

Kualitas Lingkungan Air Sungai Sekitar Kegiatan Pertambangan Batubara

M. Fikri Hernandi
Forest Products
Technology Department,
Samarinda State of
Agriculture Polytechnic
fhernandi271170@gmail
.com

Wartomo
Forest Products
Technology Department,
Samarinda State of
Agriculture Polytechnic
wartomopoltanesa@gmail
.com

Abdul Rasyid Zarta*
Wood Engineering
Department, Samarinda
State of Agriculture
Polytechnic
zarta_poltanesa@yahoo
.com

Erna Rosita
Forest Management
Department, Samarinda
State of Agriculture
Polytechnic
Ernarositah7@gmail.com

*Corresponding author

Abstrak—Kualitas air sungai di sekitar tambang batubara 100% atau 36 parameter air masih memenuhi baku mutu lingkungan air permukaan kelas II. Perlunya perhatian adanya beberapa parameter seperti tembaga, sulfida (H_2S), kesadahan, fosfat dengan tingkat kekritisan 60-99% yang mendekati batas baku mutu lingkungan. Sungai Separi Besar, Nilai indeks pencemaran Sungai Separi Besar diperoleh sebesar 0,771, Sungai Separi Anak sebesar 0,712 dan Sungai Tanjakan Kecil sebesar 0,746 dengan kategori status mutu air sungai masih memenuhi baku mutu (kondisi baik). Nilai Indeks Kualitas Air untuk Indeks Kualitas Lingkungan Hidup untuk sungai di sekitar kawasan tambang secara umum termasuk dalam kriteria sangat baik

Kata Kunci—air, batubara, pertambangan, kualitas lingkungan

I. PENDAHULUAN

Kalimantan Timur memiliki aset kekayaan sumberdaya alam (SDA) melimpah dan berskala besar, salah satunya adalah sumberdaya hutan tropis. Bidang kehutanan memiliki kontribusi besar dalam menopang pembangunan. Pemanfaatan dan pengelolaan SDA dikuasakan pada para investor melalui pemberian ijin konsesi dalam bentuk ijin usaha pemanfaatan, perusahaan maupun penggunaan kawasan. Pemanfaatan dan pengembangan SDA pada kawasan pertambangan komoditas batubara mencapai 5,137 juta hektar dikelola perusahaan IUP seluas 4,131 juta hektar dan izin PKP2B seluas 1,006 juta hektar (Dinas ESDM Kalimantan Timur, 2019)

Konsekuensi logis dari eksplorasi dan eksploitasi SDA adalah munculnya dampak terhadap lingkungan baik lingkungan fisik, biologi maupun sosial. Penurunan lingkungan hidup telah tergambarkan dengan adanya peristiwa berupa pencemaran badan air dan udara, kontaminasi limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), kerusakan ekosistem hutan hujan tropika, pemanasan bumi serta bencana lingkungan seperti banjir dan longsor, kekeringan, kebakaran hutan dan lahan yang cenderung terus meningkat. Laporan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Kalimantan Timur yang dikeluarkan pada

Januari 2019 mengemukakan beberapa isu lingkungan hidup dari aspek fisik antara lain yakni pencemaran air dan degradasi hutan.

Kerusakan lingkungan hidup yang ditimbulkan oleh operasi pertambangan merupakan kerusakan yang bersifat tidak dapat balik (irreversible damages). Subardja (2007) menambahkan dampak perubahan bentang alam dan tanah yang mengganggu ekosistem di atasnya, termasuk tata air akibat aktivitas tambang terbuka (open pit) Pendapat ini juga diperkuat oleh Sayoga (2007), air asam tambang (acid mine drainage) sebagai hasil oksidasi oksigen di udara pada lingkungan berair dengan mineral sulfida merupakan permasalahan lingkungan dalam kaitannya dengan aktivitas pertambangan batubara

Isu utama degradasi sumberdaya alam dan lingkungan akibat kegiatan pertambangan khususnya batubara adalah rendahnya mutu air sungai. Indeks kualitas air di Provinsi Kalimantan Timur tahun 2017–2020 : 57,79 (2017), 86,19 (2018), 62,01 (2019) menunjukkan nilai yang fluktuatif dan belum menunjukkan perubahan yang signifikan.

