

FITOREMEDIASI TANAMAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes.sp*) DALAM MENURUNKAN KADAR WARNA PADA LIMBAH BATIK “X”

Saly Fazaya, Suparmin, Teguh Widiyanto

Poltekkes Kemenkes Semarang

Abstrak

Industri batik merupakan salah satu industri yang berkembang pesat di Indonesia. Industri batik selalu menghasilkan air limbah yang dapat mencemari lingkungan dari penggunaan zat pewarna kain. Limbah batik mengandung bahan kimia yang dapat mencemari lingkungan. Proses pewarnaan kain batik menggunakan bahan pewarna kimia yang menimbulkan dampak berupa limbah cair organik dengan volume yang besar, warna yang pekat, berbau menyengat dan memiliki suhu dan keasaman yang tinggi. Pencemaran ini dapat terjadi apabila limbah yang dihasilkan langsung dibuang dibadan air tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Salah satu cara mengatasi permasalahan pencemaran tersebut yaitu dengan fitoremediasi, keunggulan dari fitoremediasi yaitu biaya operasional relatif murah dan cara remediasi yang aman, jenis tanaman yang digunakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes.sp*). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi eceng gondok (*Eichhornia crassipes.sp*) dalam menurunkan kadar warna air pada limbah batik di Pekalongan tahun 2020. Metode

Jenis penelitian adalah penelitian pre eksperimen dengan bentuk pretest-posttest. Variabel yang diteliti yaitu kadar warna. Terdapat 3 perlakuan dan 3 replikasi. Jumlah sampel 15 diantaranya 3 sampel pretest, 3 sampel kontrol, 9 sampel kelompok perlakuan.

Hasil penelitian efisiensi tertinggi pada replikasi 1 dengan jumlah 6 tanaman sebesar 65,55%, sedangkan efisiensi terendah pada replikasi 3 dengan jumlah 4 tanaman sebesar 32,83%. Uji statistik menggunakan uji paired t-test diperoleh hasil bahwa perlakuan 2 tanaman sig = 0,021 < α = 0,05, 4 tanaman sig = 0,030 < α = 0,05, 6 tanaman = 0,014 < α = 0,05 dan kontrol sig = 0,025 < α = 0,05, sehingga dapat di simpulkan bahwa ada perbedaan antara kadar warna sebelum dan kadar warna sesudah, sedangkan uji one way anova menunjukkan hasil bahwa sig = 0,002 < α = 0,05 yang berarti variabel ini berpengaruh signifikan terhadap penurunan kadar warna.

Kesimpulan fitoremediasi dengan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes.sp*) memiliki efisiensi penurunan kadar warna pada kontrol sebesar 24.23% dan pada perlakuan sebesar 48,92%. Saran Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menurunkan bahan pencemar lain yang terdapat dalam limbah batik dengan perlakuan adanya variasi waktu dan jumlah tanaman yang lebih banyak.

Kata Kunci: Fitoremediasi, Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes.sp*), Warna

Abstract

*Batik Industry is one of the rapidly growing industries in Indonesia. Batik Industry always produces liquid waste which can pollute the environment by using of fabric coloring agent. Batik waste contains chemicals that can pollute the environment. The process of dyeing batik cloth using chemical dyes that cause the impact of organic liquid waste with large volume, strong color, strong smell and has high temperature and acidity. One way to overcome the pollution problem is with phytoremediation, the superiority of phytoremediation is relatively cheap operational cost and a safe remediation way, type of plant used water hyacinth (*eichhornia crassipes. sp*). This pollution can occur if the waste produced is immediately disposed of in the particle of water without processing first. The purpose of this research is to know the ability of water hyacinth (*eichhornia crassipes. sp*) to decrease the color level of “X” batik textile waste at Pekalongan in 2020.*

The method This type of research is pre-experimentation with pretests – posttest. The variables examined are color levels. There are 3 treatments and 3 replication. The number of samples 15 are 3 samples of pretest, 3 samples of the control group, 9 samples of treatment groups.

The results research efficiency calculations in replication 1 with a total of 6 plants of 65.55%, while the lowest efficiency in replication 3 with the amount of 4 plants at 32.83%. Test statistics using

the test Paired T-Test obtained the result that the treatment of 2 sig plants = $0.021 < \alpha = 0.05$, 4 sig plants = $0.030 < \alpha = 0.05$, 6 plants = $0.014 < \alpha = 0.05$ and control sig = $0.025 < \alpha = 0.05$, so that it can be concluded that there is a difference between the color rate before and the after color level, while the One Way Anova test shows the result that sig = $0.002 < \alpha = 0.05$ which means this variable has a significant effect on decreasing color levels.

Conclusion that phytoremediation with water hyacinth plant (*eichhornia crassipes. sp*) has the efficiency of decreased color levels at 24.23% control and at a treatment of 48.92%. Advice for further research is done further research to reduce other pollutants contained in this batik with variations in the amount of time that is longer and the number of plants.

Keywords: Phytoremediation, Water hyacinth (*eichhornia crassipes.sp*), Color

1. Pendahuluan

Aktifitas manusia dalam memenuhi kebutuhan hidup dapat menimbulkan dampak positif maupun dampak negatif bagi lingkungan. Dampak negatif yang dapat ditimbulkan diantaranya pencemaran lingkungan yang berakibat pada penurunan kualitas lingkungan terutama pada kerusakan ekosistem air. Kerusakan ekosistem air terjadi karena adanya berbagai faktor, seperti pembuangan limbah cair dari aktifitas domestik maupun non-domestik (Navisa, 2019). Menurut Pasal 1 angka 14 Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang dimaksud dengan pencemaran lingkungan merupakan masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan.

Masalah utama yang dihadapi oleh sumber daya air meliputi kuantitas air yang sudah tidak mampu memenuhi kebutuhan yang terus meningkat dan kualitas air untuk keperluan domestik yang semakin menurun. Kegiatan industri, domestik dan kegiatan lainnya berdampak negatif terhadap sumber daya air, antara lain menyebabkan penurunan kualitas air. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan dan perlindungan sumber daya air secara seksama (Hefni Effendi, 2003).

