

Potensi Keberadaan Polutan Kloroanilin di Sungai Citarum Akibat Biotransformasi Pewarna Azo dari Air Limbah Tekstil

Edward Suhendra^{1*}, Purwanto², dan Edwan Kardena³

¹Mahasiswa Magister Ilmu Lingkungan, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

²Staff Pengajar Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

³Staff Pengajar Program Studi Teknik Lingkungan, Program Pasca Sarjana Insitut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

*Email:edsuhendra@gmail.com

ABSTRAK

Kabupaten Bandung merupakan salah satu sentra tekstil di Jawa Barat, dengan kawasan industri tekstil yang sudah cukup lama dikenal adalah kawasan industri tekstil Majalaya. Kawasan industri tekstil Majalaya mulai terbentuk sejak tahun 1910-an (Finesso, 2011), di mana Kecamatan Majalaya merupakan salah satu sentra dari kawasan industri tekstil Majalaya yang menghasilkan air limbah (BPLH Kabupaten Bandung, 2010).

Air limbah industri tekstil dapat berasal diantaranya dari proses pencelupan dan pencapan (Proud, 1966). Proses tersebut menggunakan zat pewarna tekstil, di mana zat pewarna tekstil yang paling dominan digunakan adalah pewarna azo / *azo dyes* (Chang et al, 2001). Air limbah yang mengandung *azo dyes* diolah di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) milik perusahaan, untuk kemudian dibuang ke Sungai Citarum.

Kloroanilin dapat terbentuk dari biodegradasi *azo dyes* pada kondisi anaerobik (Pinheiro et al, 2004). Hal ini dapat terjadi di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sewaktu air limbah industri tekstil diolah maupun di badan air penerima setelah air limbah industri tekstil dibuang. Kloroanilin masuk "daftar hitam" di beberapa negara karena dapat membahayakan kesehatan manusia sebab diduga dapat menyebabkan kanker paru-paru dan kandung kemih, gangguan syaraf dan mengganggu transportasi darah (Firdayati, 2001).

Dengan demikian, terdapat potensi keberadaan polutan kloroanilin di Sungai Citarum akibat biotransfomasi *azo dyes* dari air limbah industri tekstil di Kecamatan Majalaya, Kabupaten Bandung.

Kata Kunci : *Sungai Citarum, air limbah industri tekstil, pewarna azo, kloroanilin*

ABSTRACT

Kabupaten Bandung is one of West Java's textile industrial centers, with one of textile industry regions which has long known is Majalaya. Majalaya textile industry region has begun to grow since 1910 (Kompas, 2011), where most of the textile industries located in Kecamatan Majalaya (BPLH Kabupaten Bandung, 2010).

Textile industry wastewater can be derived from processes such as dyeing and printing (Proud, 1966). These processes using textile dyes, which azo dyes are the most dominant textile dyes (Chang et al, 2001). Wastewater containing azo dyes is processed at Waste Water Treatment Plant (WWTP) which owned by the company, and then discharged into the Citarum River.

Chloroanilines can be formed from azo dyes biodegradation in anaerobic condition (Pinheiro et al, 2004). It can happen at the Waste Water Treatment Plant (WWTP) when the textile industry wastewater is processed or in the river where the textile industry wastewater discharged. Chloroanilines are prohibited in some countries because they can harm human health by causing lung & bladder cancer, neurological disorders and blood transport interference (Firdayati, 2001).

Thus, there is a potential chloroaniline in the Citarum River which derived from azo dyes biotransformation, mainly due to the textile industry wastewater in Kecamatan Majalaya, Kabupaten Bandung.