Berbagai aktivitas penggunaan lahan di wilayah perairan sungai seperti aktivitas pertambangan batubara diperkirakan telah mempengaruhi kualitas air sungai. Menurut Priyambada *et al.* (2008) bahwa meningkatnya aktivitas domestik, pertanian dan industri akan mempengaruhi dan memberikan dampak terhadap kondisi kualitas air sungai terutama ditandai adanya perubahan tata guna lahan. Berdasarkan uraian tersebut di atas maka perlu dilakukan analisis kualitas dan status mutu air sungai sekitar kegiatan pertambangan batubara dalam upaya pengendalian pencemaran air. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kualitas dan status mutu air sungai disekitar kegiatan pertambangan batubara sehingga diperoleh gambaran kawasan pertambangan batubara yang sudah mengalami perbaikan dan yang perlu dikelola

II. METODOLOGI

A. Lokasi dan data penelitian

Wilayah kegiatan pertambangan batubara PT XXX di Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. Lokasi sampling air sungai dilakukan di Sungai

Separi Besar, Sungai Separi Anak dan Sungai Tanjakan Kecil

B. Analisis data

Pengolahan dan analisis data secara deskriptif melalui penilaian kualitas lingkungan air berdasarkan :

- Konsentrasi suatu parameter air dibandingkan dengan baku mutu air pada sumber air untuk sebuah peruntukkan tertentu : Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Penentuan status mutu air dengan metoda indeks pencemaran (*Pollution Index*) dan indeks kualitas air (IKA) : Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air
- Dalam penelitian ini menggunakan metode indeks pencemaran (PIj). Sebagai metode berbasis indeks, metode IP dibangun berdasarkan dua indeks kualitas. Yang pertama adalah indeks rata-rata (IR). Indeks ini menunjukkan tingkat pencemaran rata-rata dari seluruh parameter dalam satu kali pengamatan. Yang kedua adalah indeks maksimum (IM). Indeks ini menunjukkan satu jenis parameter yang dominan menyebabkan penurunan kualitas air pada satu kali pengamatan. Kategori penilaian kualitas air berdasarkan nilai IP adalah sebagai berikut (KepMen.LH 115/2003): Memenuhi baku mutu : $IP \leq 1$; Tercemar ringan : $1 < IP \leq 5$; Tercemar sedang : $5 < IP \leq 10$; Tercemar berat : $IP > 10$
- Perhitungan IKA dilakukan berdasarkan nilai dari Pij sebagai berikut: IKA = 100, untuk $Pij \leq 1$; IKA = 80, untuk $1 < Pij \leq 4,67$; IKA = 60, untuk $4,67 < Pij \leq 6,32$; IKA = 40, untuk $6,32 < Pij \leq 6,88$; IKA = 20, untuk $Pij > 6,88$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Wilayah studi memiliki beberapa pola aliran sungai yang sangat dipengaruhi oleh morfologi, litologi, dan struktur geologi. Secara umum pola aliran daerah berbentuk Dendritik dimana pola aliran ini berbentuk seperti cabang pohon dan berada didaerah datar dengan struktur batuan homogen dan juga berbentuk Rectangular dimana pola aliran sungai dikendalikan oleh struktur geologi, seperti struktur kekar (rekahan) dan sesar (patahan). Daerah Aliran Sungai pada daerah penelitian memiliki dua sungai besar yang langsung mengarah ke sungai Mahakam yaitu sungai Separi Besar dan sungai Separi Kecil yang berada diwilayah kecamatan Tenggarong Seberang. Berdasarkan peta hidrologi, lokasi pertambangan termasuk dalam 2 sub daerah aliran sungai yakni SUBDAS Separi Besar seluas 954,07 Ha (34,72%) dan SUBDAS Separi Kecil seluas 1.793,93 (65,28%).

