

Pemanfaatan Kombinasi Sistem *Slow Sand Filter* dan *Constructed Wetland* dengan Menggunakan Melati Air (*Echinodorus palaeifolius*) dalam Pengolahan Limbah Cair di Bank Sampah Toli- Toli Mandiri

Utilization of a Combination of Slow Sand Filter and Constructed Wetland Systems Using Water Jasmine (Echinodorus palaeifolius) in Liquid Waste Treatment at Toli-Toli Mandiri Waste Bank

Junior Runtulalo¹, Haryati Bawole Sutanto^{1*}, dan Guruh Prihatmo¹

¹Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta, Indonesia

Abstrak

Keberadaan Bank Sampah Toli-Toli Mandiri (BSTM) telah menjadi fasilitas pengolahan sampah bagi masyarakat Toli-Toli dan sekitarnya. Proses pengolahan sampah di tempat ini meliputi pengumpulan, pemilahan dan konversi sampah. Lokasi BSTM berdekatan dengan sungai Kalangkangan yang menerima luaran langsung berwujud limbah cair dari BSTM. Pengolahan limbah cair berupa lindi potensial dilakukan menggunakan sistem filtrasi dan sistem *constructed wetland* yang dapat membantu menurunkan kontaminan berupa padatan tersuspensi dan patogen, serta menurunkan ragam kadar parameter kimia limbah cair. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari tingkat efektivitas dari kombinasi sistem *slow sand filter* dan *constructed wetland sub-surface flow* (CW-SSF) yang menggunakan tanaman melati air (*Echinodorus palaeifolius*) dalam pengolahan limbah cair di Bank Sampah Toli-Toli Mandiri. Pengolahan limbah cair dimulai dengan pembuatan reaktor dengan desain yang terdiri dari sistem *slow sand filter* menggunakan pasir halus dan sistem *constructed wetlands* menggunakan *Echinodorus palaeifolius*, tanah sawah, serta batu kerikil yang berukuran, 1 – 3 mm, 5 – 10 mm, 15 – 30 mm. Efisiensi penurunan parameter limbah cair BSTM setelah pengolahan dengan kombinasi sistem *slow sand filter* dan *constructed wetland* meliputi nilai COD 7,74%, TDS 62,56%, TSS 98,28%, dan fosfat 23,30%. Penggunaan sistem filtrasi *slow sand filter* dan *constructed wetland* dapat menghasilkan penurunan polutan limbah cair.

Kata kunci: Bank Sampah Toli-Toli Mandiri, limbah cair, *slow sand filter*, *constructed wetlands*, melati air.

Abstract

The presence of Bank Sampah Toli-Toli Mandiri (BSTM) has provided waste management facilities for the community of Toli-Toli and its surroundings. The waste processing at this location encompasses collection, sorting, and waste conversion. The BSTM is situated near the Kalangkangan River, which directly receives liquid waste discharge from the BSTM. The treatment of potential liquid waste, in the form of leachate, is carried out using a filtration system and a constructed wetland system, which can effectively reduce contaminants such as suspended solids and pathogens while also lowering various chemical parameters in the liquid waste. This study aimed to assess the effectiveness of the combination of a slow sand filter system and a constructed wetland sub-surface flow (CW-SSF) using *Echinodorus palaeifolius* plants in treating liquid waste at Bank Sampah Toli-Toli Mandiri. The treatment process involves the construction of reactors comprising a slow sand filter system using fine sand and a constructed wetland system utilizing *Echinodorus palaeifolius* plants, paddy soil, and gravel of different sizes (1 – 3 mm, 5 – 10 mm, 15 – 30 mm). The efficiency of reducing BSTM's liquid waste parameters after treatment with this combined system included a COD reduction of 7.74%, a decrease in TDS by 62.56%, a reduction in TSS by 98.28% and a decline of 23.30% in phosphate levels. The use of the slow sand filter and constructed wetland filtration system proves effective in reducing liquid waste pollutants.

