

Rancang Bangun Teknologi Pengolahan Limbah Cair dengan Sistem Filtrasi di Laboratorium Biosain

Design and Development of Liquid Waste Processing Technology with a Filtration System in the Bioscience Laboratory

Novita Cholifah Ida^{1*}, Dicky Nugroho Satria Utomo², Taufan Febri Yuanto³, Hadi Sariono⁴, Endang Widyawatiningrum⁵

^{1,2,3,4} UPA Biosains, Politeknik Negeri Jember

⁵ Jurusan Kesehatan, Politeknik Negeri Jember

*novita@polije.ac.id

ABSTRAK

Laboratorium Biosain merupakan laboratorium pengujian yang menggunakan alat pengujian dan berbagai macam bahan kimia. Limbah yang dihasilkan mengandung bahan pencemar yang bersifat racun dan berbahaya. Contohnya Limbah cair dari pengujian AAS. Selama ini limbah cair tersebut dikumpulkan dalam suatu wadah dan belum dilakukan pengolahan, sehingga terjadi penumpukan. Dengan demikian dibutuhkan alat pengolahan limbah cair untuk memperkecil bahaya pencemaran lingkungan. Salah satu alternatif pengolahan limbah cair laboratorium adalah menggunakan alat pengolahan limbah cair dengan metode filtrasi. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pembuatan/rancang bangun alat pengolahan limbah cair menggunakan metode filtrasi dan mengetahui efisiensi alat tersebut dalam menurunkan kadar pencemar limbah cair laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan teknologi pengolahan limbah cair dengan sistem filtrasi di Laboratorium Biosain bekerja cukup efektif, di tandai dengan perubahan pH limbah dari 4,3 menjadi 6,2 mendekati pH normal dan warna limbah yang semulanya berwarna hitam keruh berubah menjadi bening. Media filter dalam tabung filter rancang bangun alat tersebut yang mengandung pasir silika dan *manganese greensand* juga efektif dalam menurunkan kadar parameter senyawa Nitrat (N-NO₃) dan Nitrit (N-NO₂), TDS, TSS, serta kandungan logam dengan efektifitas penurunan cemaran logam Zn sebesar 86,32 %, Pb sebesar 76,36 %, Cu sebesar 100 %, Fe sebesar 92,57 % dan Mn sebesar 97,16 % sehingga memenuhi baku mutu yang sudah ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014.

Kata kunci — Limbah cair, Pengolahan limbah, Filtrasi.

ABSTRACT

*The Bioscience Laboratory is a testing laboratory that uses testing equipment and various types of chemicals. The waste produced contains pollutants that are toxic and dangerous. For example, liquid waste from AAS testing. So far, the liquid waste has been collected in a container and has not been processed, resulting in accumulation. Thus, liquid waste processing equipment is needed to reduce the danger of environmental pollution. One alternative for processing laboratory liquid waste is to use liquid waste processing equipment using the filtration method. The aim of this research is to study the manufacture/design of liquid waste processing equipment using the filtration method and determine the efficiency of this equipment in reducing levels of laboratory liquid waste pollutants. The research results show that the liquid waste processing technology with a filtration system in the Bioscience Laboratory works quite effectively, as indicated by the change in waste pH from 4.3 to 6.2, approaching normal pH and the color of the waste which was originally cloudy black changed to clear. The filter media in the filter tube designed for this tool, which contains silica sand and *manganese greensand*, is also effective in reducing levels of Nitrate (N-NO₃) and Nitrite (N-NO₂) compound parameters, TDS, TSS, and metal content with the effectiveness of reducing metal contamination. Zn amounting to 86.32%, Pb amounting to 76.36%, Cu amounting to 100%, Fe amounting to 92.57% and Mn amounting to 97.16% so that it meets the quality standards set by the Minister of the Environment of the Republic of Indonesia Number 5 of 2014.*

Keywords — Liquid waste, Waste processing, Filtration.