Gambaran kondisi kualitas air sungai pada tiap-tiap parameter yang diukur mencerminkan karakteristik kualitas air sungai terutama untuk melihat kesesuaian terhadap peruntukannya. Peruntukan air sungai akan menjadi berbeda-beda ditentukan oleh kualitas air

berdasarkan kandungan zat-zat yang terdapat dalam air baik pada kondisi tersuspensi maupun terlarut. Keberadaan zat-zat tersebut pada kadar tertentu dikatakan sebagai zat pencemar jika besarnya telah merubah kualitas air sesuai peruntukannya. Kualitas air sungai merupakan salah satu gambaran daya dukung lingkungan khususnya air permukaan untuk menunjang komponen lingkungan termasuk di dalamnya manusia. Untuk mengetahui kualitas air tersebut, maka diperlukan adanya pengukuran terhadap parameter fisik, kimia dan biologi. Hasil pengukuran kualitas air sungai di wilayah studi dibandingkan kualitasnya berdasarkan Peraturan Daerah Propinsi Kalimantan Timur Nomor : 02 Tahun 2011 dan khusus parameter *Fecal Coliform* dan *Total Coliform* menggunakan Peraturan Pemerintah Nomor : 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Peruntukan sungai-sungai yang termasuk dalam wilayah studi saat ini belum jelas apakah masuk dalam Mutu Air Kelas I, II, III atau IV, karena belum ditetapkan oleh pemerintah melalui peraturan perundang-undangan sesuai dengan Pasal 9, ayat 1 huruf a, b dan c, Peraturan pemerintah Nomor : 82 Tahun 2001. Namun sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor : 82 Tahun 2001 khususnya pada Pasal 55, bahwa untuk badan air yang belum ditetapkan peruntukannya, berlaku kriteria Baku Mutu Air Kelas II.

Tabel 1. Hasil Analisis Kualitas Air Permukaan

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu	HASIL			METODE
				Sungai Separi Anak	Sungai Tanjakan Kecil	Sungai Separi Besar	
A. FISIKA							
1.	Suhu	°C	Devisa 3	30,2	30	30	SNI 06.6989.23-2005
2.	Warna	PtCo	180	8,12	8,11	8,28	SNI 06.6989.24-2005
3.	Residu Tersuspensi (TSS)	mg/L	50	24	28	32	SNI 06.6989.3-2004
4.	Residu Terlarut (TDS)	mg/L	1000	288	292	298	SNI 06.6989.27-2005
B. KIMIA ANORGANIK							
5.	pH	-	6-9	7,08	7,32	6,78	SNI 06.6989.11-2005
6.	Besi	mg/L	(-)	0,128	0,118	0,222	SNI 6989.4-2009
7.	Mangan	mg/L	(-)	0,008	0,012	0,018	SNI 6989.5-2009
8.	Barium	mg/L	(-)	<0,001	<0,005	<0,005	SNI 06.6989.39-2005
9.	Tembaga	mg/L	0,02	0,012	0,018	0,019	SNI 6989.6-2009
10.	Seng	mg/L	0,05	0,038	0,032	0,043	SNI 6989.7-2009
11.	Khrom (VI)	mg/L	0,05	TTD	TTD	TTD	SNI 06.6989.17-2004
12.	Kadmium	mg/L	0,01	TTD	TTD	TTD	SNI 06.6989.16-2009
13.	Mercury (Hg)	mg/L	0,002	TTD	TTD	TTD	SNI 6989.78-2011
14.	Timbal	mg/L	0,03	TTD	TTD	TTD	SNI 6989.8-2009
15.	Arsen	mg/L	1	0,007	0,003	0,004	SNI 06.6989.54-2005
16.	Selenium	mg/L	0,05	<0,001	<0,005	<0,005	SNI 06.2475-1991
17.	Kobalt	mg/L	0,2	<0,002	<0,005	<0,005	SNI 06.2473-1991
18.	Sianida	mg/L	0,02	<0,002	<0,005	<0,005	SNI 19.1664-1989
19.	Sulfida (H ₂ S)	mg/L	0,002	0,0018	0,0019	0,0019	SNI 6989.75-2009
20.	Fluorida	mg/L	1,5	0,2122	0,2733	0,3788	SNI 06.6989.29-2005
21.	Klorin bebas	mg/L	0,03	0,02	0,02	0,02	SNI 06.4824-1998
22.	Kesadahan sbg CaCO ₃	mg/L	50	38	42	48	SNI 7644-2010
23.	Khlorida	mg/L	600	0,1282	0,1887	0,1988	SNI 6989.19-2009
24.	Sulfat	mg/L	(-)	10,2122	12,1212	18,1233	SNI 6989.20-2009
25.	DO	mg/L	4	4,92	4,98	5,12	SNI 06.6989.14-2004
26.	Phosphat	mg/L	0,2	0,1877	0,1954	0,1982	SNI 06.6989.31-2005
27.	Boron	mg/L	1	<0,001	<0,005	<0,005	SNI 06.2481-1991
28.	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/L	10	2,1288	2,2344	2,8872	SNI 6989.74-2009
29.	Nitrit s(NO ₂ -N)	mg/L	0,06	0,0122	0,0344	0,0466	SNI 06.6989.9-2004
30.	BOD-5	mg/L	3	1,12	1,14	1,19	APHA, 5210-B.22 nd th.2012
31.	COD	mg/L	25	8,7228	8,9828	9,2221	SNI 06.6989.73-2009
32.	Amoniak (NH ₃ -N)	mg/L	(-)	0,2128	0,2872	0,3455	SNI 06.6989.30-2005
C. MICROBIOLOGI							
33.	Fecal Coliform	Jml/100ml	-	120	132	135	Most Probable Number (MPN)
34.	Fecal Coliform	Jml/100ml	1000	32	28	42	Most Probable Number (MPN)
D. KIMIA ORGANIK							
35.	Detergen sbg MBAS	mg/L	200	15,8122	21,9122	24,1218	SNI 06.6989.51-2005
36.	Minyak dan Lemak	mg/L	1000	12,2122	15,1244	18,4522	SNI 06.6989.10-2011

