

## Potensi Kombinasi Sistem Biofilter dan *Constructed Wetland* Menggunakan Kana Air (*Thalia geniculata*) dalam Pengolahan Limbah Industri Tahu

### *Potency of Combined System of Biofilter and Constructed Wetland Using Water Canna (Thalia geniculata) on Tofu Industrial Waste Treatment*

Valentinus Gregory<sup>1</sup>, Haryati Bawole Sutanto<sup>1\*</sup>, dan Guruh Prihatmo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta, Indonesia

#### Abstrak

Tahu merupakan produk pangan berbahan dasar kedelai yang diolah melalui proses pengendapan atau penggumpalan. Sebagian besar industri tahu belum memiliki sarana dalam pengolahan air limbah sehingga limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi biasanya langsung dialirkan ke badan air seperti parit dan sungai. Limbah cair yang dihasilkan industri tahu mengandung padatan tersuspensi yang akan mengalami perubahan fisika, kimia, dan biologi. Perubahan ini berpotensi menghasilkan zat beracun yang dapat mencemari lingkungan. Salah satu solusi pengolahan yang dapat diterapkan untuk mengolah limbah cair industri tahu adalah penggunaan metode *biofilter* yang dikombinasikan dengan sistem *constructed wetland* yang menggunakan tanaman tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari efektivitas kombinasi sistem biofilter dan *constructed wetland* yang menggunakan Kana Air (*Thalia geniculata*) dalam pengolahan limbah cair industri tahu. Penelitian dilakukan dengan metode ekperimental skala laboratorium. Biofilter yang digunakan dalam penelitian ini meliputi batu dan kerikil, sedangkan tanaman yang digunakan dalam *constructed wetland* adalah Kana Air (*Thalia geniculata*). Efektivitas kombinasi sistem biofilter dan *constructed wetland* untuk mengolah limbah cair tahu dilihat dari nilai BOD, COD, TSS, TDS, nitrat, dan fosfat sebelum dan sesudah perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan pengolahan limbah cair Tahu dengan kombinasi reaktor menghasilkan efisiensi penyisihan nilai BOD 41,31%, COD 46,95%, TSS 84,83%, TDS 10,85%, nitrat 86,13% dan fosfat 6,93%.

**Kata kunci:** limbah cair tahu, biofilter, *constructed wetland*, *Thalia geniculata*, parameter kimia

#### Abstract

Tofu is a soybean-based food product that is processed through a serial process of clumping. Most of Tofu industries do not yet have facilities for wastewater treatment resulted on the dumping of its liquid waste into water bodies such as ditches and rivers. Liquid waste produced by the Tofu industry contains suspended solids which will undergo physical, chemical and biological changes. This change has the potential to produce toxic substances that can pollute the environment. One of the treatment solutions that can be applied to treat Tofu industrial wastewater is the use of the biofilter method combined with a constructed wetland system that uses certain plants. This study aims to study the effectiveness of a combination of biofilter systems and constructed wetlands using Water Canna (*Thalia geniculata*) in processing Tofu industrial wastewater. The research was conducted using laboratory scale experimental methods. Biofilter used in this study includes stones and gravel, while the plants used in the constructed wetlands are Water Canna (*Thalia geniculata*). The effectiveness of the combination of biofilter and constructed wetland systems to treat Tofu liquid waste were analyzed from the values of BOD, COD, TSS, TDS, nitrate and phosphate before and after treatment. The results showed that the removal efficiency of BOD, COD, TSS, TDS, nitrate and phosphate of Tofu liquid waste are 41.31%, 46.95%, 84.83%, 10.85%, 86.13% and 6.93% respectively.

**Keywords :** tofu wastewater, biofilter, *constructed wetland*, *Thalia geniculata*, chemical parameters

---

#### \*Corresponding author:

Haryanti Bawole Sutanto  
Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana  
Jl. Wahidin Sudirohusodo 5-25, Yogyakarta 55224  
E-mail : haryati@staff.ukdw.ac.id

## Pendahuluan

Tahu merupakan bahan pangan yang berbasis kedelai yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia dalam kehidupan sehari-hari. Kedelai sebagai bahan dasar pembuatan tahu memiliki kandungan protein tinggi dengan nilai sekitar 36 % (Kanchana *et al.* 2016), sedangkan Tahu sebagai hasil olahan kedelai mempunyai kandungan protein sebesar 13 % yang cukup setara dengan kandungan protein hewani yang berasal dari daging (18 %), ikan (20 %) dan telur (12 %) (Poedjiadi, 1994).

