubuh manusia, akan terjadi bioakumulasi dalam lemak tubuh. Besarnya

konsentrasi dioxin di dalam tubuh tergantung pada kecepatan pencernaan, eliminasi dan kapasitas penyimpanan dioxin di dalam tubuh. Diperkirakan, waktu paruh dioxin di dalam tubuh manusia berkisar antara 6 sampai 10 tahun (Marple, et al, 2007). Penelitian menunjukkan bahwa AOX menyebabkan kerusakan sifat genetik dan menurunnya laju pertumbuhan ikan Salmon dan ikan jenis lainnya (Brotten et al, 1999). Beberapa rumus kimia senyawa AOX dapat dilihat pada Gambar 2.

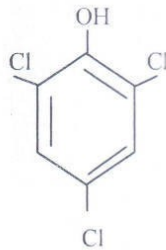
$\text{CHCl}_3$  *Chloroform*  
(BM = 119,38)



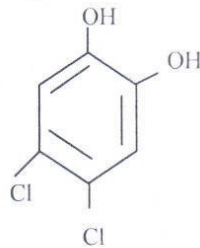
*4,5-dichloroguaiacol*  
(BM = 190)



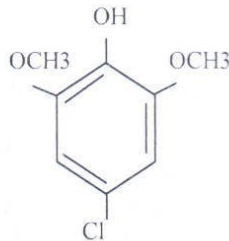
*3,6-dichloroveratrole*  
(BM = 204)



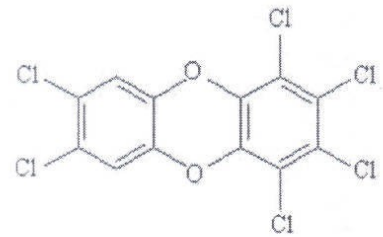
*2,4,6-trichlorophenol*  
(BM = 197,5)



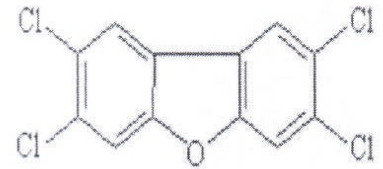
*4,5-dichlorocatechol*  
(BM = 176)



*3,4-dichlorosyrngol*  
(BM = 186)



*2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin, TCDD* (BM = 322)



*2,3,7,8-tetrachlorodibenzofuran, TCDF* (BM = 305,98)

**Gambar 2** Rumus kimia beberapa senyawa AOX (Fahmy et al, 1994)

Semakin banyak ion klorida ( $Cl^-$ ) yang berikatan dengan senyawa organik dalam air limbah proses pemutihan pulp, maka senyawa AOX yang terbentuk memiliki sifat bioakumulatif yang semakin kuat, ditunjukkan oleh nilai log Kow (nilai partisi oktanol/air) yang semakin bertambah, seperti terlihat pada Tabel 2.

**Tabel 2** Nilai partisi oktanol/air ( $\log K_{ow}$ ) senyawa Dioksin

Senyawa	Log $K_{ow}$
Mono-chlorodibenzodioxin	4,75 – 5,00
Dichlorodibenzodioxin	5,60 – 5,75
Trichlorodibenzodioxin	6,35
Tetrachlorodibenzodioxin	7,02
Pentachlorodibenzodioxin	7,40
Hexachlorodibenzodioxin	7,80
Heptachlorodibenzodioxin	8,00
Octachlorodibenzodioxin	8,20

Sumber: UNEP, 2008

### Strategi mengurangi AOX

Hasil penelitian Verta memberi harapan baru, yaitu bahan-bahan kimia yang digunakan tidak berbahaya apabila konsentrasinya rendah dan proses pemutihan pulp menggunakan klorine dioksida. Kemudian, penelitian Servos mengembang -

kan proses pemutihan pulp yang baru seperti penggunaan  $H_2O_2$ , *Ozone* dan *Enzyme*, yang memberi tingkat toksisitas yang rendah (Pratomo, 2003).

