

EFISIENSI TANAMAN *Azolla pinnata* DALAM MENURUNKAN KADAR COD (Chemical Oxygen Demand) PADA LIMBAH CAIR SOHUN DI DESA ARCAWINANGUN KECAMATAN PURWOKERTO TIMUR KABUPATEN BANYUMAS TAHUN 2018

Salmaa Nuur Rohmah ¹⁾, Hari Rudijanto IW ²⁾, Nur Hilal ³⁾

Jurusan Kesehatan Lingkungan, Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang,
Jl.Raya Baturaden KM 12 Purwokerto, Indonesia

Abstrak

Salah satu industri kecil yang terdapat di Purwokerto adalah industri sohun. Mengingat bahwa sohun banyak dibutuhkan masyarakat di sekitar Purwokerto, selain itu proses pembuatan dan pemasarannya mudah. Proses pembuatan sohun juga dapat menimbulkan dampak negatif yaitu berupa pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah cair. Berdasarkan pengamatan di sekitar lokasi limbah cair yang dihasilkan langsung di buang ke saluran drainase tanpa dilakukan pengolahan, salah satu alternatif pengolahan yang dapat dilakukan yaitu dengan sistem fitoremediasi menggunakan tanaman *Azolla pinnata*. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui efisiensi fitoremediasi menggunakan tanaman *Azolla pinnata* terhadap kadar COD limbah cair di industri sohun Desa Arcawinangun Kecamatan Purwokerto Timur Kabupaten Banyumas tahun 2018. Jenis penelitian ini adalah pra eksperimen dengan rancangan pre post design. Hasil penelitian menunjukkan penurunan kadar COD didapatkan hasil efisiensi biomassa 0,1 kg rata-rata 7,58%, biomassa 0,15 kg rata-rata 15,20%, biomassa 0,2 kg rata-rata 48,27%. Penurunan kadar COD paling tinggi berdasarkan variasi biomassa tanaman *Azolla pinnata* terjadi pada kelompok perlakuan dengan variasi biomassa tanaman 0,2 kg. Simpul dari hasil penelitian bahwa secara statistik tidak ada perbedaan bermakna pada pemakaian tanaman *Azolla pinnata* dalam menurunkan kadar COD dalam limbah cair sohun. Disarankan sebaiknya perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan waktu tinggal lebih dari 7 hari, bentuk permukaan yang berbeda dengan diameter atau dimensi tempat yang berbeda dan menggunakan sistem aliran batch culture, untuk industri sohun sebaiknya sebelum membuang limbah cair hasil pencucian tepung sago ke saluran drainase sebaiknya dilakukan pengolahan terlebih dahulu, dengan membuat lahan basah buatan dengan ukuran kolam 4 m x 3 m x 30 cm yang dapat menampung limbah cair sebanyak 3.600 liter dengan penggunaan tanaman *Azolla pinnata* dalam menurunkan kadar COD dan dikombinasikan dengan jenis tanaman lain, sebelum dibuang ke lingkungan.

Kata Kunci : *Azolla pinnata*; COD; Limbah Cair Sohun

Abstract

One of the small industries in Purwokerto is the vermicelli industry. Given the vermicelli is needed around Purwokerto, other than that the process of making and marketing becomes easy. The process of making vermicelli can also cause negative impacts of environmental pollution caused by liquid waste. Based on observations around the site, the resulting liquid waste directly discharged into the drainage channel without treatment, one alternative treatment that can be done is by phytoremediation system using *Azolla pinnata* plant. The purpose of this research is to know the efficiency of phytoremediation using *Azolla pinnata* plant on COD to the liquid waste of vermicelli industry in Arcawinangun Village, East Purwokerto Subdistrict, Banyumas Regency 2018. This type of research is pre experiment with pre post design. Data were collected by observation and laboratory examination. The results showed that the efficiency of COD concentration reduction in 0.1 kg of biomass averaged 7.58%, biomass 0.15 kg averaged 15.20%, 0.2 kg biomass averaged 48.27%. the highest decrease of COD concentration based on variation of *Azolla pinnata* plant biomass occurred in treatment group with 0.2 kg biomass variation. The conclusion from the results of the study that there is no statistically significant difference in the use of *Azolla pinnata* plants in lowering COD in vermicelli wastewater. It is recommended that further research should be conducted with a residence time of more than 7 days, different surface shapes with different diameters or place dimensions and using batch culture systems, for the vermicelli before disposing of liquid waste should result leaching into drainage channels sago flour preferably done processing first, by creating artificial wetlands with the size of the pool 4 m x 3 m x 30 cm that can hold liquid waste as many as 3,600 liters of *Azolla pinnata* plant use in lowering levels of COD and combined with other types of plants, before being dumped into the environment.

Keywords : *Azolla pinnata*; COD; Liquid waste vermicelli

¹⁾Email: salmaanuur31@gmail.com

²⁾Email: harioke2000@yahoo.com

³⁾Email: inung.nh@gmail.com

Pendahuluan: Indonesia sebagai negara yang sedang berkembang, sehingga selalu memprioritaskan sektor industri sebagai penggerak perekonomian bangsa, dengan tujuan akhir meningkatkan kesejahteraan rakyat sesuai dengan tujuan nasional. Berdasarkan modal yang dimilikinya, Industri dapat dikategorikan menjadi industri besar dan industri kecil. Industri besar mempunyai dampak yang lebih besar dari pada industri kecil, tetapi umumnya industri besar telah dilengkapi IPAL yang lengkap dan canggih, sedangkan industri kecil pada umumnya tidak memiliki IPAL karena kendala modal.

Industri kecil yang tidak memiliki IPAL berpotensi mengakibatkan pencemaran ke lingkungan. Pencemaran yang ditimbulkan dari hasil kegiatan produksi menghasilkan sisa buangan berupa limbah cair. Limbah cair yang mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut mengalami perubahan fisik, kimia dan hayati yang akan menghasilkan zat beracun atau menciptakan media untuk tumbuhnya bakteri. Air akan berubah warna menjadi keruh dan berbau busuk yang mengakibatkan kadar COD dan BOD pada limbah cair meningkat.

Salah satu industri kecil yang terdapat di Purwokerto adalah industri sohun. Mengingat bahwa sohun banyak dibutuhkan masyarakat di sekitar Purwokerto, selain itu proses pembuatan dan pemasarannya mudah. Oleh karena limbah cair dari industri sohun pada umumnya berwarna keruh dan COD tinggi, apabila disalurkan langsung ke badan air akan berdampak ke lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Hasil pemeriksaan sampel limbah cair industri sohun Desa Arcawinangun, Purwokerto yang diambil oleh peneliti sebagai penelitian pendahuluan ternyata lebih besar dari pada baku mutu air limbah, yaitu 754 mg/l. Menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomer 5 tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah pada limbah sohun, baku mutu maksimal untuk COD 250 mg/l. Dampak terhadap lingkungan apabila konsentrasi COD tinggi dapat menyebabkan kandungan Oksigen terlarut di dalam air menjadi rendah bahkan habis sama sekali. Akibatnya Oksigen sebagai sumber kehidupan bagi makhluk air (hewan dan tumbuh-tumbuhan) tidak dapat terpenuhi, sehingga makhluk air tersebut menjadi mati (Monahan, 1993).

