

The Quality Status of Circulating Cooling Water in The Melting Scrap Factory and Recycling

Fian Surya Alif*, Tugiyono, Agus Setiawan, Gregorius Nugroho Susanto

Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung
Jalan. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung, 35145
Email* : fian.alif14@gmail.com

ABSTRACT

Recycling metal scrap is an effort to save earth from pollution, meanwhile in the process usually took a lot of water in the cooling process. The purpose of this study was to assess water quality in the reservoir and water quality from the river that receive overflow from reservoir water during rainy season. The study was conducted from October to November 2020 at the Melting Scrap Factory and the river around the industrial zone. The study was conducted by taking water sample for analysis in the spot (in-situ) and in the laboratory (ex-situ). The water samples were taken by field technician. The test result from laboratory analysis were counted to indicate the water quality using Pollution Index methods (PI). In order to detect pollution from the fish raised inside the pond using nutrition value coefficient (NVC). The result showed that water saving pond had 3,20 value for pollution index (PI) and the river had 3,71 value for pollution index (PI). These results indicated that status water quality was classified as lightly polluted if it referred to the policy KEPMEN LH No 11year 2003 for standard water quality class 3. The NVC result was 1,84, it showed that the fish could live healthy but after further analysis on laboratory the fish meat showed that it contained a high amount of heavy metal compound such as iron (Fe) which had value over the standard (1953 mg/kg), and indicate how polluted were the fish lived in the reservoir. Therefore, these fish," are not recommended to be eaten.

Keywords: heavy metal compound, pollution index (PI), water quality, nutrition value coefficient (NVC).

PENDAHULUAN

Bidang industri material di Indonesia semakin berkembang pesat seperti pada industri baja nasional. Contohnya pada tahun 2015 terjadinya peningkatan produksi baja nasional menjadi 4 juta ton sehingga pada tahun 2025 para pelaku industri menargetkan kenaikan produksi baja menjadi 6 ton untuk memenuhi kebutuhan pembangunan infrastruktur nasional (Industri, 2018). Namun bahan baku produksi besi masih mengandalkan impor karena belum memadainya industri hulu besi di Indonesia. Untuk mengantisipasi ketidaktersediaan barang salah satu solusi para pelaku industri besi baja nasional adalah dengan melakukan daur ulang besi bekas.

Besi bekas merupakan salah satu sumber pencemaran baik pada lingkungan tanah

maupun air apabila tidak dilakukan pengelolaan secara tepat. Daur ulang merupakan suatu usaha untuk mengolah limbah menjadi sesuatu yang dapat dimanfaatkan kembali (BPTP Sumatera Utara, 2015). Daur ulang besi bekas merupakan contoh kegiatan yang diperuntukan untuk mengurangi dampak polusi pada lingkungan serta pada hasil produksi daur ulang besi bekas tidak mengurangi kualitas logam tersebut (Perindustrian, 2015). Pada kegiatan produksi peleburan dan daur ulang besi bekas (*scrap*) membutuhkan air dalam jumlah yang besar. Pada proses pemadatan besi cair menggunakan media air sebagai sirkulasi pendingin, tetapi pada proses daur ulang menghasilkan cemaran Fe yang terkandung dalam air kolam penampungan (Yudo, 2006).

Suatu perairan yang tercemar akan mengalami perubahan baik dari segi fisika, kimia, biologi yang dapat mempengaruhi ketersediaan air

untuk memenuhi kebutuhan pertanian, industri, rekreasi, dan kegiatan manusia lainnya.

Terjadinya penurunan kualitas air yang disebabkan oleh pencemaran dari limbah terpusat seperti limbah industri, limbah perhotelan dan limbah rumah sakit. Oleh karena itu pemanfaatan air harus dilakukan secara bijaksana agar tidak menimbulkan masalah pada sumber air yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas air domestik (Yulianti dkk., 2013).