Keywords : Bank Sampah Toli-Toli Mandiri, wastewater, *slow sand filter*, *constructed wetlands*, water jasmine

*Corresponding Author:

Haryati Bawole Sutanto

Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana, Jl. Wahidin Sudirohusodo 5-25 Yogyakarta 55224,

E-mail : haryati@staff.ukdw.ac.id

Pendahuluan

Bank Sampah Toli-Toli Mandiri (BSTM) merupakan suatu fasilitas pengolahan sampah yang berlokasi di Desa Kalangkangan, Kecamatan Galang, Kabupaten Toli-Toli, Provinsi Sulawesi Tengah. Kegiatan yang dilakukan oleh BSTM mengarah pada sistem pengolahan sampah yang dihasilkan oleh masyarakat secara kolektif dengan prinsip daur ulang sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomi dari sampah kering, dan masyarakat yang bertindak sebagai nasabah bank sampah akan mendapatkan keuntungan dari penjualan sampah tersebut.

Kegiatan pengolahan sampah yang dilakukan di BSTM meliputi pengumpulan sampah yang sudah dipilah berdasarkan jenisnya sebelum disetorkan. Sampah kering yang disetorkan oleh anggota BSTM akan menjadi bahan baku pembuatan kerajinan atau menjadi bahan dari distribusi lanjut dari pengepulan sampah.

Kegiatan pemrosesan sampah plastik untuk bahan baku daur ulang dan kerajinan biasanya dilakukan dengan proses pencacahan. Proses ini merupakan salah satu cara yang dilakukan untuk mengurangi jumlah dan ukuran plastik bekas yang ada (Hiola dan Ayini, 2017). Proses pencacahan sampah plastik menghasilkan limbah cair (lindi) yang berasal dari proses pencucian plastik setelah proses pencacahan. Pembuangan air pembilas plastik yang telah dicacah ke badan air tanpa terlebih dahulu diolah berpotensi menjadi bahan pencemar (Zulfiana *et al.*, 2015).

Beberapa metode umum digunakan untuk meningkatkan kualitas lindi sebelum dibuang ke lingkungan, seperti sistem *slow sand filter* dan sistem *constructed wetland*.

Sistem *slow sand filter* merupakan sistem penyaring limbah padat tersuspensi dengan menggunakan beragam batuan. Pasir merupakan jenis batuan yang banyak digunakan dalam sistem ini. Proses filtrasi menggunakan media pasir memiliki fungsi untuk menyaring kotoran yang tersuspensi dalam air sehingga air yang keluar setelah proses ini menjadi lebih bersih dan terbebas dari sisa plastik yang berukuran kecil (Suliastuti *et al.*, 2017).

Filtrasi limbah cair menggunakan media pasir dapat menurunkan kadar fisik dan kimia pencemar. Penggunaan lapisan media pasir yang semakin tebal akan meningkatkan kualitas hasil penyaringan sehingga filtrat menjadi lebih bersih karena kotoran yang terdapat pada lindi telah tersaring dan mengendap pada media *slow sand filter* yang digunakan (Hamimal *et al.*, 2013).

Proses pengolahan dengan *constructed wetlands* merupakan sistem pengolahan limbah cair yang dirancang menggunakan vegetasi lahan basah. Sistem pengolahan ini memiliki keuntungan seperti proses yang mudah dan kemampuan menurunkan kontaminan berupa padatan tersuspensi, senyawa kimia, patogen, dan logam berat yang cukup tinggi (Stefanakis *et al.*, 2014). Tanaman melati air atau *Echinodorus palaeifolius* (Gambar 1) merupakan salah satu tanaman yang dapat digunakan dalam sistem *constructed wetland* karena digunakan dalam penelitian karena memiliki kemampuan dalam menurunkan fitur fisik, kimia, dan biologi limbah cair. Selain itu, melati air juga memiliki jenis celah atau pori – pori antar sel yang digunakan sebagai alat pengangkut oksigen dari atmosfer menuju ke akar yang disebut dengan jaringan aerenkim. Hasil dari oksigen ini kemudian digunakan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik yang ada (Sela & Linda, 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat efektivitas penggunaan kombinasi metode *slow sand filter* dan *constructed wetland Sub-Surface Flow (CW-SSF)* dengan menggunakan tanaman melati air



Gambar 1. Tanaman Melati air (*Echinodorus Palaeifolius*)
(Sumber gambar : Mursito, 2011)

Echinodorus palaefolius terhadap limbah cair yang dihasilkan oleh Bank Sampah Toli - Toli Mandiri.

Materi dan Metode

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2021 hingga Februari 2022. Proses pembuatan sistem filtrasi dan *constructed wetland*, serta pengolahan air limbah dilakukan di Toli - Toli, Sulawesi Tengah. Pengujian parameter limbah cair yang berupa TDS (*Total Dissolved Solids*), TSS (*Total Suspended Solid*), COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan fosfat (PO_4) dilakukan di Laboratorium Lingkungan, Dinas Lingkungan Hidup, Kabupaten Donggala.