Berbagai macam pengolahan limbah cair telah ditemukan. Fitoremediasi merupakan salah satu teknologi secara biologi yang memanfaatkan tumbuhan yang dapat berasosiasi untuk mengurangi polutan lingkungan baik pada air, tanah dan udara yang diakibatkan oleh logam atau bahan organik. Umumnya tanaman air sangat tahan terhadap kadar unsur hara yang sangat rendah dalam air dan responnya terhadap kadar hara yang tinggi juga

sangat besar. Tanaman air menyerap senyawa organik maupun anorganik terlarut ke dalam strukturnya, sehingga pada umumnya limbah yang polutannya sudah dibersihkan oleh tumbuhan saat dialirkan ke lingkungan akibat kerusakannya lebih kecil (Ervina H, dkk. (Lusianty dan Soerjani), 2005, h. 1).

Beberapa jenis tanaman yang sering digunakan sebagai fitoremediasi adalah Anturium Merah / Kuning, Alamanda Kuning / Ungu, Akar Wangi, Bambu Air, Cana Presiden Merah / Kuning / Putih, Dahlia, Dracena Merah / Hijau, Heleconia Kuning / Merah, Jaka, Keladi Loreng / Sente / Hitam, Kenyeri Merah / Putih, Lotus Kuning / Merah, Onje Merah, Pacing Merah, / Putih, Padi – padian, Papyrus, Pisang Mas, Ponaderia, Sempol Merah / Putih, Spider Lili, Pohon Enau maupun Pohon Jarak, *Azolla pinnata*, Kayu apu, Genjer dan jenis tanaman lainnya yang mampu menyerap serta mengolah limbah secara alami (Rony Irawanto, 2010).

Azolla pinnata merupakan salah satu tumbuhan jenis paku-pakuan air yang hidupnya mengambang di atas permukaan air. Tumbuhan *Azolla pinnata* merupakan tumbuhan akuatik yang dapat ditemukan pada area persawahan dan merupakan *emerge plant*. *Emerge plant* adalah tumbuhan yang akar dan sebagian batangnya terendam di dalam air, sedangkan sebagian batang, daun dan bunganya muncul di permukaan air (Eka Meilian Sari, dkk. (Lumpkin dan Pluncknett, 1980)).

Sistem pengolahan limbah menggunakan *Azolla pinnata* sebagai biofilter. *Azolla* dikenal mampu bersimbiosis dengan bakteri biru-hijau *Anabaena azollae* dan mengikat nitrogen langsung dari udara (Sudadi dan Suryono. (Arifin, 1996)). Bakteri yang hidup pada akar *Azolla pinnata* merupakan organisme utama yang berperan dalam proses penguraian zat organik dan nutrisi pada limbah cair. Bakteri menguraikan bahan organik menjadi molekul atau ion yang siap diserap oleh tanaman *Azolla pinnata*. Proses penyerapan molekul atau ion hasil penguraian mikroorganisme oleh *Azolla pinnata* akan memacu bakteri untuk mempercepat proses penguraian bahan organik (Nazilatus Salafiyah, (Stowell, 1991)), yang berarti dalam pertumbuhannya *Azolla pinnata* memerlukan zat organik. Kandungan organik merupakan parameter yang sangat umum untuk diolah dalam suatu sistem pengolahan limbah cair.

Berdasarkan uraian tersebut, maka peneliti akan melakukan penelitian dengan judul “Efisiensi Tanaman *Azolla pinnata* dalam Menurunkan Kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) pada Limbah Cair Sohun di Desa Arcawinangun Kecamatan Purwokerto Timur Kabupaten Banyumas Tahun 2018”.

Perumusan masalah : Berapakah efisiensi tanaman *Azolla pinnata* sebagai fitoremediator

terhadap penurunan konsentrasi COD (*Chemical Oxygen Demand*) pada limbah cair sohun di Desa Arcawinangun Kecamatan Purwokerto Timur Kabupaten Banyumas Tahun 2018 ?

Tujuan dari penelitian ini adalah Menghitung kadar COD air limbah sohun sebelum melewati media yang ditanami tanaman *Azolla pinnata*. Mengukur kadar COD air limbah sohun sesudah melewati media yang ditanami tanaman *Azolla pinnata*. Menghitung efisiensi penurunan kadar COD air limbah sohun sebelum dan sesudah melewati media yang ditanami tanaman *Azolla pinnata*.

Tinjauan Pustaka: Soeparman dan Suparmin (2002, h. 32) menyatakan bahwa limbah cair industri, adalah “Limbah cair yang sebagian besar terdiri dari buangan industri”. Menurut Okun dan Ponghis (Soeparman dan Suparmin, 2002), berbagai parameter kualitas limbah cair yang penting untuk diketahui adalah bahan padat tersuspensi (*suspended solids*), bahan padat terlarut (*dissolved solids*), kebutuhan oksigen biokimia (*Biochemical Oxygen Demand = BOD*), kebutuhan oksigen kimiawi (*Chemical Oxygen Demand = COD*), organisme coliform, pH, oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen = DO*), kebutuhan klor (*Chlorine demand*), nutrien, logam berat (*heavy metals*), dan parameter lain.

Menurut Suparmin (2003) Angka COD merupakan ukuran bagi tingkat pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dioksidasi oleh proses mikrobiologis yang mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut (DO) dalam air. Penyebab tingginya kadar COD dapat diakibatkan oleh tingginya kandungan bahan organik dalam air mengakibatkan Oksigen terlarut dalam air sangat rendah sehingga angka COD menjadi tinggi (Wardana W, 2004).

Dampak yang ditimbulkan akibat COD tinggi, yaitu bagi kesehatan COD yang tinggi menunjukkan bahan pencemar organik dan mikroorganisme dalam jumlah yang banyak. Mikroorganisme tersebut mencakup patogen dan non patogen. Mikroorganisme patogen dalam jumlah yang tinggi dapat menimbulkan berbagai macam penyakit bagi manusia, sedangkan bagi lingkungan COD yang tinggi menyebabkan kandungan Oksigen terlarut di dalam air menjadi rendah bahkan habis sehingga makhluk air yang membutuhkan oksigen akan mati (Nadhiroh Y, 2014).

Lahan basah buatan (*Constructed Wetland*) merupakan sistem pengolahan air limbah yang menggunakan teknologi sederhana dengan pendekatan baru untuk menurunkan pencemaran lingkungan berdasarkan pemanfaatan tanaman air dan mikroorganisme. Lahan basah buatan terdapat dua sistem yang dikembangkan saat ini, yaitu *Free Water Surface System* (FWS) dan *Sub-surface Flow System* (SSF). *Free Water Surface System* (FWS) disebut juga rawa buatan dengan aliran diatas permukaan tanah. *Sub-surface Flow System*

(SSF) disebut juga rawa buatan dengan aliran di bawah permukaan tanah.