Air harus terus menerus dijaga kelestariannya agar dapat digunakan secara berkelanjutan sehingga dapat mempertahankan kualitas dan tingkat mutunya. Untuk menetapkan baku mutu air pada suatu perairan diperlukan pengendalian terhadap pencemaran air. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui status mutu kualitas air pada kolam penampungan air sirkulasi pendingin serta status mutu air pada sungai sekitar pabrik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober sampai November 2020. Lokasi penelitian di Pabrik Peleburan Besi Bekas (*Scrap*) dan sungai sekitar wilayah pabrik. Pada penelitian ini proses pengambilan sampel dilakukan oleh teknisi lapangan dari laboratorium lingkungan serta pengujian sampel analisis sampel air dilakukan oleh Laboratorium Lingkungan yang terkereditasi nasional.

Pada penelitian ini pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan metode *sampling* dengan cara pengukuran langsung di lapangan (*in-situ*) dan analisis laboratorium (*ex-situ*). Analisis pada sampel air menggunakan 3 parameter yaitu parameter fisika, parameter kimia, dan parameter biologi.

Analisis data pada penelitian dilakukan secara deskriptif dengan menggunakan data hasil analisis sampel air dari laboratorium lingkungan. Hasil analisis dihitung untuk menentukan nilai status mutu air berdasarkan nilai indeks pencemaran yang merujuk pada PERMEN LH No 115 Tahun 2012, perhitungan indeks pencemaran yang digunakan sebagai berikut:

$$IP_j = \sqrt{\frac{\frac{(Ci)^2}{(Ij)_m} + \frac{(Ci)^2}{(Ij)_r}}{2}}$$

Keterangan:

IP_j : indeks pencemaran bagi peruntukan.

C_i : konsentrasi parameter kualitas air.

I_j : konsentrasi parameter kualitas air i yang tercantum dalam baku peruntukan air.

m : Maksimum.

r : Rata – rata.

Metode ini menjelaskan tingkat pencemaran suatu perairan yang dipakai untuk peruntukan tertentu dengan nilai parameter-parameter tertentu yang ditunjukkan pada tabel 1 sebagai berikut:

Nilai IP	Mutu Perairan
0 – 1,0	Kondisi baik
1,1 – 5,0	Cemar ringan
5,0 – 10,0	Cemar sedang
> 10,0	Cemar berat

Sumber: KEPMEN LH NO 115 Tahun 2003.

Setelah dilakukan survey ditemukan bahwa didalam kolam penampungan air sirkulasi pendingin dipelihara ikan nila, untuk mengetahui kualitas ikan nila maka dilakukan perhitungan koefisiensi nilai nutrisi. Penentuan kualitas ikan berdasarkan rumus fulton (Lucky, 1977) sebagai berikut:

$$\text{Koefisiensi nilai nutrisi} = \frac{\text{Berat(gram)} \times 100}{(\text{Panjang})^3}$$

Keterangan:

Berat: diukur menggunakan timbangan (gram).

Panjang: panjang total diukur dari ujung kepala sampai dengan ujung ekor (cm).

Selanjutnya dilakukan analisis logam berat pada daging ikan nila di Laboratorium Terpadu Sentra Inovasi Teknologi, FMIPA, Univesitas Lampung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Status mutu air kolam penampungan sirkulasi pendingin

Hasil analisis sampel air pada kolam penampungan sirkulasi pendingin yang telah dilakukan oleh laboratorium lingkungan menggunakan 3 parameter yaitu parameter

fisika, kimia, dan biologi secara lebih rinci tertera dapat dilihat pada tabel1.

Tabel 2. Hasil Analisis Kualitas Air Kolam Penampungan.