Pembuatan Tahu dilakukan melalui serangkaian proses pengendapan atau penggumpalan. Pengolahan kedelai menjadi tahu ini menghasilkan limbah cair yang sangat banyak, dimana sebagian besar berasal dari proses pencucian, perendaman, dan pemisahan cairan dari campuran padatan Tahu dan cairan. Limbah cair Tahu mengandung kadar COD (*chemical oxygen demand*) dan BOD (*biological oxygen demand*) yang tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Kartika *et al.* (2017), menunjukkan bahwa kandungan bahan organik limbah cair Tahu sebelum pengolahan mempunyai nilai BOD 3468 mg/l, COD 9246 mg/l, TSS 1055 mg/l dan pH 4. Semua parameter tersebut melebihi baku mutu kandungan bahan organik yang diperbolehkan terdapat dalam limbah cair sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014. Standar baku mutu yang ditetapkan pemerintah menyebutkan bahwa limbah cair maksimal mengandung kadar BOD 150 mg/l, kadar COD 300 mg/l dan kadar TSS 200 mg/l (Anonim, 2014).

Limbah cair Tahu yang dibuang langsung ke badan air bisa menimbulkan pencemaran air yang dapat kematian ikan dan biota lainnya (Nugraha *et al.* 2011). Oleh karena itu, pengolahan limbah cair tahu sebelum dibuang ke badan air seperti selokan dan sungai menjadi sangat penting.

Berbagai metode telah banyak digunakan untuk menurunkan beban pencemar dalam pengolahan limbah cair industri tahu. Pengolahan limbah cair industri tahu yang sederhana dengan bahan dan material yang lebih murah dan efisien antara lain menggunakan kombinasi antara reaktor biofilter dan *constructed wetland*. Butler

dan Boltz (2014), menjelaskan bahwa proses penggunaan biofilter dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor yang telah diisi dengan beragam penyaring alami yang memiliki luas permukaan besar. Air limbah tersebut kemudian mengalami kontak dengan konsorsium mikroba (biofilm) pada permukaan media, dan biofilm tersebut akan mengurai polutan yang ada di dalam air limbah tersebut.

Proses pengolahan air limbah dilanjutkan dengan proses didalam *constructed wetland* berupa lahan peralihan antara bagian daratan dan perairan di mana sebagian besar formasinya adalah air. Sistem *constructed wetland* biasanya memanfaatkan beragam tanaman yang berhabitat pada lingkungan akuatik (Stefanakis, 2019).



Gambar 1. Tanaman Kana Air (*Thalia geniculata*)  
(Sumber gambar : Anonim, 2023)

Tanaman Kana Air atau Pata Cai (*Thalia geniculata*), adalah tanaman anggota familia Marantaceae yang mempunyai kemampuan untuk hidup di lingkungan akuatik. Tanaman ini tumbuh subur pada tempat-tempat berlumpur, tergenang air dan terkena sinar matahari langsung (Hidayat *et al.* 2004). Tanaman dengan batang hijau pudar dan cabang bulat ramping ini mempunyai potensi digunakan dalam proses fitoremediasi (Irawanto, 2016). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Indrayani dan Triwiswara (2018), menunjukkan efisiensi penyisihan pencemar berupa limbah batik sebesar 92,8 % dengan menggunakan tanaman *Thalia geniculata*.

Penelitian ini bertujuan untuk

mempelajari efektivitas kombinasi sistem biofilter dan *constructed wetland* yang menggunakan *Thalia geniculata* dalam pengolahan limbah cair industri Tahu.

## Materi dan Metode

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober sampai Desember 2022. Pembuatan kombinasi sistem biofilter dan sistem *constructed wetland*, serta pengolahan air limbah tahu dengan kombinasi sistem tersebut dilakukan di fasilitas penelitian lapang Fakultas Bioteknologi Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta.

Pengukuran parameter derajat keasaman (pH), suhu, *Total Dissolved Solid* (TDS), dan *Total Suspended Solid* (TSS) limbah cair tahu dilakukan di Laboratorium Lingkungan Fakultas Bioteknologi Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta.

Pengujian kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), nitrat dan fosfat dilakukan di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian penyakit (BBTKLP) dan Balai Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi Dinas Kesehatan Daerah Istimewa Yogyakarta.

