

PERANCANGAN MOOLIEF BIOREACTOR UNTUK REMEDIASI AIR SUNGAI BRANTAS KEDIRI TERCEMAR LIMBAH DOMESTIK DAN INDUSTRI

Moolief Bioreactor Design for Remediation Brantas Kediri River Water Contaminated Waste Domestic and Industrial

Krisnawati, Tri Yulian Widya, Amalia Nurasih, Agus Muji Santoso

Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Nusantara PGRI Kediri

Jl. K.H. Ahmad Dahlan 76 Kediri, 64112. Telepon: 0354 771576

Email: kurnea_risna@yahoo.com

Abstrak

Sungai Brantas memiliki beban pencemaran yang tinggi, baik oleh limbah domestik ataupun industri. Pengolahan air sungai sebagai sumber air minum yang terjangkau dan mudah perlu dilakukan. Alat penjernih air komersial biasanya menggunakan energi gelombang elektromagnetik yang memerlukan biaya yang cukup mahal, sehingga kurang mampu dijangkau oleh semua lapisan masyarakat. Sedangkan penjernih air konvensional hanya mampu memfiltrasi padatan saja, sehingga kandungan logam berat, mikroorganisme patogen, dan detergen masih sering dijumpai pada air hasil penjernih alat konvensional. Makalah ini memaparkan desain Moolief Bioreactor yang mampu mengatasi masalah-masalah tersebut dengan menggunakan bahan – bahan lokal yang aman dan terjangkau. Aplikasi bioreaktor ini memiliki keuntungan dengan biaya yang lebih murah, bahan mudah didapat, dan masyarakat mudah untuk mengaplikasikannya.

Kata kunci : Moolief bioreactor, sungai Brantas, remediasi air sungai.

Abstract

Brantas has a high pollution load, either by domestic or industrial waste. Processing of river water as a source of drinking water that is affordable need to be done. Commercial water purification typically use electromagnetic wave energy so consuming high cost and it is less able to reach all levels of society. The other hand, conventional water purifier to only be able to solid filtration, so that the content of heavy metals, pathogens, and detergents are still often found in water purifiers results as conventional tools. This paper was aimed to describes the design of Moolief bioreactor which able to deal with that problem by using local ingredients that are safe and affordable. The bioreactor applications have the advantage with a cheaper cost, easily obtainable materials, and the public easy to apply.

Keywords: Brantas, Moolief bioreactor, river water remediation.

PENDAHULUAN

Air merupakan material yang membuat kehidupan terjadi di bumi. Tumbuhan dan binatang juga membutuhkan air. Air merupakan senyawa yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup dan fungsinya tidak dapat digantikan oleh senyawa lainnya. Kuantitas dan kualitas air merupakan faktor penting yang menentukan kesehatan makhluk hidup. Oleh karena itu, pemeliharaan akan kualitas dan kuantitas sangatlah penting demi suatu kelestarian lingkungan yang berkelanjutan.

Di beberapa tempat air memang sangat mudah untuk diperoleh, tetapi pada beberapa tempat lainnya untuk mendapatkan air yang bersih yang dapat digunakan

untuk keperluan memasak atau minum sangat sulit diperoleh. Keadaan ini terutama bagi mereka yang bermukim di daerah pedesaan terpencil dan pinggiran kota untuk air minum, memasak, mencuci dan sebagiannya harus diperhatikan. Kebanyakan masyarakat masih kurang paham mengenai penggunaan air bersih yang layak dikonsumsi. Jenis limbah yang dapat mencemari kualitas air yaitu adanya limbah fisik, kimiawi, mikroorganisme dan logam berat yang terkandung didalamnya.