Sektor industri yang berkembang pesat di Indonesia, yaitu industri batik. Industri batik di Indonesia menempati kategori industri skala besar, menengah, kecil dan bahkan skala rumah tangga (*Home Industry*). Hal ini menyebabkan pencemaran yang ditimbulkan oleh industri batik tidak hanya terjadi pada kawasan industri, tetapi terjadi juga di pemukiman padat penduduk. Penggunaan zat warna tekstil yang digunakan dalam industri batik menjadi penyebab adanya limbah batik. Terutama dari industri - industri batik yang menggunakan bahan pewarna kimia daripada yang alami, seperti: Soda Kostik (NaOH), Soda Abu (Na_2CO_3), Soda Kue (NaHCO_3), Asam Sulfat (H_2SO_4), Sulfid, Nitrit dan

Teepol, sedangkan zat warna yang digunakan antara lain zat warna asam, zat warna basa, zat warna direk, zat warna reaktif, zat warna naftol dan zat warna bejana. Selain kandungan zat warnanya tinggi, limbah industri batik juga mengandung bahan-bahan sintetik yang sukar larut atau sukar diuraikan. Industri batik menimbulkan dampak berupa limbah cair organik dengan volume yang besar, secara umum zat pencemar yang terkandung dalam limbah batik bervariasi, seperti BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), minyak dan lemak, warna, TSS (*Total Suspended Solid*) dan bahan organik yang dapat menimbulkan bau (Kurniawan, 2013).

Kandungan BOD, COD dan warna yang tinggi di dalam perairan dapat membunuh organisme dan mengganggu keseimbangan ekosistem. Peningkatan kandungan BOD, COD, dan warna ini berperan dalam menurunkan indeks kualitas air. Dampak yang dirasakan oleh masyarakat setempat yaitu terkait dengan kesehatan. Penggunaan bahan kimia yang berlebihan dapat menyebabkan risiko terkena kanker kulit. Pewarnaan dan pembilasan menghasilkan air limbah yang berwarna dengan COD (*Chemical Oxygen Demand*) tinggi dan bahan-bahan lain dari zat warna yang dipakai. Limbah zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil umumnya merupakan senyawa organik non-biodegradable yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama perairan (Suprihatin, 2014).

Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Pekalongan di tahun 2019 mencatat setidaknya 5 juta liter air limbah setiap hari dihasilkan oleh industri batik di seluruh Kota Pekalongan. Dari total keseluruhan air limbah yang dihasilkan oleh industri batik itu, Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL) yang ada di Kota Pekalongan tepatnya di Jenggot, Kauman, Pringlangu, dan Banyurip baru bisa menampung 45 prosentase dan selebihnya mengalirkan air limbah batiknya ke badan air (saluran drainase dan sungai). Faktor biaya dan kurangnya lahan serta kesadaran menjadi pemicu. Menurut

Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah menjelaskan bahwa setiap penanggung jawab usaha dan atau kegiatan yang membuang air limbah ke lingkungan, wajib melakukan pengolahan air limbah, sehingga mutu air limbah yang dibuang tidak melampaui Baku Mutu Air Limbah yang telah ditetapkan, tetapi pada kenyataannya banyak industri batik yang masih belum memiliki sarana pengolahan air limbah, sehingga limbah langsung dibuang begitu saja tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

Pengolahan air limbah batik dapat dilakukan secara beberapa tahap dengan cara fisik, kimia, maupun biologi (Laksono, 2012). Salah satu alternatif pengolahan biologi yang dapat dilakukan yaitu dengan memanfaatkan tumbuhan air untuk menanggulangi jumlah pencemar dengan cara menyerap, mengumpulkan, mendegradasi bahan-bahan pencemar tertentu yang terdapat dalam limbah tersebut yang dikenal dengan teknik fitoremediasi. Fitoremediasi menurut Wang, Zhang, & Cai, (2011), penggunaan tanaman untuk menghilangkan polutan dari lingkungan, dengan menggunakan media tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik.

Beberapa jenis tanaman air yang dapat digunakan untuk proses fitoremediasi, seperti: *Azolla sp.*, *Spirodela sp.*, *Mata lele (Lemna sp.)*, *Kiambang (Salvinia sp.)*, *Kayu apu (Pistia sp.)*, dan *Eceng Gondok (Eicchornia crassipes.sp)*. Beberapa penelitian yang sudah dilakukan (Astuti dan Indriatmoko, 2016) menunjukkan bahwa tanaman air tersebut memiliki kemampuan yang cukup baik dalam memperbaiki kualitas perairan.

Eceng gondok (*Eicchornia crassipes.sp*) merupakan tumbuhan gulma yang memiliki kecepatan tumbuh dan berkembang biak yang tinggi, baik secara vegetatif maupun generatif. Spesies ini hidup terapung di wilayah periaran dalam (Gunawan, 2007). Dengan terciptanya berbagai tumbuhan yang bermanfaat, seperti tumbuhan eceng gondok, sehingga banyak peneliti memanfaatkannya.

Dian Wahyu, Syafrudin, Badrus Zaman (2015), dalam penelitiannya menunjukkan bahwa pengaruh jumlah eceng gondok dan waktu tinggal dapat menurunkan beban pencemar COD, BOD, dan warna sebesar 79,96% pada reaktor dengan jumlah 2 eceng gondok, 87,19% dengan jumlah 4 eceng gondok, dan 93,15% dengan jumlah 6 eceng gondok

dengan hasil uji COD, BOD, dan warna sebesar 32,83 mg/l; 8,92 mg/l; dan 63,63 mg/l, sedangkan hasil penelitian dari Fuad Zakiyah (2017) fitoremediasi menggunakan 4 tanaman, 6 tanaman, dan 8 tanaman eceng gondok yang dilakukan selama 7 hari dalam 15 liter air limbah, hasil rata – rata keefektifan penurunan kadar COD setelah dilakukan perlakuan, yaitu 46,15 %, 57,30 %, dan 64,07 %.

Hasil observasi dan wawancara yang telah dilakukan oleh peneliti di salah satu *Home Industry* batik Pekalongan, daerah ini terletak di tengah kota dan dekat dengan industri - industri batik lainnya. *Home Industry* batik tersebut belum menggunakan pengolahan limbah secara khusus dan air limbah yang dihasilkan dari kegiatan membatik dialirkan langsung ke sungai, sehingga berisiko mencemari badan air dan mengganggu kesehatan masyarakat sekitarnya.

Berdasarkan uraian di atas, menarik perhatian peneliti untuk melakukan penelitian pada tanaman eceng gondok dengan judul penelitian “Fitoremediasi Tanaman Eceng Gondok (*Eicchornia crassipes.sp*) dalam Menurunkan Kadar Warna pada Limbah Batik “X” di Pekalongan Tahun 2020” dengan harapan dapat menurunkan kandungan kadar warna di *Home Industry* batik tersebut.