### Alat dan Bahan

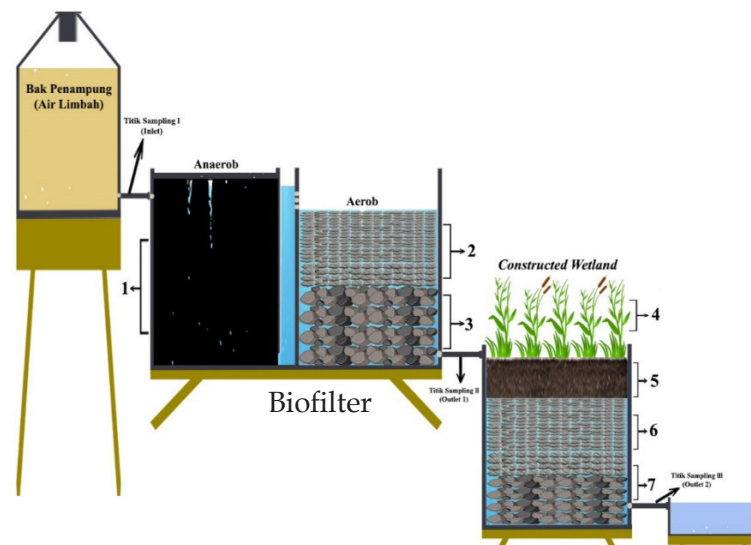
Limbah cair tahu yang digunakan diambil dari industri tahu yang berada di Kelurahan Gedongkiwo, Kecamatan Mantrijeron, Kota Yogyakarta. Tanah

dan air sawah yang digunakan untuk komponen *constructed wetland* diambil dari daerah Banyuraden, Kecamatan Gamping, Kabupaten Sleman. Tanaman *Thalia geniculata* yang digunakan sebagai komponen *constructed wetland* diambil dari daerah Demangan, Kecamatan Gondokusuman, Kota Yogyakarta. Dua buah akuarium digunakan sebagai wadah reaktor biofilter dan *constructed wetland*. Akuarium reaktor biofilter mempunyai volume 96 liter dengan komponen berupa kerikil sedang dengan diameter 2-4 cm dan kerikil besar dengan diameter 4-6,5 cm. Akuarium untuk reaktor *constructed wetland* mempunyai volume 120 liter dengan komponen reaktor berupa tanah sawah, kerikil kecil dengan diameter 0,5-1,5 cm, kerikil sedang dengan diameter 2-4 cm, kerikil besar dengan diameter 4-6,5 cm, dan tanaman *Thalia geniculata*. Desain kombinasi reaktor biofilter dan *constructed wetland* disajikan dalam Gambar 2.

Beberapa peralatan yang digunakan pada pengujian parameter fisik dan kimia air limbah dalam penelitian ini meliputi cawan petri, DO meter, termometer, pH meter, TDS meter, erlenmeyer 250 mL, pipet ukur, corong kaca, gelas ukur, gelas beaker, botol aquadest, dan kertas saring 0,45  $\mu\text{m}$ .

### Metode

Pengujian sampel limbah cair tahu dalam penelitian ini diambil dari 3 titik



Gambar 2. Desain reaktor biofilter dan *constructed wetland* yang digunakan untuk mengolah limbah cair tahu

Tabel 1. Hasil rerata pengukuran parameter limbah cair Tahu yang diolah dengan kombinasi biofilter dan *constructed wetland* menggunakan *Thalia geniculata*

No	Parameter	Satuan	Inlet	Outlet I (Biofilter)	Efisiensi (%)	Outlet II (CW)	Efisiensi (%)
1	BOD	mg/L	2445,39	2048,92	16,21	1534,18	25,12
2	COD	mg/L	5451,63	3799,56	30,30	3167,65	16,65
3	TSS	mg/L	340	130	61,76	100	23,07
4	TDS	mg/L	1242	1244	-0,16	1107	11,01
5	Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/L	64,24	27,11	57,80	19,43	28,33
6	Fosfat (PO <sub>3</sub> )	mg/L	103,62	107,74	-3,57	96,46	10,50
7	pH	-	3,2	6	-	7	-
8	Temperatur	°C	26,4	26,56	-	26,4	-

sampling yaitu inlet (limbah cair tahu yang belum diolah), outlet I yang berasal dari reaktor biofilter dan outlet II yang berasal dari reaktor *constructed wetland*. Pengambilan sampel dilakukan 3 hari sekali dan sampling dilakukan sebanyak 5 kali dalam waktu 15 hari. Pengukuran TDS dan suhu dilakukan dengan menggunakan TDS meter dan termometer, pH diuji dengan menggunakan pHmeter, TSS diuji dengan metode gravimetri berdasarkan SNI 6989.3:2019, BOD diuji menggunakan metode titrasi iodometri berdasarkan SNI 6989.72:2009, dan COD diuji secara spektrofotometri UV-Vis secara refluks tertutup berdasarkan SNI 6989.2:2009. Persentase efektivitas sistem *constructed wetland* dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Persentase efektivitas (\%)} = \frac{C1 - C2}{C1} \times 100\%$$