Sungai Brantas adalah salah satu sungai terpanjang di Jawa Timur, dengan panjang ± 320 km dengan daerah aliran seluas ± 12.000 km². Daerah aliran sungai Brantas hulu yang dimulai dari Sumber Brantas hingga sebelum masuk Bendungan Sutami mempunyai daerah tangkap hujan seluas 2.050 km². Air dari sungai Brantas ini dipergunakan untuk pertanian, air minum, dan sekaligus tempat pembuangan sampah. Berkembangnya kegiatan penduduk di sepanjang aliran sungai Brantas dapat berpengaruh terhadap kualitas airnya, karena limbah yang dihasilkan dari kegiatan penduduk tersebut dibuang langsung ke sungai. Sumber-sumber pencemaran air Sungai Brantas antara lain berasal dari limbah industri, limbah domestik dan air buangan dari saluran irigasi dan drainasi.

Dengan berkembangnya kota-kota besar yang dilalui aliran sungai Brantas, mengakibatkan meningkatnya kebutuhan akan air bersih dan air baku. Di samping itu, semakin tingginya konsentrasi penduduk dan industri di daerah perkotaan menimbulkan masalah antara lain timbulnya daerah kumuh di tepi sungai, menurunnya kualitas air sungai dan bencana banjir akibat terganggunya aliran air, baik karena banyaknya sampah, pendangkalan maupun berkurangnya lebar sungai. Sumber pencemar dominan yang mencemari sungai Brantas.

Di WS Brantas terdapat 483 industri yang berpotensi membuang limbahnya yang berpengaruh langsung pada kualitas air sungai. Berdasarkan Surabaya *River Pollution Control Action Plan Study* yang dilakukan pada tahun 1999 diperoleh hasil beban BOD *netto* sebesar 125 ton BOD/hari. Limbah domestik (rumah tangga, hotel, restoran, dan lain-lain) adalah sumber yang paling besar memberikan kontribusi limbah pada WS Brantas yaitu sebesar 205 ton BOD/hari (Berdasarkan Surabaya *River Pollution Control Action Plan Study*, 1999 dalam data Menteri Pekerjaan Umum, 2010). Sumber pencemar dari pertanian berasal dari sisa pestisida dan pupuk anorganik dan yang mengalir ke sungai bersama dengan sisa air irigasi. Pencemaran ini umumnya terjadi pada saat musim hujan. Dampak yang terjadi akibat limbah pertanian tersebut adalah terjadinya eutrofikasi perairan di waduk (terutama di Waduk Sutami).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Syamsuri (2006) dalam (Arisandi, 2014) diketahui bahwa hulu hingga hilir Kali Brantas telah terdeteksi konsentrasi senyawa estradiol 42-220 ng/L. Konsentrasi estradiol di Kali Brantas dibandingkan dengan di Eropa (0,1-88 ng/L) jauh lebih tinggi. Konsentrasi estradiol di Kali Brantas dalam kondisi yang membahayakan karena dapat memacu terjadinya feminisasi ikan yang berujung kepunahan ikan. Sedangkan pada DAS Brantas bagian hulu sumber pencemaran yang utama berasal dari limbah domestik (rumah tangga dan pertanian/alami) (Handayani, 2001). Sampai saat ini studi tentang penelitian kualitas Sungai Brantas Kediri belum pernah disampaikan. Keberadaan Sungai Brantas Kediri terletak di bagian tengah dari bagian hulu dan hilir. Padahal bagian hulu dan hilir Sungai Brantas sudah dikategorikan sungai yang tercemar, sehingga tidak menutup kemungkinan Sungai Brantas di bagian tengah sudah terkontaminasi bahan tercemar di bagian hilir maupun hulu. Oleh karena itu diperlukan suatu cara untuk mengantisipasi permasalahan tersebut.