Lahan basah buatan tipe aliran permukaan *Free Water Surface (FWS)* yang menggunakan tanaman hidroponik dengan sistem terapung yang akarnya mengapung, tetapi bagian tanaman lainnya seperti daun tetap berada diluar atau dipermukaan air. Maka berdasarkan cara hidupnya sering disebut juga *marginal plants* (Maulida Khiatuddin, 2003).

fitoremediasi (*phytoremediation*) merupakan suatu sistem dimana tanaman dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/ polutan) menjadi berkurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang dapat digunakan kembali (*re-use*). Konsep mengolah air limbah dengan menggunakan media tanaman belum banyak dikenal masyarakat, padahal proses fitoremediasi ini dapat memecahkan permasalahan lingkungan saat ini.

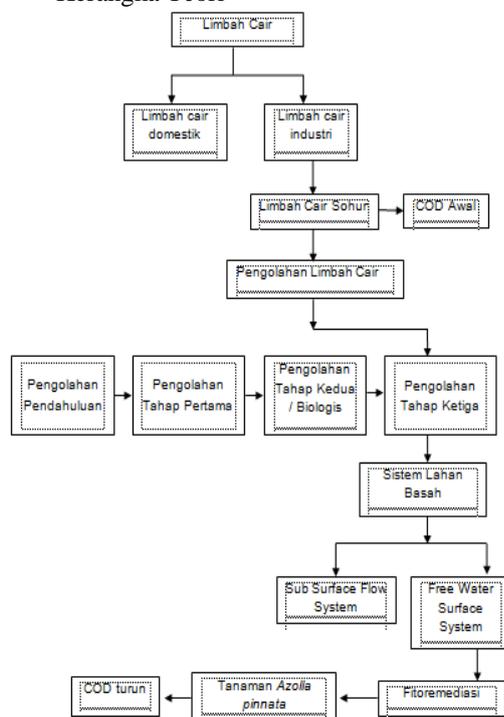
Ada enam proses secara serial yang dilakukan tumbuhan terhadap zat kontaminan atau pencemar yang berada di sekitarnya, yaitu:

1. *Phytoaccumulation (phytoextraction)*, yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminan dari media, sehingga berakumulasi di sekitar akar tumbuhan.
2. *Rhizofiltration (rhizo : akar)*, yaitu proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar.
3. *Phytostabilization*, yaitu penempelan zat – zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap ke dalam batang tumbuhan. Zat – zat tersebut menempel erat (stabil) pada akar, sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media.
4. *Rhizodegradation*, yaitu penguraian zat – zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada di sekitar akar tumbuhan.
5. *Phytodegradation (phyto transformation)*, yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan susunan molekul yang lebih sederhana yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Proses ini dapat berlangsung pada daun, batang, akar atau di luar sekitar akar dengan bantuan enzim yang dikeluarkan oleh tumbuhan itu sendiri. Beberapa tumbuhan mengeluarkan enzim berupa bahan kimia yang mempercepat proses degradasi.
6. *Phytovolatilization*, yaitu proses menarik dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk yang telah menjadi larutan terurai sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya diupkan ke atmosfer. (Yutsaica Rohmatuz Zannah, (Rony Irawanto), 2017, h. 24).

Menurut Antonius (1996) *Azolla pinnata* salah satu tumbuhan air yang mengapung karena akarnya tidak memerlukan media tanam lain kecuali air, *Azolla pinnata* yang sering dijumpai

pada sawah dan kolam ikan dan dianggap sebagai gulma dapat dijadikan sebagai tanaman fitoremediasi, dengan keadaan yang mengapung akar *Azolla pinnata* yang menggantung akan menyerap kandungan limbah organik (protein, lemak, dan karbohidrat) pada limbah. Kemampuan tanaman air ini sebagai biofilter pada air limbah dapat menurunkan pencemaran limbah organik. Proses penurunan zat organik dilakukan oleh mikroba yang bersimbiosis dengan *Azolla pinnata*, dimana mikroba ini akan mendegradasi dan dekomposisi zat organik yang membutuhkan oksigen. Jika kebutuhan oksigen terlarut (DO) rendah maka nilai oksigen terlarut dapat menunjukkan tingkat pencemaran limbah cair. Dengan demikian, *Azolla pinnata* dapat memberikan keuntungan ganda, disamping mengurangi biaya untuk menangani masalah limbah, biomasa *Azolla pinnata* juga dapat dipakai sebagai pupuk hijau.

Kerangka Teori



Bahan dan Metode: Penelitian ini menggunakan jenis penelitian *pra eksperimen* dengan metode pre and post design, dengan tujuan untuk mengetahui ada atau tidak adanya perbedaan konsentrasi COD sebelum dan sesudah pemakaian tanaman *Azolla pinnata* dengan media *Free Water Surface Syestem Wetlands (FWS-Wetlands)*.

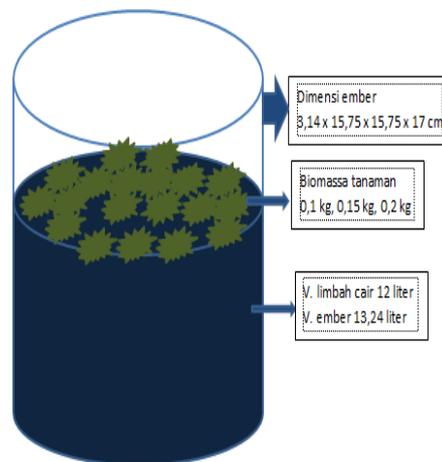
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah limbah sohun dan biomassa tanaman *Azolla pinnata*, Variabel terikat dalam penelitian ini adalah penurunan kadar COD setelah melewati media yang ditanami tanaman *Azolla pinnata*, Variabel pengganggu dalam penelitian ini adalah karakteristik tanaman, Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah volume limbah sohun dan waktu tinggal.

Waktu penelitian pada persiapan sampai penyelesaian dilakukan bulan Oktober- Mei 2018. Lokasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu di Desa Ledug, Kecamatan Kembaran Kabupaten Banyumas.