C1 : Konsentrasi awal

C2 : Konsentrasi akhir

### Analisis Data

Data yang dihasilkan dari penelitian ini dianalisis secara kuantitatif menggunakan *One-way Anova* dan secara kualitatif menggunakan analisis deskriptif.

### Hasil

Hasil penelitian berupa nilai BOD, COD, TSS, TDS, nitrat, fosfat, pH, dan suhu limbah cair Tahu yang diolah dengan sistem kombinasi biofilter dan dan *constructed wetland* menggunakan *Thalia geniculata* disajikan dalam Tabel 1.

### Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan perbedaan nilai parameter kimia limbah cair Tahu sebelum dan sesudah pengolahan dengan sistem kombinasi biofilter dan *constructed wetland*. Semua parameter limbah cair baik yang diolah dengan reaktor biofilter ataupun yang diolah dengan reaktor *constructed wetland* menggunakan *Thalia geniculata* menunjukkan penurunan nilai.

Penurunan nilai BOD terbesar terjadi pada reaktor *constructed wetland* dimana nilai BOD inlet sebesar 2445,39 mg/liter mengalami penurunan menjadi 1534,18 mg/liter selama sampling yang dilakukan 15 hari. kombinasi reaktor biofilter anaerob-aerob dan *constructed wetland* sangat cukup baik dalam menurunkan nilai BOD. Hasil efisiensi penyisihan masing-masing reaktor yaitu pada outlet I sebesar 16,21% dan outlet II sebesar 25,12% menunjukkan bahwa nilai total penyisihan selama 15 hari pengolahan adalah sebesar 41,33%. Nilai BOD yang dihasilkan dari kedua reaktor ini masih belum berada pada rentang nilai normal yang ditentukan oleh pemerintah yaitu sebesar 150 mg/liter (Anonim, 2014).

Parameter COD yang menunjukkan banyaknya zat organik di dalam air limbah yang dapat dioksidasi secara kimiawi juga menunjukkan penurunan nilai pada setiap reaktor pengolahan. Penurunan nilai COD tertinggi pada reaktor *constructed wetland* yang merubah nilai inlet sebesar 5451,63 mg/liter menjadi 3167,65 mg/liter. Hasil efisiensi penyisihan terbesar senilai 30,3% diperoleh dari outlet 1 yang dihasilkan oleh pengolahan limbah dengan reaktor biofilm adalah 30,3%,



sedangkan outlet II diolah dengan reaktor *constructed wetland* menghasilkan nilai efisiensi penyisihan 16,65%. Meskipun nilai total efisiensi penyisihan dari kedua reaktor adalah 46,95%, parameter COD yang terukur dari limbah cair tahu yang telah diolah masih diatas baku mutu yang ditentukan oleh pemerintah yaitu 300 mg/liter (Anonim, 2014).