Alat dan Bahan Penelitian

Limbah cair yang digunakan diambil dari Bank Sampah Toli - Toli Mandiri (BSTM) yang berada di Kelurahan Kalangkangan, Kecamatan Galang, Kabupaten Toli-toli. Tanah dan air sawah yang digunakan pada sistem *constructed wetland* diambil dari daerah sekitar Desa Kalangkangan, Kecamatan Galang, Kabupaten Toli-Toli. Tanaman *Echinodorus palaefolius* yang digunakan diambil dari daerah Kelurahan Panasakan, Kecamatan Baolan, Kabupaten Toli-Toli. Akuarium yang digunakan sebagai reaktor dibagi menjadi 2 sekat (Gambar 2). Sekat pertama digunakan untuk sistem *slow sand filter* menggunakan

pasir halus dengan kapasitas tampungan volume air sampai dengan 5,9 liter. Sekat kedua akuarium digunakan sebagai reaktor *constructed wetland* yang memiliki volume 19,2 liter dengan komponen reaktor berupa tanah sawah, batu kerikil kecil berdiameter 1-2 cm, batu kerikil sedang berdiameter 3-4 cm, dan batu kerikil besar berdiameter 5-6 cm, dan tanaman *Echinodorus palaefolius*.

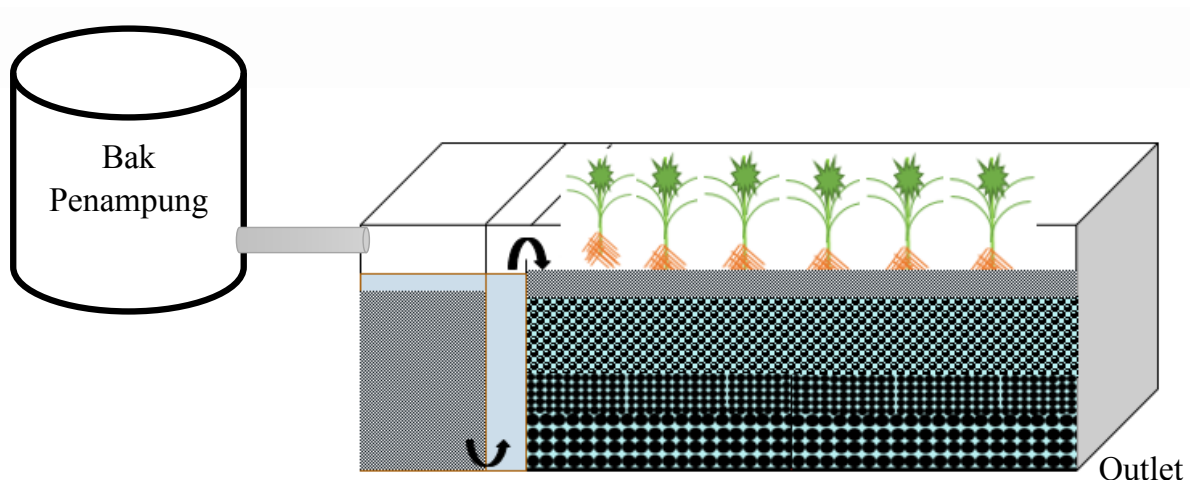
Alat-alat lain yang digunakan pada penelitian seperti dirigen dengan ukuran 50 liter, gayung, selang plastik, keran kecil, styrofoam, ember plastik bening, botol gelap.

Metode Penelitian

Sampel penelitian yang diambil dari outlet reaktor diuji parameter TDS (*Total Dissolved Solids*), TSS (*Total Suspended Solid*), COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan fosfat (PO_4) sekali dalam seminggu dengan waktu sampling selama 4 minggu. Pengukuran parameter TSS dilakukan secara gravimetri berdasarkan SNI 6989.3:2019, TDS diuji secara gravimetri berdasarkan SNI 6989.27:2019, COD dengan gravimetri berdasarkan SNI 6989.2:2019 dan Fosfat diuji dengan spektrofotometri berdasarkan SNI 6989.2:2021. Presentase efektivitas penurunan pada sistem dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{presentase efektivitas (\%)} = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\%$$

dengan C_1 adalah konsentrasi awal dan C_2 adalah konsentrasi akhir



Gambar 2. Desain reaktor kombinasi sistem *slow sand filter* dan *constructed wetland sub-surface flow* untuk pengolahan limbah cair Bank Sampah Toli-Toli Mandiri

Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif. Analisis kuantitatif dilakukan dengan mendeskripsikan variabel sedangkan analisis kualitatif menggunakan analisis deskriptif.