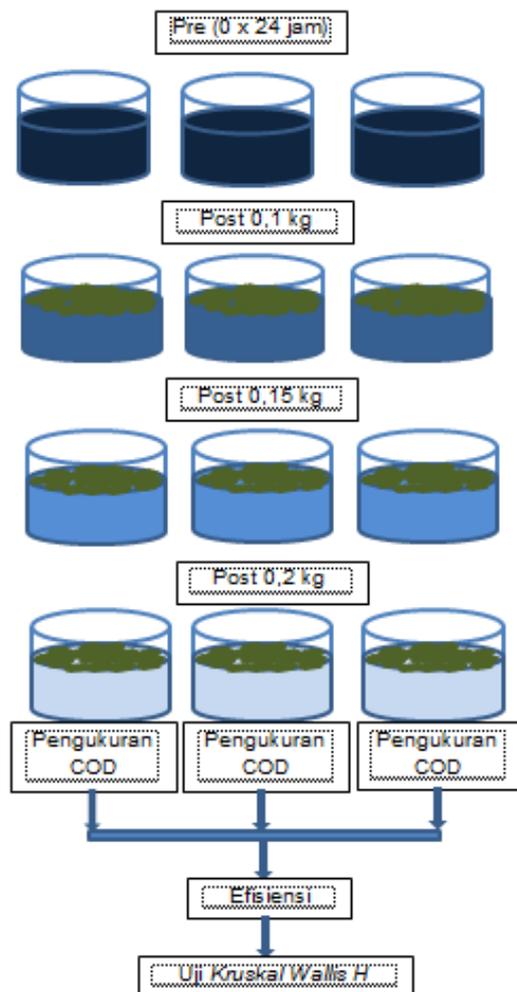
Replikasi: Penelitian ini menggunakan 3 replikasi dan 3 perlakuan. Perlakuan 1, yaitu menggunakan 0,2 kg tanaman *Azolla pinnata*, perlakuan 2, yaitu menggunakan 0.15 kg tanaman *Azolla pinnata*, dan perlakuan 3, yaitu menggunakan 0,1 kg tanaman *Azolla pinnata*. Waktu tinggal dalam penelitian ini selama 7 x 24 jam. Pengambilan sampel dan pemeriksaan kadar COD dilakukan pada saat sebelum perlakuan (*pre test*) dan sesudah perlakuan (*postest*). Tanaman *Azolla pinnata* yang digunakan untuk percobaan penelitian, yaitu tanaman yang daunnya berwarna hijau, dengan berat 0,1 kg, 0,15 kg dan 0,2 kg. Jumlah sampel yang akan diperiksa kadar COD sebanyak 12 sampel, yaitu 3 sampel *pre test* dan 9 sampel *postest*.

Prosedur Kerja: Sesudah proses aklimatisasi satu minggu atau 7 hari, masukkan limbah cair sohun sebanyak 12 liter pada masing masing ember, lakukan pemeriksaan kadar COD pada hari ke 0 (*pretest*), kemudian lakukan pengamatan pada kondisi fisik tanaman selama 7 hari, lakukan pemeriksaan kadar COD pada hari ke 7 (*postest*).

Desain Alat:



Desain Penelitian:



Cara pengumpulan data: Membuat model fitoremediasi dengan kriteria desain waktu tinggal, volume air limbah, jenis tanaman, berat tanaman pada unit percobaan fitoremediasi menggunakan tanaman *Azolla pinnata*. Aklimatisasi tanaman di kolam aklimatisasi selama satu minggu sebelum digunakan dalam penelitian. Meletakkan tanaman *Azolla pinnata* dalam bak perlakuan yang sudah diisi air uji. Pengamatan terhadap tanaman limbah cair industri sohun. Melakukan pemeriksaan kadar COD pada limbah cair sohun pada unit sebelum perlakuan (*pretest*) dan sesudah perlakuan (*posttest*). Menghitung efisiensi penurunan COD dengan menggunakan tanaman *Azolla pinnata*.

$$\text{Efisiensi} = \frac{A-B}{A} \times 100 \%$$

Keterangan :

A = Kadar COD sebelum perlakuan.

B = Kadar COD sesudah perlakuan.

Dapat dikatakan efisien apabila persen penurunan pada range 80%-90% atau >90%.

Instrument/ alat pengumpulan data: Spektro Quanova digunakan untuk mengukur kadar COD di Laboratorium UPTD Laboratorium Kesehatan Kabupaten Purbalingga. Tabel lembar kerja untuk dapat memperoleh data tentang keadaan geografi, demografi, topografi, luas wilayah industri sohun, letak wilayah industri sohun, jumlah tenaga kerja di

industri sohun, proses produksi sohun, banyaknya bahan baku yang dibutuhkan.

Hasil dan Pembahasan: penelitian ini adalah fitoremediasi limbah cair sohun menggunakan proses *Free Water Surface Syestem Wetlands* (FWS-Wetlands) dengan tanaman *Azolla pinnata* dalam menurunkan kadar COD dengan waktu tinggal selama 7 hari dan proses aklimatisasi selama 7 hari.

Hasil kondisi lingkungan pada saat penelitian dipengaruhi oleh faktor cuaca lokasi penelitian. Kondisi cuaca pada saat penelitian mendung pada saat sore hari, hal ini disebabkan karena musim hujan yang terjadi di wilayah Banyumas dan sekitar pada saat penelitian, namun pada saat siang hari suhu mencapai 29°C, kondisi cuaca pada saat penelitian dapat dilihat pada tabel berikut.

Kondisi Cuaca di Lokasi Penelitian

Tanggal Penelitian	Cuaca Lokasi
8 Maret 2018	Mendung
9 Maret 2018	Hujan
10 Maret 2018	Mendung
11 Maret 2018	Cerah
12 Maret 2018	Mendung
13 Maret 2018	Mendung
14 Maret 2018	Cerah

Penelitian ini tentang limbah cair industri sohun dengan metode *FWS-Wetlands* menggunakan tanaman *Azolla pinnata*. Pada saat penelitian, tanaman *Azolla pinnata* mengalami perubahan fisik pada hari ke-4, yaitu perubahan pada warna tanaman yang tadinya berwarna hijau berubah warna menjadi kecoklatan, namun sebagian besar daun berwarna hijau.

Gambaran umum kesehatan lingkungan di industri sohun: Air bersih yang digunakan untuk proses pembuatan sohun secara kualitas memenuhi syarat karena air tidak berbau, tidak berasa dan tidak berwarna, air tersebut bersumber dari 2 sumur gali. Pendistribusian air menggunakan bantuan pompa dengan sistem perpipaan agar air dapat langsung digunakan dan disalurkan kebagian proses pencucian tepung sagu. Air bersih yang bersumber dari sumur gali dapat memenuhi kebutuhan di pabrik sohun yang sudah berjalan selama 56 tahun. Udara yang berada di dalam ruang kerja bersumber dari udara ambien yang masuk melalui pintu-pintu yang selalu dalam kondisi terbuka, dimana dengan adanya pertukaran udara yang cukup akan menyebabkan kesegaran fisik bagi karyawan yang sedang bekerja. Kondisi lingkungan tempat kerja yang kurang bersih dikarenakan tidak terdapat tempat sampah di dalam pabrik, dan kondisi beberapa karyawan yang tidak menggunakan alas kaki pada saat bekerja dapat memicu terjadinya

penyakit dan kecelakaan di tempat kerja. Tidak terlihat adanya binatang pengerat di lokasi pabrik sohun, hal ini bisa dikarenakan setiap selesai produksi sohun langsung didistribusikan sehingga tidak terdapat produk yang disimpan yang dapat memicu binatang pengerat datang. Limbah yang dihasilkan bersumber dari sisa buangan pencucian tepung sagu yang ditambahkan bahan kimia berupa kaporit. Karakteristik limbah hasil pencucian sohun berwarna keruh dan berbau.

