

Pengolahan Total Coliform Menggunakan Kombinasi Metode Wetland dan Sinar UV

Total Coliform Treatment using a Combination of Wetland Method and UV Light

Tanti Utami Dewi^{1*}, Ulvi Pri Astuti², Ahmad Erlan Afiuddin³, Bhagaskara Cipta Linuwih⁴, Novi Eka Mayangsari⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi D4 Teknik Pengolahan Limbah, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

Email : ¹tanti.dewi@ppns.ac.id, ²ulvipriastuti@ppns.ac.id, ³erlan.ahmad@ppns.ac.id

⁴bhagaskaracipta@student.ppns.ac.id, ⁵noviekam@ppns.ac.id

*Penulis korespondensi : tanti.dewi@ppns.ac.id

Direview: 1 September 2022

Diterima: 21 Oktober 2022

ABSTRAK

Kadar total *coliform* yang terkandung dalam *effluent* IPAL industri galangan kapal di Jawa Timur telah melebihi baku mutu, yaitu sebesar 6000 – 15.400 CFU / 100 mL. Baku Mutu Air Limbah Domestik yang diatur pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 menyatakan bahwa batas kadar total *coliform* yang diperbolehkan untuk dibuang ke badan air sebesar 3000 CFU/100 mL. Banyaknya total *coliform* di badan air dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia dan hewan sehingga perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut. Pada penelitian ini menggunakan kombinasi metode *Wetland* dan Desinfeksi Sinar UV untuk menurunkan kadar total *coliform*. Pada metode *wetland* menggunakan tanaman Ekor Kucing (*Typha angustifolia*). Penelitian ini melakukan variasi lama waktu kontak (4, 8, dan 12 hari) pada *wetland* dan lama penyinaran (10, 20, dan 30 menit) pada desinfeksi sinar UV yang bertujuan untuk mendapatkan variasi terbaik dalam mengolah total coliform yang terdapat pada *effluent* IPAL. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua variasi kombinasi pengolahan *wetland* dan sinar UV mampu meremovasi konsentrasi total *coliform* hingga di bawah baku mutu. Variasi kombinasi terbaik berdasarkan hasil analisis *two way anova* didapatkan metode kombinasi waktu kontak 4 hari dan lama penyinaran 10 menit dengan nilai *P-value* 0,020.

Kata Kunci: *Wetland, desinfeksi, sinar UV, Typha angustifolia.*

ABSTRACT

Total *coliform* level contained in the *effluent* of the shipbuilding industry WWTP in East Java has exceeded the threshold value, respectively 6000-15.400 cfu/100 mL. Threshold value of Domestic Wastewater published by Minister of Environment and Forestry Regulation Number 68 in 2016 mentioned that total *coliform* allowed to discharge to water column is 3000 CFU/100mL. The number of total coliforms in river can cause health problems in humans and animals so that further processing is needed. In this study, a combination of *Wetland* and UV light disinfection methods was used to reduce total *coliform* levels. In the *wetland* method using a Cattail plants (*Typha angustifolia*) to reduce the total *coliform*. This study varied the length of contact time (4, 8, and 12 days) in *wetlands* and irradiation time (10, 20, and 30 minutes) in UV disinfection in order to obtain the best variation in treating total coliforms found in WWTP *effluent*. The results showed that all variations of the combination of *wetland* treatment and UV light were able to remove the total *coliform* concentration below the quality standard. The best combination variation based on the results of the Two Way Anova Analysis obtained a combination method of 4 days of contact time and 10 minutes of irradiation with a *P-value* of 0.020.

