

STABILISASI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR LABORATORIUM MENGHASILKAN AIR RAMAH LINGKUNGAN

Estianingrum

UPT Laboratorium, Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta estianingrum1598@gmail.com

Abstract

Laboratory is one of the supporting facilities for educational and research activities in higher education institutions. Laboratory wastewater generally has a very low acidity level (pH), which means it is very acidic. Stabilization is the reduction or elimination of the hazard level of liquid waste, which can be carried out through physical, chemical, and biological methods. The aim of this research is to study the design and construction of a wastewater treatment device using a combination method. This research was conducted in a laboratory-scale batch as a reference basis for the initial steps in managing liquid waste from the clinical chemistry laboratory at 'Aisyiyah University Yogyakarta. This research method uses materials including: alum, Bioball, zeolite, gravel, activated charcoal, sand, catfish, wood ash, and laboratory liquid waste. The tools used include: acrylic, PVC pipe, wood glue, and plywood. Stabilization of liquid waste using a combination method can be applied to the treatment of laboratory liquid waste, characterized by the percentage reduction in the levels of organic and inorganic substances, including: COD (Chemical Oxygen Demand), Pb (Lead), Fe (Iron), BOD (Biological Oxygen Demand), TSS (Total Suspended Solids), Cu (Copper), Cd. (Compact Disc). Laboratory waste that meets wastewater quality standards can be disposed of into the surrounding environment.

Abstrak

Laboratorium merupakan salah satu sarana penunjang kegiatan pendidikan dan penelitian di perguruan tinggi. Limbah cair laboratorium umumnya memiliki derajat keasaman (pH) yang sangat rendah, yang artinya sangat asam. Stabilisasi merupakan pengurangan atau penghilangan tingkat bahaya dari limbah cair yang dapat dilakukan secara fisika, kimia, dan biologi. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pembuatan/rancang bangun alat pengolahan limbah cair menggunakan metode kombinasi. Penelitian ini dilakukan secara batch skala laboratorium sebagai dasar rujukan langkah awal pengelolaan limbah cair laboratorium kimia klinik Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta. Metode penelitian ini menggunakan bahan-bahan antara lain: tawas, bioball, zeoli, batu kerikil, arang aktif, pasir, ikan sapu-sapu, kayu apu dan limbah cair laboratorium. Alat-alat yang digunakan antara lain: Akrilik, pralon, lem kayu, triplek kayu. Stabilisasi limbah cair menggunakan metode kaminasi yaitu dapat diterapkan pada pengolahan limbah cair laboratorium, ditandai dengan persentase penurunan kadar zat organik dan anorganik meliputi : COD (Chemical Oxygen Demand), Pb (Timbal), Fe (Besi), BOD (Biologycal Oxygen Demand), TSS (Total Suspended Solid), Cu (Tembaga), Cd (Compact Disc). Limbah laboratorium yang memenuhi baku mutu air limbah dapat dibuang ke lingkungan Sekitar.

Kata Kunci : Stabilisasi, COD, Pb, Fe, BOD, TSS, Cu, Cd.

A. PENDAHULUAN

Laboratorium merupakan salah satu sarana penunjang kegiatan pendidikan dan penelitian di perguruan tinggi. Aktivitas laboratorium dapat menghasilkan air limbah yang dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran pada lingkungan. Limbah laboratorium dari sisa bahan-bahan kimia yang digunakan saat praktikum dan penelitian yang sudah tidak digunakan lagi atau telah kadaluarsa menurut tanggal produksinya, bahan habis pakai yang pecah atau rusak, sisa sampel, sisa reagen reaksi kimia, bahkan air bekas mencuci peralatan setelah praktikum. Hal ini mengakibatkan limbah yang dihasilkan cukup banyak jumlahnya dan bervariasi tergantung aktivitas yang ada pada limbah laboratorium tersebut (Niken, 2017).