Kualitas limbah cair sohun sebelum dan sesudah dilakukan percobaan berdasarkan kadar COD. Hasil pemeriksaan kadar COD replikasi 1 limbah cair industri sohun sebelum dan sesudah percobaan di Dusun Kedungparuk Desa Ledug Kecamatan Kembaran Kabupaten Banyumas Tahun 2018.

No.	Unit Percobaan	Parameter COD (mg/l)	
		Sebelum	Setelah
1.	R1 0,1	453	426
2.	R1 0,15	453	359
3.	R1 0,2	453	163
Jumlah		1359	948
Rata-rata		453	316

Sumber : Hasil Pemeriksaan di UPTD Laboratorium Kesehatan Kabupaten Purbalingga Tahun 2018.

Keterangan :

- R1 0,1 : Perlakuan 1 Replikasi 1 biomassa 0,1 kg
- R1 0,15 : Perlakuan 2 Replikasi 1 biomassa 0,15 kg
- R1 0,2 : Perlakuan 3 Replikasi 1 biomassa 0,2 kg

Replikasi ke-1, limbah cair yang diambil sebagai sampel percobaan berasal dari pencucian tepung sagu hari ke-3 yang masih menggunakan bahan kimia kaporit sebanyak 3 kg dalam ±800 liter air, hal ini yang mengakibatkan kadar COD pada pencucian hari ke-3 masih melebihi baku mutu yaitu sebesar 453 mg/l. Pada replikasi ke-1 nilai COD pada semua perlakuan mengalami penurunan dari nilai COD awal. Nilai COD pada R1 0,1 (biomassa 0,1 kg) setelah diberi perlakuan berupa tanaman *Azolla pinnata* sebesar 426 mg/l yang berarti turun sebanyak 5,9 % dari nilai COD awal. Nilai COD pada R1 0,15 (biomassa 0,15 kg) setelah diberi perlakuan sebesar 359 mg/l yang berarti turun sebanyak 20,7 % dari nilai COD awal. Kemudian Nilai COD pada R1 0,2 (biomassa 0,2 kg) setelah diberi perlakuan sebesar 163 mg/l yang berarti turun sebanyak 64,01 % dari nilai COD awal. Pada R1 0,1 dan R1 0,15 meskipun mengalami penurunan namun belum memenuhi baku mutu perairan yang telah ditetapkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomer 5 tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah pada limbah sohun yaitu sebesar 250 mg/l, sedangkan pada R1 0,2 penurunan nilai COD telah memenuhi baku mutunya.

Hasil pemeriksaan kadar COD replikasi 2 limbah cair industri sohun sebelum dan sesudah percobaan di Dusun Kedungparuk Desa Ledug Kecamatan Kembaran Kabupaten Banyumas Tahun 2018.

No.	Unit Percobaan	Parameter COD (mg/l)	
		Sebelum	Setelah
1.	R2 0,1	331	306
2.	R2 0,15	331	321
3.	R2 0,2	331	197
Jumlah		993	824
Rata-rata		331	274,66

Sumber : Hasil Pemeriksaan di UPTD Laboratorium Kesehatan Kabupaten Purbalingga Tahun 2018.

Keterangan :

- R2 0,1 : Perlakuan 1 Replikasi 2 biomassa 0,1 kg
- R2 0,15 : Perlakuan 2 Replikasi 2 biomassa 0,15 kg
- R2 0,2 : Perlakuan 3 Replikasi 2 biomassa 0,2 kg

Replikasi ke-2, limbah cair yang diambil sebagai sampel percobaan berasal dari pencucian tepung sagu hari ke-5 yang masih menggunakan bahan kimia kaporit sebanyak 2 kg dalam ±800 liter air, hal ini yang mengakibatkan kadar COD pada pencucian hari ke-5 masih melebihi baku mutu yaitu sebesar 331 mg/l. Pada replikasi ke-2 ini nilai COD pada semua perlakuan mengalami penurunan dari nilai COD awal. Nilai COD pada R2 0,1 (biomassa 0,1 kg) setelah diberi perlakuan berupa tanaman *Azolla pinnata* sebesar 306 mg/l yang berarti turun sebanyak 7,5 % dari nilai COD awal. Nilai COD pada R2 0,15 (biomassa 0,15 kg) setelah diberi perlakuan sebesar 321 mg/l yang berarti turun sebanyak 3,02 % dari nilai COD awal, pada perlakuan ini berarti terjadi penurunan yang lebih sedikit dibandingkan dengan R2 0,1 hal ini disebabkan karena tanaman *Azolla pinnata* pada R2 0,15 banyak yang daunnya berwarna coklat yang menandakan tanaman tersebut tidak hidup sehingga konsentrasi dari COD juga mengalami peningkatan serta tidak dapat menyerap zat organik dan anorganik secara optimal. Kemudian Nilai COD pada R2 0,2 (biomassa 0,2 kg) setelah diberi perlakuan sebesar 197 mg/l yang berarti turun sebanyak 40,48 % dari nilai COD awal. Pada R2 0,1 dan R2 0,15 meskipun mengalami penurunan namun belum memenuhi baku mutu perairan yang telah ditetapkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomer 5 tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah pada limbah sohun yaitu sebesar 250 mg/l, sedangkan pada R2 0,2 penurunan nilai COD telah memenuhi baku mutunya.

Hasil pemeriksaan kadar COD replikasi 3 limbah cair industri sohun sebelum dan sesudah percobaan di Dusun Kedungparuk Desa Ledug Kecamatan Kembaran Kabupaten Banyumas Tahun 2018.

No.	Unit Percobaan	Parameter COD (mg/l)	
		Sebelum	Setelah
1.	R3 0,1	238	216
2.	R3 0,15	238	186
3.	R3 0,2	238	142
Jumlah		714	544
Rata-rata		238	181,33

Sumber : Hasil Pemeriksaan di UPTD Laboratorium Kesehatan Kabupaten Purbalingga Tahun 2018.