2. Bahan dan Metode

Jenis penelitian yang digunakan adalah *pre eksperimen*, dengan bentuk *pretest-posttest*. Populasi dalam penelitian ini adalah air limbah pada *Home Industry* Batik “X” di Kota Pekalongan. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah tanaman eceng gondok. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kadar warna.

Dalam penelitian ini, instrumen atau alat yang digunakan untuk mengumpulkan data berupa spektrofotometer, gelas ukur, penggaris, termometer, pH meter, hygrometer dan lux meter. Dokumen atau Profil Kecamatan Buaran, Kota Pekalongan. Hasil dianalisis secara univariate, analisis bivariate menggunakan uji *pair t test*, dan analisis multivariate menggunakan uji *annova one way*.

3. Hasil dan Pembahasan

Univariate

1. Spesifikasi dan kriteria desain

Tabel 1 Spesifikasi dan Kriteria Desain Percobaan Fitoremediasi Tanaman Eceng Gondok dalam Menurunkan Kadar Warna

| No | Unit Percobaan | Satuan |
|----|-------------------|--------------|
| 1. | Kontainer kontrol | |
| | Volume kontainer | 30 liter |
| | Dimensi kontainer | 50 x 37 x 30 |
| | Waktu tinggal | 6 hari |

| | Volume limbah cair | 8 liter |
|----|--------------------|--------------|
| 2. | Kontainer 2 | |
| | Volume kontainer | 30 liter |
| | Dimensi kontainer | 50 x 37 x 30 |
| | Jumlah tanaman | 2 Tanaman |
| | Jenis tanaman | Eceng Gondok |
| | Waktu tinggal | 6 hari |
| | Volume limbah cair | 8 liter |
| No | Unit Percobaan | Satuan |
| 3. | Kontainer 3 | |
| | Volume kontainer | 30 liter |
| | Dimensi kontainer | 50 x 37 x 30 |
| | Jumlah tanaman | 4 Tanaman |
| | Jenis tanaman | Eceng Gondok |
| | Waktu Tinggal | 6 hari |
| | Volume limbah cair | 8 liter |
| 4. | Kontainer 4 | |
| | Volume kontainer | 30 liter |
| | Dimensi kontainer | 50 x 37 x 30 |
| | Jumlah tanaman | 6 Tanaman |
| | Jenis tanaman | Eceng Gondok |
| | Waktu Tinggal | 6 hari |
| | Volume limbah cair | 8 liter |

2. Kondisi Lingkungan Tempat Percobaan

Tabel 2 Hasil Pengukuran Suhu, Kelembaban, Pencahayaan dan Pengamatan Cuaca Selama Penelitian Pemanfaatan Tanaman Eceng Gondok dalam Menurunkan Kadar Warna pada Limbah Batik di Pekalongan Tahun 2020

| No | Waktu Pengukuran | Suhu (°C) | Pencahayaan (Lux) | | Kelembaban (%) | Cuaca |
|----|--------------------------|-----------|-------------------|------|----------------|-------|
| | | | Dalam | Luar | | |
| 1. | Rabu, 19 Februari 2020 | 29,1 | 818 | 865 | 82 | Cerah |
| 2. | Kamis, 20 Februari 2020 | 29 | 645 | 928 | 78 | Cerah |
| 3. | Jum'at, 21 Februari 2020 | 30,5 | 678 | 1257 | 76 | Cerah |
| 4. | Sabtu, 22 Februari 2020 | 28,5 | 787 | 1039 | 86 | Cerah |
| 5. | Minggu, 23 Februari 2020 | 29 | 766 | 916 | 79 | Cerah |
| 6. | Senin, 24 Februari | 26,5 | 543 | 914 | 87 | Hujan |

2020

Rata - rata 28,76 706,16 986,5 81,33

Faktor kondisi lingkungan saat penelitian dilakukan pengukuran seperti suhu udara, kelembaban, pencahayaan dan kondisi cuaca dengan mengamati lingkungan sekitar. Pengukuran dilakukan setiap hari selama perlakuan dan didapatkan hasil rata - rata suhu udara 28,76 °C, kelembaban 81,33 %, pencahayaan 706,16 lux dan kondisi cuaca cerah kecuali pada hari terakhir kondisi cuaca hujan dari pagi sampai siang hari.

3. Kondisi Fisik Tanaman Eceng Gondok

Tabel 3 Hasil Pemantauan Kondisi Fisik Pertumbuhan Daun Tanaman Eceng Gondok Selama Percobaan di Pekalongan Tahun 2020

| No | Unit Percobaan | Jumlah Pertumbuhan Daun Tanaman Eceng Gondok | | | | | |
|----|----------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | Hari Ke-1 | Hari Ke-2 | Hari Ke-3 | Hari Ke-4 | Hari Ke-5 | Hari Ke-6 |
| 1. | A1 | - | - | - | - | 1 | - |
| 2. | A2 | - | - | 1 | - | - | - |
| 3. | A3 | - | - | - | - | 1 | - |
| 4. | B1 | - | - | - | - | - | - |
| 5. | B2 | - | - | - | - | 1 | - |
| 6. | B3 | - | - | - | - | - | - |
| 7. | C1 | - | - | - | - | - | 1 |
| 8. | C2 | - | - | - | 1 | - | - |
| 9. | C3 | - | 1 | - | - | - | 1 |

Keterangan:

1. Unit penelitian A1: Replikasi 1 jumlah 2 tanaman
2. Unit penelitian A2: Replikasi 2 jumlah 2 tanaman
3. Unit penelitian A3: Replikasi 3 jumlah 2 tanaman
4. Unit penelitian B1: Replikasi 1 jumlah 4 tanaman
5. Unit penelitian B2: Replikasi 2 jumlah 4 tanaman
6. Unit penelitian B3: Replikasi 3 jumlah 4 tanaman
7. Unit penelitian C1: Replikasi 1 jumlah 6 tanaman
8. Unit penelitian C2: Replikasi 2 jumlah 6 tanaman
9. Unit penelitian C3: Replikasi 3 jumlah 6 tanaman

Tabel 4 Hasil Pemantauan Kondisi Fisik Daun Kering/ Layu Tanaman Eceng Gondok Selama Percobaan di Pekalongan Tahun 2020

| No | Unit | Jumlah Daun Kering/ Layu Tanaman Eceng Gondok |
|----|------|---|
|----|------|---|

| | Percobaan | Hari | | | | | |
|----|-----------|------|------|------|------|------|------|
| | | Ke-1 | Ke-2 | Ke-3 | Ke-4 | Ke-5 | Ke-6 |
| 1. | A1 | - | - | - | - | - | - |
| 2. | A2 | - | - | 1 | 1 | - | - |
| 3. | A3 | - | - | - | - | 1 | - |
| 4. | B1 | - | - | 1 | 1 | - | 1 |
| 5. | B2 | - | - | - | - | 2 | - |
| 6. | B3 | - | - | 2 | 1 | 1 | - |
| 7. | C1 | - | - | 1 | - | - | - |
| 8. | C2 | - | - | 1 | - | - | - |
| 9. | C3 | - | 1 | - | - | - | - |