Limbah cair laboratorium umumnya memiliki derajat keasaman (pH) yang sangat rendah, yang artinya sangat asam. Limbah yang sangat asam jika langsung dibuang ke lingkungan dapat merusak jaringan hidup yang dilaluinya, karena asam bersifat korosif, sehingga diperlukan proses pengolahan yang efektif sebelum dapat membuang limbah cair ke perairan bebas. Sejauh ini, limbah laboratorium khususnya dari Lembaga Pendidikan langsung dibuang atau hanya ditampung pada wadah tertutup. Limbah laboratorium mengandung banyak bahan organik dan anorganik (Audiana dkk., 2017). Kandungan zat organik dan anorganik yang terkandung dalam limbah laboratorium harus memenuhi baku mutu air limbah untuk dapat dibuang ke lingkungan. Banyaknya senyawa organik dan anorganik yang ada di dalam air limbah laboratorium jika langsung dibuang ke lingkungan dapat merusak lingkungan seperti rusaknya struktur tanah, terganggunya keseimbangan ekosistem, serta dapat menyebabkan gangguan kesehatan (Fajri, 2018). Kandungan organik meliputi COD, BOD, DO, TSS, dan TDS, sedangkan kandungan anorganik dapat berupa kandungan nutrisi seperti Sulfat, Nitrat, Nitrit, Amoniak dan Fosfat dan logam berat seperti logam Hg, Cr, Zn, Fe, Cd, Pb, Cu, dan logam-logam berat lainnya (Angraini, 2022).

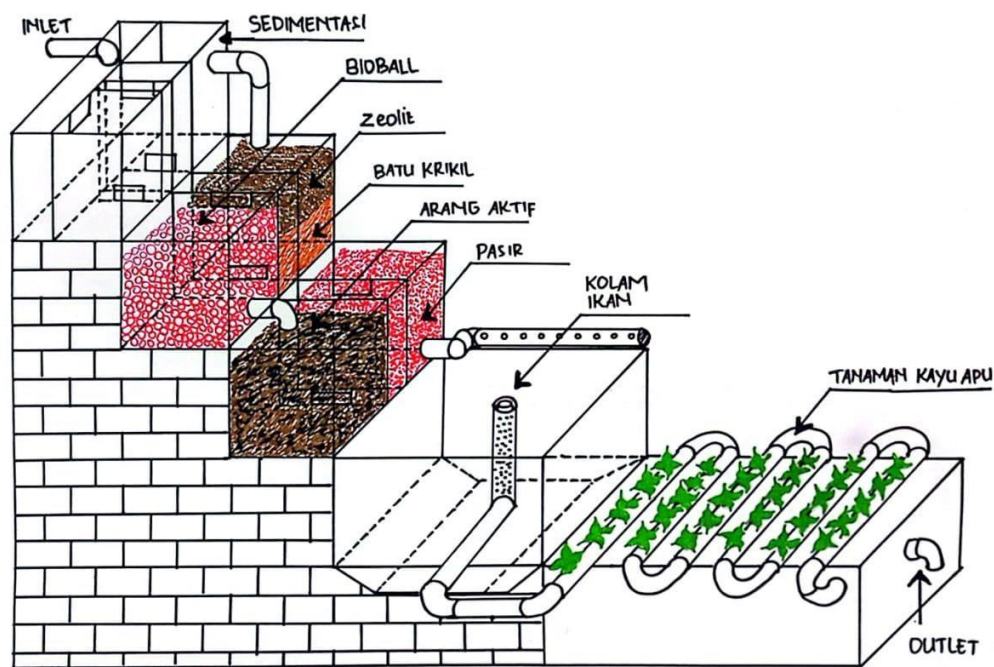
Limbah cair di laboratorium kimia klinik Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta merupakan sisa bahan kimia dan darah yang bersifat asam dan basa. Limbah ini ditampung dalam suatu wadah jerigen dan belum diolah. Untuk melakukan pengolahan limbah cair, Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta mengangkut limbah cair ke penampungan dan pengolahan oleh pihak ketiga yang mengantongi izin pengelolaan limbah cair. Dalam praktiknya, proses pengangkutan limbah cair ini mengalami beberapa permasalahan, diantaranya adalah jarak angkutan dari sumber limbah ke pihak pengelola yang cukup jauh, hal ini mengakibatkan limbah cair laboratorium yang semakin menumpukan. Kendala ini mendorong untuk membuat pengelolaan limbah cair sederhana ramah lingkungan. Pengolahan limbah yang berwujud cair dapat dilakukan