Keywords: *Wetland, disinfection, UV light, Typha angustifolia.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara maritim yang sebagian besar terdiri dari laut memiliki industri galangan kapal yang tersebar diseluruh penjuru, dari Batam hingga Papua. Jumlah industri galangan kapal di Indonesia kurang lebih 245-250 galangan dengan konsentrasi terbesar di pulau Jawa dan Batam (Nugroho, 2021). Banyaknya aktivitas dan mobilisasi yang dilakukan pada industri galangan kapal menyebabkan adanya limbah yang perlu diolah. Setiap industri yang menghasilkan limbah wajib mengolah limbah yang dihasilkan, seperti yang telah dilakukan salah satu industri galangan kapal di Jawa Timur yang telah memiliki IPAL untuk mengolah air limbah domestiknya (Linuwih, dkk, 2022). Effluent IPAL yang terdapat pada setiap industri diwajibkan telah memenuhi baku mutu limbah domestik yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Nomor 68 Tahun 2016 untuk semua parameter (pH, BOD, COD, TSS, Minyak & Lemak, Amoniak, dan Total *Coliform*). Akan tetapi, effluent IPAL yang dimiliki oleh salah satu industri galangan kapal di Jawa Timur masih terdapat parameter yang belum memenuhi baku mutu yaitu parameter total *coliform* dengan nilai 6.000 – 15.400 CFU/100 mL (Linuwih, dkk, 2022), sedangkan baku mutu yang ditetapkan oleh peraturan yaitu sebesar 3.000 CFU/100 mL.

Besarnya konsentrasi total coliform tersebut menyebabkan perlunya pengolahan lanjutan pada IPAL agar effluent yang ke luar tidak mencemari badan air. Banyaknya total coliform pada badan air dapat menyebabkan diare pada manusia dan hewan (Wuryastuti, dkk, 2000). Alternatif pengolahan untuk meremoval total coliform adalah *Constructed Wetland* (CW), Filtrasi, dan Desinfeksi. Desinfeksi sendiri ada yang menggunakan klorin, ozon, atau sinar UV (Kusnaedi, 2010). Pada penelitian ini akan digunakan kombinasi pengolahan wetland dan desinfeksi menggunakan sinar UV. Kelebihan kombinasi wetland dan sinar UV dalam meremoval total *coliform* dibandingkan pengolahan lainnya adalah dari segi operasional yang mudah. Metode *Wetland* efektif dalam menghilangkan patogen total coliform dengan bantuan mikroorganisme yang ada pada tanaman (Amorim, dkk, 2019) dan metode desinfeksi sinar UV efektif dalam menurunkan kadar E-coli (McElmurry, dkk, 2016). Sementara jika menggunakan teknologi filter perlunya adanya pembersihan media secara berkala, dan jika menggunakan desinfeksi ozon tergolong lebih mahal daripada sinar UV. Kekurangan desinfeksi dengan klorin adalah residu yang dihasilkan serta penggunaan klorin akan lebih efektif pada pH yang rendah (Said, 2007).

Tanaman yang digunakan pada *wetland* adalah tanaman Ekor Kucing (*Typha angustifolia*). Tanaman *Typha angustifolia* dipilih karena mampu menurunkan total coliform hingga 99% (Kipasika dkk, 2016). Desinfeksi sinar UV dengan lama penyinaran 9 menit menggunakan lampu TL UV 15 Watt dapat menurunkan kadar E-coli sebesar 98% (Winarti, 2020). Penelitian ini melakukan variasi lama waktu kontak pada *wetland* dan lama penyinaran pada desinfeksi sinar UV yang bertujuan untuk mendapatkan variasi terbaik dalam mengolah total coliform yang terdapat pada effluent IPAL pada salah satu industri galangan kapal di Jawa Timur.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan terdiri dari beberapa tahapan. Secara umum terdapat Penelitian pendahuluan dan Penelitian Utama. Penelitian pendahuluan dilakukan untuk menyiapkan tanaman yang akan digunakan. Tahap penelitian pendahuluan meliputi propagasi, aklimatisasi, dan *Range Finding Test* (RFT). Tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada **Gambar-1**.

2.1. Persiapan Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada proses pengolahan menggunakan *wetland* adalah reaktor kaca dengan dimensi (65 x 25 x 25) cm dan tanaman *Typha angustifolia*. Sementara pada proses pengolahan menggunakan sinar UV menggunakan reaktor kaca sebesar (30 x 20 x 20) cm dan lampu UV-C 11 Watt. **Gambar-2**. merupakan reaktor yang digunakan dalam penelitian.