Sejauh ini alat penyaringan penjernih air produksi pabrik masih kurang efektif untuk dikonsumsi. Rata-rata 50 persen air isi ulang masih banyak mengandung bakteri *E.coli* walaupun sudah menggunakan alat penyaringan seperti sinar ultraviolet atau bahan lainnya” (Haryanto, 2014). Alat penjernih air komersial biasanya menggunakan energi gelombang elektromagnetik yang memerlukan biaya yang cukup mahal, sehingga kurang mampu dijangkau oleh semua lapisan masyarakat. Sedangkan model-model alat penjernih air konvensional hanya mampu memfiltrasi padatan saja, sehingga kandungan logam berat, mikroorganisme patogen, dan detergen masih sering dijumpai pada air hasil penjernih alat konvensional. Makalah ini memaparkan desain *Moolief Bioreactor* yang mampu mengatasi masalah-masalah tersebut dengan menggunakan bahan-bahan lokal yang aman dan terjangkau. Aplikasi bioreaktor ini memiliki keuntungan dengan biaya yang lebih murah, bahan mudah didapat, dan masyarakat mudah untuk mengaplikasikannya.

KAJIAN PUSTAKA

Definisi dan Sumber Pencemaran Air

Dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, pasal 1, pencemaran air didefinisikan sebagai: “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 peruntukannya”.

Beban pencemar (polutan) adalah bahan –bahan yang bersifat asing bagi alam atau bahan yang berasal dari alam itu sendiri yang memasuki suatu tatanan ekosistem sehingga mengganggu peruntukan ekosistem tersebut (Effendi, 2003 dalam Rahmawati, 2011). Sumber pencemaran yang masuk ke badan perairan dibedakan atas pencemaran yang disebabkan oleh alam (polutan alamiah) dan pencemaran karena kegiatan manusia (polutan antropogenik). Air buangan industri adalah air buangan dari kegiatan industri yang dapat diolah dan digunakan kembali dalam proses atau dibuang ke badan air setelah diolah terlebih dahulu sehingga polutan tidak melebihi ambang batas yang diijinkan.

Komponen Pencemaran Air

Pengelompokkan komponen pencemaran air yang berasal dari industri, rumah tangga (pemukiman) dan pertanian (Wardhana, 1995 dalam Rahmawati, 2011):

1. Limbah padat
2. Bahan buangan organik dan olahan bahan makanan
3. Bahan buangan anorganik
4. Bahan buangan cairan berminyak
5. Bahan buangan berupa panas (polusi thermal)
6. Bahan buangan zat kimia, yaitu sabun, insektisida dan zat pewarna

Parameter Kualitas Air Sungai

Kualitas air sungai sangat tergantung dari komponen penyusunnya, dan juga banyak dipengaruhi oleh masukan komponen yang berasal dari pemukiman disekitarnya. Komponen limbah domestik permukiman tersebut banyak mengandung bakteri, virus dan berbagai macam parasit patogen (Sukadi, 1999). Kualitas air sungai dipengaruhi oleh beberapa parameter pencemaran yang berasal dari air buangan (limbah) yaitu diantaranya :