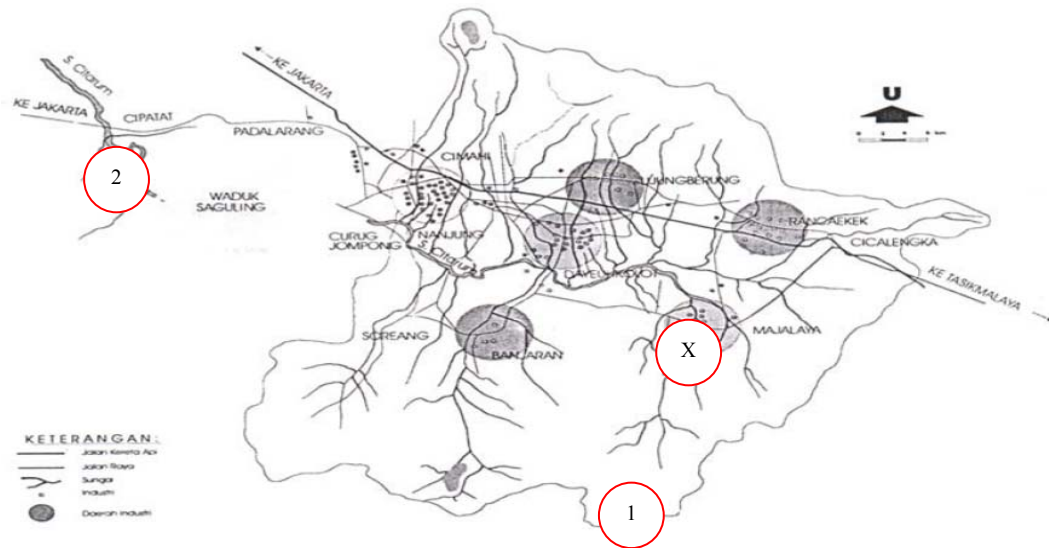
Keywords : *Citarum River, textile industry wastewater, azo dyes, chloroaniline*

1. PENDAHULUAN

Sungai Citarum merupakan sungai lintas Kabupaten/Kota dan terpanjang di Provinsi Jawa Barat. Sungai Citarum bersumber dari Gunung Wayang di Desa Cibeureum, Kecamatan Kertasari Kabupaten Bandung mengalir ke bagian tengah Provinsi Jawa Barat dari selatan ke arah utara dan akhirnya bermuara di Laut Jawa. Sungai Citarum Hulu adalah sungai Citarum yang melewati DAS Citarum bagian hulu (Puslitbang SDA, 2005).

Kawasan industri yang pertama-tama dilalui oleh Sungai Citarum Hulu adalah kawasan industri tekstil Majalaya yang mulai terbentuk sejak tahun 1910-an (Finesso, 2011).

Lokasi kawasan industri Majalaya dan aliran Sungai Citarum Hulu ditampilkan pada gambar berikut ini.



Keterangan : 1 = Hulu Sungai Citarum Hulu yaitu di Gunung Wayang, Desa Cibereum, Kecamatan Kertasari Kabupaten Bandung
2 = Hilir Sungai Citarum Hulu yaitu Waduk Saguling
X = Kawasan Industri Tekstil Majalaya

Sumber : PSDA, 2005

Gambar 1. Sungai Citarum Hulu

Kecamatan Majalaya merupakan salah satu sentra dari kawasan industri tekstil Majalaya yang menghasilkan air limbah. Di Kecamatan Majalaya terdapat sekitar 50 (lima puluh) industri tekstil basah (penghasil air limbah industri tekstil) yang sudah memiliki dokumen lingkungan (BPLH Kabupaten Bandung, 2010).

Chang et al. (2001) menyatakan hampir semua zat pewarna yang digunakan industri tekstil adalah *azo dyes*. Karena itu air limbah industri tekstil yang mengandung sisa zat pewarna di Kecamatan Majalaya berpotensi mengandung *azo dyes*. Sintesis *azo dyes* dapat menghasilkan kloroanilin (Sutthivaiyakit et al., 2005). Kloroanilin adalah senyawa *recalcitrant* di tanah dan air yang bila terpapar ke manusia dapat menyebabkan terganggunya transfer oksigen oleh darah, bersifat karsinogen dan dapat merusak embrio, hati dan ginjal (Sofiyah, 2001).