No	Parameter Analisis	Satuan	Hasil	Kriteria Mutu Air Peraturan Daerah Provinsi Lampung No. 11-2012			
				I	II	III	IV
FISIKA							
1	Temperatur	°C	34	±3	±3	±3	±3
2	TDS	mg/l	258	1000	1000	1000	2000
3	TSS	mg/l	9,6	50	50	400	400
KIMIA							
4	pH	-	8,60	5 – 9			
5	BOD	mg/l	12,4	2	3	6	12
6	COD	mg/l	27,8	10	25	50	100
7	DO	mg/l	4,30	6	4	3	0
8	Total fosfat (P)	mg/l	0,302	0,2	0,2	1	5
9	Nitrat	mg/l	0,80	10	10	20	20
10	Amonia	mg/l	0,075	0,5	-	-	-
11	Belerang	mg/l	<0,01	0,002	0,002	0,002	-
12	Kromium 6	mg/l	0,001	0,05	0,05	0,05	1
13	Tembaga	mg/l	0,0079	0,02	0,02	0,02	0,2
14	Besi	mg/l	0,475	0,3	-	-	-
15	Timbal	mg/l	0,0003	0,3	0,3	0,3	1
16	Mangan	mg/l	0,0041	0,1	-	-	-
17	Nikel	mg/l	0,0017	-	-	-	-
18	Minyak dan Lemak	mg/l	< 2	1000	1000	1000	-
MIKROBIOLOGI							
19	Fecal Coliform	MPN/100ml	< 1,8	100	1000	2000	2000
20	Total Coliform	MPN/100ml	< 1,8	1000	5000	10000	10000

Berdasarkan data tabel 2. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat beberapa parameter yang mempunyai hasil nilai melebihi kriteria baku mutu kelas yaitu pada konsentrasi kebutuhan oksigen biologi (BOD) dan Belerang (H₂S) mempunyai nilai diatas standar baku mutu semua kelas sedangkan untuk kebutuhan oksigen kimia (COD) memiliki nilai diatas kriteria baku mutu untuk kelas I dan II apabila merujuk pada Peraturan Daerah Provinsi Lampung No 11 Tahun 2012.

Tingginya nilai konsentrasi BOD dan COD pada kolam penampungan air sirkulasi pendingin mengindikasikan bahwa air tersebut telah tercemar pada saat digunakan dalam proses pendinginan hasil produksi besi hebel. Parameter BOD dan COD didalam suatu perairan merupakan indikator adanya senyawa

organik yang dapat diuraikan secara biologis dan kimiawi namun proses tersebut dapat menurunkan kandungan oksigen terlarut didalam suatu perairan (Effendi, 2003).

Merujuk pada hasil data analisis laboratorium pada Tabel 2 konsentrasi BOD memiliki nilai 12,4 mg/L, nilai tersebut melebihi semua kriteria baku mutu air pada semua kelas. Apabila suatu perairan memiliki konsentrasi BOD yang tinggi dapat dipastikan bahwa perairan tersebut telah tercemar oleh bahan organik (Mahida, 1981), namun bahan organik ada didalam perairan dapat terdekomposisi oleh mikroorganisme dalam kondisi aerobik (Metcalf dkk., 1991). Aktivitas oksidasi aerobik yang terjadi pada suatu perairan dapat mengakibatkan turunnya oksigen terlarut sehingga dapat mengubah perairan tersebut menjadi anaerobik yang akan

mengakibatkan kematian massal pada organisme akuatik.

Nilai konsentrasi COD merupakan ukuran jumlah oksigen pada perairan yang tercemar untuk mengoksidasi bahan organik proses kimiawi (Effendi, 2003). Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 2 didapatkan nilai konsentrasi COD yaitu 27,8 mg/L, berdasarkan hasil pengukuran nilai konsentrasi COD melebihi standar baku mutu air untuk kelas I dan II. Tingginya nilai COD mengindikasikan bahwa perairan pada kolam penampungan air sirkulasi pendingin sudah tercemar oleh senyawa organik akibat air digunakan dalam proses pendingin besi hasil produksi. Mengutip pernyataan Yuliasuti (2011) perairan yang tidak tercemar biasanya memiliki nilai konsentrasi COD kurang dari 20 mg/L.