Nilai bahan padat tersuspensi atau *total suspended solid* (TSS) limbah cair Tahu yang diolah dengan dua reaktor juga mengalami penurunan dari nilai awalnya. Penurunan TSS tertinggi dihasilkan oleh reaktor *constructed wetland* yang menurunkan nilai TSS dari 340 mg/liter ke 100 mg/liter. Nilai TSS yang dihasilkan dalam pengolahan limbah tahu dalam penelitian ini berada pada kondisi normal dan sesuai baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah, dimana nilai TSS limbah cair yang ditentukan oleh Kementerian Lingkungan Hidup adalah sebesar 200 mg/liter (Anonim, 2014). Suhardjo (2008), menyatakan bahwa penurunan TSS pada limbah cair dilakukan dengan proses flokulasi, sedimentasi, dan proses intersepsi. Oleh karena nilai total efisiensi dari kedua reaktor adalah sebesar 84,83%, maka sistem pengolahan limbah cair tahu dalam penelitian ini bisa dikatakan sangat baik dalam menurunkan nilai TSS.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai *total dissolved solid* (TDS) yang terukur mengalami fluktuasi Nilai parameter TDS inlet limbah cair tahu terukur sebesar 1242 mg/liter. Nilai ini cenderung tetap setelah perlakuan biofilter (*outlet 1*) yaitu sebesar 1244 mg/liter, dan selanjutnya mengalami penurunan menjadi 1107 mg/liter setelah perlakuan *constructed wetland* (*outlet 2*). Fluktuasi nilai TDS bisa dipengaruhi oleh keberadaan mikrobia pada substrat yang digunakan dalam reaktor. Menurut Retnosari & Shovitri (2013), kenaikan atau penurunan kandungan TDS dapat dipengaruhi oleh mikroorganisme, karena bahan organik limbah akan lebih cepat terurai dengan adanya bantuan mikroorganisme. Nilai TDS limbah cair tahu yang digunakan dalam penelitian ini, baik sebelum atau sesudah perlakuan dengan reaktor, sudah sesuai

baku mutu yang sudah ditetapkan oleh pemerintah, sesuai dengan Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk Kegiatan Industri Tahu yaitu sebesar 2000 mg/l (Anonim, 2016).

Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama untuk pertumbuhan tanaman dan alga. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar nitrat limbah cair tahu mengalami penurunan setelah perlakuan baik dengan reaktor biofilter ataupun reaktor *constructed wetland*. Penurunan kadar nitrat limbah cair tahu terukur setelah pengolahan dengan reaktor biofilter yang mereduksi kadar nitrat inlet sebesar 64,24 mg/liter menjadi 27,11 mg/liter. Penurunan kadar nitrit ini berlanjut pada pengolahan dengan reaktor *constructed wetland* yang menghasilkan nilai 19,43 mg/liter. Kombinasi reaktor biofilter anaerob-aerob dan *constructed wetland* sangat baik dalam menurunkan kadar nitrat limbah cair tahu. Oleh karena daur nitrat di alam sangat dipengaruhi oleh keberadaan tanaman, dapat diasumsikan bahwa kana air (*Thalia geniculata*) berperan menurunkan nilai nitrat limbah cair tahu tersebut. Tanaman *Thalia geniculata* diduga kuat dapat menyeimbangkan kerja mikroorganisme dengan menyerap nitrat sebagai nutrisi dengan daya absorpsi yang cukup besar sehingga nilai nitrat yang terukur pada hasil *outlet II* menjadi lebih rendah. Nilai efisiensi penyisihan nitrat masing-masing reaktor adalah 57,8% untuk *outlet I* dan 28,33% untuk *outlet II* sebesar 28,33% sehingga total efisiensi dari kedua perlakuan adalah sebesar 86,13%.

Kadar fosfat limbah cair tahu yang digunakan dalam penelitian ini menunjukkan nilai yang fluktuatif setelah diproses dengan dua reaktor yang digunakan. Kadar fosfat limbah tahu yang awalnya senilai 103,6 mg/liter mengalami kenaikan menjadi 107,7 mg/liter setelah diolah di reaktor biofilter dan akhirnya menurun menjadi 96,5 mg/liter pada pengolahan akhir dengan *constructed wetland*. Fluktuasi kadar fosfat limbah cair tahu yang diolah ini kemungkinan dipengaruhi oleh adanya kenaikan suhu pada reaktor biofilter.

Kedua perlakuan reaktor menunjukkan nilai efisiensi yang berbeda, dimana keberadaan tanaman *Thalia geniculata* berdampak pada penurunan kadar fosfat limbah cair tahu dan menaikkan nilai efisiensi penyisihan. Temuan ini mengindikasikan peranan vital *Thalia geniculata* untuk penurunan kadar fosfat limbah cair Tahu seperti yang telah teramati juga pada parameter kadar nitrat.