Air limbah dari industri tekstil tersebut dibuang ke Sungai Citarum Hulu. Sedangkan air dari S. Citarum Hulu yang masuk ke waduk Saguling untuk dimanfaatkan sebagai sumber air baku PDAM (Bukit, Nana Terangna dan Iskandar A. Yusuf, 2002). Rubianto (2003) menyatakan bahwa kebutuhan air baku untuk PDAM Kota Bandung, disediakan dari Sungai Cikapundung, Sungai Cisangkuy, Sungai Ciwidey, dan Waduk Saguling. Air yang bisa dimanfaatkan untuk dijadikan air baku untuk sistem penyediaan air bersih Kota Bandung dari Waduk Saguling adalah sebesar 720 l/det. Selain itu, air Sungai Citarum Hulu banyak dimanfaatkan untuk keperluan domestik (MCK), pertanian, perikanan atau juga industri (Puslitbang SDA, 2005).

2. PERMASALAHAN

Dengan dapat terbentuknya senyawa kloroanilin dari air limbah industri tekstil yang mengandung pewarna *azo / azo dyes* akibat biodegradasi secara anaerobik, maka timbul potensi keberadaan kloroanilin yang berasal dari air limbah industri tekstil di kecamatan Majalaya, baik sebelum dibuang ke Sungai Citarum Hulu yaitu sewaktu diolah di IPAL maupun setelah dibuang ke Sungai Citarum Hulu. Padahal air Sungai Citarum Hulu digunakan penduduk untuk keperluan domestik (MCK), dan air Waduk Saguling yang merupakan hilir Sungai Citarum Hulu merupakan salah satu sumber penyediaan air baku untuk PDAM Kota Bandung.

3. PENDEKATAN PENYELESAIAN PERMASALAHAN

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran air, yang dimaksud dengan pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat,

energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

Mudarisin (2004) menyatakan bahwa berdasarkan sumbernya, jenis air limbah yang dapat mencemari air diantaranya adalah air limbah industri. Air limbah industri merupakan air limbah yang dikeluarkan oleh industri sebagai akibat dari proses produksi.

Umumnya air limbah industri lebih sulit dalam pengolahannya, karena zat-zat yang terdapat di dalamnya berupa bahan atau zat pelarut, mineral, logam berat, zat-zat organik, lemak, garam-garam, zat warna, nitrogen, sulfida, amoniak, dan lain-lain bersifat toksik.

Salah satu jenis air limbah industri adalah air limbah industri tekstil. Secara umum tekstil diartikan sebagai sebuah barang/benda yang bahan bakunya berasal dari serat (umumnya adalah kapas, poliester, rayon) yang dipintal (*spinning*) menjadi benang dan kemudian dianyam/ditenun (*weaving*) atau dirajut (*knitting*) menjadi kain yang setelah dilakukan penyempurnaan (*finishing*) digunakan untuk bahan baku produk tekstil (Gunadi, 1984). Proses pencelupan (*dyeing*) dan pengecapan (*printing*) merupakan proses dalam pembentukan kain *finished* yang menghasilkan air limbah, di mana zat pewarna digunakan untuk memberikan warna pada produk tekstil (Proud, 1966).

Dari berbagai zat pewarna yang digunakan industri tekstil, *azo dyes* merupakan zat pewarna yang paling banyak digunakan pada industri tekstil (Chang et al., 2001). *Azo dyes* adalah *diazotized amines* yang berpasangan dengan *amine* atau fenol dengan satu atau lebih ikatan azo ($-N=N-$). *Azo dyes* termasuk senyawa sintesis dan terhitung lebih dari 50% dari seluruh pewarna yang diproduksi setiap tahunnya, memperlihatkan spektrum warna terbanyak (Kusic et al., 2011).