OPEN ACCESS

© 2025. Novita Cholifah Ida, Dicky Nugroho Satria Utamo, Taufan Febri Yuanto, Hadi Sariono, Endang Widyawatiningrum



Creative Commons
Attribution 4.0 International License

1. Pendahuluan

Laboratorium Biosain merupakan laboratorium pengujian yang menggunakan alat pengujian dan berbagai macam bahan kimia. Limbah laboratorium khususnya laboratorium Biosain mengandung bahan pencemar yang bersifat racun dan berbahaya. AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*) adalah salah satu alat pengujian logam berat yang ada di Laboratorium Biosain. Efek dari pengujian tersebut adalah terbentuknya air limbah yang mengandung logam berat seperti *Pb*, *Fe*, *Cd*, *Cr*, *Hg* (Ida, N.C, dkk, 2024). Kandungan senyawa anorganik pada limbah cair akan menimbulkan pencemaran lingkungan karena tingginya nilai BOD, COD, TDS, TSS perairan. Selama ini limbah cair di Laboratorium Biosain dikumpulkan dalam suatu wadah dan belum dilakukan pengolahan, sehingga terjadi penumpukan. Berdasarkan zat yang terkandung di dalam limbah cair laboratorium secara kolektif dan dalam kurun waktu yang lama apabila dibuang langsung ke lingkungan akan mencemari lingkungan, seperti merusak struktur tanah, mengancam kelangsungan hidup ekosistem air maupun darat, serta berdampak bagi kesehatan manusia. Oleh karena itu pembuatan instalasi pengolahan air limbah sangat dibutuhkan, namun pembuatan instalasi berskala besar membutuhkan biaya yang cukup banyak.

Salah satu metode sederhana yang dapat dilakukan dalam pengolahan air limbah yaitu dengan sistem filtrasi. Sistem filtrasi termasuk salah satu alat dalam pengolahan air secara fisik. Filter secara fisik ini berfungsi untuk memisahkan partikel-partikel tersuspensi (berukuran > 5 mikrometer) dari air dengan proses melewati air melalui suatu substrat yang tepat sehingga mampu menangkap padatan yang ada di dalam air sebelum air masuk ke dalam wadah penampungan (Silaban, dkk, 2012). Filtrasi mampu menghilangkan partikel-partikel tersuspensi salah satunya dengan cara penyaringan dibantu dengan media filter sebagai penyerap partikel, selain itu filtrasi juga mampu menghilangkan bau pada air limbah serta menghilangkan bakteri secara efektif (Artiyani &

Firmansyah, 2016). Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat alat pengolahan limbah cair menggunakan metode filtrasi antara lain ijuk, pasir, batu kerikil, arang aktif dan zeolit. Arang aktif dapat digunakan sebagai adsorben karena arang aktif bersifat sangat aktif terhadap partikel yang kontak dengan arang aktif tersebut (Sembiring, 2003). Arang aktif memiliki ruang pori yang sangat banyak dengan ukuran tertentu yang dapat menangkap partikel yang sangat halus dan menjebaknya disana. Zeolit telah diketahui mampu bertindak sebagai *adsorben* (penyerap). Mekanismenya melalui proses pengikatan senyawa dan molekul tertentu yang hanya terjadi dipermukaan.

Berdasarkan uraian diatas, maka peneliti bermaksud melakukan penelitian untuk membuat dan mempelajari rancang bangun alat pengolahan limbah cair menggunakan sistem filtrasi dan mengetahui efisiensi alat pengolahan limbah cair tersebut dalam menurunkan kadar pencemar limbah cair di Laboratorium Biosain.

2. Metodologi

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis TDS, TSS, pH, NO₃⁻ (Nitrat), NO₂⁻ (Nitrit), dan kadar logam berat Zn, Pb, Fe, Cu, Mn, dan BOD limbah cair sebelum dan sesudah pengolahan lalu membandingkannya dengan baku mutu PermenLH No. 5 Tahun 2014 agar diketahui efektifitas dari pengolahan IPAL tersebut.

2.1. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini dibagi 2 yaitu alat proses pembuatan IPAL dengan filtrasi terdiri dari gergaji, meteran, mata bor, pompa dan alat pengujian kinerja alat berdasarkan parameter fisika dan kimia terdiri dari Oven merk Memmert, penampung limbah, erlen meyer, vakum, corong burchner, pompa vakum, petridis, gelas kimia, timbangan analitik, pipet ukur, pipet volume, gegep, pinset, batang pengaduk, labu semprot, pH meter, Spektrofotometer dan AAS (*Atomic Absortion Spectrometry*).



Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian terbagi 2 yaitu bahan pembuatan alat pengolah limbah terdiri dari Tabung Fiberglass, Three Way Valve, pompa air, pipa PVC 2 inch, pipa PVC ½ inch, lem pipa, isolatip pipa, stop kran, sambungan pipa, amplas, pasir silika, *manganese greensand* dan bahan pengujian kinerja alat berdasarkan parameter fisika dan kimia terdiri dari air limbah laboratorium, kertas saring Whatman 41, HNO₃ 65%, HClO₄, standart baku Pb, Fe, Zn, Mn dan Cu serta aquades.

