

## Fitoremediasi Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) untuk Menurunkan Kadar COD Limbah Cair Tekstil

Utami Sari Dewi, \*Slamet Santoso, Elly Proklamasingih

Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman  
Jalan dr. Soeparno 63 Purwokerto 53122  
Email: [slamet.santoso@unsoed.ac.id](mailto:slamet.santoso@unsoed.ac.id)

### Rekam Jejak Artikel:

Diterima : 24/06/2021  
Disetujui : 06/04/2022

### Abstract

Waste water treatment is needed to avoid the impact of pollution to the aquatic environment. Techniques for treating waste water, among others, are through phytoremediation using the help of water lettuce (*Pistia stratiotes*). This research aims to determine the effect of the percent covering area of water lettuce, the length of exposure time, and interaction of both in reducing levels COD, and to determine the percent of covering area, the length of exposure time, and interaction of both that is the most efficient in reducing The result of this research showed that the percent covering area, and the length of exposure time had a very significant effect of decreasing levels of COD. The most efficient percent covering area in reducing COD was in treatment of 75%. The most efficient length of exposure time in reducing COD was in treatment 9 days. The most efficient interaction of both in reducing COD levels was at treatment of 100% coverage area with exposure time of 9 days.

**Keywords:** *Cu; phytoremediation; water lettuce; waste water*

### Abstrak

Pengolahan limbah cair diperlukan untuk menghindari dampak pencemaran lingkungan perairan. Teknik pengolahan limbah cair, antara lain melalui fitoremediasi menggunakan bantuan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*). Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh persen luas penutupan, lama waktu paparan, dan interaksi keduanya dalam menurunkan kadar COD, serta untuk menentukan persen luas penutupan, lama waktu paparan, dan interaksi keduanya yang paling efisien dalam menurunkan kadar COD. Hasil penelitian diketahui bahwa persen luas penutupan dan waktu paparan mampu menurunkan secara signifikan kadar COD. Persen luas penutupan yang paling efisien dalam menurunkan COD yaitu pada taraf 75%. Lama waktu paparan yang paling efisien dalam menurunkan COD yaitu pada taraf 9 hari. Interaksi keduanya yang paling efisien dalam menurunkan kadar COD yaitu pada persen luas penutupan 100% dengan lama waktu paparan 9 hari.

**Kata Kunci :** *Cu; fitoremediasi; kayu apu; limbah cair*

## PENDAHULUAN

Kemajuan industri tekstil meningkat sangat pesat, industri tekstil umumnya menggunakan air yang sangat banyak dalam setiap tahap produksinya, sehingga menghasilkan limbah cair yang melimpah. Senyawa pencemar yang terkandung di dalam limbah cair tekstil terdiri dari bahan organik dan bahan anorganik. Senyawa organik seperti pati, protein, minyak, dan lemak yang dihasilkan dari proses pengkandungan tekstil (Budiaty *et al.*, 2014). Banyaknya kandungan senyawa organik pada limbah dapat menyebabkan tingginya nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*). Berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 10 tahun 2004 yang mengatur baku mutu air limbah tekstil dan batik, kadar COD maksimal yang diperbolehkan dibuang ke badan perairan yaitu sebesar 150 mg/L. Senyawa anorganik berasal dari zat pewarna serat tekstil yang mengandung logam berat tinggi. Saat proses pewarnaan tidak semua zat warna dapat diserap oleh tekstil, sehingga banyak pewarna yang

terbuang dan dapat menjadi sumber kontaminan bagi perairan (Lestari *et al.*, 2017).

Menurut Rahadi *et al.* (2018) mengatakan bahwa COD merupakan parameter penting untuk mengetahui tingkat pencemaran air limbah oleh senyawa organik. Nilai COD berbanding lurus dengan tingkat pencemaran perairan, semakin tinggi nilai COD maka semakin tinggi pula tingkat pencemaran air oleh limbah organik. Prinsip analisa pengujian COD yaitu semua senyawa organik dapat dioksidasi secara sempurna menjadi karbondioksida menggunakan oksidator kuat pada kondisi asam.