Telah ditemukan beberapa cara untuk mengurangi bahkan menghindari terbentuk - nya AOX, yang paling efektif adalah dengan cara mengurangi dan bahkan menghindari penggunaan bahan-bahan yang dapat menghasilkan AOX. Substitusi bahan yang dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Mengganti *bleaching agent* yang mengandung *elemental chlorine* ( $Cl_2$ ) dengan yang tidak mengandung *elemental chlorine* (*elemental chlorine free, ECF*) misalnya  $ClO_2$ , dapat menekan konsentrasi AOX pada air limbah sekitar 80%.
2. Menggunakan proses pemutihan pulpyang bebas klorin dengan *non chlorinated bleaching agent* (*Total Chlorine Free, TCF*) seperti  $O_2$  atau  $H_2O_2$ . Dengan cara ini, maka timbulan AOX di air limbah dapat dihindari.

Strategi untuk memperkecil  $Cl_2$  dengan penggunaan  $O_2$ ,  $O_3$  dan  $H_2O_2$  telah dilakukan di Swedia dan Finlandia, mula-mula dengan konsep *Elemental Chlorine Free, ECF*, dimana  $Cl_2$  diganti dengan  $ClO_2$ , kemudian meningkat menjadi *Totally Chlorine Free, TCF*, dimana peran  $ClO_2$  diganti oleh  $O_2$ ,  $O_3$  dan  $H_2O_2$  dalam rangka menekan emisi AOX, apalagi setelah itu masih diolah pada *end of pipe treatment* berbasis pengolahan biologis (Pratomo, 2003).

### Keuntungan mengurangi AOX

AOX merupakan indikator yang baik dari suatu perkembangan teknologi. Dengan mengeleminasi AOX, pencapaian Zero AOX oleh industri sangat menguntungkan dari aspek teknologi dan lingkungan. Karena dengan demikian, industri telah melakukan upaya pencegahan pencemaran dan efisiensi produksi.

Di bawah ini adalah beberapa hal penting yang dapat dicapai apabila industri menghentikan penggunaan bahan kimia klorin, diantaranya:

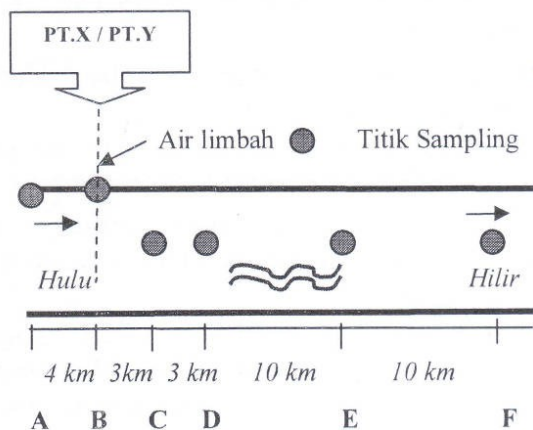
- Mengeliminasi senyawa organik terklorinasi dalam air limbah pulp.
- Meningkatkan keselamatan dan kesehatan pekerja dan masyarakat.
- Mengurangi kontaminasi terhadap ikan, kerang, dan organisme lainnya dalam rantai makanan.
- Mengeliminasi emisi udara dari senyawa organik terklorinasi (misalnya, chloroform dan gas-gas yang lain menyebabkan masalah pernafasan serius).
- Mengurangi pencemaran yang dapat merusak kelangsungan hidup ikan dan habitat akuatik lainnya.
- Menekan dan mencegah timbulnya kasus-kasus berupa komplain dari customer, masyarakat dan pemerintah.
- Optimasi penghematan biaya dan efisiensi produksi (Broten, et al, 1999).

### METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi yang dipilih adalah sungai A dan B, yang merupakan 2 sungai terbesar di Indonesia. Alasan pemilihan adalah karena kedua sungai tersebut menerima air limbah dari 2 (dua) industri pulp dan kertas yang masing-masing adalah: PT. X dan PT. Y. Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2007.