dengan cara stabilisasi. Stabilisasi merupakan pengurangan atau penghilangan tingkat bahaya dari limbah cair yang dapat dilakukan secara fisika, kimia, dan biologi. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pembuatan/rancang bangun alat pengolahan limbah cair menggunakan metode kombinasi. Penelitian ini dilakukan secara batch skala laboratorium sebagai dasar rujukan langkah awal pengelolaan limbah cair laboratorium kimia klinik Universitas ‘Aisyiyah Yogyakarta.

B. METODE

Metode penelitian ini menggunakan bahan-bahan antara lain: tawas, Bioball, zeoli, batu kerikil, arang aktif, pasir, ikan sapu-sapu, kayu apu dan limbah cair laboratorium. Alat-alat yang digunakan antara lain: Akrilik, pralon, lem kayu, triplek kayu.

Pembuatan alat pengolahan stabilitasi limbah cair menggunakan metode kombinasi alat pengolahan limbah



Pembuatan atau rancangan bangun alat pengolahan limbah cair ini bersekala laboratorium. Alat ini menggunakan bahan kayu, triplek kayu, akrilik, lem kayu, dan pralon yang dirancang seperti tanjakan anak tangga. Bahan penyusun alat ini memiliki tingkatan, tingkatan pertama adalah bagian limbah dalam proses pengendapan, yang kedua adalah bahan untuk filtrasi

adsorpsi yaitu bioball, zeolite, batu krikil, arang aktif, dan pasir. Bagian ke tiga yaitu tempat penampungan hasil filtrasi limbah yang akan digunakan sebagai tempat ikan sapu-sapu, dan bagian terakhir adalah saluran untuk pertembuhan kayu apu.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Limbah yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah limbah Laboratorium Kimia Klinik Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta. Limbah tersebut merupakan hasil buangan yang ditampung dari berbagai macam aktivitas praktikum yang dilakukan di Laboratorium. Pengolahan limbah yang berwujud cair dapat dilakukan dengan cara stabilisasi. Stabilisasi dapat pengurangan atau penghilangan tingkat bahaya dari limbah cair yang dapat dilakukan secara fisika, kimia, dan biologi. Contoh dari stabilisasi secara fisika dan kimia yang umum digunakan adalah sedimentasi, flotasi, filtrasi, netralisasi, presipitasi, pertukaran ion, dan koagulasi-flokulasi. Sedangkan secara biologi dapat dilakukan menggunakan hewan maupun tumbuhan.

Penerapan penanganan limbah cair secara fisika dan kimia yang digunakan adalah metode sedimentasi menggunakan tawas, metode filtrasi adsorpsi menggunakan bioball, zeolit, krikil, arang aktif, pasir. Sedangkan secara biologi menggunakan ikan sapu-sapu, kerang air tawar dan kayu apu. Stabilisasi yang digunakan dalam penanganan limbah cair laboratorium dengan menggunakan semua metode yaitu secara fisika, kimia, dan biologi, maka dari itu pembuatan alat penanganan limbah dibuat seperti tanjakan supaya dapat mengamati proses menggunakan satu alat.