Keterangan:

1. Unit penelitian A1 : Replikasi 1 jumlah 2 tanaman
2. Unit penelitian A2 : Replikasi 2 jumlah 2 tanaman
3. Unit penelitian A3 : Replikasi 3 jumlah 2 tanaman
4. Unit penelitian B1 : Replikasi 1 jumlah 4 tanaman
5. Unit penelitian B2 : Replikasi 2 jumlah 4 tanaman
6. Unit penelitian B3 : Replikasi 3 jumlah 4 tanaman
7. Unit penelitian C1 : Replikasi 1 jumlah 6 tanaman
8. Unit penelitian C2 : Replikasi 2 jumlah 6 tanaman
9. Unit penelitian C3 : Replikasi 3 jumlah 6 tanaman

Kondisi pertumbuhan daun tanaman eceng gondok ini dapat dilihat pada tabel 3, kondisi daun tanaman eceng gondok yang kering/ layu dapat dilihat pada tabel 4. Kondisi fisik tanaman dari hari pertama sampai keenam rata - rata baik. Pertumbuhan daun maupun adanya daun layu terjadi pada kontainer hampir setiap harinya. Pada hari kedua mulai tumbuh daun baru di kontainer C3 yaitu 1 helai daun, pertumbuhan daun pada kontainer bergantian hingga hari keenam. Pertambahan jumlah helai daun terbanyak pada hari kelima yaitu pada kontainer A1, kontainer A3 dan kontainer B3. Tanaman pada masing – masing kontainer tersebut mengalami pertambahan jumlah helai daun yang sama yaitu 1 helai daun. Peningkatan jumlah helai daun menunjukkan bahwa tanaman eceng gondok mampu berkembang biak selama waktu pengamatan. Selain karena tanaman memperoleh nutrisi untuk pertumbuhannya, terdapat faktor lain yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman eceng gondok, di antaranya adalah terdapat cahaya yang cukup yang dibutuhkan oleh tanaman untuk tumbuh. Hal ini dikarenakan kontainer percobaan diletakkan pada lingkungan yang cahayanya dapat masuk dan membantu pertumbuhan tanaman. Terdapat juga daun yang kering/ layu pada kontainer yang berbeda setiap hari mulai hari kedua hingga hari keenam, hal ini disebabkan karena tumbuhan tersebut sudah menyerap kandungan organik ataupun polutan dalam air limbah dengan baik karena bantuan mikroorganisme yang ada pada akar tumbuhan.

4. Kualitas Air Limbah Batik Sebelum dan Sesudah Perlakuan

Tabel 5 Hasil Pemeriksaan Kadar Warna Air Limbah Batik Sebelum dan Setelah Pengolahan di Pekalongan Tahun 2020

| No | Unit Percobaan | Kadar Warna (TCU) | |
|-----------|----------------|-------------------|---------|
| | | Sebelum | Setelah |
| 1. | K1 | 1048 | 743 |
| 2. | K2 | 903 | 704 |
| 3. | K3 | 877 | 688 |
| 4. | A1 | 1048 | 486 |
| 5. | A2 | 903 | 545 |
| 6. | A3 | 877 | 490 |
| 7. | B1 | 1048 | 512 |
| No | Unit Percobaan | Kadar Warna (TCU) | |
| | | Sebelum | Setelah |
| 8. | B2 | 903 | 507 |
| 9. | B3 | 877 | 589 |
| 10. | C1 | 1048 | 361 |
| 11. | C2 | 903 | 414 |
| 12. | C3 | 877 | 391 |
| Jumlah | | 11312 | 6430 |
| Rata-rata | | 942,66 | 535,8 |

Penelitian yang dilakukan menggunakan air limbah batik dengan waktu kontak selama 6 hari dan proses aklimatisasi selama 7 hari. Kegiatan penelitian menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes.sp*) yang dilakukan di Pekalongan. Berdasarkan tabel 5 hasil pengukuran kadar warna yang dilakukan di Laboratorium Kesehatan Kota Semarang menunjukkan hasil pengukuran limbah batik sebelum dilakukan pengolahan yaitu pada replikasi 1 sebesar 1048 TCU, replikasi 2 sebesar 903 TCU, dan replikasi 3 sebesar 877 TCU. Rata - rata hasil pengukuran kadar warna sebelum dilakukan pengolahan yaitu 942,66 TCU. Hasil pemeriksaan kadar warna air limbah batik sebelum dan setelah percobaan menurut tabel 4.5 yaitu 942,66 TCU untuk rata-rata kadar warna, sedangkan rata-rata setelah percobaan adalah 535,8 TCU. Jika dilihat dari rata-rata setiap jumlah tanamannya untuk jumlah 2 tanaman rata-rata penurunannya adalah 507 TCU, jumlah 4 tanaman rata-rata penurunannya adalah 536 TCU dan jumlah 6 tanaman rata-rata penurunannya adalah 388,66 TCU, sedangkan pada kontainer kontrol rata-rata penurunannya adalah 711,66 TCU.

Paired T-Test (pre – post)

Uji statistik dengan menggunakan uji *Paired T-Test (pre – post)* dengan menggunakan aplikasi pengolah data statistik, dengan level signifikan (α) 5% yang berarti dari 100 percobaan dimungkinkan mengalami kegagalan 5 kali.

Berdasarkan uji statistik diperoleh hasil perlakuan kontrol 2 dengan pre 2 diperoleh nilai t (-6,224) bernilai negatif artinya terjadi penurunan. Kadar warna sebelum dan sesudah diberi perlakuan lebih kecil dari sebelum diberi perlakuan. Nilai df 2 dan $sig = 0,025 < \alpha = 0,05$, sehingga dapat di simpulkan bahwa ada perbedaan antara kadar warna sebelum dan kadar warna sesudah. perlakuan lebih kecil dari sebelum diberi perlakuan. Nilai df 2 dan $sig = 0,021 < \alpha = 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan antara kadar warna sebelum dan kadar warna sesudah.