Suriani *et al.* (2013), menulis bahwa nilai derajat keasaman (pH) memiliki dampak yang penting bagi pertumbuhan mikroorganisme. Kebanyakan spesies bakteri dapat tumbuh pada kisaran pH 4-9. Nilai pH ini berpengaruh pada aktivitas enzyme yang dibutuhkan oleh beberapa bakteri untuk mengkatalis reaksi-reaksi yang berkaitan dengan pertumbuhannya. Hasil penelitian ini menunjukkan kenaikan nilai pH limbah cair tahu sebelum dan sesudah perlakuan dengan dua reaktor. Nilai pH *inlet* yang awalnya 3,2 mengalami kenaikan menjadi 6 pada *outlet* I dan 7 pada *outlet* II. Menurut MetCalf dan Eddy (2003), kenaikan pH yang signifikan pada suatu media cair organik disebabkan tingginya kandungan protein dan asam amino penyusun protein tersebut. Limbah cair Tahu mengandung protein dan asam amino tinggi, yang pada kondisi anaerob akan terurai menjadi senyawa  $\text{NH}_3$ , gas  $\text{CO}_2$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$  yang kemudian membentuk  $\text{NH}_4(\text{CO}_3)$ . Senyawa  $\text{NH}_4(\text{CO}_3)$  dan amoniak ( $\text{NH}_3$ ) merupakan bahan alkalinitas yang biasa digunakan untuk menaikkan pH limbah cair, sehingga untuk mengolah limbah cair Tahu pada kondisi anaerob tidak diperlukan lagi penambahan bahan alkalinitas.

### Kesimpulan

Limbah cair Tahu yang berpotensi mencemari lingkungan akuatik sekitar lokasi industri tahu bisa direduksi dampak toksiknya dengan penggunaan kombinasi reaktor biofilter dan *constructed wetland* menggunakan tanaman Kana Air (*Thalia geniculata*). Pengolahan limbah cair Tahu dengan kombinasi biofilter dan *constructed wetland* ini mampu menghasilkan efisiensi penyisihan BOD sebesar 41,31%, COD sebesar 46,95%, TSS sebesar 84,83%, TDS

sebesar 10,85%, nitrat sebesar 86,13%, dan fosfat sebesar 6,93%.

### Daftar Pustaka

- Anonim.(2014). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu. Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. Jakarta
- Anonim.(2016).Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah. pp. 17-19.
- Anonim. (2023). *Thalia geniculata* (red-stemmed). <https://www.nparks.gov.sg/florafaunaweb/flora/3/3/3373>
- Butler, C. S & Boltz, J. (2014) Biofilm Processes and Control in Water and Wastewater Treatment. *Comprehensive Water Quality and Purification*, 3:90-107.
- Hidayat, S., Yuzammi, H. S., & Astuti, I. P. (2004). Seri Koleksi Tanaman Air Kebun Raya Bogor. Vol. 1(5). Bogor: PKTKebun Raya Bogor.
- Indrayani,L & Triwiswara, M.(2018). Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Dengan Teknologi Lahan Basah Buatan. *Dinamika Kerajinan dan Batik*, 35(1):53-66.
- Irawanto,R. (2016). Fitoremediasi Menggunakan Tumbuhan Akuatik Koleksi Kebun Raya Purwodadi. Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi - LIPI
- Kanchana, P., Santha, M. L., & Raja, K.D. (2016). *Glycine Max* (L.) Merr. (Soybean). *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Science*, 5(1): 356-371.
- Metcalf, E.E & Eddy, H. (2003). Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse. Third Edition, McGraw-Hill, New York.
- Nugraha, W. A., Ainy, K., & Siswanto, A. D. (2011). Sebaran Total Suspended Solid (TSS) di Perairan Sepanjang Jembatan Suramadu Kabupaten Bangkalan. *Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 4(2) : 158-162.
- Nugraha, H & Hari, S. (2011). Pengukuran Produktivitas dan Waste Reduction dengan Pendekatan Productivity.

Jurusan Teknik Industri Institut  
Teknologi Sepuluh November,  
Surabaya.

- Poedjiadi, A. (1994). *Dasar-Dasar Biokimia*.  
UI Press. Jakarta
- Retnosari A.A. & Shovitri M.(2013).  
Kemampuan Isolat *Bacillus* sp. dalam  
Mendegradasi Limbah Tangki Septik.  
*Jurnal Sains dan Seni ITS*, 2(1).
- Stefanakis, A. I. (2019). The Role of Constructed  
Wetlands as Green Infrastructure for  
Sustainable Urban Water Management.  
*Sustainability*,11.6981.
- Suriani, S., Soemarno., & Suharjono. (2013).  
Pengaruh Suhu dan pH terhadap Laju  
pertumbuhan Lima Isolat Bakteri  
Anggota Genus *Pseudomonas* yang  
diisolasi dari Ekosistem Sungai Tercemar  
Deterjen di sekitar Kampus Universitas  
Brawijaya. *Jurnal Pembangunan dan  
Alam Lestari*, 3(2).