1. Suhu

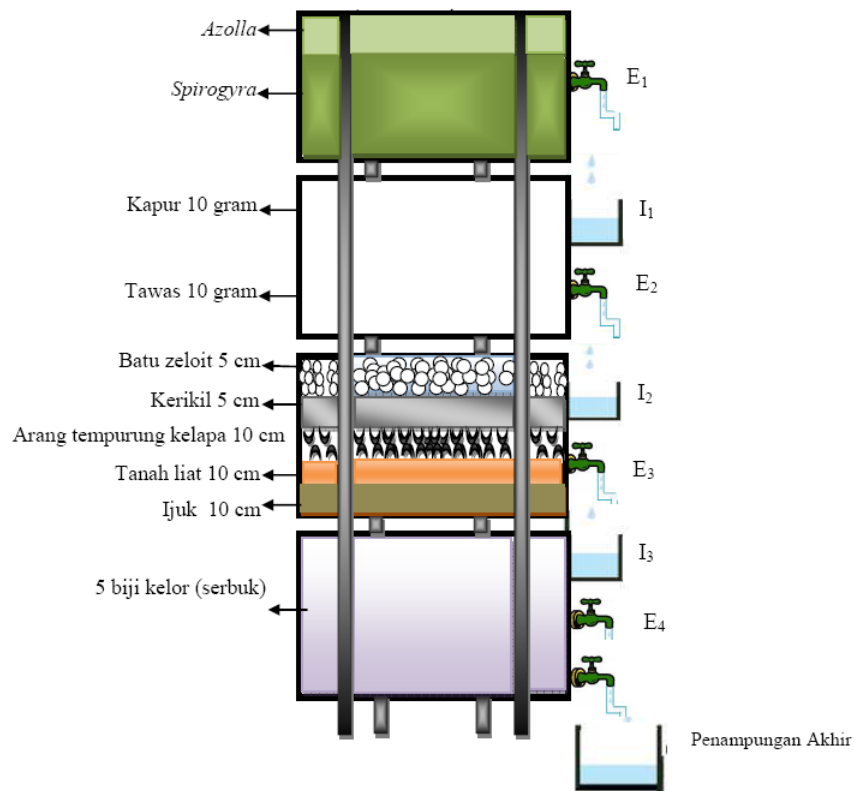
2. Kekeruhan
3. Warna, Bau dan Rasa
4. Bahan Padat Total
5. Daya Hantar Listrik (DHL)
6. Kandungan Besi
7. Derajat Keasaman (pH)
8. Oksigen Terlarut (DO)
9. *Biological Oxygen Demand* (BOD)
10. *Chemical Oxygen Demand* (COD)
11. *Nutrient*
12. Logam Berat
13. *Faecal Colifora*

PEMBAHASAN

Perancangan *Moolief Bioreactor*

Rancangan alat yang digunakan akan melalui 4 tahap penjernihan, yang dirancang khusus sesuai kegunaan dalam proses penjernihan. antara lain:

- a. Tahap pertama
Tahap penjernihan pertama menggunakan kotak penampungan pertama yang berisikan *Azolla* dan *Spirogyra* yang akan mengurangi limbah seperti: limbah kimia, logam berat (Pb). Di dalam drum ini dilakukan penampungan terlebih dahulu karena disesuaikan dengan sifat tanaman yang lama untuk menyerap limbah-limbah tersebut.
- b. Tahap kedua
Pada tahap ini menggunakan kotak penampungan kedua yang berisi kapur dan tawas, yang akan menyaring limbah cair seperti dapat membunuh kuman atau bakteri yang terkandung didalam air.
- c. Tahap tiga
Tahap ini didalam kotak penampungan ketiga berisikan batu, kerikil, tempurung kelapa, tanah liat dan ijuk, dalam lapisan ini akan mengurai jenis surfaktan (detergen) oleh arang kayu, dan menyaring limbah padatan
- d. Tahap keempat
Tahap ini didalam kotak penampungan keempat memanfaatkan tepung biji kelor (*Moringa oleifera*) yang sudah tua dan kering dihaluskan yang berfungsi untuk mengabsorpsi logam berat dan bakteri yang masih lolos pada proses bioreaktor bak penampungan 1-3.



Gambar 1. Rancangan Moolief bioreactor

Efektifitas Bahan Moolief Bioreactor

a. Batu Zeloite

Pada penelitian ini digunakan zeolite alami tanpa perlakuan (aktivasi) apapun, baik secara fisika maupun kimia. Kemampuan zeolite sebagai *iron-exchanger* dengan menghasilkan *reactive oxygen species* sudah lama diketahui, terutama yang berkaitan dengan proliferasi kanker, yang dilaporkan dalam berbagai literatur. Pembentukan radikal ini menyebabkan zeolit bisa menurunkan *E.coli* dalam air seperti yang ditemukan (Yudhastuti, 1993 dalam Rahman, 2004).