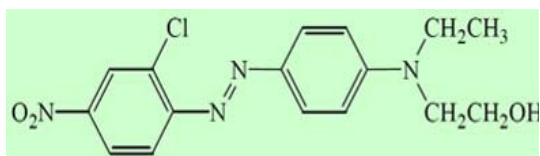
Perilaku zat pencemar dalam sistem perairan diantaranya adalah proses biotransformasi dan biodegradasi. Biotransformasi (perubahan bentuk biologis) dan biodegradasi pencemar oleh mikroorganisme (bakteri, jamur, protozoa, dan ganggang) merupakan proses pembuangan dan perubahan yang penting dalam air, sedimen, dan tanah. Reaksi mencakup oksidasi, reduksi, hidrolisis, dan terkadang penataan ulang, dan dipengaruhi oleh bangun molekul dan kepekatan pencemar, sifat alamiah mikroorganisme, keadaan lingkungan, dan suhu (Connell, 2006).

Biotransformasi *azo dyes* dapat menghasilkan senyawa yang lebih tidak berbahaya, tetapi dapat juga menghasilkan senyawa senobiotik bioaktif yang lebih beracun / toksik (Livingstone, 1998).

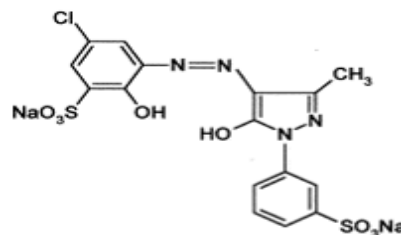
Salah satu senyawa golongan anilin yaitu nitroanilin adalah senyawa *aromatic amines* yang dapat dihasilkan dari biodegradasi *azo dyes* secara anaerobik terbentuk dari pemisahan reduktif dari ikatan azo ($-N=N-$) oleh aktivitas mikroorganisme yang ada pada air limbah, termasuk diantaranya adalah kloroanilin yang merupakan salah satu senyawa nitroanilin yang memiliki gugus atom Cl (Pinheiro et al., 2004).

Beberapa bakteri dapat melakukan dekolonisasi (penghilangan warna) dari *azo dyes* yaitu pemisahan ikatan azo ($-N=N-$) dalam kondisi anaerobik, diantaranya adalah *Bacteroides* sp., *Eubacterium* sp., *Clostridium* sp., *Proteus vulgaris*, dan *Streptococcus faecalis* (Bragger et al., 1997; Rafii et al., 1990).

Kloroanilin dapat terbentuk sebagai produk metabolit dari *azo dyes*, seperti Disperse Red 13, Acid Red 183 (Widyabudiningsih, 2000), di mana struktur senyawanya ditampilkan pada gambar berikut ini.

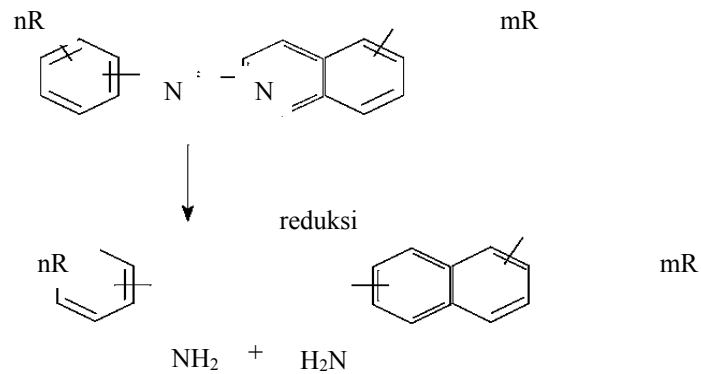


Gambar 2. Struktur Disperse Red 13



Gambar 3. Struktur Acid Red 183

Reaksi reduksi pembentukan kloroanilin dari *azo dye* dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini.