Keterangan :

- R3 0,1 : Perlakuan 1 Replikasi 3 biomassa 0,1 kg
- R3 0,15 : Perlakuan 2 Replikasi 3 biomassa 0,15 kg
- R3 0,2 : Perlakuan 3 Replikasi 3 biomassa 0,2 kg

Replikasi ke-3, limbah cair yang diambil sebagai sampel percobaan berasal dari pencucian tepung sagu hari ke-8 yang masih menggunakan bahan kimia kaporit sebanyak 1 kg dalam ±800 liter air, hal ini yang mengakibatkan kadar COD pada pencucian hari ke-8 tidak melebihi baku mutu yaitu sebesar 238 mg/l. Pada replikasi ke-3 nilai COD pada semua perlakuan mengalami penurunan dari nilai COD awal. Nilai COD pada R3 0,1 (biomassa 0,1 kg) setelah diberi perlakuan berupa tanaman *Azolla pinnata* sebesar 216 mg/l yang berarti turun sebanyak 9,24 % dari nilai COD awal. Nilai COD pada R3 0,15 (biomassa 0,15 kg) setelah diberi perlakuan sebesar 186 mg/l yang berarti turun sebanyak 21,8 % dari nilai COD awal. Kemudian Nilai COD pada R3 0,20 (biomassa 0,2 kg) setelah diberi perlakuan sebesar 142 mg/l yang berarti turun sebanyak 40,33 % dari nilai COD awal. Pada semua perlakuan mengalami penurunan dan sudah memenuhi baku mutu perairan yang telah ditetapkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomer 5 tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah pada limbah sohun yaitu sebesar 250 mg/l, hal ini karna pencucian hari ke-8 nilai COD awal tidak melebihi baku mutu limbah cair COD.

Percobaan dari 3 replikasi pada parameter COD semua perlakuan mengalami penurunan dari nilai COD awal, pada biomassa 0,1 kg, 0,15 kg, 0,2 kg nilai COD akhir mengalami penurunan karena adanya penyerapan bahan-bahan organik dan anorganik. Tingginya penyerapan juga berbanding lurus dengan biomassa tanaman karna dengan semakin banyaknya biomassa nilai penurunan CODnya semakin tinggi. Pada biomassa 0,2 kg penurunan nilai COD tertinggi menyebabkan pada perlakuan ini penyerapan bahan organik dan anorganik paling tinggi.

Efisiensi percobaan limbah cair sohun untuk menurunkan kadar COD setelah dilakukan percobaan. Hasil perhitungan efisiensi *Azolla*

pinnata dalam menurunkan kadar COD dengan biomassa tanaman 0,1 Kg pada limbah cair sohun di Desa Arcawinangun sesudah percobaan di Dusun Kedungparuk Desa Ledug Kecamatan Kembaran Kabupaten Banyumas Tahun 2018.

No.	Unit Percobaan	Efisiensi (%)
1.	R1 0,1	5,960
2.	R2 0,1	7,552
3.	R3 0,1	9,243
Jumlah		2,756
Rata - Rata		7,585

Berdasarkan tabel diatas efisiensi *Azolla pinnata* dalam menurunkan parameter COD pada limbah cair sohun dengan waktu tinggal selama 7 hari dengan biomassa tanaman 0,1 kg didapatkan hasil rata-rata sebesar 7,58 %, sehingga belum dikatakan efisien. Penurunan kadar COD pada masing-masing perlakuan dalam hitungan efisiensi berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa efisiensi tanaman *Azolla pinnata* pada 3 replikasi dengan biomassa tanaman 0,1 memiliki rata-rata 7,58 % dengan nilai efisiensi tanaman setiap replikasi R1 0,1 = 5,96 %; R2 0,1 = 7,55 %; R3 0,1 = 9,24 %.

Hasil perhitungan efisiensi *Azolla pinnata* dalam menurunkan kadar COD dengan biomassa tanaman 0,15 Kg pada limbah cair sohun di Desa Arcawinangun sesudah percobaan di Dusun Kedungparuk Desa Ledug Kecamatan Kembaran Kabupaten Banyumas Tahun 2018.

No.	Unit Percobaan	Efisiensi (%)
1.	R1 0,15	20,750
2.	R2 0,15	3,021
3.	R3 0,15	21,848
Jumlah		45,620
Rata - Rata		15,206

Berdasarkan tabel diatas efisiensi *Azolla pinnata* dalam menurunkan parameter COD pada limbah cair sohun dengan waktu tinggal selama 7 hari dengan biomassa tanaman 0,15 kg didapatkan hasil rata-rata sebesar 15,20 %, sehingga belum dikatakan efisien. Efisiensi tanaman *Azolla pinnata* pada 3 replikasi dengan biomassa tanaman 0,15 dengan nilai efisiensi tanaman setiap replikasi R1 0,15 = 20,75 %; R2 0,15 = 3,02 %; R3 0,15 = 21,84 %. Pada perlakuan R2 0,15 penurunan nilai COD sangat sedikit hal ini disebabkan karena pada saat percobaan banyak yang daunnya berwarna coklat yang menandakan tanaman tersebut tidak hidup sehingga konsentrasi dari COD juga mengalami peningkatan serta tidak dapat menyerap zat organik dan anorganik secara optimal . Daun tanaman *Azolla pinnata* yang berwarna coklat bisa disebabkan karena pembentukan proses fotosintesis dan nitrogenase yang terhambat akibat peletakan wadah percobaan yang salah sehingga tanaman kurang mendapatkan sinar matahari.

Hasil perhitungan efisiensi *Azolla pinnata* dalam menurunkan kadar COD dengan biomassa tanaman 0,2 Kg pada limbah cair sohun di Desa Arcawinangun sesudah percobaan di Dusun Kedungparuk Desa Ledug Kecamatan Kembaran Kabupaten Banyumas Tahun 2018.

No.	Unit Percobaan	Efisiensi (%)
1.	R1 0,2	64,017
2.	R2 0,2	40,483
3.	R2 0,2	40,336
Jumlah		144,837
Rata - Rata		48,279

Berdasarkan tabel diatas efisiensi *Azolla pinnata* dalam menurunkan parameter COD pada limbah cair sohun dengan waktu tinggal selama 7 hari dengan biomassa tanaman 0,2 kg didapatkan hasil rata-rata sebesar 48,27 %, sehingga belum dikatakan efisien. Efisiensi tanaman *Azolla pinnata* pada 3 replikasi dengan biomassa tanaman 0,2 dengan nilai efisiensi tanaman setiap replikasi R1 0,2 = 64,01 %; R2 0,2 = 40,48 %; R3 0,2 = 40,33 %.

Hasil Perhitungan Efisiensi *Azolla pinnata* dalam Menurunkan Parameter COD 3 Replikasi dan 3 Perlakuan Pada Limbah Cair Industri Sohun di Desa Arcawinangun Sesudah Percobaan di Dusun Kedungparuk Desa Ledug Kecamatan Kembaran Kabupaten Banyumas Tahun 2018.

No.	Unit Percobaan	Efisiensi (%)
1	R1 0,1	5,960
2	R2 0,1	7,552
3	R3 0,1	9,243
4	R1 0,15	20,750
5	R2 0,15	3,021
6	R3 0,15	21,848
7	R1 0,2	64,017
8	R2 0,2	40,483
9	R2 0,2	40,336
Jumlah		213,214
Rata – Rata		23,690

Sumber : Hasil Pemeriksaan di UPTD Laboratorium Kesehatan Kabupaten Purbalingga Tahun 2018.