b. Kerikil

Kerikil berfungsi untuk menyaring kotoran-kotoran kasar yang ada didalam air dan membantu aerasi oksigen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa reaktor kerikil dengan diameter rata-rata 2,025 cm mampu menurunkan konsentrasi organik sampai 3,02 mg/L dengan efisiensi penyisihan mencapai 73,17% dan menurunkan kekeruhan sampai 0,5 NTU dengan efisiensi mencapai 96% (Notodarmodjo., et al 2004).

c. Arang kelapa

Arang berfungsi untuk menghilangkan bau, rasa tidak enak dalam air dan juga menjernihkan. Studi penelitian tentang pemanfaatan 1000 gram arang tempurung kelapa yang telah dibuat, dipanaskan dalam oven dengan ranah suhu 400 - 800°C selama 4 jam digunakan untuk menjernihkan air sumur dari desa Belor kecamatan Ngaringan Kabupaten Grobogan. Hasil yang diperoleh terjadi penurunan pH, angka kesadahan, kandungan NaCl, BOD, dan COD (Suhartana, 2006).

d. Gerabah tanah liat

Lempung adalah silikat yang berdiameter kurang dari 4 mikrometer. Lempung mengandung leburan silika dan/atau aluminium yang halus. Unsur-unsur ini, silikon, oksigen, dan aluminium yang cocok digunakan sebagai penyaring alami. Efektifitas penurunan kadar kekeruhan setelah melalui perlakuan filter gerabah tanah liat dengan berbagai perbandingan campuran karbon aktif mencapai 62,4 % dan efektifitas filter gerabah tanah liat, karbon aktif, dan sirih terhadap penurunan kadar kekeruhan dan kandungan *E. coli* (Dewi, 2013).

e. Ijuk

Ijuk berfungsi sebagai penyaring kotoran-kotoran halus mengandung banyak Lignoselulosa. Penelitian ini dilakukan di Universitas Pasir Pengaraian dengan membuat model penyaringan *System Up Flow* dimana media penyaringan yang digunakan adalah pasir dengan ketebalan 20 cm, kerikil dengan ketebalan 30 cm dan ijuk adalah 5 cm. Penyaringan ini dapat menurunkan kadar-kadar seperti kekeruhan sebelum penyaringan 5,1 NTU dan setelah penyaringan menjadi 5,0 NTU, begitu juga zat besi (Fe) sebelum penyaringan mencapai 1,5 mg/lit dan setelah penyaringan 1,0 mg/lit, dan plorida sebelum penyaringan 1,7 mg/lit dan setelah penyaringan 1,5 mg/lit. Sedangkan Mangan (Mn) sebelum penyaringan adalah 0,6 mg/lit dan setelahnya 1,5 mg/lit, dan banyak lagi yang lain yang sudah sesuai dengan permenkas RI no 416/Menkes/PER/IX/1990 (Pangidoan., *et al*).

f. Tawas dan Kapur

Berdasarkan hasil analisis diperoleh jumlah optimum tawas dan kapur masing-masing sebesar 41,817 ppm dan 0,0213 gram untuk mengendapkan 300 mL air keruh dengan konsentrasi pengeruh 1800 ppm. Waktu reaksi adalah 5 menit. Kecepatan pengadukan optimum diperoleh pada kecepatan 4 rpd. Sedangkan untuk variasi konsentrasi didapat persamaan tawas : $y = 0,0006 (\text{pengeruh}) + 39,2105$ dan kapur : $y = 1E-06 (\text{pengeruh}) + 0,017$ (Putra., *et al*, 2009).

g. Biji kelor

Biji buah kelor (*Moringa oleifera*) mengandung zat aktif *rhamnosyloxybenzil-isothiocyante*, yang mampu mengadopsi dan menetralkan partikel-partikel lumpur serta logam yang terkandung dalam air limbah suspensi, dengan partikel kotoran melayang di dalam air. Berdasarkan hasil penelitian Pandia tahun 2005 bahwa pada dosis biji kelor 0,4-0,5 gr/l dan ukuran 300 mesh serta waktu 4-6 jam diperoleh efektivitas penjernihan optimum (penyisihan turbiditas, TDS dan TSS masing-masing 78,28% dan 72,13% sedang penurunan pH sebesar 7,63%).