Ket : nR dan mR adalah gugus kimia tertentu yang terikat pada senyawa *azo dye*
 Sumber : Pielesz A. et al., 2002

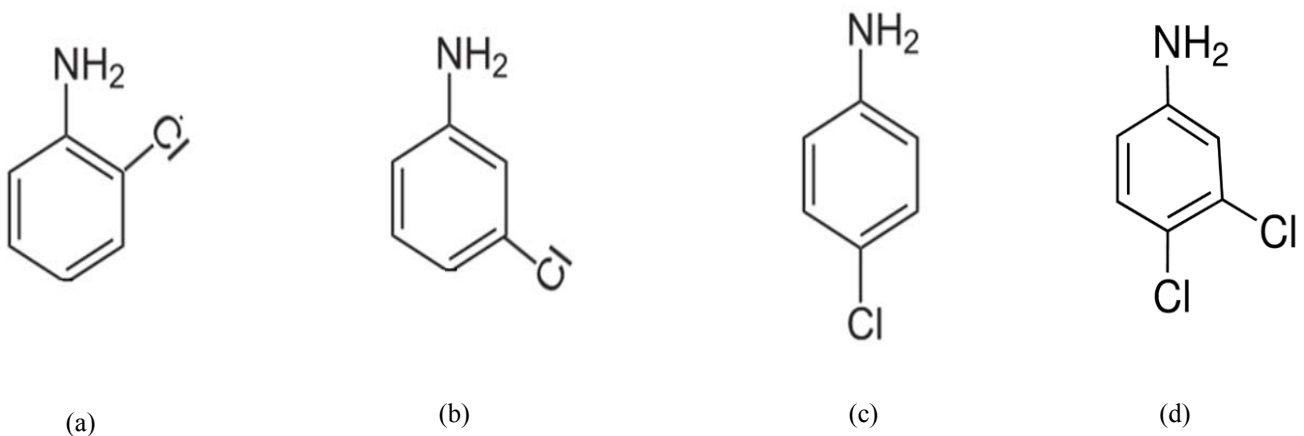
Gambar 4. Reaksi pemisahan *azo dye* secara reduksi dari *azo dye* (atas) menjadi *aromatic amine* dan senyawa lain (bawah), jika gugus nR adalah Cl maka senyawa *aromatic amine* adalah kloroanilin.

Metoda lain pemisahan gugus *amine* dari *azo dye* adalah fotodegradasi dan biodegradasi yang meliputi hidroksilasi, oksidasi, ataupun hidrolisis (Pielesz A. et al, 2002).

Satu kelompok polutan lingkungan yang dianggap menjadi sangat mengganggu karena beracun dan sifat sukar terdegradasi adalah kloroanilin. Senyawa beracun dan sulit terdegradasi ini dianggap menjadi salah satu kelompok polusi lingkungan, dan diatur pada peraturan perundang-undangan oleh Directive 76/464/EEC dan dengan Prioritas Daftar Polutan dari US Environmental Protection Agency / USEPA (Zhanga Li-li, et al, 2010).

Sistem *hematopoietic* adalah target organ utama dari toksisitas kloroanilin (dalam hal ini 2-kloroanilin dan 3-kloroanilin), dan dampak sekunder dihasilkan dari kerusakan eritrosit yang terjadi akibat paparan berulang (Hejtmancik et al, 2002). Boehncke A. et al (2003) menyatakan berbagai isomer monokloroanilin adalah *haematotoxic* dan menunjukkan pola toksisitas yang sama pada tikus, tapi 4-kloroanilin menunjukkan dampak yang paling serius.

Senyawa golongan kloroanilin diantaranya adalah yaitu : 2-kloroanilin (*ortho*-kloroanilin), 3-kloroanilin (*meta*-kloroanilin), 4-kloroanilin (*para*-kloroanilin) dan 3,4 dikloroanilin (Gotz et al, 1997), ditampilkan pada gambar berikut.



Sumber : Sigma-Aldrich Pte. Ltd., 2012

Gambar 5. Struktur senyawa kloroanilin, yaitu (a) 2-kloroanilin (*ortho*-kloroanilin), (b) 3-kloroanilin (*meta*-kloroanilin), (c) 4-kloroanilin (*para*-kloroanilin), dan (d) 3,4 dikloroanilin.