Masalah yang sekarang sering melanda yaitu limbah cair yang mencemari lingkungan perairan menjadi ancaman kelestarian alam. Apabila limbah cair tersebut dibuang langsung ke badan perairan maka akan menimbulkan berbagai macam masalah, seperti bau tak sedap dan juga kematian organisme air. Untuk mencegah hal tersebut maka diperlukan pengolahan limbah cair terlebih dahulu, sehingga limbah yang dibuang ke lingkungan sudah mencapai

baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah. Pengolahan limbah cair hasil industri bertujuan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan yang dilakukan dengan mengurangi jumlah dan konsentrasi polutan sebelum dibuang ke perairan penerima. Salah satu upaya pengolahan limbah cair yang ramah lingkungan, mudah dilakukan, ekonomis, sederhana, namun efektif yaitu menggunakan teknik fitoremediasi dengan bantuan tanaman air (Martin, 2019).

Tanaman air yang dapat digunakan sebagai agen fitoremediator yaitu tanaman yang toleran terhadap media yang mengandung polutan. Ciri-ciri tanaman yang toleran yaitu, mampu tumbuh dan berkembang di dalam media. Tanaman air dapat digunakan sebagai agen remediasi karena memiliki kemampuan untuk mengakumulasi polutan (*phytoextraction*), menyerap polutan (*rhizofiltration*), dan dapat memetabolisme polutan di dalam jaringan (*phytotransmission*). Akar tanaman selain dapat menyerap polutan dari media pertumbuhan, juga dapat sebagai tempat pemaparan bagi mikroba yang berasosiasi dengan akar (*phytostimulation*) (Budiaty *et al.*, 2014).

Salah satu tanaman air yang berpotensi sebagai fitoremediator yaitu kayu apu (*Pistia stratiotes*). Kayu apu merupakan gulma yang dapat dimanfaatkan sebagai tanaman fitoremediator. Kayu apu memiliki akar panjang, lebat, dan bercabang halus, serta memiliki sistem perakaran yang luas. Menurut Fachrurrozi *et al.* (2014), tanaman kayu apu memiliki kemampuan dalam menurunkan kadar senyawa organik maupun anorganik pada limbah cair. Kayu apu juga dimanfaatkan sebagai pembersih air sungai yang kotor karena akar dari tanaman kayu apu dapat mengikat lumpur yang berada di sungai. Morfologi tanaman kayu apu biasanya memiliki tinggi 5-10 cm. Akarnya lebat, lebar, panjang dan menggantung di permukaan air. Kayu apu tidak memiliki organ batang, berdaun tunggal berbentuk solet seperti bunga. Ujung daun membulat dan pangkal daun meruncing, tepi daun melekat dengan panjang 2-10 cm. Daun kayu apu tidak memiliki lapisan lilin, berwarna hijau kebiruan, bertulang daun sejajar, dan termasuk kedalam tanaman monokotil (Taurisna, 2020). Laju penyerapan ditentukan oleh kondisi lingkungan tempat tanaman ditumbuhkan. Salah satu bentuk adaptasi kayu apu sebagai tanaman air yaitu hanya memiliki stomata pada bagian abaksial (atas) saja, berbeda dengan eceng gondok yang memiliki stomata pada bagian abaksial dan adaksial. Kayu apu memiliki permukaan daun yang lebar untuk mempercepat proses transpirasi, semakin lebar daun maka akan semakin banyak jumlah stomatanya, sehingga proses transpirasi akan semakin cepat pula. Daun tanaman kayu apu tidak memiliki lapisan lilin karena keberadaan lapisan lilin dapat menghambat proses transpirasi (Sari & Herkules, 2017).

Tujuan dari penelitian kali ini yaitu untuk mengetahui pengaruh persen luas penutupan, lama waktu pemaparan, dan interaksi keduanya dalam menurunkan kadar COD, serta mengetahui persen luas penutupan, lama waktu pemaparan, dan interaksi keduanya yang paling efisien dalam menurunkan kadar COD pada limbah cair tekstil

## MATERI DAN METODE

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air limbah, kayu apu (*Pistia stratiotes*), akuades, larutan  $K_2Cr_2O_7$ , larutan  $H_2SO_4$ , larutan Ferro Ammonium Sulfat, dan *ferroin solution*. Alat-alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah ember, gelas ukur, tabung erlenmeyer ukuran 50 ml, pipet ukur, COD reactor, digestion vessel, buret, statif, ruang asam, termometer, Lux meter, pH meter, dan kamera.