h. *Spirogyra*

Penurunan konsentrasi bahan organik menggunakan *Spirogyra sp*. Berlangsung efektif hingga hari keenam. *Spirogyra sp* mampu tumbuh dan mentolelir limbah budidaya sidat pada dosis limbah 25% dan 50%. *Spirogyra sp* pada perlakuan dosis limbah 50% memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menurunkan bahan organik limbah budidaya sidat dibandingkan perlakuan lainnya (Apriadi, 2014).

i. *Azolla*

Azolla menunjukkan kapasitas untuk menghilangkan kotoran seperti logam berat, anorganik nutrisi, bahan peledak dari air limbah. Sifat pertumbuhan yang cepat, kapasitas penyerapan yang tinggi pada logam berat menjadikan *azolla* berpotensi besar untuk digunakan dalam teknologi fitoremediasi (Dhir, 2009). Pemanfaatan *Azolla* selain sebagai sumber pupuk juga di kembangkan sebagai agen fitoremediasi yang telah dikembangkan di berbagai negara, *Azolla* mampu menyerap

dan menstabilkan unsur- unsur timbal (Pb). *Azolla* memiliki adaptasi yang tinggi pada konsentrasi Pb, yang cukup tinggi. Pertumbuhan *Azolla* pada konsentrasi Pb 50 ppm lebih baik dibandingkan pada Pb 0 ppm, dimana *Azolla* menyerap Pb pada daun 5.5 ppm dan pada akar 18.2 ppm. *Azolla* yang di biakan pada air tailing justru mampu menyerap Pb pada daun hingga 94 ppm dan pada air PAM hanya 22 ppm (Juhaeti D S, 2003).

Keuntungan *Moolief bioreactor*

- a. Air hasil penyaringan cukup bersih untuk keperluan rumah tangga
- b. Aplikasi ini mudah untuk di aplikasikan oleh masyarakat
- c. Membuatnya cukup mudah dan sederhana pemeliharannya
- d. Bahan-bahan yang digunakan mudah didapatkan di daerah pedesaan

PENUTUP

Kesimpulan

Pembuatan alat penjernih air alami dengan media tumbuhan dilakukan 4 tahap dalam penyaringan tahap 1 menggunakan *Azolla* dan *Spirogyra* tahap ke 2 menggunakan tawas, batu kapur, dan kaporit tahap ke 3 menggunakan batu, kerikil, arang batok kelapa dan tanah liat, ijuk tahap ke 4 menggunakan serbuk biji kelor sebagai koagulan alami. Perbandingan alat yang digunakan di pabrik dengan penjernih alami dari harga alat dari pabrik lebih mahal sedangkan keunggulan dari penjernih alami menggunakan bahan alami dari media tumbuhan. Pada setiap media yang digunakan mempunyai tingkat efektifitas yang berbeda dalam menyerap partikel limbah. *Moolief bioreactor* yang mampu mengatasi masalah-masalah tersebut dengan menggunakan bahan-bahan lokal yang aman dan terjangkau. Aplikasi bioreaktor ini memiliki keuntungan dengan biaya yang lebih murah, bahan mudah didapat, dan masyarakat mudah untuk mengaplikasikannya.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait rancangan *Moolief bioreactor* dalam meremidiasi air limbah yang ditinjau dari segi fisika, kimia, dan mikrobiologi.