Masalah lingkungan mungkin timbul dari konsentrasi kloroanilin bebas yang agak tinggi sebagai komponen penting dari limbah industri; dihasilkan oleh transformasi ko-metabolik, misalnya hidrolitik pembelahan turunan asil dari kloroanilin atau pengurangan nitroklorobenzena (Latorre et al., 1984).

Penelitian mengenai konsentrasi kloroanilin di sungai dilakukan tahun 1987 di perairan Jerman, dengan ketiga isomerik monokloroanilin (yaitu 2-kloroanilin, 3-kloroanilin, dan 4-kloroanilin), di mana konsentrasi hasil pengukuran di sungai Rhein dan anak-anak sungainya tahun 1990 berkisar sekitar 0,1 sampai 1 µg L-1 (Könnecker et al, 2003).

Konsentrasi kloroanilin di sungai juga pernah diteliti oleh Gotz et al (1998) dengan lokasi di sungai Elbe, Hamburg, Jerman. Salah satu tujuannya adalah meneliti tentang kemungkinan terdapatnya kontaminan organik dalam

konsentrasi signifikan, yang belum terdeteksi oleh pemerintah Jerman. Hasil dari penelitian tentang kloroanilin di hulu dan hilir Sungai Elbe ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Konsentrasi Kloroanilin di hulu dan hilir Sungai Elbe, Hamburg, Jerman

Senyawa	Min. Di Hulu	Max. Di Hulu	Median di Hulu	Min. Di Hilir	Max. Di Hilir	Median Di Hilir
2-kloroanilin	4,6	136	19	2,9	86	13
3-kloroanilin	2,2	8,9	-	3,2	10	-
4-kloroanilin	ND	ND	-	ND	ND	-

Ket : satuan ng/l, ND = Not Detected
 Sumber : Gotz . et al (1998)

Di Indonesia, kloroanilin tergolong senyawa berkategori B3 berdasarkan Peraturan Pemerintah RI no. 85 tahun 1999 tentang Perubahan atas PP RI no. 18 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah B3. Namun demikian baku mutu air permukaan untuk parameter kloroanilin belum diatur. Baku mutu air permukaan untuk parameter kloroanilin sudah diatur pada European Directive on Environmental Quality Standards in the Field of Water Policy and Amending Directive 2000/60/EC serta French Statement of the European Water Framework Directive Policy "Circulaire DCE / 23 du 07/05/07", ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Baku Mutu Air Permukaan untuk Parameter Senyawa Kloroanilin

Parameters	AA-EQS [$\mu\text{g.L}^{-1}$] ⁽¹⁾
chloroanilines (sum of the 3 isomers)	-
2-chloroaniline	0.64
3-chloroaniline	1.3
4-chloroaniline	1
4-chloro-2-nitroaniline	-
3,4-dichloroaniline	-

Sumber : - European Directive on Environmental Quality Standards in the Field of Water Policy and Amending Directive 2000/60/EC
 - ⁽¹⁾ French Statement of the European Water Framework Directive Policy "Circulaire DCE / 23 du 07/05/07".

4. KESIMPULAN

Sungai Citarum yang melewati DAS Citarum bagian hulu disebut Sungai Citarum Hulu, berawal dari hulu yang berlokasi di Gunung Wayang di Desa Cibeureum, Kecamatan Kertasari Kabupaten Bandung dan berakhir di hilir yaitu Waduk Saguling.

Dari arah hulu, Kawasan Industri Tekstil Majalaya merupakan kawasan industri pertama yang dilalui oleh Sungai Citarum Hulu, dengan mayoritas perusahaan tekstil berlokasi di Kecamatan Majalaya, Kabupaten Bandung.

Dalam industri tekstil, digunakan zat pewarna tekstil diantaranya pada proses pencelupan (*dyeing*) dan pengecapan (*printing*). Zat pewarna tekstil yang paling dominan digunakan adalah *azo dyes* / pewarna azo.

Proses pencelupan (*dyeing*) dan pengecapan (*printing*) menghasilkan air limbah industri tekstil yang mengandung *azo dyes*. *Azo dyes* dapat mengalami biodegradasi secara anaerobik, diantaranya menghasilkan senyawa kloroanilin.