Berdasarkan hasil analisis laboratorium menunjukkan 100% atau 36 parameter air masih memenuhi baku mutu lingkungan air permukaan kelas II. Namun demikian perlunya perhatian adanya beberapa parameter seperti tembaga, sulfida (H₂S), kesadahan, fosfat yang mendekati batas baku mutu lingkungan dengan tingkat kekritisan parameter air berkisar antara 60 – 99%. Tinggi kekritisan parameter mendekati batas ambang mutu air menunjukkan aktivitas penggunaan lahan sekitar sungai tersebut berkontribusi terhadap peningkatan parameter air tersebut. Tingginya konsentrasi sulfida (H₂S) pada air sungai tersebut menunjukkan bahwa adanya proses degradasi bahan organik secara anaerob. Purnomo et al., 2013 mengemukakan hidrogen Sulfida (H₂S) merupakan gas yang dihasilkan dari proses penguraian senyawa belerang dari bahan organik oleh bakteri anaerob akibat air sungai yang tidak mengandung oksigen terlarut.

Proses anaerob terjadi di perairan yang airnya tidak bersirkulasi dan tidak mempunyai kontak langsung dengan udara sehingga mengurangi kemampuan air untuk melarutkan oksigen sehingga penguraian bahan organik akan dilakukan oleh mikroorganisme anaerob yang mengeluarkan gas asam sulfida (H₂S) dan gas metana. Konsentrasi fosfat yang tinggi ini mungkin disebabkan tingginya difusi fosfat dari sedimen. Sedimen merupakan tempat penyimpanan utama fosfor, umumnya dalam bentuk partikulat yang berikatan dengan senyawa hidroksida dan oksida besi. Senyawa fosfor yang terikat di sedimen dapat mengalami dekomposisi dengan bantuan bakteri maupun melalui proses abiotik menghasilkan senyawa fosfat terlarut yang dapat mengalami difusi kembali ke kolom air (Paytan and McLaughlin, 2007). Sumber utama penyumbang fosfat adalah limbah domestik masyarakat. Menurut WHO &

European Commission (2002), pengkayaan fosfor terutama berasal dari limbah rumah tangga dan industri, termasuk detergen berbasis fosfor. Menurut Abidjulu, 2008, kapur (CaCO_3) dapat larut dalam air akibat adanya CO_2 yang membentuk mineral-mineral karbonat yang larut dalam air. Peningkatan tingkat kesadahan air diduga juga dapat disebabkan oleh meningkatnya ion-ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam air. Peningkatan ion-ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam air diduga terjadi akibat perubahan ion-ion tersebut menjadi padatan yang tidak larut dalam air dan mengendap di dasar sungai sebagai padatan CaCO_3 dan MgCO_3 . Masuknya $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ke perairan sungai tersebut dapat terjadi secara alami dari limbah yang berasal dari aktivitas domestik (Ruliasih, 2011). Peningkatan logam berat tembaga akibat proses pelapukan batuan, menurut Colbourne et al. (1975) mengemukakan peningkatan konsentrasi logam tembaga (Cu) seiring dengan pengkayaan elemen tersebut dari proses pelapukan batuan.