**Pengumpulan data**

Pengumpulan data meliputi data sekunder dan data primer. Data sekunder diperoleh dari Bapedalda Propinsi, Dinas Kimpraswil, internet, PT. X, PT. Y dan sebagainya. Sedangkan data primer diperoleh langsung dari penelitian. Sungai A dan B merupakan sungai besar (debit rata-rata tahunan > 150 m<sup>3</sup>/detik), maka mengacu pada standar SNI 06-2421-1991 jumlah titik pengambilan sampel minimum adalah 6 titik. Keenam titik pengambilan sampel tersebut adalah: pada titik-titik 1/4, 1/2, 3/4 lebar sungai, serta pada 0,2, dan 0,8 kedalaman sungai. Dari ke 6 titik sampel-sampel tersebut dikomposit dan dianalisa. Waktu pengambilan sampel adalah pagi dan sore hari dengan memperhatikan kondisi pasang dan surut.



Gambar 3. Lokasi pengambilan sampel di sungai A dan B

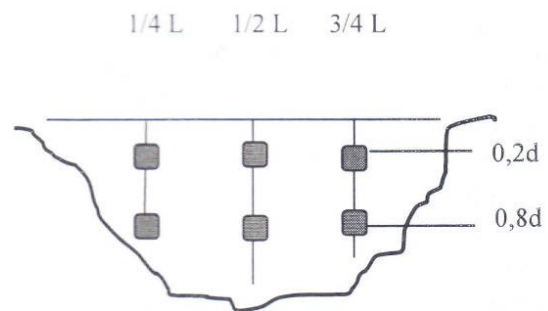
**Tahap preparasi dan analisa sampel**

Metoda preparasi dan analisa sampel mengacu pada standar SCAN. Dilakukan preparasi khusus terkait dengan pengawetan sampel mengingat lokasi sampling yang jauh dari laboratorium. Sampel air yang telah diambil ditambahkan asam nitrat (HNO<sub>3</sub>) 65% hingga pH antara 1,5 sampai 2,0. Tempatkan botol (sampel) pada suatu refrigerator bertemperatur 4°C. Sampel seharusnya dianalisa pada hari yang sama, namun sesuai standar, karena tidak memungkinkan, sampel dibekukan hingga

Penentuan titik sampling dilakukan dengan membagi aliran sungai A dan B menjadi 6 (enam) titik sampling sebagai berikut:

- 1 (satu) titik sampling (A) pada jarak 4 km ke hulu dari titik air limbah pabrik pulp dan kertas.
- 5 (lima) titik sampling ke hilir dimulai dari air limbah (B), dengan titik-titik dan jarak ke hilir air limbah berturut-turut adalah 3 km (C), 6 km (D), 16 km (E), dan 26 km (F).

Gambar 3. menunjukkan skema lokasi pengambilan sampel di sungai A dan B. Penentuan titik-titik pengambilan sampel di sungai A dan B mengacu pada standar SNI 06-2421-1991 seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Titik-titik pengambilan sampel air di sungai A dan B

waktu pengujian (SCAN-W 9:89). Analisa kandungan AOX dilakukan dengan menggunakan seperangkat peralatan TOX-100 Total Organic Halogen Analyzer (Mitsubishi TOX 100). Parameter pH dan DO diukur langsung di lapangan.

**Analisa data**

Analisa data mencakup: analisis terhadap kandungan AOX yang diperoleh pada sungai A dan B serta pengaruh keberadaan industri pulp dan kertas (PT. X dan Y) terhadap kehadiran senyawa AOX di sungai A dan B.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji kandungan senyawa AOX beserta hasil pengukuran langsung beberapa parameter pada sungai A dan B dapat dilihat pada Tabel 3. dan Tabel 4. Dari Tabel 3 diketahui bahwa konsentrasi AOX yang diperoleh dari air limbah PT. X baik pada pagi (surut) maupun sore (pasang) masing-masing adalah 2,3300 mg/L (0,0982 kg/ADT) dan 3,2000 mg/L (0,1349 kg/ADT) dan berarti lebih rendah dari baku mutu AOX di Swedia (0,2 kg/ADT).