2.2 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan terdiri dari 3 tahapan yaitu Tahap Propagasi, Tahap Aklimatisasi, dan Tahap RFT.

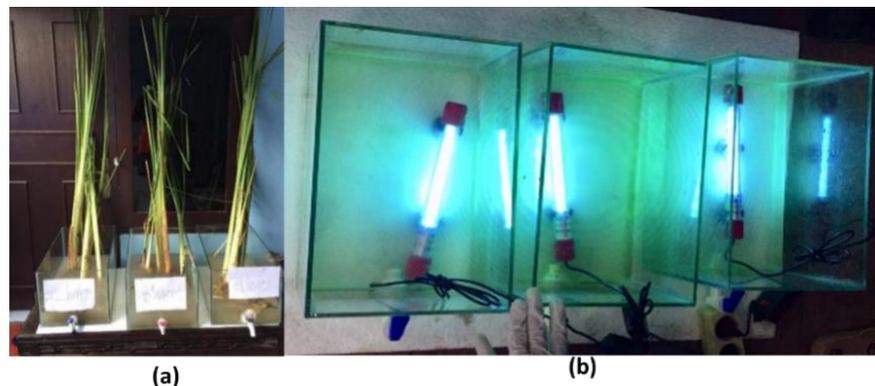
2.2.1 Tahap Propagasi Tanaman

Tahap awal pada penelitian pendahuluan adalah propagasi tanaman. Propagasi tanaman adalah tahap yang dilakukan dalam mengembangbiakkan tanaman untuk memperoleh *second*

generation tanaman *Typha angustifolia*. Tujuan digunakan generasi kedua adalah agar dapat diketahui kemampuan tanaman yang belum terkontaminasi dalam mengolah limbah. Tanaman *Typha angustifolia* generasi kedua digunakan pada tahap kedua yaitu proses aklimatisasi tanaman.



Gambar-1. Diagram Alir Tahapan Penelitian



Gambar-2. Reaktor (a) Wetland, (b) Sinar UV

2.2.2. Aklimatisasi

Tahapan aklimatisasi bertujuan untuk mengkondisikan tanaman dengan kondisi air limbah yang akan diolah. Tahap ini dilakukan dengan memasukkan konsentrasi air limbah yang berbeda dan secara bertahap selama 6 hari. Pada 3 hari pertama dimasukkan air limbah dengan konsentrasi 50% dan 3 hari berikutnya dimasukkan air limbah dengan konsentrasi 100%. Jumlah tanaman yang digunakan sebanyak 30 batang tanaman. Pada tahapan ini dilakukan pengamatan pH, suhu air limbah dan morfologi tanaman (tinggi tanaman, pertambahan jumlah daun dan warna daun). Pada tahap ini didapatkan tanaman *Typha angustifolia* dapat bertahan hidup pada konsentrasi air limbah 100% sehingga dilanjutkan pada tahap ketiga dengan range konsentrasi 0-100%.

2.2.3. Range Finding Test (RFT)

Tahap ketiga pada penelitian pendahuluan yaitu RFT. Tujuan dilakukannya RFT untuk mengetahui ketahanan tanaman pada variasi konsentrasi air limbah yang tidak memberikan efek apapun pada tanaman. Besaran konsentrasi air limbah yang didapatkan pada tahap RFT nantinya akan digunakan pada penelitian utama. Variasi konsentrasi air limbah pada tahap RFT adalah 0% ; 20% ; 40% ; 60% ; 80% ; dan 100%. Tahap RFT dilakukan selama 4 hari dan juga dilakukan pengamatan pH air, suhu air dan morfologi tanaman. Hasil penelitian pada tahap RFT didapatkan tanaman dapat bertahan hidup pada konsentrasi limbah 100%, sehingga pada penelitian utama *wetland* akan digunakan konsentrasi air limbah 100%.