Hasil

Hasil penelitian yang berupa parameter TSS, TDS, COD dan fosfat limbah cair dari Bank Sampah Toli-Toli Mandiri (BSTM) sebelum dan sesudah perlakuan dengan kombinasi sistem filtrasi *slow sand filter* dan *constructed wetland* menggunakan tanaman *Echinodorus Palaefolius* disajikan dalam Tabel 1.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan parameter kimia limbah cair dari Bank Sampah Toli-Toli Mandiri (BSTM) setelah dialirkan dalam reaktor kombinasi sistem *slow sand filter* dan *constructed wetland* dengan tanaman *Echinodorus palaefolius* (Tabel 1). Sebagai pembandingan, karakteristik air limbah plastik yang belum terolah dari acuan hasil penelitian yang telah ada dan nilai baku mutu air limbah plastik disajikan dalam Tabel 2.

Limbah cair BSTM sebelum diolah memiliki sifat fisik berupa keruh, berbau

dan laju pengendapan yang sangat tinggi. Pengolahan limbah cair BSTM dengan kombinasi sistem filtrasi dan *constructed wetland* menghasilkan warna output cairan yang jernih.

Hasil pengamatan juga menunjukkan bahwa tanaman *Echinodorus palaefolius* mengalami penghambatan dalam proses perkembangannya saat memasuki fase akhir penelitian. Tanaman masih terlihat tumbuh baik pada fase awal dan tengah penelitian. Tumbuh baiknya tanaman pada fase awal dan tengah tersebut didukung dengan keberadaan bunga sebagai tanda dimulainya fase generatif.

Penurunan nilai COD limbah cair BSTM yang teramati dari penelitian ini dimungkinkan oleh lamanya kontak mikroorganisme dengan limbah cair hasil dari pencacahan sampah plastik karena semakin lama kontak maka akan semakin banyak partikel yang diikat dan akan mengakibatkan penurunan kadar COD. Tingkat permeabilitas dan konduktivitas hidrolisis media memiliki pengaruh terhadap waktu tinggal air limbah, sehingga semakin lama waktu tinggal maka akan memberi kesempatan terjadi kontak antara mikroorganisme dengan air limbah akan semakin besar (Anggrika *et al.*, 2019). Penelitian yang telah dilakukan oleh Kasman *et al* (2018) menyatakan bahwa bahan organik

Tabel 1. Hasil analisis parameter limbah cair berupa TSS, TDS, COD, dan fosfat sebelum dan sesudah perlakuan dengan reaktor kombinasi sistem *slow sand filter* dan *constructed wetland*

No	Parameter	Satuan	Perlakuan			Baku Mutu PP 82/2001
			Inlet	Outlet	Efisiensi (%)	
1	COD	mg/L	78,636	72,551	7,74	150
2	TDS	mg/L	646	241,875	62,56	2000
3	TSS	mg/L	692	11,875	98,28	100
4	FOSFAT	mg/L	0,367	0,282	23,30	0,2

Tabel 2. Perbandingan karakteristik air limbah plastik dan baku mutu air limbah plastik dari penelitian sebelumnya

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Limbah Plastik*	Karakteristik Air Limbah Plastik (Salamia & Indriani, 2016; Puspitahati, 2012; Utomo <i>et al.</i> , 2018.)
1	TSS	mg/l	100	300
2	TDS	mg/l	2000	-
3	COD	mg/l	150	275
4	Fosfat	mg/l	0,2	10

* Peraturan Pemerintah (PP) nomor 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air baku mutu air limbah golongan IV

yang ada pada air limbah akan terpecah oleh mikroorganisme menjadi senyawa yang lebih sederhana dan dapat dimanfaatkan tanaman sebagai nutrisi. Organ akar tanaman akan menghasilkan oksigen yang dapat digunakan oleh mikroorganisme sebagai sumber energi untuk rangkaian proses metabolisme untuk keberlangsungan hidup mikroorganisme tersebut.