Status Mutu Air dengan Metoda Indeks Pencemaran

Untuk menentukan tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air yang diizinkan digunakan penentuan status mutu air dengan metoda indeks pencemaran. Status mutu air menunjukkan tingkat kondisi mutu air sumber air dalam kondisi tercemar apabila tidak dapat digunakan sesuai dengan peruntukannya secara normal atau kondisi baik dengan membandingkan dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Bila nilai IP lebih kecil dari 1,0, maka sampel air tersebut memenuhi baku mutu termaksud, sedangkan bila lebih besar dari 1,0, sampel dinyatakan tidak memenuhi baku mutu.

Pengelolaan kualitas air atas dasar indeks pencemaran ini dapat memberi masukan pada pengambil keputusan agar dapat menilai kualitas badan air untuk peruntukan serta melakukan tindakan untuk memperbaiki kualitas jika terjadi penurunan kualitas akibat senyawa pencemar (Kepmen LH No.115 Tahun 2003). Hasil analisis nilai indeks pencemaran disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Status Mutu Air dengan Metoda Indeks Pencemaran

Sampling Sungai	Nilai Indeks Pencemaran	Status Mutu Air
Sungai Separi Besar	0,771	memenuhi baku mutu (<i>good</i>)
Sungai Separi Anak	0,712	memenuhi baku mutu (<i>good</i>)
Sungai Tanjakan Kecil	0,746	memenuhi baku mutu (<i>good</i>)

Dari hasil perhitungan indeks pencemaran tersebut di atas menunjukkan bahwa kualitas air sungai sekitar kegiatan pertambangan masih baik. Hasil analisis Indeks Pencemaran (*PIj*), menunjukkan bahwa ketiga sungai di sekitar tambang memenuhi baku mutu (*good*). Status mutu air sungai kategori memenuhi baku mutu mengindikasikan bahwa kondisi kualitas air sungai atau parameter yang masih memenuhi baku mutu lingkungan.

Hal ini menunjukkan adanya aktivitas penggunaan lahan dan masyarakat di sekitarnya kondisi kualitas air sungai masih dalam baik atau memenuhi baku mutu lingkungan

Indeks Kualitas Air

Nilai Indeks Kualitas Air dan Indeks Kualitas Lingkungan Hidup memberikan gambaran atau indikasi awal yang memberikan kesimpulan cepat dari suatu kondisi lingkungan hidup pada lingkup dan periode tertentu yakni memberikan Informasi tentang kondisi lingkungan sebagai bahan evaluasi kebijakan pembangunan yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Hasil penghitungan nilai indeks kualitas air disajikan selengkapnya pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Penghitungan Nilai Indeks Kualitas Air dan Indeks Kualitas Lingkungan Hidup

Lokasi	Indeks Kualitas Air (%)	Kriteria Indeks Kualitas Lingkungan Hidup
Sungai Separi Besar	100	Sangat Baik
Sungai Separi Anak	100	Sangat Baik
Sungai Tanjakan Kecil	100	Sangat Baik

Nilai Indeks Kualitas Air untuk Indeks Kualitas Lingkungan Hidup untuk sungai di sekitar kawasan tambang secara umum termasuk dalam kriteria sangat baik. Hal ini menunjukkan pengelolaan lingkungan di kawasan penambangan batubara dalam upaya perbaikan kualitas lingkungan hidup mampu menekan penurunan pemanfaatan sumber daya lingkungan.