2.2 Prosedur/cara penelitian

2.2.1 Desain alat pengolahan limbah dengan sistem filtrasi

Reaktor untuk filtrasi pada penelitian ini berukuran 1 m³/h. Prinsip kerja reaktor filtrasi adalah limbah dialirkan dari drum penampung limbah laboratorium menggunakan kran. Pada tahapan ini limbah dialirkan melalui pipa PVC yang dibantu dengan pompa air. Kemudian limbah akan masuk ke zona *prefilter*/tabung *filter 1* yang berisi pasir silika. Setelah itu, limbah masuk ke zona *tabung filter 2* berisi *manganese greensand*. Hasil dari filtrasi ini ditampung dalam drum penampungan hasil filtrasi kemudian diukur parameter kualitas air limbahnya seperti analisis TDS, TSS, pH, NO₃- (Nitrat), NO₂- (Nitrit), dan kadar logam berat Zn, Pb, Fe, Cu, Mn, dan BOD. Pengukuran ini dilakukan untuk mengidentifikasi kemampuan penanganan filtrasi sebagai *pre-treatment* dalam reduksi bahan pencemar. Rancang pengolahan aliran air limbah pada pengolahan limbah dengan metode filtrasi ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain reaktor filtrasi

2.2.2 Metode Uji Sampel

Pada penelitian ini diperlukan metode dalam pengujian sampel yang akan diambil pra pengolahan hingga pasca pengolahan. Dalam hal ini parameter yang akan diuji meliputi nilai analisis TDS, TSS, pH, NO₃- (Nitrat), NO₂- (Nitrit), dan kadar logam berat Zn, Pb, Fe, Cu, Mn, dan BOD. Petunjuk teknis pengujian parameter sampel tersebut mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI).

3. Pembahasan

3.1 Rancang Bangun Alat

Perancangan dan pembuatan alat pengolah limbah cair laboratorium Biosain dimulai dengan tahap desain alat proses, dilanjutkan dengan pembuatan alat proses. Selanjutnya dilakukan pengujian alat dengan menggunakan sampel limbah cair hasil pengujian AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) di Laboratorium Biosain. Gambar 2 dan Tabel 1 di bawah ini menunjukkan hasil rancang bangun teknologi pengolahan limbah cair dengan sistem filtrasi di Laboratorium Biosain.



Gambar 2. Rancang bangun alat filtrasi di Laboratorium Biosain

Mekanisme kerja alat pengolah limbah cair laboratorium diatas adalah sebagai berikut:

1. Limbah cair hasil pengujian AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) ditampung dalam drum limbah sebelum di lakukan filtrasi. Ukuran volume drum limbah tersebut menyesuaikan dengan kapasitas volume limbah cair yang akan difiltrasi yaitu sebanyak 50 liter.
2. Untuk memindahkan cairan limbah dari drum limbah ke Tabung Filter 1

ditambahkan pompa air listrik sehingga cairan limbah terdorong melalui media pipa PVC dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung terus menerus. Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian hisap (suction) dan bagian tekan (discharge).

3. Tabung Fiter 1 (prefilter) berisi silica sand/pasir silika halus berkapasitas 25 kg yang berfungsi untuk menyaring partikel seperti lumut, debu, karat, kotoran dan endapan.
4. Tabung Fiter 2 berisi *manganese greensand* berkapasitas 25 kg yang berfungsi untuk menghilangkan kandungan besi (Fe^+) dan Mangan (Mn^+) yang menyebabkan air limbah berwarna coklat/hitam, berminyak dan berbau besi.
5. Pada bagian atas tabung Filter 1 dan Filter 2 dilengkapi *valve* yang berfungsi sebagai aliran air dalam proses filtrasi. Valve ini terdiri dari 3 aliran yang masing-masing fungsinya sebagai *fast rinse*, *filter* dan juga sebagai *backwash* dalam proses filtrasi.
6. Rangkaian akhir dari rancang bangun alat pengolah limbah cair laboratorium ini adalah drum penampungan hasil filtrasi yang dilengkapi kran untuk mengeluarkan cairan hasil filtrasi dan diharapkan dapat aman dibuang ke lingkungan.