Belarang (H_2S) merupakan gas beracun yang dapat larut dalam air, gas belarang merupakan hasil dekomposisi sisa-sisa mikroorganisme dan bahan organik lainnya (Cahyono, 2011).

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 2 konsentrasi belarang pada kolam penampungan memiliki nilai $<0,01$, merujuk pada standar baku nilai tersebut mutu telah melebihi pada semua kelas. Tingginya nilai belarang (H_2S) menunjukkan telah terjadi proses dekomposisi senyawa organik secara anaerob yang menghasilkan gas-gas asam sulfide (H_2S) dan metana (CH_4). Berdasarkan pernyataan Effendi (2003) gas asam sulfat diubah menjadi hidrogen sulfide pada saat kondisi anaerob sehingga menghasilkan bau busuk dan meningkatkan proses korosivitas logam.

Berdasarkan hasil perhitungan IP pada kolam penampungan didapatkan hasil 3,2007, apabila merujuk kepada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang pedoman status mutu air maka dapat disimpulkan kalitas air kolam penampungan yaitu dalam kondisi tercemar ringan untuk peruntukan kelas III.

Tabel 3. Hasil Analisis Kualitas Air Sungai Wilayah Studi

				Kriteria Mutu Air			
No	Parameter Analisis	Satuan	Hasil	Peraturan Daerah Provinsi Lampung			
				No. 11-2012			
				I	II	III	IV
FISIKA							
1	Temperatur	°C	28	±3	±3	±3	±3
2	TDS	mg/l	58,5	1000	1000	1000	2000
3	TSS	mg/l	9,6	50	50	400	400
KIMIA							
4	pH	-	7,09	5 – 9			
5	BOD	mg/l	14,6	2	3	6	12
6	COD	mg/l	34,8	10	25	50	100
7	DO	mg/l	4,6	6	4	3	0
8	Total fosfat (P)	mg/l	0,472	0,2	0,2	1	5
9	Nitrat	mg/l	3,06	10	10	20	20
10	Amonia	mg/l	0,006	0,5	-	-	-
11	Belerang	mg/l	0,014	0,002	0,002	0,002	-
12	Kromium 6	mg/l	0,005	0,05	0,05	0,05	1
13	Tembaga	mg/l	0,0012	0,02	0,02	0,02	0,2
14	Besi	mg/l	0,930	0,3	-	-	-
15	Timbal	mg/l	0,0008	0,3	0,3	0,3	1
16	Mangan	mg/l	0,0135	0,1	-	-	-
17	Nikel	mg/l	0,0005	-	-	-	-
18	Minyak dan Lemak	mg/l	< 2	1000	1000	1000	-
MIKROBIOLOGI							
19	Fecal Coliform	MPN/ 100ml	43	100	1000	2000	2000
20	Total Coliform	MPN/ 100ml	43	1000	5000	10000	10000

Status Mutu Kualitas Air Sungai Wilayah Studi

Sungai wilayah studi merupakan sungai yang terletak berjarak ± 1 km dari pabrik. Berdasarkan hasil analisis sampel air sungai oleh laboratorium lingkungan menggunakan 3 parameter seperti yang tertera pada Tabel 3.

Berdasarkan data tabel 3 hasil analisis kualitas air sungai menunjukkan bahwa terdapat beberapa parameter yang mempunyai hasil nilai melebihi kriteria baku mutu kelas yaitu pada konsentrasi kebutuhan oksigen biologis (BOD) dan Belerang (H_2S) mempunyai nilai diatas standar baku mutu semua kelas sedangkan untuk kebutuhan oksigen kimia (COD) memiliki nilai diatas kriteria baku mutu untuk kelas I dan II apabila merujuk pada Peraturan Daerah Provinsi Lampung No 11 Tahun 2012.