Ucapan Terimakasih

Kami ucapkan terimakasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah memberikan dana hibah PKM tahun anggaran 2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriadi T., Pratiwi N TM., Hariyad S. 2014. Fitoremediasi Limbah Budidaya Sidat Menggunakan Filamentous Algae (*Spirogyra sp.*). Depik, 3(1) : 46 – 55, April 2014.
- Arisandi, W. 2014. Sikat Pelaku Pencemaran Kali Brantas. Press Release Telapak Ecoton.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2010. *Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Brantas*. Jakarta: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Departemen Pekerjaan Umum.
- Dewi S Y. 2013. Efektitas Filter Gerabah tanah Liat, Karbon Aktif dan Ekstrak Sirih dalam Pengelolaan Air Baku Skala Rumah Tangga. Fakultas Teknik Universitas

- Satya Negara Indonesia. *Jurnal Lingkungan Tropis*. ISSN No. 1978-2713 Volume 5 No. 2.
- Dhir B. 2009. *Salvina: An Aquatic Fern With Potensial Use in Phytoremediation*. *Environ. We Int.J.Sci.Tech*.
- Handayani T S., Suharto B., Marsoedi. 2001. Penentuan Status Kualitas Perairan Sungai Brantas Hulu dengan Biomonitoring Makrozoobentos: Tinjauan dari Pencemaran Bahan Organik. *Jurnal Biosain*, Vol. 1 No. 1, April 2001.
- Haryanto B. 2014. *Bahaya mengkonsumsi Air Isi Ulang*. [http://carramengobati.wordpress.co /category/ bahaya-bahaya/ bahaya-mengkonsumsi-air-isi-ulang](http://carramengobati.wordpress.co/category/bahaya-bahaya/bahaya-mengkonsumsi-air-isi-ulang). Diakses 03 Maret 2015.
- Juhaeti D S. 2003. *Serapan Karbondioksida (CO-) Jenis-Jenis Pohon di Taman Buah "Mekar Sari" Bogor, Kaitannya dengan Potensi Mitigasi Gas Rumah Kaca*. Bogor
- Notodarmodjo S., Astuti A., Juliah A. 2004. Kajian Unit Pengolahan Menggunakan Media Berbutir dengan Parameter Kekeuhan, TSS, Senyawa Organik dan pH. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung. *Jurnal PROC. ITB Sains & Tek*. Vol. 36 A, No. 2, 2004, 97-115.
- Pandia S., Husin A. 2005. Pengaruh Massa dan Ukuran Biji Kelor pada Proses Penjernihan Air. Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. *Jurnal Teknologi Proses* 4(2) Juli 2005 : 26 – 33.
- Pangidoan., Syahroni. ———. *Pengolahan Air Bersih di Lingkungan Kampus Universitas Pasir Pengaraian dengan Sistem Up Flow*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian.
- Pemerintah Republik Indonesia, 2001. *Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*, Jakarta.
- Putra S., Rantjono S., Arifiansyah T. 2009. Optimasi Tawas dan Kapur Untuk Koagulasi Air Keruh dengan Penanda I-13. Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir – BATAN. *Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir* ISSN 1978-0176.
- Rahman A., Hartono B. 2004. Penyaringan Air Tanah dengan Zeolit Alami untuk Menurunkan Kadar Besi dan Mangan. Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia, Depok 16424, Indonesia. *Jurnal Makara, Kesehatan*, Vol. 8, No. 1, Juni 2004: 1-6.
- Rahmawati, D. 2011. *Pengaruh Kegiatan Industri terhadap Kualitas Air Sungai Diwak di Bergas Kabupaten Semarang dan Upaya Pengendalian Pencemaran Air Sungai*. Universitas Diponegoro: Semarang.
- Sukadi. 1999. *Pencemaran Sungai Akibat Buangan Limbah dan Pengaruhnya Terhadap BOD dan DO*. Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan: FPTK IKIP Bandung.
- Suhartana. 2006. Pemanfaatan Tempurung Kelapa sebagai Bahan Baku Arang Aktif dan Aplikasinya untuk Penjernihan Air Sumur di Desa Belor Kecamatan Ngaringan Kabupaten Grobogan. *Jurnal Berkala Fisika* ISSN : 1410 – 9662 Vol. 9, No. 3 Juli 2006, hal. 151-156.