Tabel 3. Hasil analisa kimia pada sungai A

Titik	Jarak Dari PT. X (km)	Waktu	pH	DO (mg/L)	AOX (ppm)
XA-1	+ 4	08:34 (surut)	5,0	4,0	Trace
XB-1	0	08:08 (surut)	6,8	1,2	2,3300
XC-1	- 3	09:32 (surut)	5,2	2,5	0,4346
XD-1	- 6	10:05 (surut)	5,0	2,2	0,2563
XE-1	- 16	10:49 (surut)	4,9	1,8	0,0331
XF-1	- 26	11:31 (surut)	4,4	1,9	Trace
XA-2	+ 4	18:34 (pasang)	4,7	3,2	0,4160
XB-2	0	18:14 (pasang)	6,3	2,0	3,2000
XC-2	- 3	17:46 (pasang)	4,9	1,3	0,6540
XD-2	- 6	17:20 (pasang)	4,7	1,2	0,5878
XE-2	- 16	16:45 (pasang)	4,6	1,3	0,0083
XF-2	- 26	15:55 (pasang)	4,7	1,6	Trace

Keterangan:

- Pada kolom "Titik" : Angka 1 menunjukkan pengambilan sampel pada pagi hari dan angka 2 menunjukkan pengambilan contoh uji pada sore hari
- Tanda (+) menunjukkan posisi titik sampling di hulu PT. X dan tanda (-) menunjukkan posisi titik sampling di hilir PT. X, dan tanda ( 0 ) menunjukkan posisi titik sampling tepat pada air limbah PT. X

Rendahnya kandungan AOX pada air limbah PT. X didukung oleh beberapa faktor antara lain:

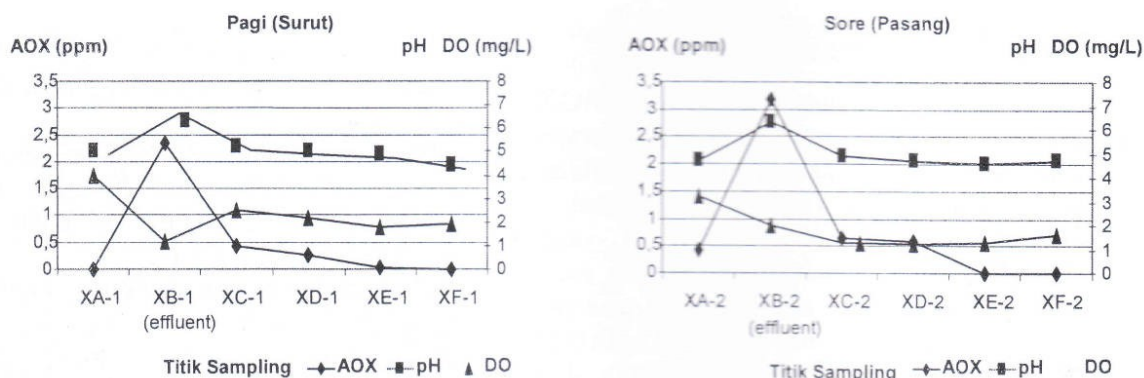
- Proses pemutihan pulp telah menerapkan metoda ECF (*Elemental Chlorine Free*) dengan kombinasi NaOH, O<sub>2</sub>, ClO<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, HCl, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, NaOCl, & SO<sub>2</sub>.
- Dengan produksi pulp kurang lebih 5.225 ADT/day dan kertas 2.250 ton/day, maka dengan debit limbah (air limbah) sebesar 220.235 m<sup>3</sup>/hari masih lebih rendah dari baku mutu debit limbah cair maksimum yang ditetapkan dalam Lampiran B.V Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor KEP-51/MENLH/10/1995 (85 m<sup>3</sup> /ton pulp).