Untuk kinerja pengelolaan kualitas air perlu ditingkatkan agar kualitas air tidak melampaui baku mutu yang telah dipersyaratkan. Kinerja pengelolaan yang telah dilakukan PT XXX untuk menjaga kualitas air diantaranya adalah optimalisasi pengolahan air limbah di *sedimen pond* terutama yang paling dekat dengan saluran umum, dan menindak lanjutinya dengan pemberian Al_2SO_4 (tawas) dan kapur (CaCO_3) sebelum air dibuang ke perairan umum. Penggunaan kapur berlebih atau tidak sesuai dosis akan bereaksi dengan logam-logam atau kation-kation yang bervalensi dua seperti Fe, Sr, Mn, Ca dan Mg, sehingga menyebabkan meningkatnya kesadahan total di air sungai. Tingginya klorin bebas dan belerang selain meningkat bahan organik di sungai, juga perlu memperhatikan dosis penggunaan pupuk kimia dan pestisida dalam kegiatan perbaikan tanah dan tanaman. Prioritas kebijakan yang perlu dilakukan untuk mencegah terjadinya pencemaran air dan penurunan kualitas air sehingga air sungai agar dapat dimanfaatkan sesuai dengan peruntukannya secara berkelanjutan sebagai berikut: inventarisasi dan identifikasi sumber pencemar air, pengelolaan limbah, menetapkan daya tampung beban pencemaran, pengawasan terhadap pembuangan air limbah, pemantauan kualitas air sungai serta partisipasi dari masyarakat dalam upaya pengendalian pencemaran air.

IV. KESIMPULAN

Kualitas air sungai di sekitar tambang batubara 100% atau 36 parameter air masih memenuhi baku mutu lingkungan air permukaan kelas II. berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air untuk peruntukkan kelas II. Namun demikian perlunya perhatian adanya beberapa parameter seperti tembaga, sulfida (H₂S), kesadahan, fosfat dengan tingkat kekritisannya 60-99% yang mendekati batas baku mutu lingkungan

Kualitas air sungai sekitar tambang batubara berdasarkan analisis mutu air sungai dengan metode indeks pencemaran menunjukkan Sungai Separi Besar, Separi Anak dan Tanjakan Kecil dikategorikan sebagai sungai dengan status mutu masih memenuhi baku mutu (kondisi baik)

Nilai Indeks Kualitas Air untuk Indeks Kualitas Lingkungan Hidup untuk sungai di sekitar kawasan tambang secara umum termasuk dalam kriteria sangat baik.

Pengelolaan dan pemantauan air sungai perlu dilaksanakan secara kontinyu dan berkala untuk mendapatkan informasi kualitas air sungai yang digunakan mendukung upaya pengelolaan kualitas air sungai di Provinsi Kalimantan Timur. Kualitas air sungai di wilayah tambang perlu dipertahankan dengan melakukan pengendalian pencemaran air melalui penerapan aturan yang ketat dan konsisten; lokalisasi terhadap sumber pencemar; penghijauan atau penanaman pohon; melakukan tata kelola kawasan sesuai peruntukannya; dan mempertahankan serta mengembangkan kawasan hijau di wilayah tambang, dll.