Berdasarkan Tabel 3 didapatkan tingginya nilai konsentrasi kebutuhan oksigen biologis (BOD) dan kebutuhan oksigen kimiawi (COD) pada sungai mengindikasikan bahwa perairan pada sungai tersebut dalam kondisi tercemar bahan organik yang berasal dari limbah domestik masyarakat sekitar sungai serta aktivitas pertanian maupun industri yang berada di sepanjang aliran sungai.

Suatu perairan dikatakan dalam kondisi baik apabila memiliki nilai konsentrasi BOD tidak lebih dari 10 mg/L (Salmin, 2005), tetapi jika suatu perairan memiliki nilai konsentrasi BOD diatas 10 mg/L dapat disimpulkan perairan tersebut telah tercemar (Effendi, 2003). Berdasarkan hasil analisis kualitas air sungai pada Tabel 3 konsentrasi BOD memiliki nilai 14,6 mg/L, jika dibandingkan dengan standar baku mutu air kelas III maka kualitas air sungai sudah tidak sesuai dengan peruntukannya.

Nilai konsentrasi COD pada sungai yaitu 34,8 mg/L. berdasarkan nilai tersebut telah melebihi standar baku mutu air kelas I dan II namun untuk kelas III belum melebihi ambang batas. Tingginya nilai COD pada suatu perairan mengindikasikan tingginya tingkat pencemaran yang terjadi pada perairan tersebut (Yudo, 2010). Tingginya nilai konsentrasi BOD dan COD pada perairan sungai diakibatkan oleh

limbah domestik yang berasal dari aktivitas masyarakat maupun aktivitas industri serta aktivitas pertanian di sekitar aliran sungai.

Belerang (H_2S) merupakan gas beracun yang dapat larut dalam air, gas belerang merupakan hasil dekomposisi sisa-sisa mikroorganisme dan bahan organik lainnya (Cahyono, 2011). Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 3 konsentrasi belerang pada kolam penampungan memiliki nilai 0,014 mg/L, merujuk pada standar baku nilai tersebut mutu telah melebihi pada semua kelas. Tingginya nilai belerang (H_2S) menunjukkan telah terjadi proses dekomposisi senyawa organik secara anaerob yang terjadi pada perairan tercemar. Kondisi tersebut belum menimbulkan permasalahan bau yang mengganggu bagi masyarakat sekitar sungai.

Lingkungan yang tercemar logam berat merupakan dampak dari kegiatan manusia yang berlebihan seperti kegiatan industri, kegiatan pertanian, maupun aktivitas manusia yang menggunakan air sebagai kebutuhan sehari-hari (Karbasi, dkk., 2008). Logam berat yang tidak sengaja masuk kedalam suatu lingkungan akan berpindah dari lingkungan ke organisme melalui rantai makanan (Yalcin, dkk., 2008).

Berdasarkan hasil perhitungan IP pada kolam penampungan didapatkan hasil 3,1750, apabila merujuk kepada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang pedoman status mutu air maka dapat disimpulkan kualitas air kolam penampungan yaitu dalam kondisi tercemar ringan untuk peruntukan kelas III.

Status Ikan Nila Pada Kolam Penampungan Sebagai Bioindikator Lingkungan

Setelah dilakukan perhitungan Indeks Pencemaran (IP) pada kolam penampungan air sirkulasi pendingin diketahui bahwa kualitas perairan termasuk kedalam tercemar ringan, didalam kolam penampungan ditemukan bahwa kolam tersebut dipelihara ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Ikan nila yang dipelihara didalam kolam penampungan air sirkulasi pendingin dapat digunakan sebagai indikator biologis lingkungan. Mengutip pernyataan dari Rochyatun dkk (2007) organisme akuatik dapat menyerap logam berat pada jaringan tubuhnya.