Tabel 4. Hasil analisa kimia pada sungai B

Titik	Jarak Dari PT. Y (km)	Waktu	pH	DO (mg/L)	AOX (ppm)
YA-1	+ 4	07:35 (Surut)	5,2	5,4	Trace
YB-1	0	08:50 (Surut)	7,4	2,8	0,1511
YC-1	- 3	09:00 (Surut)	5,4	3,4	0,0228
YD-1	- 6	09:50 (Surut)	5,5	5,2	0,0186
YE-1	- 16	10:40 (Surut)	5,3	6,5	Trace
YF-1	- 26	11:34 (Surut)	4,9	6,0	Trace
YA-2	+ 4	18:35 (pasang)	5,0	5,1	0,0352
YB-2	0	18:20 (pasang)	6,5	2,6	0,5236
YC-2	- 3	17:52 (pasang)	4,9	2,9	0,1014
YD-2	- 6	17:13 (pasang)	4,7	4,6	0,0642
YE-2	- 16	16:33 (pasang)	4,9	6,0	0,0104
YF-2	- 26	15:45 (pasang)	5,0	5,7	Trace

Keterangan:

- Pada kolom "Titik" : Angka 1 menunjukkan pengambilan sampel pada pagi hari dan angka 2 menunjukkan pengambilan contoh uji pada sore hari
- Tanda (+) menunjukkan posisi titik sampling di hulu PT. Y dan tanda (-) menunjukkan posisi titik sampling di hilir PT. Y, dan tanda ( 0 ) menunjukkan posisi titik sampling tepat pada air limbah PT. Y



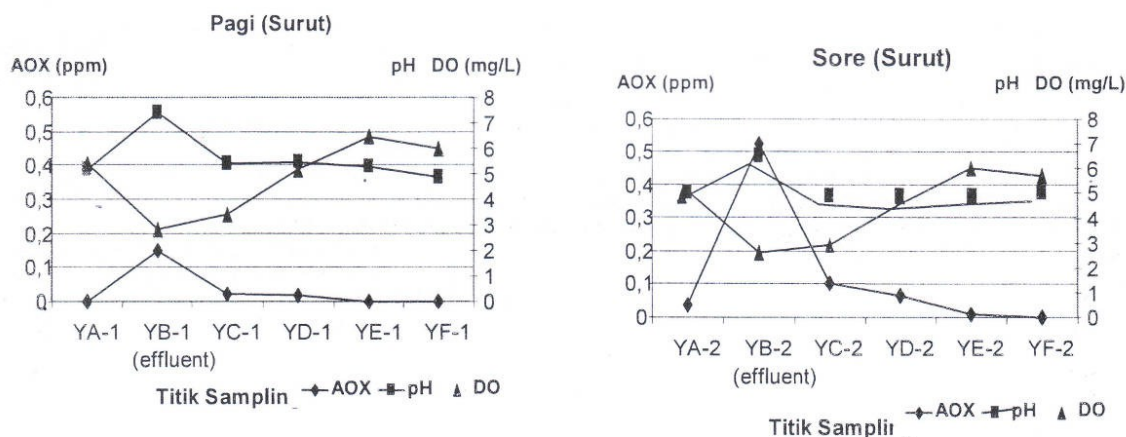
Gambar 5. Profil konsentrasi AOX, pH dan DO di sungai A

Dari Gambar 5, tampak bahwa penurunan konsentrasi AOX seiring dengan penurunan nilai pH sampai kurang dari 5, hal ini disebabkan oleh pH air sungai A sebelum terkena air limbah (XA-1) menunjukkan pH asam (pH 5), keadaan tersebut disebabkan oleh karakter air sungai A yang cenderung asam (pH 5). Sedangkan nilai DO pada sungai A cenderung naik pada pagi hari dan menurun pada sore hari, kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan nilai DO sungai hanya berlangsung pada pagi hari. Selama pengaliran ke arah hilir hingga jarak 16 km dari pengeluaran air limbah, nilai AOX di sungai A mengalami penurunan sampai dengan 98,58% (pagi/surut) dan 99,74% (sore/pasang). Dari Tabel 3 dan Gambar 5 terlihat bahwa semakin mendekati air limbah (titik XB-1 dan XB-2) konsentrasi AOX semakin tinggi, hal ini menunjukkan bahwa keberadaan PT. X sebagai industri pulp dan

kertas berpengaruh terhadap kehadiran dan konsentrasi senyawa AOX di sungai A.