2.3. Penelitian Utama

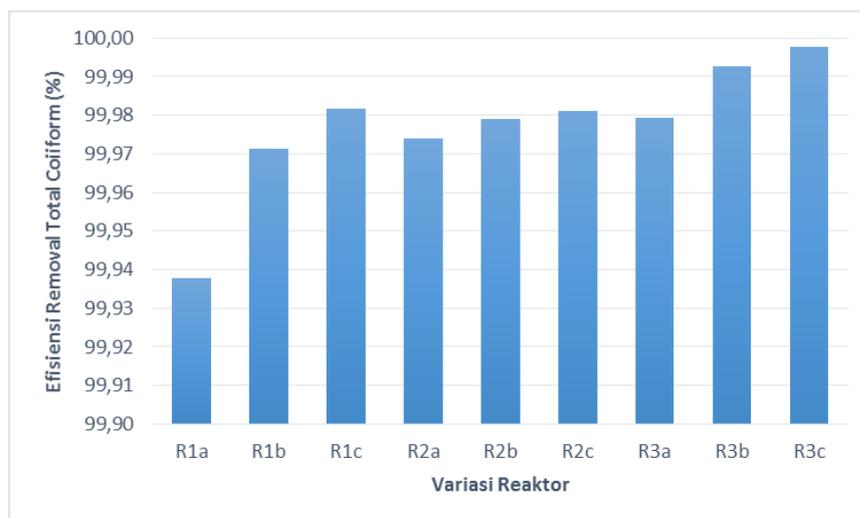
Penelitian ini menggunakan sistem batch pada skala laboratorium. Metode *Wetland* menggunakan variasi waktu kontak 4 hari, 8 hari, dan 12 hari serta pada metode desinfeksi sinar UV menggunakan variasi lama penyinaran 10 menit, 20 menit, dan 30 menit. Volume air limbah yang digunakan pada metode *Wetland* sebanyak 20L untuk tiap reaktor (tiap reaktor terdapat 5 tanaman) dan pada metode Desinfeksi Sinar UV sebanyak 5L dengan jenis lampu UV-C 11 watt. Nama kode tiap reaktor untuk tiap variasi terdapat pada **Tabel-1**.

Tabel-1. Variasi Penelitian Utama

Reaktor	Waktu Kontak Wetland (hari)	Lama Penyinaran Sinar UV (menit)	Kode Reaktor
1	4	10	R1a
		20	R1b
		30	R1c
2	8	10	R2a
		20	R2b
		30	R2c
3	12	10	R3a
		20	R3b
		30	R3c

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan air limbah domestik menggunakan kombinasi *wetland* dan sinar UV terdapat pada **Gambar-3**.



Gambar-3. Efisiensi Removal Total Coliform untuk setiap Variasi Reaktor

Gambar-3 menunjukkan terjadinya penurunan kadar total *coliform* pada tiap-tiap waktu kontak dan lama penyinaran. Hal ini berbanding lurus terhadap lama waktu kontak dan lama penyinaran, yaitu semakin lama waktu kontak dan lama penyinaran oleh tanaman *Typha angustifolia* dan lampu UV, semakin banyak pula kadar total *coliform* yang tersisihkan. Pada variasi waktu kontak *wetland* didapatkan bahwa semakin lama waktu kontak *wetland*, maka semakin baik juga efisiensi pengolahannya. Hal ini terlihat bahwa untuk setiap variasi kombinasi, efisiensi terbaik yaitu pada waktu kontak *wetland* 12 hari dengan lama penyinaran 30 menit yaitu sebesar 99,999% . Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang menyebutkan bahwa waktu kontak sangat berpengaruh terhadap penurunan polutan. Semakin lama waktu kontak, semakin banyak pula polutan yang terserap oleh tanaman (Al Kholif dkk, 2020). Efisiensi penyisihan kandungan air limbah tergantung pada konsentrasi dan lamanya waktu kontak pada *wetland* karenanya tingkat permeabilitas serta adanya konduktivitas hidrolis media tersebut sangat berpengaruh terhadap waktu kontak air limbah, sehingga waktu kontak yang cukup akan memberikan kesempatan kontak antara mikroorganisme dengan air (Hidayah, dkk, 2020).