Nilai efisiensi penurunan COD limbah cair BSTM juga mungkin disebabkan oleh terlihat dari ukuran wadah reaktor yang digunakan. Penelitian ini menggunakan reaktor berupa akuarium dengan ukuran yang cukup besar sehingga berpengaruh pada penurunan COD limbah. Semakin besar luas dari permukaan media yang digunakan maka semakin banyak partikel yang akan menempel pada permukaan media dalam reaktor sehingga penurunan kadar COD akan semakin besar (Fransiska *et al.*, 2018).

Nilai COD adalah banyaknya oksigen dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik maupun anorganik secara kimia di dalam air (Anggrika *et al.*, 2019). Adanya pertumbuhan mikroorganisme pada media bebatuan, tanah, dan juga tanaman dalam sistem *constructed wetlands* akan menyebabkan maka mikroorganisme tersebut mampu membantu menyediakan karbondioksida (CO₂) tambahan bagi tanaman yang ada pada sistem *constructed wetlands* melalui akar dan juga membantu proses degradasi beban pencemar pada limbah (Indrayani & Triwiswara, 2018).

Nilai parameter TDS limbah cair BSTM menunjukkan efisiensi penurunan yang cukup tinggi (62,56%). Nilai TDS dalam suatu cairan dapat mengindikasikan bahwa bahan organik belum terdegradasi sempurna menjadi gas. Limbah cair BSTM yang telah diolah dengan kombinasi sistem *slow sand filter* dan *constructed wetlands* menunjukkan penurunan nilai TDS dibandingkan kondisi sebelum pengolahan. Hal ini mengindikasikan terdegradasinya komponen limbah cair menjadi gas dalam proses biodegradasi oleh mikroorganisme.

Nilai TSS yang cukup tinggi pada limbah cair BSTM mengalami penurunan

melalui pengolahan dengan sistem *slow sand filter* dan *constructed wetland* dengan tanaman *Echinodorus palaefolius*. Efisiensi penurunan TSS sebesar 98,28% pada reaktor kombinasi didukung dengan adanya pembentukan lapisan biofilm pada bagian atas lapisan pasir halus (*schmutzdecke*) pada sistem *slow sand filter*.

Ketersediaan nutrisi dan paparan cahaya matahari pada sistem *constructed wetlands* memudahkan proses fotosintesis bagi pertumbuhan tanaman melalui air yang digunakan sebagai vegetasi pengolahan dalam reaktor. Penggunaan media seperti bebatuan dan lumpur dalam sistem *constructed wetland* akan mendorong padatan yang tersuspensi berukuran kecil untuk menempel pada akar tanaman sehingga akan terserap oleh biofilm.

Pengolahan suatu limbah menggunakan detergen dengan skala besar, terutama pada proses pencucian, berpotensi meningkatkan kandungan fosfat pada limbah. Pencucian hasil pencacahan plastik yang dilakukan di BSTM menyebabkan air cucian tersebut banyak mengandung fosfat. Pemanfaatan tanaman *Echinodorus palaefolius* pada sistem *constructed wetland* mampu menurunkan konsentrasi fosfat air limbah BSTM dengan nilai efisiensi sebesar 23,3%. Tanaman *Echinodorus palaefolius* memanfaatkan hasil konversi fosfat oleh bakteri simbiosis akar terhadap limbah cair BSTM.

Kondisi lingkungan pada saat penelitian cukup membantu keberadaan komponen reaktor terutama untuk mendukung pertumbuhan tanaman *Echinodorus palaefolius* yang digunakan dalam sistem *constructed wetland*. Penelitian ini dilakukan pada kondisi lingkungan yang baik, seperti intensitas sinar matahari dan curah hujan yang cukup. Pertumbuhan tanaman yang baik dalam reaktor akan mendukung kinerjanya dalam degradasi bahan pencemar dalam limbah cair.

Kesimpulan

Limbah cair yang dihasilkan dari proses pencacahan plastik di Bank Sampah Toli-Toli Mandiri (BSTM) berpotensi mencemari lingkungan. Penggunaan

kombinasi sistem filtrasi *slow sand filter* dan *constructed wetland* dengan tanaman *Echinodorus palaefolius* mampu membantu penurunan dan penyerapan kandungan polutan yang ada pada limbah cair BSTM sehingga menghasilkan kualitas limbah yang dibawah baku mutu yang ditetapkan. Efisiensi penurunan parameter limbah cair BSTM setelah pengolahan dengan kombinasi sistem *slow sand filter* dan *constructed wetland* meliputi nilai COD 7,74%, TDS 62,56%, TSS 98,28%, dan fosfat 23,30%.