DAFTAR PUSTAKA

- _____, 2001. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- _____, 2013. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air
- _____, 2011. Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air
- Abidjulu J., 2008. Analisis Kualitas Air Sungai Tanoyan Di Kota Kotamobagu Provinsi Sulawesi Utara. *Chem. Prog.* Vol. 1, No. 2. November 2008
- Agatha Sih Piranti, Diana Rus Rahayu, Gentur Waluyo. 2018. Evaluasi Status Mutu Air Danau Rawapening. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan* Vol. 8 No. 2 (Agustus 2018): 151-160
- Colbourne P, Alloway BJ, Flornnton I (1975) Arsenic and Heavy Metal Soils associated with regional Geochemical anomalies in Southwest England, *Sci Total Environ* 4:3 59-363 pp
- Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Kalimantan Timur. 2019. IUP Kalimantan Timur. <http://pertambangan.kaltimprov.go.id/iup-kalimantan-timur>
- Djoharam, V., Etty R., Mohamad Y.. 2018. Analisis Kualitas Air Dan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Pesanggrahan Di Wilayah Provinsi Dki Jakarta. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan* Vol. 8 No. 1 (April 2018): 127-133
- Fachlevi T.A., Eka I.K.P , Sahat M.H. Simanjuntak. 2015. Dampak Dan Evaluasi Kebijakan Pertambangan Batubara Di Kecamatan Mereubo. *Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan*. Vol. 2 No. 2, Agustus 2015: 171-180. ISSN : 2355-6226. E-ISSN : 2477-0299
- Fatmawati, Budiman, Letizia D. Dampak Lingkungan Galian Tambang Batubara PT. Kaltim Prima Coal Bagi Kesehatan Masyarakat Di Kecamatan Sangatta Utara Kabupaten Kutai Timur
- Gatto, N.M., Henderson, V.W., Hodis, H.N., St. John, S.A., Lurmann, F., Chen, J.C., dan Mack, W.J. 2014. Components Of Air Pollution And Cognitive Function In Middle-Aged And Older Adults In Los Angeles. *Neurotoxicology*. 40:1-7.
- Jesica O Patty, Ratna Siahaan, Pience V Maabuat. 2018. Kehadiran Logam-Logam Berat (Pb, Cd, Cu, Zn) Pada Air dan Sedimen Sungai Lowatag, Minahasa Tenggara - Sulawesi Utara. *JURNAL BIOSLOGOS*, FEBRUARI 2018, VOL. 8 NOMOR 1
- Mahyudin, Soemarno, Tri B.P. 2015 Analisis Kualitas Air Dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Metro di Kota Kepanjen Kabupaten Malang. *J-PAL*, Vol. 6, No. 2, 2015.
- Marganingrum, D dan Rhazista N.. 2010. Pencemaran Air Dan Tanah Di Kawasan Pertambangan Batubara Di PT. Berau Coal, Kalimantan Timur. *Riset Geologi dan Pertambangan* Vol. 20 No. 1 (2010), 11-20
- Paytan, A.& K. McLaughlin 2007. The Oceanic Phosphorus Cycle. *Chem. Rev.*, 107(2): 563-576
- Piranti, A.S., Diana R.R., Gentur W. 2018. Evaluasi Status Mutu Air Danau Rawapening. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan* Vol. 8 No. 2 (Agustus 2018): 151-160
- Priyambada. I.B., w. Oktiawan, and R. P. E. Suprpto, "Analisa Pengaruh Perbedaan Fungsi Tata Guna

Lahan Terhadap Beban Cemaran Bod Sungai (Studi Kasus: Sungai Serayu - Jawa Tengah)," Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan, vol. 5, no. 2, pp. 55-62, Sep. 2008

- Purnomo, P.W., M. Nitisupardjo, Y. Purwandari, 2013. Hubungan Antara Total Bakteri Dengan Bahan Organik, NO₃ dan H₂S Pada Lokasi Sekitar Eceng Gondok dan Perairan Terbuka Di Rawa Pening. *Journal of Management of Aquatic Resources*. 2(3), pp. 74±84.
- Ruliasih. 2011. *Penghilangan Kesadahan dalam Air Minum*.
<http://www.kelair.bppt.go.id/publikasi/BukuAirMinum/BAB9SADAH/pdf>
- Sayoga, R. G. 2007. *Pengelolaan Air Tambang: Aspek Penting dalam Pertambangan yang Berwawasan Lingkungan*. Pidato Ilmiah, majelis Guru Besar ITB. Jurusan Teknik Pertambangan ITB.
- Simon I. Patty, Hairati Arfah, Malik S. Abdul. 2015. Zat Hara (Fosfat, Nitrat), Oksigen Terlarut Dan Ph Kaitannya Dengan Kesuburan Di Perairan Jikumerasa, Pulau Buru. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. Volume 1 Nomor 1 Tahun 2015
- Subardja, A et al. 2007. *Pemulihan Kualitas Lingkungan Penambangan Batubara: Karakterisaasi dan Pengendalian air asam Tambang di Berau*. Laporan Teknis, Proyek DIPA Puslit Geoteknologi – LIPI TA 2007.
- Wardana, A., dan Wisnu. 2001. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta
- World Health Organization and European Commission. 2002. *Eutrophication and Health*. Edited by K. Pond. Luxembourg: Office for official Publication of the European communities. p 28.