Dari Tabel 4 diketahui bahwa konsentrasi AOX di air limbah PT. Y adalah 0,1511 mg/L (0,0071 kg/ADT) dan 0,5236 mg/L (0,0245 kg/ADT), yang berarti juga lebih rendah dari baku mutu AOX di Swedia (0,2 kg/ADT). Rendahnya kandungan AOX pada air limbah PT. Y didukung oleh beberapa faktor antara lain:

- Di PT. R telah menerapkan proses pemutihan pulp dengan metoda ECF (*Elemental Chlorine Free*) diawali dengan superbatches cooking & oxygen delignification.
- Dengan produksi pulp kurang lebih 5.006 ADT/day dan kertas 1.750 ton/day, maka dengan debit limbah (air limbah) sebesar 234.083 m<sup>3</sup>/hari juga lebih rendah dari baku mutu debit limbah cair maksimum yang ditetapkan dalam Lampiran B.V Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor KEP-51/MENLH/10/1995 (85 m<sup>3</sup>/ton pulp).



Gambar 6. Profil konsentrasi AOX, pH, dan DO di sungai B



Dari Gambar 6, tampak bahwa penurunan konsentrasi AOX seiring dengan penurunan nilai pH sampai kurang dari 5 sedangkan DO mengalami kenaikan sampai 6 mg/L pada sungai B. Selama pengaliran ke arah hilir hingga jarak 16 km dari air limbah, nilai AOX di sungai B mengalami penurunan sampai dengan 100 % (pagi/surut) dan 98,01% (sore/surut). Dari Tabel 4 dan Gambar 6 terlihat bahwa semakin mendekati air limbah (titik YB-1 dan YB-2) konsentrasi AOX semakin tinggi, hal ini menunjukkan bahwa keberadaan PT. Y sebagai industri pulp dan kertas berpengaruh terhadap kehadiran dan konsentrasi senyawa AOX di sungai B.

Kandungan AOX di air limbah PT. X lebih tinggi dibanding PT. Y. Hal ini disebabkan oleh: masa operasi PT. X lebih lama dibandingkan PT. Y, kapasitas produksi PT. X lebih besar dibandingkan PT. Y, dan debit sungai B (PT.Y) lebih besar dibandingkan debit sungai A (PT. X) sehingga proses pengenceran yang terjadi akan lebih besar pula. (Debit normal sungai A: 200 – 300 m<sup>3</sup>/detik, sungai B: 500-700 m<sup>3</sup>/detik).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari penelitian, dapat dikemukakan beberapa kesimpulan, sebagai berikut:

- Pada kedua sungai yang diamati, penurunan konsentrasi AOX seiring dengan penurunan nilai pH sedangkan nilai DO mengalami kenaikan sampai 6 mg/L pada sungai B dan relatif tetap pada sungai A.
- Kedua industri (PT. X dan PT. Y) telah memenuhi baku mutu AOX yang berlaku di Swedia.
- Selama pengaliran ke arah hilir hingga jarak 16 km dari air limbah industri pulp dan kertas, nilai AOX mengalami penurunan sampai dengan 98,58% (pagi/surut) dan 99,74% (sore/pasang) pada sungai A, serta sampai dengan 100 % (pagi/surut) dan 98,01% (sore/surut) pada sungai B.
- Kandungan AOX sungai A lebih tinggi dibandingkan sungai B, hal ini seiring dengan kandungan AOX pada air limbah PT. X lebih tinggi dibandingkan PT. Y serta debit sungai A yang jauh lebih rendah dibanding sungai B.
- Keberadaan PT. X dan PT. Y sebagai industri pulp dan kertas berpengaruh

terhadap kehadiran dan konsentrasi senyawa AOX di sungai A dan B.