Berdasarkan tabel diatas efisiensi *Azolla pinnata* dalam menurunkan parameter COD pada limbah cair industri sohun dengan waktu tinggal selama 7 hari dengan biomassa tanaman 0,1 kg, 0,15 kg, 0,2 kg didapatkan hasil rata-rata sebesar 23,69 % sehingga belum dikatakan efisien untuk parameter COD.

Hasil perhitungan efisiensi berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa efisiensi tanaman *Azolla pinnata* dalam menurunkan kadar COD 3,02 % - 64,01 %, sedangkan menurut Cameron, William dan Frank L. Cross.Jr, 1976, (dalam Yutsaica Rohmatuz Zannah, 2017) dapat dikatakan efisien apabila persen penurunan pada range 80% -

90%. Jadi penggunaan tanaman *Azolla pinnata* untuk menurunkan kadar COD pada limbah cair sohun belum dikatakan efisien.

Sebagaimana disampaikan pada uraian diatas bahwa tanaman yang mampu menurunkan COD menggunakan tanaman *eceng gondok* dapat menghasilkan efisiensi penurunan kadar COD yaitu 84,88 % pada limbah tahu dan tanaman kayu apu dapat menghasilkan efisiensi penurunan kadar COD yaitu 96,05% pada limbah tahu (Fika Haryanti, 2016). Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan waktu tinggal lebih lama, perlu penyesuaian yang lama, dan biomassa tanaman yang lebih bervariasi, serta peletakkan percobaan yang harus diperhatikan agar tanaman yang digunakan sebagai percobaan dapat hidup dan bekerja secara optimal dalam menyerap zat organik dan zat anorganik dalam limbah cair.

Hasil Uji Statistik Anova One Way Homogeneity of Variances Efisiensi Kadar COD

Efisiensi Pengolahan	Nilai p	P-value	Keterangan
	0,034	0,05	Tidak Memenuhi Syarat

Tabel diatas menunjukkan bahwa tidak memenuhi syarat menggunakan uji *anova one way* karena nilai $p < p\text{-value}$ dan menghasilkan data yang tidak homogen, sehingga menggunakan uji *Kruskal Wallis H*.

Hasil Uji Statistik *Kruskal Wallis H* Efisiensi Tanaman *Azolla pinnata* Terhadap Kadar COD Di Limbah Cair Industri Sohun Kecamatan Purwokerto Timur Kabupaten Banyumas Tahun 2018

Efisiensi Pengolahan	Nilai p	P-value	Keterangan
	0,061	0,05	Tidak Ada Perbedaan

Tabel diatas menunjukkan bahwa nilai $p > p\text{-value}$ artinya tidak ada perbedaan bermakna penggunaan tanaman *Azolla pinnata* dalam menurunkan kadar COD dalam limbah cair industri sohun.

Uji statistik untuk kadar COD menggunakan uji *Kruskal Wallis H*, dengan nilai p 0,061 dan nilai $p\text{-value}$ 0,05 artinya tidak ada perbedaan bermakna penggunaan tanaman *Azolla pinnata* dalam menurunkan limbah cair industri sohun karena $p > 0,05$. Uji statistik menyatakan tidak ada perbedaan yang bermakna antara penggunaan tanaman *Azolla pinnata* dalam menurunkan kadar COD.

Simpulan: Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka penelitian ini dapat disimpulkan Kualitas limbah cair industri sohun sebelum melewati tanaman *Azolla pinnata* di dapatkan hasil untuk kadar COD rata-rata sebesar 340,66 mg/lt. Kualitas limbah cair industri sohun sesudah melewati tanaman *Azolla pinnata* di-dapatkan hasil untuk kadar COD rata-rata sebesar 257,33 mg/lt. Efisiensi tanaman *Azolla pinnata* dalam

menurunkan kadar COD limbah cair sohon didapatkan hasil rata-rata sebesar 23,69 %.

Saran Bagi Badan Lingkungan Hidup: Sebagai informasi tambahan untuk dapat merekomendasikan kepada industri dengan sistem *Free Water Surface (FWS)* menggunakan tanaman hidroponik salah satunya *Azolla pinnata* dalam menurunkan kadar COD, mengoptimalkan kinerja IPAL. Bagi Industri: Sebelum membuang limbah cair hasil pencucian tepung sagu ke saluran drainase sebaiknya dilakukan pengolahan terlebih dahulu, dengan membuat lahan basah buatan dengan ukuran kolam 4m x 3m x 30 cm yang dapat menampung limbah cair sebanyak 3.600 liter dengan penggunaan tanaman *Azolla pinnata* dalam menurunkan kadar COD dan dikombinasikan dengan jenis tanaman lain, sebelum dibuang kebadan air. Bagi Peneliti: Pelaksanaan penelitian lanjutan untuk pengolahan limbah cair industri sohon dengan sistem *Free Water Surface Wetlands (FWS)* menggunakan tanaman *Azolla pinnata* dikombinasikan dengan jenis tanaman lain (misalnya *tanaman eceng gondok, kayu apu*), diperhatikan biomassa tanaman, waktu tinggal lebih dari 7 hari, bentuk permukaan yang berbeda dengan diameter atau dimensi tempat yang berbeda dan menggunakan sistem aliran batch culture.

Daftar Pustaka

- Ammelia Mentari, dkk. 2016. "Pemanfaatan *Azolla sp.* Untuk Menurunkan Kandungan COD (Chemical Oxygen Demand) dalam Limbah Laundry". Yogyakarta: Laboratorium Ekologi Perikanan, Departemen Perikanan, Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada.
- Asih K, dkk. 2013. "Pemodelan Chemical Oxygen Demand (COD) Sungai di Surabaya Dengan Metode *Mixed Geographically Weighted Regression*". Surabaya: Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Briljan Sudjana. "Penggunaan *Azolla* Untuk Pertanian Berkelanjutan". Karawang: Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Unsika. <https://journal.unsika.ac.id/index.php/solusi/article/viewFile/49/49>, Diakses pada tanggal 11 April 2018, Pukul 12.58 WIB.
- Bunga Septiana Belia. "Strategi Pengelolaan Limbah Industri Mie Soun dan Dampaknya Terhadap Masyarakat Sekitar (Studi Kasus Desa Manjung, Kecamatan Ngawen, Kabupaten Klaten)". Semarang: Jurusan Ekonomika dan Bisnis/Illmu Ekonomi dan Studi Pembangunan.
- Dea Argita dan Sarwoko Mangkoedihardjo. "Fitoremediasi Tanah Inceptisols Tercemar Limbah Laundry Dengan Tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus L.*)". Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. <http://purifikasi.net/index.php/purifikasi/article/view/35>, Diakses pada tanggal 1 Januari 2018, Pukul 19.54 WIB.
- Dwi Ningsih Susilowati, Mamik Setyowati. 2016. "Analisis Aktivitas Nitrogenase Dan Gen Nifh Isolat Bakteri Rhizosfer Tanaman Padi Dari Lahan Sawah Pesisir Jawa Barat". Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian.
- Ervina Hermawati, Wiryanto, Solichatun. 2005. "Fitoremediasi Limbah Detergen Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes L*) dan Genjer (*Limnocharis flava L*)". Surakarta: Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sebelas Maret.
- Euis Nurul Hidayah dan Wahyu Aditya. "Potensi Dan Pengaruh Tanaman Pada Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Sisten Constructed Wetland". Surabaya: Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur <https://core.ac.uk/download/pdf/12216690.pdf>, Diakses pada tanggal 17 April 2018, Pukul 22.35 WIB.
- Fika Hariyanti, 2016. "Efektivitas Subsurface Flow-Wetlands Dengan Tanaman Enceng Gondok Dan Kayu Apu Dalam Menurunkan kadar COD dan TSS Pada Limbah Pabrik Saos". Semarang: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Semarang <http://repository.unimus.ac.id/42/1/SKRIPSI%201.pdf>, Diakses pada tanggal 17 April 2018, Pukul 22.01 WIB.