Hasil kontrol 4 dengan pre 4 diperoleh nilai t (-6,224) bernilai negatif artinya terjadi penurunan. Kadar warna sebelum dan sesudah diberi perlakuan lebih kecil dari sebelum diberi perlakuan. Nilai df 2 dan $sig = 0,025 < \alpha = 0,05$, sehingga dapat di simpulkan bahwa ada perbedaan antara kadar warna sebelum dan kadar warna sesudah.

Hasil perlakuan 4 tanaman dengan pre 4 diperoleh nilai t (-5,665) bernilai negatif artinya terjadi penurunan. Kadar warna sebelum dan sesudah diberi perlakuan lebih kecil dari sebelum diberi perlakuan. Nilai df 2 dan $sig = 0,030 < \alpha = 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan antara kadar warna sebelum dan kadar warna sesudah.

Hasil kontrol 6 dengan pre 6 diperoleh nilai t (-6,224) bernilai negatif artinya terjadi penurunan. Kadar warna sebelum dan sesudah diberi perlakuan lebih kecil dari sebelum diberi perlakuan. Nilai df 2 dan $sig = 0,025 < \alpha = 0,05$, sehingga dapat di simpulkan bahwa ada perbedaan antara kadar warna sebelum dan kadar warna sesudah. Hasil perlakuan 6 tanaman dengan pre 6 diperoleh nilai t (-8,330) bernilai negatif artinya terjadi penurunan. Kadar warna sebelum dan sesudah diberi perlakuan lebih kecil dari sebelum diberi perlakuan. Penurunan tersebut terjadi karena adanya proses sedimentasi pada media tanam. Kontainer perlakuan mengalami penurunan lebih tinggi, diduga disebabkan oleh proses sedimentasi dan penyerapan kadar warna oleh akar tanaman.

1. Hasil Pengukuran Suhu Air Limbah Batik di Pekalongan Tahun 2020

Tabel 6 Hasil Pemeriksaan Suhu Air Limbah Batik di Pekalongan Tahun 2020

| No | Unit Percobaan | Suhu Air Limbah (°C) | | | | | |
|----|----------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | Hari Ke-1 | Hari Ke-2 | Hari Ke-3 | Hari Ke-4 | Hari Ke-5 | Hari Ke-6 |
| 1. | K1 | 28 | 26 | 28 | 27 | 29 | 26 |

| | | | | | | | |
|-----------|----|-----|------|------|-----|-----|-----|
| 2. | K2 | 28 | 25 | 27 | 27 | 29 | 26 |
| 3. | K3 | 28 | 26 | 28 | 27 | 29 | 26 |
| 4. | A1 | 28 | 26 | 28 | 27 | 29 | 26 |
| 5. | A2 | 28 | 26 | 28 | 27 | 29 | 26 |
| 6. | A3 | 28 | 26 | 28 | 27 | 29 | 26 |
| 7. | B1 | 28 | 25 | 28 | 27 | 29 | 26 |
| 8. | B2 | 28 | 26 | 28 | 27 | 29 | 26 |
| 9. | B3 | 28 | 26 | 28 | 27 | 29 | 26 |
| 10. | C1 | 28 | 26 | 28 | 27 | 29 | 26 |
| 11. | C2 | 28 | 26 | 28 | 27 | 29 | 26 |
| 12. | C3 | 28 | 26 | 28 | 27 | 29 | 26 |
| Jumlah | | 336 | 310 | 335 | 324 | 348 | 312 |
| Rata-rata | | 28 | 25,8 | 27,9 | 27 | 29 | 26 |

Berdasarkan tabel 6 suhu air limbah batik relatif sama pada setiap kontainer, dan untuk rata-rata suhu air limbah perhari yaitu hari pertama 28 °C, hari kedua 25,8 °C, hari ketiga 27,9 °C, hari keempat yaitu 27 °C, hari kelima 29 °C, hari kelima 29 °C dan hari keenam 26 °C, pada hari keenam saat pengambilan sampel air limbah setelah percobaan.

Tabel 7 Hasil Pemeriksaan Suhu Udara dan Suhu Air Limbah Selama Percobaan di Pekalongan Tahun 2020

| No. | Suhu Air Limbah (°C) | Suhu Udara (°C) | Selisih (°C) |
|-----|----------------------|-----------------|--------------|
| 1. | 28 | 29,1 | 1,1 |
| 2. | 26 | 29 | 3,0 |
| 3. | 28 | 30,5 | 2,5 |
| 4. | 27 | 28,5 | 1,5 |
| 5. | 29 | 29 | 0,0 |
| 6. | 26 | 26,5 | 0,5 |

Berdasarkan tabel 7 hasil rata-rata pengukuran suhu air limbah selama 6 hari yaitu 27,3 °C dan suhu udara 28,76 °C. Suhu normal untuk suhu air yaitu ± 3 suhu udara, sedangkan suhu air dengan suhu udara relatif sama setiap harinya meskipun ada perbedaan sedikit. Menurut Asdak (Herlina, 2007) temperatur air limbah akan seimbang dengan temperatur udara luar dengan selisih ± 3 °C. Dalam penelitian ini selisih antara suhu air limbah dengan suhu udara antara 0,0 °C – 3,0 °C berarti temperatur pengolahan seimbang dengan temperatur udara. Suhu air limbah tersebut dipengaruhi oleh sinar matahari, karena waktu pengukuran sampel sekitar jam 10 pagi dimana intensitas cahaya matahari pada jam-jam tersebut mulai meningkat. Penelitian yang dilakukan Kristi Lestari (2017) sesuai dengan penelitian yang dilakukan dengan hasil suhu air limbah seimbang dengan suhu udara luar dengan selisih 0,1 °C – 1,7 °C, yang berarti suhu normal untuk suhu air yaitu ± 3 suhu udara, sedangkan suhu air dengan suhu udara

relatif sama setiap harinya meskipun ada perbedaan yang sangat sedikit.