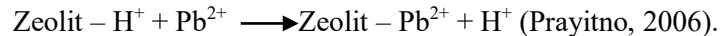
Stabilisasi limbah cair yang pertama dilakukan adalah dengan cara sedimentasi menggunakan tawas. Tawas dapat mengurangi zat-zat tersuspensi yang terdapat dalam limbah, baik bahan kimia organik maupun anorganik. Dengan terjadinya penurunan bahan kimia organik maupun anorganik tersebutlah yang kemudian menurunkan nilai COD pada limbah (Aziz, 2013). Hal ini disebabkan tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) yang ditambahkan ke dalam air, kation Al pada tawas akan mengalami reaksi hidrolisis untuk membentuk spesies Al terlarut atau endapan aluminium hidroksida. Spesies Al terlarut yang terbentuk berupa monomer dan beberapa diantaranya bermuatan positif yang dapat menetralkan partikel koloid yang bermuatan negatif. Kandungan organik yang bersifat negatif cenderung teradsorpsi dan terperangkap dalam endapan aluminium hidroksida (Sutapa, 2014). Hal ini yang menyebabkan nilai COD pada limbah menjadi turun. Penambahan tawas pada proses koagulasi menyebabkan pH limbah menjadi lebih asam, dimana pH awal limbah 3,16 menjadi 1,82. Hal ini dikarenakan tawas yang apabila dilarutkan dalam air

akan melepaskan lebih banyak H^+ yang menyebabkan pH limbah semakin menurun (Aziz, dkk. 2013). Adapun reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



Penurunan pH yang terjadi dapat mempengaruhi kinerja dari tawas dalam menurunkan partikel-partikel pencemar yang terdapat pada limbah. Tawas dapat bekerja secara optimal pada pH 6-7,8 (Nurlina, dkk. 2015). pH limbah laboratorium yang asam menyebabkan tawas tidak bisa bekerja secara optimal. Oleh karena itu nilai COD, logam Fe, serta logam Pb masih berada di atas baku mutu yang telah ditentukan.

Proses adsorpsi menggunakan zeolit dan karbon aktif berfungsi untuk menurunkan ion logam Pb^{2+} yang terdapat pada limbah. Penurunan ion logam Pb^{2+} dengan proses adsorpsi terjadi karena zeolit dapat berperan sebagai penjerap/adsorben. Zeolit yang diaktivasi bersifat dehidrasi dan akan memiliki pori-pori yang terbuka. Semakin luas pori-pori zeolit maka akan semakin banyak adsorbat yang teradsorpsi (Azamia, 2012). Pada proses penjerapan menggunakan zeolit, ion logam Pb^{2+} yang terdapat pada limbah terjerap oleh pori permukaan zeolit dan bersubstitusi dengan kation H^+ yang terdapat pada permukaan zeolit seperti pada reaksi berikut ini.



Dari reaksi tersebut dapat dilihat bahwa terjadi pertukaran ion antara ion logam Pb^{2+} dengan kation H^+ yang menyebabkan ion logam Pb^{2+} terperangkap di dalam pori zeolit. Hal ini dikarenakan permukaan silika (SiO_2) mempunyai afinitas yang tinggi terhadap ion logam Pb^{2+} . Ion pusat silika (Si^{4+}) mempunyai afinitas yang kuat terhadap elektron (mudah menangkap elektron). Atom oksigen yang berikatan dengan ion silika yang mempunyai sifat kebasahan yang rendah dan membuat permukaan silika bersifat asam lemah. Atom oksigen pada permukaan silika bebas bereaksi dengan air membentuk grup silanol ($SiOH$). Bentuk oksida yang lain juga bebas bereaksi dengan air membentuk hidroksida. Ion H^+ pada bentuk hidroksida akan melemah dan mudah lepas dan mengakibatkan ion logam Pb^{2+} akan terikat dan teradsorpsi secara kuat (Setiaka, dkk. 2010). Hal ini yang menyebabkan kadar Pb pada limbah menjadi turun. Sedangkan kation H^+ yang terdapat pada permukaan zeolit terlepas dan menyebabkan pH limbah menjadi asam.