Tabel 1. Tabel hasil uji coba rancang bangun alat filtrasi di Laboratorium Biosain

Uraian	Indikator	Hasil Rancangan	Keterangan
Pompa	Dapat menghisap air limbah laboratorium Biosain dari drum penampungan limbah cair AAS dan mendistribusikannya ke tabung filter	Pompa dapat menghisap air limbah laboratorium Biosain dari drum penampungan limbah cair AAS dan mendistribusikannya ke tabung filter dengan lancar	sesuai
Tabung Fiberglass	Dapat menampung media filtrasi dan air limbah	Tabung Fiberglass mampu menampung	sesuai

	yang akan diolah	media filtrasi dan air limbah laboratorium Biosain yang akan diolah dalam proses filtrasi	
Pipa PVC	Mampu menyalurkan/mendistribusikan air limbah laboratorium untuk difiltrasi	Pipa PVC mampu menyalurkan air limbah laboratorium dari pompa menuju ke tabung filter dan menyalurkan air limbah dari tabung filter ke drum penampungan hasil filtrasi	sesuai
Three Way Valve	Mampu bekerja sesuai dengan fungsinya. (backwash, filter, fast rinse)	Three Way Valve bekerja sesuai dengan fungsinya tanpa adanya kendala/macet. (Backwash, Filter, Fast Rinse)	sesuai

3.2 Pengujian Limbah Cair Hasil Filtrasi

Uji laboratorium untuk limbah cair sebelum dan sesudah pengolahan dalam alat filtrasi dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2. Tabel hasil uji laboratorium air limbah sebelum dan setelah di filtrasi

Parameter	Satuan	Hasil Uji	
		Sebelum di filtrasi	Setelah di filtrasi
Bau		Bau	Sedikit bau
Warna air		hitam keruh	bening
pH		4,300	6,210
BOD	mg/L	27,20	11,10
NO_3^- (Nitrat)	mg/L	393,28	nd
NO_2^- (Nitrit)	mg/L	68,496	9,985
TDS	mg/L	270	221
TSS	mg/L	750	250
Zn (Zink)	mg/L	2,2633	0,3097
Pb (Timbal)	mg/L	0,022	0,0052
Cu (Tembaga)	mg/L	0,0005	nd
Fe (Besi)	mg/L	1,4032	0,1043
Mn (Mangan)	mg/L	1,4538	0,0413



Standar pengujian kualitas air limbah yang merupakan hasil pengolahan pada kegiatan ini menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan pengujian skala laboratorium. Adapun parameter pengujian yang dianalisis yakni parameter uji fisika dan parameter uji kimia. Dari tabel 5.2 menunjukkan bahwa parameter uji pH, NO_3^- (Nitrat), NO_2^- (Nitrit), TDS, TSS, Zn (Zink), Pb (Timbal), Cu (Tembaga), Fe (Besi), Mn (Mangan) dan BOD yang telah diuji sesuai standar baku mutu yang sudah ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

Nilai pH merupakan karakteristik penting dari air limbah karena mempengaruhi reaksi-reaksi. Besar dan kecilnya nilai pH suatu limbah dipengaruhi oleh bahan-bahan kimia yang terkandung. Karena itu pH air limbah akan berbeda-beda sesuai kandungan senyawa kimianya. Pengolahan air limbah, dapat berjalan dengan baik jika dilakukan pada pH yang tepat. Air murni bersifat netral, dengan pH-nya pada suhu 25 °C ditetapkan sebagai 7,0. Larutan dengan pH kurang daripada tujuh disebut bersifat asam, dan larutan dengan pH lebih daripada tujuh dikatakan bersifat basa atau alkali. Jika dilihat dari hasil pengukuran pH awal sebelum dilakukan pengolahan air limbah dengan metode filtrasi pada Tabel 2, nilai pH berada pada nilai asam yaitu 4,3 namun setelah perlakuan filtrasi, pH air tersebut sebesar 6,21 yang menunjukkan bahwa pH sesuai standar baku mutu yang sudah ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 yaitu kisaran range pH 6 - 9.

Perubahan nilai pH yang tidak terlalu jauh dari sebelum dan setelah dilakukan filtrasi ini diduga karena terlalu tingginya kandungan organik yang terdapat pada air limbah Laboratorium Biosain sehingga setelah dilakukan pengukuran air limbah tersebut tidak mengalami kenaikan nilai pH menjadi 7 (netral). Ristiana, dkk (2009) dalam penelitiannya menjelaskan hasil pengukuran pH sebelum dan sesudah perlakuan dengan menggunakan media zeolit dan karbon aktif tidak mempengaruhi perubahan nilai pH juga. Maka dari hal ini menunjukkan bahwa perlakuan tidak mempengaruhi nilai pH pada air.