Kloroanilin merupakan senyawa polutan yang termasuk "daftar hitam" di beberapa negara karena bersifat toksik dan membahayakan kesehatan manusia, diantaranya berpotensi menyebabkan kanker paru-paru & kandung kemih, gangguan syaraf, gangguan transfer oksigen pada darah, serta dapat merusak embrio, hati dan ginjal.

Potensi terbentuknya kloroanilin terjadi sebelum air limbah tekstil dibuang ke Sungai Citarum Hulu yaitu ketika air limbah tekstil diolah di Instalasi Pengolahan Air Limbah milik perusahaan tekstil, ataupun sesudah air limbah tekstil dibuang ke Sungai Citarum Hulu yaitu ketika *azo dyes* dari air limbah tekstil mengalami biotransformasi secara anaerobik di perairan.

Sementara itu air Sungai Citarum Hulu digunakan sebagian penduduk di tepi sungai untuk keperluan domestik (MCK), dan air Sungai Citarum Hulu yang sudah mengalir ke waduk Saguling merupakan salah satu sumber penyediaan air baku untuk PDAM Kota Bandung.

Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian mengenai potensi keberadaan polutan kloroanilin di Sungai Citarum akibat biotransformasi *azo dyes* dari air limbah tekstil.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada PUSBINDIKLATREN BAPPENAS atas bantuan pembiayaan pendidikan.

5. REFERENSI

- Badan Pengendalian Lingkungan Hidup (BPLH) Kabupaten Bandung, 2010, Profil Pengendalian Pencemaran Air dan Udara Sumber Manufaktur, Prasarana, dan Jasa Kabupaten Bandung.
- Boehncke A., J. Kielhorn, G. Könnecker, C. Pohlenz-Michel, and I. Mangelsdorf, 2003, 4-Chloroaniline, Hanover : Fraunhofer Institute of Toxicology and Aerosol Research, Drug Research and Clinical Inhalation.
- Bragger, J.L., A.W. Lloyd, S.H. Soozandehfar, S.F. Bloomfield, C. Marriot and G.P. Martin, 1997, Investigations into the Azo Reducing Activity of a Common Colonic Microorganism. *Inter. J. Pharm.*, 157, 61-71.
- Bukit, Nana Terangna dan Iskandar A. Yusuf, 2002, Beban Pencemaran Limbah Industri dan Status Kualitas Air Sungai Citarum, *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol. 3, No. 2 : 98-106.
- Chang, J.S., Chien Chou, C, Yu-Chih Lin, Y.C., Ping-Jei Lin, P.J., Jin-Yen Ho, J.Y. & Hu,T.L, 2001, Kinetic Characteristics of Bacterial Azo-Dye Decolorization by *Pseudomonas luteola*, *Water Research*, Vol. 35, No. 12, pp. 2841–2850.
- Connell Des W., Gregory J. Miller, 2006, *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*, Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia.
- Finesso, Gregorius Magnus, 2011, *Majalaya : Seabad Geliat Tekstil Rakyat*, Jakarta : Harian Umum Kompas.
- Firdayati, Mayrina. 2001. Degradasi 3-Kloroanilin oleh *Pimelobacter simplex*, *Corynebacterium poinsettiae* dan *Staphylococcus cohnii* subs. *Cohnii*. Tesis. Magister Teknik Lingkungan ITB.
- Gotz R., O.H. Bauer, P.Friesel, K. Roch, 1998, Organic Trace Compounds in the Water of River Elbe near Hamburg Part I, *Chemosphere* Vol. 36 No. 9 pp. 2085-2101.
- Gunadi, 1984, *Pengetahuan Dasar Tentang Kain-kain Tekstil dan Pakaian Jadi*, Jakarta : Yayasan Pembinaan Keluarga UPN Veteran.
- Hejtmancik, M. R., B. A. Trela, P. J Kurtz, R. L. Persing, M. J. Ryan, J. T. Yarrington, R. S. Chabra, 2002, Comparative Gavage Subchronic Toxicity Studies of o-Chloroaniline and m-Chloroaniline in F344 Rats and B6C3F1 Mice, *Toxicological Sciences* 69(1): 234-243.
- Könnecker G., A. Boehncke, S. Schmidt, 2003, Ecotoxicological Assessment of p-Chloroaniline - Fate and Effects in Aquatic Systems, *Fresenius Environmental Buletin* Vol. 12 No. 6 hal. 589 – 593.
- Kusic, H., Juretic, D., Koprivanac, N., Marin, V., Božić, A.L, 2011, Photooxidation Processes for An Azo Dye in Aqueous Media: Modeling of Degradation Kinetic and Ecological Parameters Evaluation, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 185, No. 2-3, pp. 1558–1568, ISSN 0304-3894.
- Livingstone, D.R., 1998, The Fate of Organic Xenobiotics in Aquatic Ecosystems: Quantitative and Qualitative Differences in Biotransformation by Invertebrates and Fish, *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, Vol. 120, No. 1, pp. 43-49, ISSN 1095-6433.
- Mudarisin, 2004, *Strategi Pengendalian Pencemaran Sungai (Studi Kasus Sungai Cipinang Jakarta Timur)*, Jakarta : Universitas Indonesia.
- Pielesz A.,I. Baranowska, A. Rybak, and A. W"ochowicz, 2002, Detection and Determination of Aromatic Amines as Products of Reductive Splitting from Selected Azo Dyes, *Ecotoxicology and Environmental Safety* 53, 42-47.