Berdasarkan pengamatan pada saat pengambilan data diketahui ikan nila tumbuh dengan sehat tanpa kendala pada kolam penampungan air pendingin sirkulasi, untuk mengetahui kondisi status ikan nila maka dilakukan perhitungan koefisiensi nilai nutrisi menggunakan rumus fulton (Lucky, 1997). Dalam penelitian Tandjung (1982) dijelaskan apabila ikan memiliki nilai $K \geq 1,7$ dapat diartikan bahwa perairan tersebut cocok untuk lingkungan hidup ikan. Hasil perhitungan koefisien nilai nutrisi pada 10 ikan nila dilampirkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran NVC pada ikan nila

No	Berat (gram)	Panjang (cm)	Nilai K
1	112,96	18,1	1,90
2	101,5	17,8	1,79
3	102,1	18,2	1,69
4	66,88	15,3	1,86
5	110,14	17,7	1,98
6	130,24	19,2	1,84
7	180,02	21,5	1,81
8	101,78	18,2	1,68
9	129,18	17,6	2,36
10	86,66	17,7	1,70

Rata – rata : 1,8661

Tabel 5. Hasil analisis logam berat pada daging ikan nila.

No	Parameter	Satuan	Hasil
1	Besi (Fe)	mg/Kg	1953
2	Kadmium (Cd)	mg/Kg	0,34
3	Kromium (Cr)	mg/Kg	7,38
4	Tembaga (Cu)	mg/Kg	75,75
5	Cobalt (Co)	mg/Kg	< 1,99
6	Barium (Ba)	mg/Kg	29,18
7	Mangan (Mn)	mg/Kg	208,55
8	Timbal (Pb)	mg/Kg	6,72
9	Nikel (Ni)	mg/Kg	7,20
10	Zeng (Zn)	mg/Kg	200,99

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4 didapatkan rata-rata nilai dari 10 ikan nila yaitu 1,86, nilai tersebut menunjukkan bahwa perairan tersebut layak untuk kehidupan ikan nila atau ikan nila tidak tertekan oleh kondisi kolam penampungan. Namun diperlukan analisis lebih lanjut terhadap daging ikan nila karena air yang berada di kolam penampungan sudah tercemar logam berat dari proses produksi besi hebel. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis lebih lanjut pada

daging ikan nila yaitu analisis logam berat yang dilakukan pada Laboratorium Terpadu Sentra Inovasi Teknologi, FMIPA, Universitas Lampung. Hasil analisis logam berat ikan nila tertera pada tabel 5.

Berdasarkan hasil analisis logam berat dari daging ikan nila tersebut sangat tinggi jika dibandingkan dengan Peraturan Badan Pengawas Obat Dan Makanan Nomor 5 Tahun 2018 untuk produk ikan kandungan Pb dan Cd masing-masing 0,20 mg/Kg dan 0,1 mg/Kg. Hasil penelitian lain menyatakan analisa pada daging Kerang Hijau (*Perna Viridis*) kandungan logam berat Pb yaitu 0,006 ppm, dan kandungan Fe sebesar 67,20 ppm (Pratama, et al, 2012). Kadar besi (Fe) pada ikan bandeng 12,615 mg/kg dan kandungan Fe pada ikan nila 4,783 (Ainiyah et al., 2018), dan Cu sebesar 0,3 ppm (SNI 7387:2009). Hal tersebut menunjukkan bahwa ikan nila di kolam penampungan air sirkulasi pendingin proses produksi besi memiliki nilai kadar (Fe) yang tinggi dan melebihi standar yang ditentukan berdasarkan keputusan menurut Badan Standarisasi Nasional (2009) batas maksimum cemaran logam berat Fe pada pangan adalah sebesar 1 mg/kg.