TSS (*Total Suspended Solid*) merupakan materi atau bahan tersuspensi didalam air. Bahan yang tersuspensi terdiri dari lumpur, pasir halus serta jasad- jasad renik (Sahara,dkk. 2017). TSS merupakan salah satu faktor penting menurunnya kualitas perairan sehingga menyebabkan perubahan secara fisika, kimia dan biologi. Perubahan secara fisika meliputi penambahan zat padat baik bahan organik maupun anorganik ke dalam perairan sehingga meningkatkan kekeruhan yang selanjutnya akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke badan air. TSS sangat berguna dalam analisis limbah atau perairan yang tercemar serta dapat digunakan untuk mengevaluasi mutu air, maupun menentukan efisiensi unit pengolahan. Hasil uji TSS pada Tabel 2, menunjukkan sebelum dilakukan pengolahan filtrasi sangat tinggi sebesar 750 mg/L namun setelah dilakukan pengolahan dengan sistem filtrasi nilai TSS mengalami penurunan menjadi 250 mg/L yang menyatakan sesuai dengan baku mutu yang sudah ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 dengan kadar maksimal untuk Golongan II sebesar 400 mg/L. Kadar TSS biasanya berbanding lurus dengan kadar kekeruhan. Menurut Dewi & Buchori (2016) semakin tinggi kadar padatan tersuspensi, maka kadar kekeruhan juga akan semakin tinggi.

TDS adalah jumlah padatan terlarut terdiri dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang larut dalam air, mineral dan garam. Mengukur TDS adalah langkah penting untuk menilai kesesuaian air untuk penggunaan tertentu, dan juga bisa menjadi indikasi adanya polusi kimia dalam sumber air. Pada Tabel 2 nilai TDS air limbah berada pada nilai 270 mg/L namun setelah dilakukan pengolahan limbah dengan metode filtrasi, nilai TDS mengalami penurunan menjadi 221 mg/L yang menunjukkan bahwa TDS sesuai standar baku mutu yang sudah ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 dengan nilai maksimal TDS sebesar 4000 mg/L untuk Golongan II.

Keberadaan senyawa nitrogen dalam perairan dengan kadar yang berlebihan dapat menimbulkan permasalahan pencemaran. Di perairan, nitrogen dapat berupa nitrogen anorganik dan organik yaitu senyawa Nitrat (N-

NO₃) dan Nitrit (N-NO₂). Hasil uji Nitrat (N-NO₃) pada Tabel 2 menunjukkan sebelum dilakukan pengolahan filtrasi tinggi sebesar 393,28 mg/L namun setelah dilakukan pengolahan dengan sistem filtrasi Nitrat (N-NO₃) mengalami penurunan yang menyatakan sesuai dengan baku mutu yang sudah ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 dengan kadar maksimal Nitrat (N-NO₃) untuk Golongan II sebesar 30 mg/L. Sedangkan hasil uji Nitrit (N-NO₂) ditunjukkan pada Tabel 2 sebelum dilakukan pengolahan filtrasi sangat tinggi sebesar 68,496 mg/L namun setelah dilakukan pengolahan dengan sistem filtrasi kadar Nitrit (N-NO₂) mengalami penurunan sebesar 9,985 mg/L namun nilai tersebut tidak memenuhi standart baku mutu yang sudah ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 dengan kadar maksimal Nitrit (N-NO₂) untuk Golongan II sebesar 3 mg/L disebabkan karena adanya proses nitrifikasi oleh bakteri nitrosomonas dan dalam proses pengolahan limbah tersebut belum dilengkapi dengan sistem ultrafiltrasi untuk memfilter mikroorganisme.

Logam berat Zn, Pb, Cu, Fe dan Mn tergolong polutan yang berbahaya, sehingga perlu dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan (Anonim, 1999 dan Wentz, 1995). Filtrasi digunakan untuk pemisahan senyawa kimia padat dan cair dimana cairan melewati media porous untuk memindahkan padatan tersuspensi halus. Proses filtrasi pada air limbah menggunakan media pasir silika dan *manganese greensand* dapat digunakan untuk menghilangkan logam berat seperti Pb, Cd, Cu, dan Cr. Dari hasil pengujian laboratorium pada Tabel 2 kandungan logam berat air limbah mengalami penurunan setelah dilakukan filtrasi dengan tabung filter 1 dan tabung filter 2 dengan efektifitas penurunan Zn sebesar 86,32 %, Pb sebesar 76,36 %, Cu sebesar 100 %, Fe sebesar 92,57 % dan Mn sebesar 97,16 % dan penurunan logam tersebut memenuhi baku mutu yang sudah ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa hasil rancang bangun