2. Pemeriksaan pH Air Limbah

Tabel 8 Hasil Pemeriksaan pH Air Limbah Batik Selama Percobaan di Pekalongan Tahun 2020

| No | Unit Perco- baan | pH Air Limbah | | | | | |
|-----------|---------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | Hari Ke-1 | Hari Ke-2 | Hari Ke-3 | Hari Ke-4 | Hari Ke-5 | Hari Ke-6 |
| 1. | K1 | 8,64 | 8,70 | 8,62 | 8,36 | 8,78 | 8,70 |
| 2. | K2 | 8,64 | 8,64 | 8,60 | 8,26 | 8,70 | 8,64 |
| 3. | K3 | 8,78 | 8,70 | 8,80 | 8,26 | 8,78 | 8,64 |
| 4. | A1 | 8,54 | 8,34 | 8,16 | 7,26 | 8,30 | 8,10 |
| 5. | A2 | 8,64 | 8,54 | 8,10 | 8,46 | 8,54 | 8,16 |
| 6. | A3 | 8,54 | 8,36 | 8,10 | 8,54 | 8,46 | 8,10 |
| 7. | B1 | 8,54 | 8,64 | 8,64 | 8,64 | 8,46 | 8,36 |
| 8. | B2 | 8,54 | 8,54 | 8,64 | 8,64 | 8,38 | 8,10 |
| 9. | B3 | 8,64 | 8,54 | 10,14 | 8,54 | 8,46 | 8,60 |
| 10. | C1 | 8,64 | 8,34 | 8,10 | 8,54 | 7,50 | 7,50 |
| Jumlah | | 103,42 | 102,02 | 102,1 | 100,14 | 99,6 | 98,5 |
| Rata-rata | | 8,61 | 8,51 | 8,50 | 8,3 | 8,3 | 8,2 |

Berdasarkan tabel 8 rata-rata pH air limbah perhari yaitu hari pertama 8,61, hari kedua 8,51, hari ketiga 8,50, hari keempat yaitu 8,3, hari kelima yaitu 8,3 dan hari keenam yaitu 8,2, pada hari keenam saat pengambilan sampel air limbah setelah percobaan.

3. Efisiensi Penurunan Kadar Warna Air Limbah Batik

Tabel 9 Efisiensi Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes.sp*) dalam Menurunkan Kadar Warna pada Limbah Batik di Pekalongan Tahun 2020

| No | Unit Percobaan | Efisiensi (%) |
|----|----------------|---------------|
|----|----------------|---------------|

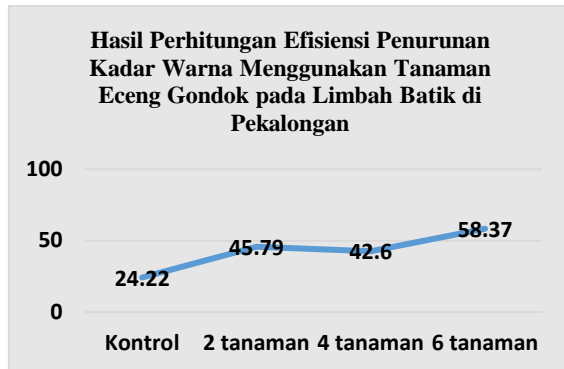
| | | |
|-----------|----|-------|
| 1. | K1 | 29,10 |
| 2. | K2 | 22,03 |
| 3. | K3 | 21,55 |
| 4. | A1 | 53,62 |
| 5. | A2 | 39,64 |
| 6. | A3 | 44,12 |
| 7. | B1 | 51,14 |
| 8. | B2 | 43,85 |
| 9. | B3 | 32,83 |
| 10. | C1 | 65,55 |
| 11. | C2 | 54,15 |
| 12. | C3 | 55,41 |
| Jumlah | | 512,9 |
| Rata-rata | | 42,74 |

Multivariate

Uji Statistik ini menggunakan *One Way Anova* dengan nilai nilai $p = 0,002$, yang artinya nilai $p < 0,05$, sehingga untuk kadar warna ada perbedaan bermakna penggunaan tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes.sp*) dalam menurunkan kadar warna air limbah batik.

Uji statistik menyatakan ada perbedaan yang bermakna antara penggunaan tanaman eceng gondok dalam menurunkan kadar warna. Penurunan kadar warna pada masing – masing perlakuan dalam efisiensi berdasarkan tabel 9 yaitu hasil efisiensi kadar warna tertinggi pada jumlah 2 tanaman sebesar 53,62 % dan efisiensi terendah sebesar 39,64 %, efisiensi kadar warna tertinggi pada jumlah 4 tanaman sebesar 51,14 % dan efisiensi terendah sebesar 32,83 %, serta efisiensi kadar warna tertinggi pada jumlah 6 tanaman sebesar 65,55 % dan efisiensi terendah sebesar 54,15 %. Hasil perhitungan efisiensi tertinggi pada replikasi 1 dengan jumlah 6 tanaman sebesar 65,55 %, sedangkan efisiensi terendah pada replikasi 3 jumlah 4 tanaman sebesar 32,83 %. Hasil efisiensi minimal penurunan kadar warna yaitu 21,55 % (kelompok kontrol) dan efisiensi maksimal yaitu 65,55 % (kelompok perlakuan). Rerata efisiensi penurunan warna pada semua unit percobaan sebesar 42,74 %. Rerata efisiensi penurunan warna pada kelompok perlakuan sebesar 48,92 %. Kadar warna dapat menurun karena adanya proses penyerapan oleh akar tanaman dan terjadi proses sedimentasi pada media tanam. Penyerapan oleh akar tanaman membutuhkan waktu kontak lebih lama lagi untuk penurunan kadar warna yang lebih maksimal. Penurunan warna limbah batik *Home Industry “X”* yang dilakukan oleh peneliti dengan menggunakan tanaman eceng gondok sangat berpengaruh terhadap kualitas warna limbah tersebut. Akar tanaman yang semula bersih berwarna putih kehijauan berubah menjadi coklat setelah kontak dengan air limbah dan

akar menjadi kotor. Perubahan ini karena akar tanaman menyerap zat warna pada air limbah. Air limbah yang semula berwarna coklat pekat setelah perlakuan pekatnya berkurang.



Berdasarkan tabel 9 dan gambar 1 efisiensi tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes.sp*) dalam menurunkan kadar warna pada limbah batik dengan waktu tinggal selama 6 hari didapatkan rata-rata kelompok perlakuan sebesar 48,92%, hasil efisiensi minimal yaitu 21,55% dan hasil efisiensi maksimal yaitu 65,55%, hasil rerata dengan jumlah 2 tanaman sebesar 45,79%, kemudian terjadi penurunan efisiensi kadar warna dengan jumlah 4 tanaman dengan hasil rerata sebesar 42,60%, dan terjadi kenaikan efisiensi pada jumlah 6 tanaman dengan hasil rerata sebesar 58,37%. Hasil efisiensi tertinggi yaitu pada jumlah 6 tanaman eceng gondok replikasi 1 sebesar 65,55% dan efisiensi terendah yaitu pada jumlah 4 tanaman replikasi 3 sebesar 32,83%.