Sampel limbah cair diambil dari Balai Besar Tekstil Bandung, sampel tanaman kayu apu diambil dari Desa Beji, Kecamatan kedungbanteng, Kabupaten Banyumas. Penelitian dilakukan di *Green house* Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman untuk aklimatisasi tanaman serta uji fitoremediasi, dan di Laboratorium Lingkungan untuk analisis sampel limbah cair. Penelitian dilakukan selama 6 bulan mulai dari bulan September 2020 hingga Februari 2021.

Penelitian menggunakan metode eksperimental yang disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola Faktorial. Faktor pertama adalah persen luas penutupan, terdiri atas 5 taraf yaitu 0% sebagai kontrol (tanpa tanaman kayu apu), 25%, 50%, 75%, dan 100%. Faktor kedua adalah lama waktu pemaparan limbah, terdiri dari 3 taraf yaitu 3, 6 dan 9 hari. Terdapat 15 kombinasi perlakuan, yang masing-masing diulang sebanyak 3 kali, sehingga totalnya terdapat 45 unit perlakuan.

Variabel bebas yang digunakan terdiri dari persen luas penutupan kayu apu dan lama waktu pemaparan, sedangkan variabel tergantungan yaitu kadar COD. Parameter utama yang diamati adalah penurunan COD, sedangkan parameter pendukungnya adalah pH dan temperatur media uji, serta intensitas cahaya.

## Cara Kerja Penelitian Aklimatisasi

Tanaman kayu apu diaklimatisasi selama 10 hari menggunakan air sumur di *greenhouse*. Hal ini dilakukan untuk mengkondisikan tanaman agar tidak terjadi stress pada saat perlakuan.

## Pembuatan Media Perlakuan

Limbah cair diencerkan terlebih dahulu menggunakan akuades dengan perbandingan 1 : 1, sehingga konsentrasi limbah yang digunakan hanya sebesar 50% agar tanaman mampu bertahan hidup sampai akhir penelitian. Limbah yang telah diencerkan dimasukkan ke dalam setiap unit perlakuan dengan volume masing-masing 4 liter.

Limbah cair yang telah diencerkan memiliki kadar COD sebesar 89,4 mg/L.

### Uji Fitoremediasi

Tanaman kayu apu hasil aklimatisasi dimasukkan kedalam unit perlakuan yang telah diberi sekat dan berisi limbah. Persen luas tutupan kayu apu yang digunakan yaitu 100%, 75%, 50%, 25%, dan 0% sebagai kontrol. Pelaksanaan fitoremediasi limbah dengan kayu apu pada media limbah dilakukan selama 3, 6, dan 9 hari.

### Analisis COD (SNI 6989.73: 2009)

Sampel limbah cair dimasukkan dari masing-masing unit perlakuan sebanyak 2,5 mL kedalam tabung sampel. Akuades dimasukkan sebanyak 2,5 mL ke dalam tabung blanko. Larutan  $K_2Cr_2O_7$  (*digestion solution*) ditambahkan sebanyak 1,5 mL dan ditambahkan larutan  $H_2SO_4$  sebanyak 3,5 mL ke dalam semua tabung lalu dihomogenkan. Semua tabung dipanaskan menggunakan COD reaktor pada suhu  $150^\circ C$  selama 120 menit di dalam ruang asam. Setelah 2 jam, sampel dikeluarkan dan ditunggu sampai panasnya menjadi suhu ruangan. Saat menunggu suhu turun, tutup tabung reaksi sesekali dibuka untuk mencegah adanya tekanan gas. Sampel dipindahkan secara kuantitatif kedalam tabung erlenmeyer dan ditambahkan *ferroin solution* sebanyak 1-2 tetes sebagai indikator warna. Sampel yang telah ditambah *ferroin solution* dititrasi menggunakan larutan FAS sampai warnanya menjadi merah bata.