Daftar Pustaka

- Anggrika. R., Monik. K., & Muhammad. R., (2019). Efektivitas Penurunan Chemical Oxygen Demand (COD) dan pH Limbah Cair Industri Tahu dengan Tumbuhan Melati Air melalui Sistem *Sub-Surface Flow Wetland*. Jurnal Daur Lingkungan. Program Studi Teknik Lingkungan. Universitas Batanghari. Jambi. pp 16 – 20.
- Fransiska. V.W., Yusniar. H., & Nikie. A., (2018). Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) Pada Limbah Cair Laundry Orens Tembaling Dengan Berbagai Variasi Dosis Karbon Aktif Tempurung Kelapa. Jurnal Kesehatan Masyarakat. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Diponegoro, Semarang. pp 137 – 139.
- Hamimal M.R., Nurina F., & Nieke K., (2013). Uji Kemampuan Slow Sand Filter dalam Menurunkan Kekeruhan, COD, dan Total Coliform. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – ITS., Surabaya. pp 1 – 4.
- Hiola, R., & Ayini, N. (2017). Pengolahan Sampah Plastik dengan Metode Penyulingan Sederhana menjadi Minyak Mentah di Desa Dambalo Kecamatan Tomilito Kabupaten Gorontalo Utara. Laporan Akhir. Fakultas Olahraga dan Kesehatan. Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo.
- Indrayani, L., & Triwiswara. M., (2018). Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Industri Batik dengan Teknologi Lahan Basah Buatan. *Dinamika Kerajinan dan Batik*, 35(1), pp. 53 – 66.
- Kasman, M., Herawati, P., & Aryani, N. (2018). Pemanfaatan tumbuhan melati air (*Echinodorus palaefolius*) dengan sistem *constructed wetlands* untuk pengolahan *grey water*. *Jurnal Daur Lingkungan* 1(1): 10–15.
- Mursito, B. (2011). Tanaman Hias Berkhasiat Obat. Penebar Swadaya, Depok. pp 27.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Presiden Republik Indonesia. Jakarta
- Puspitahati, C., (2012), Studi Kinerja Biosand Filter dalam Mengolah Limbah Laundry dengan Parameter Fosfat, *Jurnal Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya*. pp 2 – 12.
- Salamia, A.S., & Indriani, S. (2017). Bioteknik Pengolahan Limbah Industri Daur Ulang Plastik Dengan Enceng Gondok Secara Bertingkat. *Industri Inovatif : Jurnal Teknik Industri*, 7(2), 36-41
- Sela. Z. A., & Linda. N., (2019). Efektivitas Melati Air Dalam Menurunkan Kadar BOD, COD dan TSS Pada Air Limbah Laundry. *Jurnal SEOI – Fakultas Teknik Universitas Sahid Jakarta*. Jakarta. pp 1 - 12.
- Suliastuti, I., Anggraini, S. A., & Iskandar, T. (2017). Pengaruh Perbandingan Jumlah Media Filter (Pasir Silika, Karbon Aktif, Zeolit) Dalam Kolom Filtrasi Terhadap Kualitas Air Mineral. Skripsi Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik. Universitas Tribhuwana Tunggaladewi.
- Stefanakis. A., Akrotos. C., & Tsihrintzis. V. (2014). Vertical flow constructed wetlands: eco-engineering systems for wastewater and sludge treatment. Amsterdam, Netherlands. Elsevier Science. ISBN 978-0-12-404612-2 pp. 392.
- Utomo, W.P., Nugraheni, Z.N., Rosyidah, A., Shafwah, O.M., Naashihah, L.K., Nurfitria, N. & Ulfindrayani, I.F. (2018). Penurunan Kadar Surfaktan Anionik dan Fosfat dalam Air Limbah

Laundry di Kawasan Keputih, Surabaya Menggunakan Karbon Aktif. *Akta Kimindo* Vol. 3(1), 127 - 140.

Zulfiana, D., Qomaliyah, E. N., Rohayu, E., & Fatimaruzzahra. (2015). Hasil Observasi Industri Pengolahan Daur Ulang Sampah Plastik di beberapa Daerah. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Laporan Penelitian. Universitas Mataram, Mataram.