Berdasarkan penelitian Kristi Lestari (2017) efisiensi penurunan tanaman melati melati air terhadap limbah batik sebesar 59,91% untuk parameter warna dan > 80% krom heksavalen. Penelitian ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Dian Wahyu (2015) bahwa reaktor yang mengalami efisiensi tertinggi dicapai pada reaktor 6 tumbuhan hari ke 9, sebesar 79,96% untuk COD, 87,19% untuk BOD, 93,15% untuk warna.

Penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Fuad Zakiyah (2017) dimana fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok dengan jumlah 4 tanaman eceng gondok, 6 tanaman eceng gondok dan 8 tanaman eceng gondok yang dilakukan selama 7 hari dalam 15 liter air limbah dapat menurunkan kadar COD dengan hasil rata – rata keefektifan kadar COD setelah dilakukan perlakuan yaitu 46,15 %; 57,30 %; 64,07%.

Penelitian yang dilakukan oleh Iin Inayatun Nadhifah (2018) Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman genjer mampu meningkatkan kadar DO sebesar 50% dan menurunkan kadar BOD sebesar

78%, serta tanaman semanggi mampu menurunkan kadar TDS sebesar 41,4%. Angka ini mencerminkan bahwa tanaman *Limnocharis flava* (genjer), *Eichhornia crassipes* (eceng gondok), *Marsilea crenata* (semanggi) tersebut memiliki potensi besar dalam membantu pemurnian air efektif sebagai agen fitoremediasi dengan wetland system dalam pengolahan air limbah domestik. Namun, keefektifan ketiga tanaman tersebut berbeda-beda.

Berdasarkan penelitian Nugraheni Nurul Faidah (2017) kadar warna limbah batik sesudah diolah dengan fitoremediasi menggunakan tanaman lidah mertua (*Sansivera sp*) dan pisang – pisang rata – rata sebesar 217,9 TCU atau 217,9 PtCo sehingga efisiensi tanaman lidah mertua (*Sansivera sp*) sebesar 125,75 % hingga 83,55 % dan pisang – pisang (*Heliconia sp*) sebesar -68,66% hingga 79,09%. Sedangkan penelitian Widiarni (2012) efisiensi penurunan warna menggunakan tanaman sansivera, sri rejeki dan pisang-pisangan sebesar 92,04%. Menurut Cameron, William dan Frank L. Cross. Jr dalam Ngizatul (2014), dikatakan efisien jika penurunan mencapai 80% - 90%. Hasil penurunan efisiensi penelitian ini belum memenuhi range 80 – 90 % < 80 %.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Kristi Lestari dan Widiarni yaitu jenis tanaman yang digunakan dan lokasi tempat di Industri batik Sokaraja, penelitian Fuad Zakiyah yaitu parameter yang diteliti dan jumlah hari lebih banyak, penelitian Iin Inayatun Nadhifah yaitu pada parameter atau bahan pencemar yang diukur lebih banyak dan lokasi tempat penelitian, penelitian Nurmitha A., Aulia, Lawalenna Samang dan Achmad Zubair yaitu pada parameter yang diteliti, penelitian Dewi, Kunti Sri Panca, Putu Suarya, Iryanti R. Suprihatin, dan Wahyu Dwijani yaitu pada tanaman yang digunakan untuk fitoremediasi juga parameter yang diteliti serta lokasi penelitian, penelitian Nugraheni Nurul Faidah dan Widiarni pada variasi tanaman yang digunakan berbeda – beda, sedangkan pada penelitian Dian Wahyu yaitu jumlah hari, parameter yang diteliti lebih banyak dan metode yang digunakan *Quasi Eksperimen* dengan pendekatan *non equivalent control design*.

Efisiensi rerata penurunan kadar warna pada jumlah 4 tanaman yaitu 42,6%, jika dibandingkan dengan efisiensi penurunan kadar warna pada jumlah 2 tanaman yaitu 45,79%, efisiensi jumlah 2 tanaman lebih besar dari efisiensi dengan jumlah 4 tanaman. Faktor yang menyebabkan penurunan dengan jumlah 2 tanaman lebih besar dari jumlah 4 tanaman dikarenakan pada kontainer jumlah 4 tanaman pada replikasi 1 sebanyak 3 daun yang layu, replikasi 2

sebanyak 2 daun yang layu dan replikasi 3 sebanyak 4 daun yang layu, sehingga pada kontainer jumlah 4 tanaman daun lebih banyak yang layu daripada tumbuh.

Removal warna tertinggi terjadi pada kontainer dengan jumlah 6 tanaman. Selain dipengaruhi oleh jenis tumbuhan, hal ini juga dikarenakan faktor kontak yang lebih lama antara limbah dalam reaktor uji phytotreatment. Berdasarkan penelitian Wahyu dkk. (2015), penurunan warna menggunakan eceng gondok mencapai 93,15% dengan waktu kontak yang lebih lama daripada jenis reaktor yang lain. Kenaikan nilai removal warna ini menggambarkan terjadi proses penguraian oleh mikroorganisme yang terjadi di zona akar atau yang lebih dikenal dengan istilah rizodegradasi (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2010). Kenaikan removal zat warna ini juga menandakan bahwa limbah pewarnaan batik mengandung banyak zat organik. Zat warna dapat direduksi dan dapat dipecah rantai ikatannya dengan bantuan mikroorganisme pengurai. Proses awal yang terjadi yaitu mendegradasi senyawa rantai panjang penyusun zat warna menjadi rantai pendek yang kemudian dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi bagi tumbuhan untuk sintesis komponen-komponen penyusun sel baru.

4. Kesimpulan

Hasil pengukuran rata-rata kadar warna pada air limbah batik sebelum dilakukan pengolahan dengan cara fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes.sp*) yaitu 942,66 TCU. Hasil pengukuran rata-rata kadar warna pada

air limbah batik sesudah dilakukan pengolahan dengan cara fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes.sp*) yaitu 535,8 TCU. Uji statistik menggunakan *Paired T-Test* diperoleh hasil bahwa perlakuan 2 tanaman sig = $0,021 < \alpha = 0,05$, 4 tanaman sig = $0,030 < \alpha = 0,05$, 6 tanaman = $0,014 < \alpha = 0,05$ dan kontrol sig = $0,025 < \alpha = 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan antara kadar warna sebelum dan kadar warna sesudah. Hasil efisiensi minimal penurunan kadar warna yaitu 21,55 % (kelompok kontrol) dan efisiensi maksimal yaitu 65,55 % (kelompok perlakuan). Rerata efisiensi penurunan warna pada kelompok perlakuan sebesar 48,92 %. Hasil Uji Statistik menggunakan *One Way Anova* bahwa nilai $p = 0,002$, yang artinya nilai $p < 0,05$, sehingga dapat dikatakan ada perbedaan penggunaan tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes.sp*) dalam menurunkan kadar warna air limbah batik.