Perhitungan nilai COD dihitung menggunakan rumus berikut:

$$COD = \frac{(A-B) \times 8000 \times MFAS \times fp}{V_{\text{sampel}}}$$

Keterangan:

A: Volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk blanko (ml)

B: Volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk sampel uji (ml)

MFAS: Molaritas larutan FAS

8000: Miliequivalent oksigen x 1000mL/L

Fp: faktor pengenceran

Persentase penurunan nilai COD dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Penurunan COD} = \frac{\text{nilaiCOD A} - \text{nilaiCOD B}}{\text{COD A}} \times 100\%$$

Keterangan:

Nilai COD A: nilai COD dari sampel sebelum perlakuan

Nilai COD B: nilai COD dari sampel setelah perlakuan

### Pengamatan Karakteristik Media Uji

Pengamatan karakteristik media uji meliputi derajat keasaman (pH) dan temperatur. Pengukuran

pH media uji menggunakan pH meter, caranya dengan menekan tombol *power* untuk menyalakan pH meter. *Probe* pH meter dicelupkan kedalam masing-masing media uji dan ditunggu hingga angka yang tertera di pH meter stabil, kemudian tekan tombol *hold* agar angka tidak berubah kembali. Angka yang tertera di pH meter dicatat. Pengukuran temperatur media uji menggunakan termometer, dengan cara mencelupkan ujung termometer ke dalam media uji selama 3 - 5 menit, kemudian hasilnya dicatat. Pengamatan temperatur dan pH media uji dilakukan setiap hari pada pukul 14.00 WIB dengan tujuan untuk mengontrol kondisi fisika dan kimia air limbah.

### Intensitas cahaya

Diukur menggunakan Lux meter. Lux meter dinyalakan dengan menekan tombol *power*, kemudian arahkan sensor pendeteksi cahaya ke arah datangnya cahaya. Jika angka yang tertera di lux meter sudah stabil, tekan tombol *hold*. Nilai intensitas cahaya yang tertera dicatat. Pengukuran intensitas cahaya dilakukan setiap hari pada pukul 14.00 WIB, karena pada waktu tersebut matahari masih bersinar.

### Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran persentase penurunan kadar COD dianalisis menggunakan analisis ragam (uji F) dengan tingkat kepercayaan 95% dan 99% untuk mengetahui adanya pengaruh perlakuan, kemudian dilanjutkan dengan Uji lanjut Duncan untuk mengetahui persen luas penutupan, lama waktu pemaparan, dan interaksi keduanya yang paling efisien dalam menurunkan kadar COD limbah cair tekstil.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Penurunan Kadar COD

Hasil analisis menunjukkan adanya pengaruh waktu pemaparan, persen luas penutupan, dan interaksi keduanya terhadap penurunan kadar COD (Tabel 1). Menurut Pribadi *et al.* (2016), semakin banyak jumlah tanaman yang terdapat di dalam unit perlakuan dan semakin lama waktu kontak air limbah dengan akar tanaman, maka akan semakin efisien dalam menurunkan kadar COD. Tanaman kayu apu memiliki kemampuan rhizofiltrasi, bertambahnya jumlah tanaman berbanding lurus dengan bertambahnya luas permukaan akar yang kontak dengan limbah. Semakin luas permukaan akar maka akan semakin efisien proses peyerapan senyawa polutan. Fitoremediasi menggunakan kayu apu dapat dikatakan efektif dalam menurunkan nilai COD, karena nilai COD akhir hasil remediasi sudah dibawah baku mutu sehingga layak untuk dibuang kelingkung

**Tabel 1. Analisis Ragam Persentase Penurunan COD pada Limbah Cair Tekstil**

No	Sumber ragam	dB	JK	KT	Fhit	Ftab	
						(.05)	(.01)
1	Waktu paparan	2	757,168	378,584	63,23**	3,32	5,39
2	Luas penutupan	4	18063,267	4515,817	754,27**	2,69	4,02
3	Waktu paparan x Luas penutupan	8	2861,596	357,70	59,75**	2,27	3,17
4	Error	30	179,570	5,987			

Keterangan: \*\* = berbeda sangat nyata atau sangat signifikan

Hasil uji Duncan (Tabel 2.) menunjukkan bahwa waktu paparan yang paling efisien dalam menurunkan kadar COD yaitu pada waktu paparan 9 hari dengan persentase penurunan 63,51%, persen luas penutupan yang paling efisien dalam menurunkan kadar COD yaitu pada penutupan 75% dengan persentase penurunan sebesar 76,85%, interaksi keduanya yang paling efisien dalam menurunkan kadar COD pada limbah cair yaitu pada luas penutupan 100% dengan lama paparan 9 hari. Dari perhitungan persentase efektivitas penurunan COD diketahui pada interaksi luas penutupan 100% dengan lama waktu paparan 9 hari terjadi penurunan kadar COD menjadi 10,7 mg/L dengan persentase penurunan terbesar yaitu 88,03%.