Hasil penelitian pada **Gambar-3** Menunjukkan semakin lama penyinaran sinar UV maka efisiensi removal juga semakin tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa lama penyinaran sangat berpengaruh terhadap penurunan total *coliform*. Semakin lama pemaparan sinar UV, semakin besar pula energi yang dilepaskan (Hermansyah, 2012). Energi yang lepas semakin besar maka sepsis aktif yang terbentuk semakin banyak. Absorpsi sinar UV oleh DNA dan RNA mampu menyebabkan mikroorganisme tidak mampu dalam melakukan replikasi yang diakibatkan oleh pembentukan ikatan rangkap dua pada molekul pirimidin, sehingga sel yang tidak mampu melakukan replikasi akan kehilangan sifat patogenitasnya (A. Syarifuddin dkk, 2014). Penurunan kadar total *coliform* metode *Wetland* dengan waktu kontak 12 hari dan lama penyinaran 30 menit mampu menurunkan kadar total *coliform* hingga mencapai nilai terkecil, yaitu 0,35 CFU/100 mL dengan efisiensi penyisihannya mencapai 99,999%.

Tabel-2. Hasil Total *Coliform* pada Metode Kombinasi

Reaktor	Waktu Kontak CW	Lama Penyinaran (menit)	Konsentrasi Total <i>Coliform</i> (CFU/100mL)			
			Awal	Sesudah Metode CW	Sesudah Kombinasi Metode	
1	4 hari	10	15.400	566,5	9,6	
		20			4,4	
		30			2,8	
2	8 hari	10		36	4,5	4
		20				3,25
		30				2,9
3	12 hari	10		4,5	4,5	3,2
		20				1,15
		30				0,35

Penentuan variasi terbaik dari kombinasi *wetland* dan sinar UV menggunakan *analisa two way annova*. Metode *Two way annova* merupakan salah satu analisa statistika untuk menguji hipotesis perbandingan lebih dari dua sampel dan setiap sampel terdiri dari dua jenis atau lebih secara bersama (Rahmawati dkk, 2020). Langkah pertama adalah melakukan uji normalitas dan homogenitas dari data pada **Tabel-2**. Hasil uji normalitas dan homogenitas menunjukkan data – data pada **Tabel-2** dapat digunakan pada analisa *two way annova*. Hasil analisis menggunakan metode *two way annova* disajikan pada **Tabel-3**.

Tabel-3. Hasil analisis uji signifikansi *two way annova*

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	3,483	0,525	6,64	0,000	
Waktu Kontak					
4	2,050	0,742	2,76	0,022	1,33
8	-0,100	0,742	-0,13	0,896	1,33
Lama Penyinaran					
10	2,083	0,742	2,81	0,020	1,33
20	-0,617	0,742	-0,83	0,427	1,33
Waktu Kontak*Lama Penyinaran					
4 10	1,98	1,05	1,89	0,020	1,78
4 20	-0,72	1,05	-0,68	0,512	1,78
8 10	-1,47	1,05	-1,40	0,196	1,78
8 20	0,48	1,05	0,46	0,656	1,78

Tabel-3 menunjukkan bahwa nilai variasi terbaik untuk kombinasi pengolahan *wetland* dan sinar UV terdapat pada waktu kontak *wetland* selama 4 hari dan lamanya penyinaran sinar UV 10 hari dengan nilai P-value 0,020 ($< 0,05$) dan nilai koefisiensi paling besar yaitu 1,98. Hasil ini menunjukkan bahwa variasi tersebut berpengaruh signifikan terhadap persentase *removal total coliform*.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan adalah kombinasi waktu kontak *wetland* 4 hari dan lama penyinaran sinar UV 10 menit merupakan variasi terbaik dalam menurunkan kadar total *coliform* hingga efisiensi penyisihannya mencapai 99,99% dengan nilai *P-value* 0,020.