Masyarakat dan Pemilik *Home Industry* Batik dapat memanfaatkan tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes.sp*) kemudian ditanam pada lahan bebas yang dilalui saluran pembuangan limbah untuk mengolah limbah yang dihasilkan dari proses pembuangan limbah batik tersebut (fitoremediasi) dengan waktu tinggal minimal 6 hari. Dilakukannya penelitian lanjutan menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes.sp*) untuk menurunkan bahan pencemar lain yang terdapat didalam limbah batik tersebut dengan perlakuan adanya variasi waktu dan jumlah tanaman yang lebih banyak. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai teknik untuk mengalirkan endapan sehingga dapat mengurangi jumlah edapan pada proses remediasi, sehingga dapat diketahui variasi mana yang lebih efektif dalam limbah cair batik.

Daftar Pustaka

- Astuti, L. P., & Indriatmoko. (2018). Kemampuan Beberapa Tumbuhan Air dalam Menurunkan Pencemaran Bahan Organik dan Fosfat untuk Memperbaiki Kualitas Air. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol 19, No.2, Juli 2018
- Ami Sukoasih. (2016). Hubungan Antara Suhu, pH dan Berbagai Variasi Jarak dengan Kadar Timbal (Pb) pada Badan Air Sungai Rumping dan Air Sumur Gali Industri Batik Sokaraja Tengan Tahun 2016. Skripsi. Purwokerto: Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang Jurusan Kesehatan Lingkungan.
- A. Nurmitha, A. L. (2013). Fitoremediasi Pengolahan Limbah Cair Rumah Tangga dengan Memanfaatkan Eceng Gondok.
- Dewi, I. G. (2016). Penurunan BOD, COD, dan Zat Warna Limbah Pencelupan dengan Fitoekstraksi Menggunakan Kiambang (*Salvinia natans*). *Jurnal Bumi Lestari*, Volume 16 No 1, hlm. 11-15.
- Effendi, H. (2003). Telaah Kualitas Air bagi Pengelola Sumber Daya dan Lingkungan Perairan, Yogyakarta: Kanisius.
- Gerbono, A. dan Siregar, A. (2005). "Kerajinan Eceng Gondok", Kanisius, Yogyakarta.
- Hasim. (2003). Eceng Gondok Pembersih Polutan Logam Berat. Jakarta: Kompas dalam Kolom Inspirasi.

- Hasti Suprihatin. (2014). Kandungan Organik Limbah Cair Industri Batik Jetis Sidoarjo dan Alternatif Pengolahannya, Surabaya: Institusi Teknologi Pembangunan Surabaya, Jurnal.
- Herlina Puji Prasetya. (2007). Efisiensi Model Pengolahan Anaerobik Digester dalam Menurunkan BOD Limbah Cair Tahu Di Desa Kalisari Kecamatan Cilongok Kabupaten Banyumas Tahun 2007. Purwokerto: Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang Jurusan Kesehatan Lingkungan, Karya Tulis Ilmiah.
- Imam, FR. 2002. Penutupan Eceng Gendok (*Eichornia crassipes*) dalam Bak Semen. Jurnal Central.
- Kasam, A.Y, dan Rahmayanti, A.E. (2009). Penurunan COD dan Warna pada Limbah Cair Industri Batik dengan Menggunakan Aerobic Roughing Filter Aliran Horizontal. Jurnal Logika Vol. 6 No. 1: 27-31. Yogyakarta: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- 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. Skripsi. Purwokerto: Kementrian Kesehatan RI Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang Jurusan Kesehatan Lingkungan Purwokerto.
- Laksono, S. (2012). Pengolahan Biologis Limbah Batik dengan Media Biofilter. [Skripsi Ilmiah]. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Loveless, A. R. (1987). Prinsip-prinsip Biologi Tumbuhan untuk Daerah Tropik dalam Hanni D. 2006. Kajian Penggunaan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) pada Penurunan Senyawa.
- Manurung, R., R. Hasibuan., & Irvan. (2004). Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob Aerob. (Karya tulis). Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.
- Muhtar Ahmad. (2008). Penggunaan Tanaman Eceng Gondok sebagai Pre-Treatmen Pengolahan Air Minum pada Air Selokan Mataram. Tugas Akhir. Yogyakarta: UII Teknik Lingkungan.
- Navisa A. (2019). Efisiensi Tanaman Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*) dalam Menurunkan Kadar COD pada Limbah Industri Laundry “Y” Di Kelurahan Grendeng Kecamatan Purwokerto Utara. Skripsi. Purwokerto: Kementrian Kesehatan RI Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang Jurusan Kesehatan Lingkungan Purwokerto.
- Rahmawati, F., Pranoto, dan Ita Aryunani, N. (2003). Jurnal : Adsorpsi Zat Warna Tekstil Remazol Yellow FG pada Limbah Batik oleh Eceng Gondok dengan Aktivator NaOH. *Alchemy*, Vol 2, No. 2 F.MIPA UNJ.
- Roni Irawanto, (2010). Fitoremediasi Lingkungan dalam Taman Bali. UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi-LIPI (Volume: II, Nomor: 4, Halaman: 29 – 35 Desember 2010).
- Siregar, Sakti A. (2005). Instalasi Pengolahan Air Limbah. Yogyakarta: Kanisius.
- Smith, E.P., (2005). Phytoremediation, Annual Review of Plant Biology. 56: 15-39. Smith, E.P., 2005. Phytoremediation, Annual Review of Plant Biology. 56: 15-39.
- Soeparman Suparmin. (2002). Pembuangan Tinja dan Limbah Cair, Jakarta : EGC
- Sugiharto (1987) Dasar – dasar Pengolahan Air Limbah, Jakarta : Universitas Indonesia.
- Suprihatin, H. 2014. Kandungan Organik Limbah Cair Industri Batik Jetis Sidoarjo Dan Alternatif Pengolahannya. Tugas Akhir untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Pembangunan, Surabaya.
- Usa Bella Yunias. (2019). Pemanfaatan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes.sp*) Dalam Menurunkan COD dari Effluent IPAL Rumah Sakit Ananda Purwokerto Tahun 2019. Skripsi. Purwokerto: Kementrian Kesehatan RI Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang Jurusan Kesehatan Lingkungan Purwokerto.
- Wahyu D., Syafrudin & Zaman. 2015. Pengaruh Jumlah Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) dan Waktu Tinggal terhadap Penurunan Konsentrasi COD, BOD, dan Warna dalam Limbah Batik. Departemen Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.