Menurut Raissa & Tangahu (2017), nilai penurunan kadar COD yang meningkat setiap harinya dapat disebabkan karena proses degradasi yang semakin efektif ketika mikroorganisme di sekitar akar sudah mulai tumbuh dalam jumlah yang banyak. Terjadi penguraian bahan organik oleh bantuan mikroorganisme pada akar tanaman yang

kemudian akan dimanfaatkan tanaman untuk pertumbuhannya. Berkurangnya senyawa organik ini berbanding lurus dengan penurunan nilai COD pada limbah.

Penurunan kadar COD dapat dipengaruhi oleh pertumbuhan dan jumlah tanaman, karena semakin banyak tanaman maka akan terjadi pula peningkatan suplai oksigen ke dalam media tanam. Menurut Hammer (1985), tanaman akuatik memberikan sumbangan oksigen dari hasil fotosintesis ke badan perairan. Peningkatan kadar oksigen pada media tumbuh (limbah) akan dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk mendegradasi bahan organik menjadi bahan anorganik seperti  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , dan  $\text{SO}_2^-$ . Senyawa-senyawa ini yang kemudian akan diserap oleh akar tanaman dan dimanfaatkan untuk pertumbuhannya. Pada perlakuan kontrol (tanpa tanaman) terjadi pula penurunan nilai COD. Hal tersebut disebabkan karena oksigen tidak hanya dihasilkan oleh tanaman, melainkan dapat juga berasal dari difusi oksigen dengan udara atau

**Tabel 2. Uji Lanjut Duncan Terhadap Persentase Penurunan COD pada Limbah Cair Tekstil**

Pengaruh Waktu paparan		Pengaruh Persen Luas penutupan		Pengaruh Interaksi waktu paparan dan Luas penutupan	
T1	54,35 <sup>a</sup>	P0	22,10 <sup>a</sup>	P <sub>0</sub> T <sub>1</sub>	13,65 <sup>a</sup>
T2	62,50 <sup>b</sup>	P1	57,89 <sup>b</sup>	P <sub>0</sub> T <sub>2</sub>	18,05 <sup>a</sup>
T3	63,51 <sup>c</sup>	P2	71,86 <sup>c</sup>	P <sub>0</sub> T <sub>3</sub>	34,60 <sup>b</sup>
		P3	76,85 <sup>c</sup>	P <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	50,30 <sup>c</sup>
		P4	71,90 <sup>d</sup>	P <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	68,53 <sup>fg</sup>
				P <sub>1</sub> T <sub>3</sub>	54,85 <sup>cd</sup>
				P <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	73,01 <sup>gh</sup>
				P <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	80,13 <sup>hi</sup>
				P <sub>2</sub> T <sub>3</sub>	62,45 <sup>de</sup>
				P <sub>3</sub> T <sub>1</sub>	66,59 <sup>efg</sup>
				P <sub>3</sub> T <sub>2</sub>	86,32 <sup>ij</sup>
				P <sub>3</sub> T <sub>3</sub>	77,63 <sup>h</sup>
				P <sub>4</sub> T <sub>1</sub>	68,20 <sup>fg</sup>
				P <sub>4</sub> T <sub>2</sub>	59,47 <sup>de</sup>
				P <sub>4</sub> T <sub>3</sub>	88,03 <sup>j</sup>

Keterangan: Angka merupakan rata-rata persentase penurunan COD dari 3 ulangan; Huruf yang menyertai angka merupakan notasi hasil dari analisis uji lanjut Duncan. Huruf P merupakan persen luas penutupan, sementara T merupakan lama waktu paparan

Tabel 3. Nilai Kisaran Parameter Pendukung Selama 9 Hari

Parameter	Nilai
pH	6,62 – 8,81 ( $7,47 \pm 0,41$ )
Temperatur	28,2 - 45 ( $31,04 \pm 3,03$ )
Intensitas cahaya	1420 - 2550 ( $2074,4 \pm 364,6$ )

lingkungan sekitarnya sehingga tetap terdapat oksigen terlarut di dalam limbah meskipun tidak terdapat tanaman (Fachrurrozi *et al.*, 2014). Akan tetapi jumlah oksigen hasil difusi dengan lingkungan tidak sebesar oksigen yang disuplai oleh tanaman hasil dari fotosintesis, sehingga rata-rata penurunan COD pada unit perlakuan kontrol tidak sebesar pada unit perlakuan dengan tanaman.