Berdasarkan penelitian sebelumnya pengolahan limbah percetakan dengan menggunakan zeolit alam teraktivasi mampu menurunkan kadar timbal pada limbah sebesar 52%, sedangkan pada penelitian ini penurunan logam Pb lebih besar yaitu 71,13%. Hal ini dikarenakan waktu kontak limbah dengan adsorben pada penelitian terdahulu lebih singkat dibandingkan

penelitian ini yaitu selama 60 menit, sedangkan pada penelitian ini waktu kontak yang digunakan 24 jam. Lamanya waktu kontak limbah dengan adsorben pada penelitian ini mengakibatkan penurunan ion logam Pb menjadi besar, karena suatu adsorben memerlukan waktu untuk mencapai kesetimbangan dalam menyerap beban pencemar (iswanto, 2016).

Selain zeolit, adsorben yang digunakan dalam proses adsorpsi pada pengolahan limbah Laboratorium adalah karbon aktif. Karbon aktif yang diaktivasi secara fisik yaitu dengan pencucian dan pemanasan mempunyai pori-pori yang terbuka dan memiliki rongga, dimana rongga tersebut mampu menyerap sejumlah molekul-molekul yang ukurannya lebih kecil atau sama dengan ukuran rongga karbon aktif tersebut (Khimayah, 2015). Proses adsorpsi yang terjadi pada karbon aktif yaitu proses adsorpsi secara fisika, dimana proses penyerapan ion logam Fe^{2+} terjadi pada permukaan karbon aktif. Dengan adanya gaya *Van Der Waals* pada pori-pori karbon aktif maka partikel pencemar yang terdapat pada limbah tertarik dan terperangkap pada pori-pori karbon aktif sehingga ion logam Fe^{2+} pada limbah menjadi berkurang (Hendra, 2008).

Kerikil merupakan batuan kecil yang berasal dari sebuah batu yang berukuran besar, tetapi hancur karena reaksi alam, atau biasa disebut pelapukan yang terjadi karena perubahan suhu alam yang mendadak atau lumutan. Kerikil memiliki fungsi sebagai penyaring partikel kasar yang ada dalam air limbah, ukurannya lebih besar dari pada pasir. Fungsi kerikil pada filter yaitu sebagai celah atau ruang kosong agar air dapat melalui lubang bawah. Pasir silika merupakan hasil dari pelapukan bebatuan yang mengandung mineral utama seperti kuarsa dan feldspar. Kegunaan Pasir silika adalah untuk menghilangkan sifat fisik air, seperti kekeruhan/air berlumpur dan menghilangkan bau pada air. Pada umumnya pasir silika digunakan pada tahap awal sebagai saringan dalam pengolahan air kotor menjadi air bersih. Pada saringan tahap awal biasanya menggunakan media filter pasir silika yang berfungsi untuk menghilangkan sifat fisik air, seperti kekeruhan dan bau dengan cara memisahkan polutan padat tersuspensi dalam air. Semakin tebal pasir semakin mampu memberikan hasil kejernihan yang maksimal karena dapat mereduksi pengotor lebih tinggi (Handarsari, dkk., 2017).

Media *bioball* digunakan dengan tujuan untuk tempat melekatnya dan mengembangbiakkan mikroorganisme. Keuntungan dari media ini adalah luas permukaannya besar dibandingkan media biofilter lainnya yaitu 200-240 m^2 , pemasangannya mudah dan mudah didapatkan, ringan dan mudah dicuci ulang. Bioball yang berbentuk bola dengan diameter 3 cm (paling kecil) yang dapat meminimalkan terjadinya *clogging* (tersumbat) (Pramita, 2020). Ketika mikroorganisme sudah cukup stabil, maka biomassa dari bakteri akan tumbuh secara berkala sehingga lapisan pada biofilm yang awalnya tipis akan menjadi tebal. Kondisi ini membuat difusi