- Haryati, dkk. 2012. "Kemampuan Tanaman Genjer (*Limnocharis Flava* (L.)Buch.) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair Kertas pada Biomassa dan Waktu Pemaparan Yang Berbeda". Surabaya: Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya
http://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/article/747/33/article.pdf&hl=id&sa=X&scisig=AAGBfm2_PtAIUcxtcOAgxf4rSkCRD8FQ&noss1=1&oi=scholar&ved=0ahUKEwj5yIOE3rbYAhUU148KHcFqCdgQgAMIJSgAMAA, Diakses pada tanggal 1 Januari 2018, Pukul 19.20 WIB.
- I Ketut Muliarta, 2004. Pedoman Teknis Pengelolaan Limbah Industri Kecil. Jakarta: Kementrian Lingkungan Hidup.
- Ika Meilian Sari, dkk. 2015. "Potensi Tanaman *Azolla (Azolla pinnata)* Sebagai Fitoremediator Ion Timbal (II), Ion Kadmium (II) dan Ion Kromium (VI)". Pekanbaru: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau Kampus Bina Widya
<https://repository.unri.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/8848/EKA%20MEILIAN%20SARI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, Diakses pada tanggal 10 Januari 2018, Pukul 20.01 WIB.
- Iwan Simatupang, dkk. 2015. "Pemanfaatan Kiambang (*alvinia molesta* D. Mitch) Untuk Fitoremediasi Limbah Organik Pulp dan Karats". Pekanbaru: Jurusan Biologi FMIPA UR Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Kampus Bina Widya Pekanbaru
<https://media.neliti.com/media/publications/188372-ID-none.pdf>, Diakses pada tanggal 11 April 2018, Pukul 13.53 WIB.
- Jane Clara Lampa, dkk. 2015. "Pengaruh Paku Sawah (*Azolla pinnata*) Terhadap Penurunan BOD dan COD Limbah Cair Pabrik Tahu Kerso". Gorontalo: Fakultas Ilmu-Ilmu Kesehatan dan Keolahragaan
- Kristi Lestari. 2017. "Efisiensi Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) dalam Menurunkan Kadar Krom Heksavalen (Cr⁺⁶) dan Kadar Warna Air Limbah Batik di Desa Sokaraja Tengah Kecamatan Sokaraja Kabupaten Banyumas Tahun 2017". Purwokerto: Poltekkes Kemenkes Semarang Jurusan Kesehatan Lingkungan.
- Leni Fitria, dkk. "Fitoremediasi Limbah Cair Kelapa Sawit Dengan *Typha Angustifolia* Dalam Sistem Lahan Basah Buatan Sebagai Sumber Belajar Konsep Pencemaran Lingkungan Bagi Siswa SMA Kelas X". Riau: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Riau
<https://repository.unri.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/2700/Jurnal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, Diakses pada tanggal 11 April 2018, Pukul 20.48 WIB.
- Maulida Khatuddin, 2003. Melestarikan Sumber Daya Air dengan Teknologi Rawa Buatan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Muhammad Sholeh, dkk. 2016. "Kajian Fitoremediasi Kromium Dalam Limbah Penyamakan Kulit". Yogyakarta: Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet dan Plastik.
- Nadhiroh Y. 2014. "Analisis Kualitas Air Sungai Pakis akibat Limbah Pabrik Gula Pakis Baru". Semarang: Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta
http://eprints.ums.ac.id/30684/17/NA_SKAH_PUBLIKASI_ILMIAH.pdf, Diakses pada tanggal 7 Mei 2018, Pukul 22.41 WIB.
- Nazilatus Salafiyah. 2013. "Pengaruh Lama Tanam dan Luas Penutupan *Azolla Microphylla* terhadap Kualitas Kimia dan Fisika Limbah Cair Laundry". Malang: Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
http://etheses.uinmalang.ac.id/420/10/10620038%2520-Ringkasan.pdf&ved=2ahUKEwicgev32tzYAhXDIZQKHZ6iAaYQFjAAegQIFRAB&usq=AOvVaw3oFvDuWzdeNfNhtamyb_eh, Diakses pada tanggal 16 Januari 2018, Pukul 21.26 WIB.

Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah
Nomor 5 Tahun 2012 Tentang Baku
Mutu Air Limbah.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup
Republik Indonesia Nomor 5 Tahun
2014 Tentang Baku Mutu Air
Limbah.

Soeparman dan Suparmin. 2002.
*Pembuangan Tinja & Limbah Cair
Cetakan 1*. Jakarta: Buku Kedokteran
EGC.

Wahid Hasyim. 2011. "Efisiensi Biofiltrasi
Aerobik dalam Menurunkan Kadar
COD Air Limbah Tahu di Desa
Sampang, Kecamatan
Sampang, Kabupaten Cilacap Tahun
2011". Purwokerto: Poltekkes
Kemenkes Semarang Jurusan
Kesehatan Lingkungan.

Y. H. Sutyanti, dkk. 2013. "Karakteristik
Fotosintetik Dan Serapan Fosfor
Hijauan Alfalfa (*Medicago sativa*)
Pada Tinggi Pemotongan Dan
Pemupukan Nitrogen Yang Berbeda".
Semarang: Fakultas Perternakan Dan
Pertanian Universitas Diponegoro
<https://media.neliti.com/media/publications/186602-ID-none.pdf>, Diakses
pada tanggal 17 April 2018, Pukul
21.43 WIB.

Yutsaica Rohmatuz Zannah. 2017. "Efisiensi
Fitoremediasi Menggunakan Bambu
Kuning (*Bambusa vulgaris Schrad*)
terhadap Kadar BOD dan Nitrat
Limbah Cair di Sentral Industri
Kerupuk Kabupaten Indramayu
Tahun 2017". Purwokerto: Poltekkes
Kemenkes Semarang Jurusan
Kesehatan Lingkungan.