#### Pengamatan Parameter Pendukung

Air limbah tekstil umumnya memiliki pH yang tinggi karena saat proses pewarnaan membutuhkan bantuan senyawa alkali untuk mengikat zat pewarna dengan serat pakaian (Lestari *et al.*, 2017). Berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 Tahun 2004 yang mengatur baku mutu air limbah tekstil dan batik, pH limbah yang diperbolehkan untuk dibuang ke lingkungan yaitu berkisar 6 – 9. Derajat keasaman atau pH terus mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya waktu pemaparan, sehingga pH limbah yang awalnya bersifat alkali menjadi netral (Tabel 3).

Akar tanaman kayu apu memiliki kemampuan untuk melakukan perubahan pH dan membentuk suatu zat kelat yang disebut fitosiderofor. Penurunan pH juga berkaitan dengan proses penyerapan logam. Penyerapan logam berat membutuhkan *carrier* berupa  $H^+$ , sehingga terjadi peningkatan ion  $H^+$  pada perairan yang mengakibatkan pH menurun. Selain itu semakin lama waktu pemaparan tanaman kayu apu pada media limbah cair maka akan menyebabkan semakin banyak daun yang mengalami nekrosis, bagian nekrosis daun yang masuk kedalam media limbah terdekomposisi dan menghasilkan asam humat dan menyebabkan pH semakin menurun (Ningsih *et al.*, 2014). Tanaman juga memiliki kemampuan untuk menyerap bahan organik yang ada di dalam air limbah. Bahan organik yang diserap oleh tanaman akan didegradasi oleh bakteri menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu asam amino dan asam lemak. Hasil perombakan bahan organik tersebut juga dapat menyebabkan pH limbah semakin menurun (Hartanti *et al.*, 2013).

Pada penelitian kali ini terjadi fluktuasi temperatur pada air limbah setiap harinya. Hal

tersebut dapat dikarenakan daun yang dimiliki oleh tanaman kayu apu memiliki morfologi lebar yang dapat menghalangi cahaya matahari langsung menyentuh air, sehingga dapat mempengaruhi temperatur air limbah yang diamati (Rahmawati *et al.*, 2016). Perubahan temperatur limbah setiap harinya dapat disebabkan oleh cuaca harian yang terjadi selama penelitian, saat cuaca sedang panas maka temperatur air limbah cenderung meningkat, sebaliknya jika cuaca sedang hujan maka temperatur air limbah cenderung menurun. Temperatur air dapat mempengaruhi proses membuka dan menutupnya stomata serta mempengaruhi proses transpirasi. Temperatur yang terlalu tinggi dapat menyebabkan stomata menutup, hal tersebut terjadi agar proses transpirasi berlebih dapat dicegah.

Tanaman merupakan organisme yang dapat memenuhi kebutuhan energinya sendiri. Energi dihasilkan dari proses fotosintesis tanaman yang membutuhkan  $CO_2$ ,  $H_2O$ , dan bantuan cahaya matahari. Cahaya matahari merupakan faktor penting untuk proses fotosintesis yang dibutuhkan dalam pertumbuhan tanaman kayu apu. Apabila tanaman kayu apu terhalang dari cahaya matahari maka pertumbuhannya akan terhambat, untuk mencegah hal tersebut penelitian ini dilakukan di *green house* agar cahaya didapat dengan baik dan pertumbuhan tanaman dapat terjadi secara optimal. Intensitas cahaya di *green house* selama 9 hari perlakuan yaitu berkisar antara 1420 – 2550 Lux. Menurut Ni'ma *et al.* (2014), intensitas cahaya optimum yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman kayu apu berkisar antara 2200 – 2400 Lux.

#### SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa persen luas penutupan, waktu pemaparan, dan interaksi keduanya mampu menurunkan secara signifikan kadar COD. Persen luas penutupan yang paling efisien dalam menurunkan COD yaitu pada taraf 75%, lama waktu pemaparan yang paling efisien dalam menurunkan COD yaitu pada taraf 9 hari. Interaksi keduanya yang paling efisien dalam menurunkan kadar COD yaitu pada persen luas penutupan 100% dengan lama waktu pemaparan 9 hari.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami berikan kepada tim Riset Unggulan Terapan yang telah mendanai penelitian ini sepenuhnya berdasarkan Keputusan Ketua LPPM Unsoed Nomor: kept. 118/UN23.18/PT.01.05/2020.

## DAFTAR REFERENSI

- Badan Standarisasi Nasional. 2009. SNI 73-6989-2009. Cara Analisis Kadar COD. Departemen Perindustrian RI.
- Budiati, S. R., Dewi, N. K. & Pribadi, T. A., 2014. Akumulasi Kandungan Logam Berat Chromium (Cr) Pada Ikan Betok (*Anabas testudineus*) yang Terpapar Limbah Cair Tekstil di Sungai Langsur Sukoharjo. *Unnes Journal of Life Science*, 3(2), pp. 130–138.
- Fachrurrozi, M., Utami, L. B. & Suryani, D., 2014. Pengaruh Variasi Biomassa *Pistia stratiotes* L. Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Tahu Di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(1), pp. 1–16.
- Hammer, M. J., 1985. *Water and Waste Water Technology*. New York: Jhon Willey and Sons.
- Hartanti, P. I., Haji, A. T. S. & Wirosoedarmo, R., 2013. Pengaruh Kerapatan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Terhadap Penurunan Logam Chromium pada Limbah Cair Penyamakan Kulit. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 1(2), pp. 31–37.
- Lestari, S., Tandjung, S. D. & Santosa, S. J., 2017. Lethal Toxicity of Batik Waste Water Bio-Sorption Results in Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Advanced Science Letters*, 23(3), pp.2611-2613.
- Martin, A. N., 2019. Fitoremediasi Logam Besi (Fe) pada Air Eks Galian Pasir Kecamatan Pasir Sakti Kabupaten Lampung Timur Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *Skripsi*. Lampung: Universitas Lampung
- Ni'ma, N., Widyorini, N. & Ruswahyuni., 2014. Kemampuan Apu-apu (*Pistia* sp.) sebagai Bioremediator Limbah Pabrik Pengolahan Hasil Perikanan (Skala Laboratorium). *Diponegoro Journal of Maquares*, 3(4), pp. 257–264.
- Ningsih, I. S. R., Lestari, W. & Azis, Y., 2014. Fitoremediasi Zn Dari Limbah Cair Pabrik Pengolahan Karet Dengan Pemanfaatan *Pistia Stratiotes* L. *Skripsi*. Riau: Universitas Riau.
- Pribadi, R. N., Zaman, B. & Purwono, P., 2016. Pengaruh Luas Penutupan Kiambang (*Salvinia Molesta*) Terhadap Penurunan COD, Amonia, Nitrit, Dan Nitrat Pada Limbah Cair Domestik (*Grey Water*) Dengan Sistem Kontinyu. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(4), pp. 1–10.
- Rahadi, B., Wirosoedarmo, R. & Harera, A., 2018. Sistem Anaerobik-Aerobik pada Pengolahan Limbah Industri Tahu untuk Menurunkan Kadar BOD5, COD, dan TSS. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 5(1), pp. 17–26.
- Rahmawati, A., Zaman, B. & Purwono., 2016. Kemampuan Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) Dalam Menyisihkan BOD dan Fosfat Pada Limbah Domestik (*Grey Water*) dengan Sistem Fitoremediasi Secara Kontinyu. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 4(1), pp. 64–75.
- Raissa, D. G. & Tangahu, B. V., 2017. Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Kayu apu (*Pistia stratiotes*). *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), pp. 7–11.
- Sari, W. D. P. & Herkules., 2017. Analisis Struktur Stomata pada Daun Beberapa Tumbuhan Hidrofit sebagai Materi Bahan Ajar Mata Kuliah Anatomi Tumbuhan. *Jurnal Biosains*, 3(3), pp. 156–161.
- Taurisna, T. L., 2020. Pemanfaatan Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.) untuk Menurunkan Kadar COD, BOD, TSS pada Limbah Cair Industri Tempe dengan Menggunakan Fitoremediasi Sistem Batch. Surabaya: Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.