### Saran

Di akhir tulisan ini, dirasa perlu kiranya mengemukakan beberapa saran terkait dengan komitmen terhadap penekanan senyawa AOX yang terbuang ke lingkungan bersama air limbah industri pulp dan kertas, yakni sebagai berikut:

- Diperlukan penelitian lebih lanjut yang mencakup semua industri pulp dan kertas yang ada di Indonesia, sehingga diperoleh data AOX yang representatif secara nasional.
- Dalam menentukan baku mutu AOX perlu diteliti dengan seksama komposisi senyawa organik terklorinasi dalam AOX, sehingga dapat didasarkan pada resiko akumulasi pada kehidupan akuatik dan manusia.
- Diperlukan penelitian lebih lanjut terkait dengan baku mutu AOX perairan dengan peruntukan sebagai: air baku air minum, tanaman, peternakan, perikanan, sarana rekreasi dan sebagainya.
- Disarankan agar dilakukan penelitian lebih lanjut terkait dengan *safety factor* dalam evaluasi resiko AOX melalui suatu studi yang mencakup karakteristik dan pola pergerakan air sungai pada saat pasang dan surut, serta pola pergerakan dan jarak migrasi ikan di sungai pada saat pasang maupun surut, sehingga diperoleh rentang daerah hidup ikan di sungai yang benar-benar dianggap aman dan layak untuk dikonsumsi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Australianpaper, 2007. *General Information: dioxins and chlorine in the paper making process*, [www.australianpaper.forests.org.au/docs/AB\\_OUTSITE.htm](http://www.australianpaper.forests.org.au/docs/AB_OUTSITE.htm).
- Broten, Delores, et al., 1999. *The pulp pollution primer*, <http://www.rfu.org/cacw/PulpPrimer.htm>.
- Fahmi, M., Kut, O.M., Heinzle, E., 1994. *Anaerobic-aerobic fluidized bed biotreatment of sulphite pulp bleaching effluent-II. Fate of individual chlorophenolic compound*, Great Britain, 1997-2010 p.
- Grave, John W., Joyce, Thomas W., Jamel, H., 1993. *Effect of chlorine dioxide substitution, oxygen delignification, and biological*

- treatment on bleach-lant effluent*, Tappi Journal.
- Johnson, T., 2007. *New Zealand Pulp & Paper Mills are World Class*, [www.maf.govt.nz](http://www.maf.govt.nz).
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. KEP-51/MENLH/10/1995*, 1995. Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Marple, et al., 1989. *Chlorinated Dioxins and Dibenzofurans*, [www.scorecard.org/chemical-profiles/html/dioxin.html](http://www.scorecard.org/chemical-profiles/html/dioxin.html).
- O'Connor, B.I., Voss, R.H., 1992. *A new perspective (sorption/desorption) on the question of chlorolignin degradation to chlorinated phenolic*, Canada, 556-560 p.
- Pratomo, Hanafi., 2003. *The Second National Workshop On The Reduction of Absorbable Organic Halides (AOX) in Pulp & Paper Waste Water and The Assessment of Heavy Metal Pollution: "The Future of Pulp Mill Development Based on Environmental Harmonization, Review on AOX and Reduction Strategy"*, IPP, Bandung, 2003.
- Rosita, Hermin., 2003. *The Second National Workshop On The Reduction of Absorbable Organic Halides (AOX) in Pulp & Paper Waste Water and The Assessment of Heavy Metal Pollution: "National Strategy for AOX Standard"*, IPP, Bandung, 2003.
- SCAN-W 9:89, 1989. *Organically Bound Chlorine by the AOX Method*.
- Solomon, K.R., 1996. *Chlorine in the bleaching of pulp and paper*, IUPAC, Great Britain, 1721-1730 p.
- Standar Nasional Indonesia No. SNI 06-2421-1991, 1991. *Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air*.
- Tambunan, Tulus., 2006. *Perkembangan Ekspor Dan Impor Indonesia Dan Permasalahannya*, [www.kadin-indonesia.or.id](http://www.kadin-indonesia.or.id).
- Tlutos, et.al., 2007. *Investigation into levels of dioxins, furans, polychlorinated biphenyls and brominated flame retardants in fishery produce in Ireland*, Dublin, 15-18 p.
- US EPA, 1997. *The pulp and paper industry, the pulping process, and pollutant releases to environment*.
- Visdatin, 2007. *Profil 34 Industri Produsen Utama Pulp Dan Kertas Di Indonesia*, [www.visdatin.com/htm/prof\\_pulp\\_ind.htm](http://www.visdatin.com/htm/prof_pulp_ind.htm).