makanan dan oksigen akan semakin sedikit sehingga hanya bakteri yang diluar saja yang bekerja secara maksimal. Akibatnya, mikroorganisme pada bagian dalam akan mengalami tahap respirasi endogeneous, atau bakteri lapar sehingga untuk mempertahankan hidup, bakteri memanfaatkan sitoplasmanya. Oleh karena itu, mikroorganisme dapat kehilangan kemampuannya untuk bertahan (menempel) pada bioball dan terlepas dari biofilter. Media bio-ball ini merupakan proses pengolahan air limbah dengan proses biakan melekat menggunakan media bio-ball untuk tempat berkembang biaknya mikroba pengurai polutan organik. Teknologi ini merupakan salah satu teknologi pengolahan air limbah domestik yang cukup handal, biaya operasional murah dan perawatannya mudah (Dewi, 2019). Oleh karena itu, bisa meminimalisir pengolahan limbah yang mempunyai nilai parameter tinggi atau efisiensi pengolahannya yang besa, pengolahan ini termasuk pengolahan yang mudah pengoperasiannya, hemat energi dan sederhana. Upaya ini juga dapat digunakan untuk air limbah yang memiliki nilai parameter BOD yang cukup tinggi serta dapat menghilangkan padatan tersuspensi (TSS) dengan baik. (Said, 2017).

Perbaikan kualitas air dapat dilakukan dengan cara memanfaatkan filter baik secara mekanik, kimia, dan biologi. Filter biologi adalah filter alami dengan memanfaatkan hewan air salah satunya adalah kerang/kijing sebagai filter feeder dan dikombinasikan dengan sistem resirkulasi sehingga efisien dalam penggunaan air (Rahayu dkk., 2013). Kijing hidup di dasar perairan dan makan dengan cara menyaring makanan yang ada di dalam perairan, sehingga polutan yang ada di dalam air akan terserap oleh kijing. Keberadaan kijing sangat penting pada suatu perairan, khususnya perairan tawar. Kijing adalah salah satu komponen penting dalam sistem purifikasi alami di perairan (Suwignyo dkk., 2005).

Kijing Lokal (*Pilsbryoconcha exilis*) dikenal sebagai filter feeder, daya tahan hidupnya yang tinggi dan dalam jumlah yang banyak dapat dimanfaatkan untuk mengatasi pencemaran perairan akibat polutan termasuk logam berat dengan demikian hewan ini dapat membantu dalam usaha penjernihan air, kijing air tawar dapat memanfaatkan sisa makanan yang tidak sempat dimakan ikan serta dapat sebagai biofilter. Kijing lokal memiliki kemampuan sebagai biofilter terhadap logam kadmium (Cd) dengan konsentrasi 3 ppm dan memiliki tingkat kelangsungan hidup yang tertinggi pada perlakuan dengan jumlah kijing 15 ekor. Oleh karena itu terdapat potensi kijing lokal berfungsi sebagai biofilter terhadap limbah Arsen dalam suatu perairan. Salah satu jenis ikan yang mampu hidup di perairan tercemar adalah ikan sapu-sapu (*Hypostomus plecostomus*). Spesies ini mempunyai kelimpahan yang tinggi pada sungai-sungai dengan kadar pH 6,2 – 8,3 dan pada sungai-sungai yang tercemar logam berat seperti tembaga (Cu), Kadmium (Cd), dan Timbal (Pb) (Rahayu, 2017).

Kayu apu (*Pistia stratiotes*) adalah salah satu tanaman fitoremediator dan memiliki kemampuan untuk mengolah mendegradasi limbah, senyawa organik atau anorganik dan logam berat. Tumbuhan ini dapat dimanfaatkan sebagai fitoremediator bagi limbah cair karena memiliki kemampuan dalam menurunkan nilai parameter BOD, COD, dan warna yang terkandung dalam limbah cair. Kayu apu (*Pistia stratiotes*) sebagai tumbuhan air karena memiliki potensi dalam penurunan pencemaran air limbah. Akar tanaman dari tanaman kayu apu adalah akar serabut, yang pada lapisan atas perairan akan terjurai dan sangat mampu dalam menyerap bahan-bahan yang terlarut pada bagian itu. Tanaman kayu kapu sama halnya dengan tumbuhan air lainnya karena dapat berperan aktif menghasilkan oksigen pada sistem perairan. Menurut Fitriana (2018), hal ini dapat terjadi karena adanya lubang-lubang saluran udara yang terbentuk dari ruang antar sel yang dimiliki oleh tanaman air yang berfungsi sebagai penyimpanan oksigen bebas.