teknologi pengolahan limbah cair dengan sistem filtrasi di Laboratorium Biosain bekerja cukup efektif, di tandai dengan perubahan pH limbah dari 4,3 menjadi 6,2 mendekati pH normal dan warna limbah yang semula berwarna hitam keruh berubah menjadi bening. Media filter dalam tabung filter rancang bangun alat tersebut yang mengandung pasir silika dan *manganese greensand* juga efektif dalam menurunkan kadar parameter senyawa Nitrat (N-NO₃) dan Nitrit (N-NO₂), TDS, TSS, serta kandungan logam dengan efektifitas penurunan cemaran logam Zn sebesar 86,32 %, Pb sebesar 76,36 %, Cu sebesar 100 %, Fe sebesar 92,57 % dan Mn sebesar 97,16 % sehingga memenuhi baku mutu yang sudah ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014.

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Politeknik Negeri Jember atas kesempatan pendanaan yang diberikan kepada peneliti melalui dana DIPA Politeknik Negeri Jember SP DIPA-023.18.2.677607/2024 Tahun Anggaran 2024

6. Daftar Pustaka

- Anonim. (1999). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor: 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Jakarta
- Artiyani, A. & Firmansyah, N. H. (2016). Kemampuan Filtrasi Upflow Pengolahan Filtrasi Upflow dengan Media Pasir Zeolit dan Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Fosfat dan Deterjen Air Limbah Domestik. Jurnal Industri Inovatif, 6(1), 8-9
- Dewi, Y. S., & Buchori, Y. (2016). Penurunan Cod, Tss, Pada Penyaringan Air Limbah Tahu Menggunakan Media Kombinasi Pasir Kuarsa, Karbon Aktif, Sekam Padi, dan Zeolit. Jurnal Ilmiah Satya Negara Indonesia, 9(1), 74-80.
- Ida, N. C., Sariono, H., & Widyawatinigrum, E. (2024). Pemanfaatan Mikroba *Saccharomyces cerevisiae* Sebagai Biosorpsi Logam Berat Timbal (Pb) Pada Limbah Pengujian AAS (Atomic



Absorption Spectrometry) Di
Laboratorium Biosain. *Jurnal
Pengembangan Potensi Laboratorium*,
3(1),35–39.

<https://doi.org/10.25047/plp.v3i1.4660>

Rahmawati, P. (2014). Pengelolaan Metode
IPAL dalam Mengatasi Pencemaran Air
Tanah dan Air Sungai. *Naskah Publikasi*.
Surakarta : Universitas Muhammadiyah
Surakarta.

Ristiana, N., D. Astuti., dan T.P Kurniawan.
(2009). Keefektifan Ketebalan
Kombinasi Zeolit dengan Arang Aktif
dalam Menurunkan Kadar Kesadahan Air
Sumur di Karangtengah Weru Kabupaten
Sukoharjo. *Jurnal Kesehatan* 2: 91-102

Sahara, E., Manuaba, I. B. P., dan Dahliani, N.
K. (2017). Pembuatan dan Karakteristik
Arang Aktif dari Batang Tanaman
Gumitir (*Tagetes erecta*) dengan
Aktivator NaOH, *Jurnal Kimia [Journal
of Chemistry]*, 11 (2) : 174-180.

Sandi, D. H., (2018). Pengaruh Penggunaan Pasir
Silika Sebelum Dan Sesudah Diaktivasi
Fisik Terhadap Presentasi Mesin Dan
Emisi Gas Buang sepeda Motor Bensin 4-
Langkah [Skripsi]. Bandar Lampung:
Universitas Lampung.

Silaban, T. F., Santoso, L., & Suparmono.
(2012). Dalam Peningkatan Kinerja Filter
Air Untuk Menurunkan Konsentrasi
Amonia Pada Pemeliharaan Ikan Mas
(*Cyprinus carpio*). *Jurnal Rekayasa dan
Teknologi Budidaya Perairan*, 1(1), 48.

Sembiring M., Sinaga T. 2003. Arang Aktif
(Pengenalan dan Proses Pembuatannya).
USU Digital Library. Sumatera Utara.

Wentz, C.A. (1995). Hazardous Waste
Management, Edition 2nd. Singapore:
McGraw Hill Book Company