Jika manusia mengkonsumsi biota air yang terindikasi tercemar logam berat maka akan memunculkan efek samping yang merugikan kesehatan seperti radang tenggorokan, alergi, anemia, gagal ginjal dan pneumonia (Effendi, dkk., 2012). Oleh karena itu berdasarkan hasil analisis logam berat pada daging ikan nila memiliki nilai konsentrasi logam berat besi (Fe) yang sangat tinggi yaitu 1953 mg/Kg apabila merujuk pada standar baku mutu yang ditetapkan oleh Keputusan Badan Standarisasi Nasional yaitu 1 mg/Kg maka sudah dapat dipastikan bahwa ikan nila yang hidup didalam kolam penampungan air sirkulasi pendingin tidak layak dikonsumsi oleh manusia.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa kondisi kualitas air pada kolam penampungan air sirkulasi pendingin (IP=3,20) dan sungai (IP=3,17) dalam kondisi tercemar ringan. Status ikan nila yang hidup didalam kolam penampungan memiliki nilai $K = 1,86$, nilai tersebut menunjukkan bahwa ikan hidup dalam kondisi sehat akan tetapi konsentrasi logam berat besi (Fe) yang tinggi sudah melewati

batas standar mutu Badan Standarisasi Nasional Tahun 2009.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menurunkan kadar logam berat yang ada pada kolam penampungan serta sungai sehingga tidak menimbulkan efek gangguan kesehatan ataupun kerusakan ekosistem sehingga kondisi lingkungan tidak terganggu.

DAFTAR PUSTAKA

Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

Effendi, F., Tresnaningsih, E., Sulistomo, A.W., Wibowo, S., Hudoyo, K.S et al. (2012). *Penyakit Akibat Kerja Karena Paparan Logam Berat*. Jakarta: Direktorat Bina Logam Berat Dalam Pangan Olahan.

Peraturan Daerah Provinsi Lampung Nomor 11 Tahun 2012. *Tentang Pengelolaan Kriteria Baku Mutu Air*.

Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 *Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*.

Perindustrian, D. J. I. L. M. A. T. D. E. K. (2015). Rencana Strategis Direktorat Jenderal Industri Logam Mesin Alat Transportasi Dan Elektronika. Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. (7) (PDF) *Pelatihan Daur Ulang Logam (Aluminium) bagi Masyarakat Karang Joang*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/329612800_Pelatihan_Daur_Ulang_Logam_Aluminium_bagi_Masyarakat_Karang_Joang [accessed Jan 05 2021].

Rochyatun, E., & Rozak, A. (2007). *Pemantauan kadar logam berat dalam sedimen di perairan Teluk Jakarta*, 11(1), 28-36.

Salmin. 2005. "Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan

Kesehatan Kerja dan Olahraga Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Karbassi, A. R.; Monavari, S. M.; Nabi Bidhendi, G. R.; Nouri, J.; Nematpour, K., 2008. *Metal pollution assessment of sediment and water in the Shur River*. Environ. Monitor. Assess., No.147, Vol.1-3, 107-116.

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 *tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air*.

Lucky, Z. 1997. *Methods for The Diagnosis of Fish Diseases*. New Delhi: Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd

Mahida, U.N. 1981. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. CV Rajawali. Jakarta.

Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 5 Tahun 2018 *Tentang Batas Maksimum Cemaran Kualitas Perairan*". Jurnal Oseana, 30. 21-26.

Tandjung, S.D. 1982. *The Acute Toxicity and Histopathology of Brooktrout (Salvelinus fontinalis, Mitchill) Exposed to Aluminium in Acid Water*. Ph.D. Dissertation. The Louis Calder Conservation and Ecology Study Centre of Fordham University. New York.

Yalcin G, Narin I, & Soylak M. 2008. *Multivariate Analysis of Heavy Metal Contents of Sediments from Gumusler Creek, Nigde, Turkey*. Environmental Geology, Vol.54, 1155- 1163.

Yudo, S. 2006. *Kondisi Pencemaran Logam Berat di Perairan Sungai DKI Jakarta*. JAL; 2(1): 1 - 15

Yudo, S. 2010. "Kondisi Kualitas Air Sungai Ciliwung di Wilayah DKI Jakarta ditinjau dari Parameter Organik, Amoniak, Fosfat, Deterjen dan Bakteri Coli". Jurnal Akuakultur Indonesia, 6. 34 – 42.