SARAN

Saran yang dapat diberikan terkait penelitian yang telah dilakukan adalah melakukan proses pengolahan kombinasi *wetland* dan sinar UV pada sistem kontinyu.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Kholif M., Pungut., Sugito., J. Sutrisno., Winda S.D. 2020. *Pengaruh Waktu Tinggal dan Media Tanam pada Constructed Wetland untuk Mengolah Air Limbah Industri Tahu*. Universitas PGRI Adi Buana Surabaya. *Jurnal Teknik Lingkungan*
- Amorim Fabiana de., Jaiza R. M e S., Ronaldo F., Luiz F. C., Claudio M. M. C. 2019. *Coliform Removal in a Constructed Wetland System Used in Post Swine Effluent Treatment*. Universidade Federal de Lavras : Brazil. *Journal of Applied Science*.
- Hidayah E. N. Dan Aditya W. 2010. *Potensi Dan Pengaruh Tanaman Pada Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Sistem Constructed Wetland*. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. Vol.2, No.2
- Hermansyah. 2012. *Pengaruh Sinar Ultra Violet (Uv) Untuk Menurunkan Kadar Cod, Tss Dan Tds Dari Air Limbah Pabrik Kelapa Sawit*. TESIS. Universitas Sumatera Utara
- Kipasika, H. J., Buzza, W.A. Smith, dan K. N. Njau. 2016. *Removal capacity of faecal pathogens from wastewater by four wetland vegetation: Typha latifolia, Cyperus papyrus, Cyperus alternifolius and Phragmites australis*. *African Journal of Microbiology Research*
- Kusnaedi. 2010. *Mengolah Air Kotor untuk Air Minum*. Penebar Swadaya, Cetakan I, Jakarta
- Linuwih, B., Ulvi Pri A., Tanti U. D. 2022. *Kombinasi metode Constructed Wetland dan Desinfeksi Sinar UV terhadap Penurunan Kadar Total Coliform pada Air Limbah Domestik Industri*

- Galangan Kapal*. Tugas Akhir. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- McElmurry S., dan N. Khalaf. 2016. *UV Treatment Efficiency for E.coli in Storm Water Containing Different Size Fractions of Suspended Solids*. Wayne State University : USA. WIT PRESS.
- Nugroho, H. 2021. *Pengembangan dan Pembinaan Industri Maritim Nasional dalam Mendukung Penggunaan Produk dalam Negeri (P3DN)*. Direktorat Industri Maritim Alat transportasi dan Alat Pertahanan: Ditjen ILMATE.
- Rahmawati, A. S., Erina, R., Studi, P., Fisika, P., Flores, U., Studi, P., Fisika, P., Darma, U., Medan, A., dan Jalur, A. D. 2020. *Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan Uji Anova Dua Jalur*. 4(1), 54–62.
- Said, N. I., 2007. *Desinfeksi untuk Proses Pengolahan Air Minum*. Pusat Teknologi Lingkungan, BPPT: JAI Vol.3, No.1 2007
- Syarifudin, dkk. 2014. *Efektivitas “Portable Uv Disinfection” Dalam Menurunkan Angka Bakteri (Escherichia Coli Spp) Pada Air Minum*. Poltekkes Kemenkes Banjarmasin. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. Volume 11. Nomor 2.
- Walpajri Febri, Rohyani, Sari Umayah. 2019. *Mikroba Endofit “Si Pembunuh” Esterichia Coli*. Universitas Riau : Riau
- Winarti Cuti. 2020. *Penurunan Bakteri Total Coliform Pada Air Limbah Rumah Sakit Terhadap Pengaruh Lama Waktu Penyinaran Dengan Sinar Ultra Violet*. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*. Vol. 20. No. 1
- Wuryastuti, H., R. Wasito., Siti C., Sri A., Yuni I., Leksono L., Prapti K., Mohammad A. 2000. *Analisis Bakteri Coliform dalam Air Sumur dan Kemungkinan Efek Biopatologik*. *Jurnal Sain Veteriner*. ISSN 0126-0421 (P): <https://doi.org/10.22146/jsv.260>