- Pinheiro, H.M., Touraud E., Thomas O., 2004, Aromatic Amines from Azo Dye Reduction: Status Review with Emphasis on Direct UV Spectrophotometric Detection in Textile Industry Wastewaters, Dyes and Pigments, Vol. 61, No.2, pp. 121–139, ISSN 0143-7208.
- Proud M., 1966. Textile Printing and Dyeing. London : B.T. Batsford Ltd.
- Puslitbang Sumber Daya Air, Balai Lingkungan Keairan, 2005, Status Mutu Air (Studi Kasus Sungai Citarum).
- Rafii, F., W. Franklin and C.E. Cerniglia, 1990, Azoreductase Activity of Anaerobic Bacteria Isolated from Human Intestinal Microflora. *Appl. Environ. Microbiol.*, 56, 2146-2151.
- Rubianto, 2003, Kajian Pengelolaan Sumber Air Baku di Kota Bandung dan Kabupaten Bandung, *Pilar* vol. 12 Nomor 2, September 2003 : hal. 108-121.
- Sigma-Aldrich Pte. Ltd., 2012, Material Safety Data Sheet (MSDS): 2-Chloroaniline, 3-Chloroaniline, 4-Chloroaniline, 3,4-Dichloroaniline, Singapore.
- Sofiyah, Evi Siti, 2001, Penyisihan Warna pada Reaktor Anaerob dan Penyisihan Kloroanilin yang Dihasilkan dari Penguraian Warna Menggunakan Reaktor Kontak Stabilisasi, Tesis, Magister Teknik Lingkungan, ITB.
- Sutthivaiyakit P., Achatz S., Lintelmann J *et al*, (2005), LC-MS/MS Method for the Confirmatory Determination of Aromatic Amines and Its Application in Textile Analysis. *Anal Bioanal Chem*, 381:268–276.
- Widyabudiningsih, Dewi, 2000, Degradasi Senyawa 2-Kloroanilin di Tanah dengan Menggunakan Mikroba. Tesis, Magister Teknik Lingkungan ITB.
- Zhanga Li-li, Dan He, Jian-meng Chen, Yu Liu, 2010, Biodegradation of 2-Chloroaniline, 3-Chloroaniline, and 4-Chloroaniline by A Novel Strain *Delftia Tsuruhatensis*, *Journal of Hazardous Materials* vol. 179 hal. 875–882.