D. KESIMPULAN

Stabilisasi limbah cair menggunakan metode kombinasi yaitu sedimentasi, filtrasi adsorpsi, biofilter dan fitoremediasi dapat diterapkan pada pengolahan limbah cair laboratorium, ditandai dengan persentase penurunan kadar zat organik dan anorganik meliputi : COD (Chemical Oxygen Demand), Pb (Timbal), Fe (Besi), BOD (Biological Oxygen Demand), TSS (Total Suspended Solid), Cu (Tembaga), Cd (Compact Disc). Limbah laboratorium yang memenuhi baku mutu air limbah dapat dibuang ke lingkungan Sekitar.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Anggarini, N. H., Stefanus, M., & Prihatiningsih, P. (2014). Pengelolaan dan Karakterisasi Limbah B3 di Pair berdasarkan Potensi Bahaya. Jurnal Beta Gamma, 5(1), 41–49.
- Audina, M., Apriani, I., & Kadaria, U. (2017). Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Teknik Lingkungan dengan Koagulasi dan Adsorpsi untuk Menurunkan COD, Fe, dan Pb. Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.26418/jtllb.v5i1.18012>
- Azamia, Mia, 2012 Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Kimia Dalam Penurunan Kadar Organik Serta Logam Berat, Fe, Mn, Cr, Dengan Metode Koagulasi dan Adsorpsi, Skripsi Sarjana, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, Jakarta
- Aziz, T, Pratiwi, Y, Dwi, Rethiana, L. 2013. “Pengaruh Penambahan Tawas ($Al_2(SO_4)_3$ dan Kaporit $Ca(OCl)_2$ Terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Air Sungai Lambidaro”. Universitas Sriwijaya. Palembang.

- Fajri, A. 2018. Pengolahan Limbah Laboratorium Kimia dengan Sistem Penyaringan Sederhana. *Journal of Sainstek*.
- Hendra, R. 2008. "Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Batubara Indonesia Dengan Metode Aktivasi Fisika Dan Karakteristiknya". Departemen Teknik Mesin. UI. Jakarta.
- Iswanto, W.N.A.; Moelyaningrum, A.D.; dan Pujiati, R.S. 2016. "Penurunan Kadar Logam Timbal Pada Limbah Cair Percetakan Dengan Zeolit Alam Teraktivasi (Studi Pada Limbah Cair Percetakan X Jember)". Jember.
- Khimayah. 2015. "Variasi Diameter Zeolit Untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali". Universitas Diponegoro. Semarang.
- Nurlina.; Zahra, T.A.; Gusrizal; dan Kartika, I.D. 2015. "Efektivitas Penggunaan Tawas Dan Karbon Aktif Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu".
Prosiding SEMIRATA 2015 Bidang MIPA BKS-PTN Barat. Hal. 690699. Universitas Tanjungpura. Pontianak.
- Setiaka, J; Ulfir, I; dan Widiastuti, N. 2010. ^Adsorpsi Ion Logam Cu (II) Dalam Larutan Pada Abu Dasar Batu Bara Menggunakan Metode Kolom_. Prosiding Kimia FMIPA. ITS. Surabaya.
- Sutapa, I.D.A. 2014. "Perbandingan Efisiensi Koagulan Poli Alumunium Khlorida Dan Alumunium Sulfat Dalam Menurunkan Turbiditas Air Gambut Dari Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah". *Ris. Geo. Tam* Vol. 24, No. 1 (12-21). Bogor.