

EFEKTIVITAS INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DI SEAMEO BIOTROP

Nisauz Zakiyatul Ulya¹, Heny Dewajani¹, Santi Ambarwati²

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

²SEAMEO BIOTROP Jl. Raya Tajur KM 6, Bogor Selatan-Kota Bogor, Jawa Barat 16134

nisauzzakiya@gmail.com; [heny.dewajani@polinema.ac.id]

ABSTRAK

SEAMEO BIOTROP (*Southeast Asian Regional Centre for Tropical Biology*) adalah salah satu *Regional Centre* di Indonesia yang bernaung di bawah Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. Mandat yang dimiliki SEAMEO BIOTROP antara lain yaitu penelitian, peningkatan kapasitas, dan diseminasi informasi di bidang Biologi Tropika. SEAMEO BIOTROP memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk mengelola limbah yang dihasilkan laboratorium sebelum dialirkan ke badan air terdekat. Kualitas air limbah pada IPAL SEAMEO BIOTROP secara berkala dipantau untuk memastikan bahwa kualitas air limbah telah memenuhi baku mutu air limbah sebelum dialirkan ke badan air permukaan (sungai). Bahan kimia seperti dikromat, asam sulfat, mangan sulfat, dan alkali-iodida-azida yang digunakan dalam pengujian COD dan BOD sangat berbahaya karena sifatnya yang toksik, korosif, dan reaktif. Pelarut-pelarut organik dan anorganik sisa pekerjaan laboratorium, serta air bekas cucian peralatan laboratorium harus dikelola dengan baik karena jika dibuang langsung ke lingkungan, akan menyebabkan pencemaran serius dan berdampak buruk pada makhluk hidup. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui efektivitas sistem pengolahan air limbah di SEAMEO BIOTROP melalui pengujian beberapa parameter utama meliputi *Chemical Oxygen Demand (COD)*, *Biological Oxygen Demand (BOD)*, dan *Total Suspended Solid (TSS)*. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk membandingkan hasil evaluasi parameter dengan baku mutu air limbah yang berlaku. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan nilai %efektivitas IPAL untuk parameter COD 71,55%, BOD 74,53%, dan TSS 73,44%. Tingginya %efektivitas penurunan kadar dari beberapa parameter menandakan jika IPAL SEAMEO BIOTROP dapat bekerja dengan baik.

Kata kunci: Instalasi Pengolahan Air Limbah, laboratorium, limbah air, lingkungan

ABSTRACT

SEAMEO BIOTROP (*Southeast Asian Regional Center for Tropical Biology*) is one of the *Regional Centers* in Indonesia under the Ministry of Education and Culture of the Republic of Indonesia. The mandate of SEAMEO BIOTROP includes research, capacity building, and information dissemination in the field of Tropical Biology. SEAMEO BIOTROP has a Waste Water Treatment Plant (WWTP) to manage the waste produced by the laboratory before it is discharged to the nearest water body. The quality of wastewater in SEAMEO BIOTROP's WWTP is regularly monitored to ensure that the quality of wastewater has met the wastewater quality standards before being discharged into surface water bodies (rivers). Chemicals such as dichromate, sulfuric acid, manganese sulfate, and alkali-iodide-azide used in COD and BOD testing are highly hazardous due to their toxic, corrosive, and reactive nature. Organic and inorganic solvents left over from laboratory work, as well as water used to wash laboratory equipment must be managed properly because if discharged directly into the environment, it will cause serious pollution and adversely affect living things. The purpose of this study is to determine the effectiveness of the wastewater treatment system at SEAMEO BIOTROP through testing several main parameters including *Chemical Oxygen Demand (COD)*, *Biological Oxygen Demand (BOD)*, and *Total Suspended Solid (TSS)*. In addition, this study also aims to compare the results of parameter evaluation with applicable wastewater quality standards. Based on the results of the study, the %effectiveness of WWTP for COD parameters was 71.55%, BOD 74.53%,

Corresponding author: Heny Dewajani

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

E-mail: heny.dewajani@polinema.ac.id



and TSS 73.44%. The high % effectiveness of reducing the levels of several parameters indicates that the SEAMEO BIOTROP WWTP can work well.

Keywords: Waste Water Treatment Plant, laboratory, waste water, environment

1. PENDAHULUAN

Limbah adalah hasil buangan dari berbagai aktivitas manusia dan industri yang tidak memiliki nilai ekonomis dan dapat berdampak buruk terhadap lingkungan dan kesehatan manusia [1]. Peran pengolahan air limbah menjadi sangat penting dalam mencegah degradasi lingkungan. Air limbah yang langsung dibuang ke dalam ekosistem perairan berpotensi dapat mempengaruhi air yang ada pada ekosistem air tersebut, bahkan dapat menyebabkan terjadinya pencemaran pada lingkungan perairan [2].

SEAMEO BIOTROP (*Southeast Asian Regional Centre for Tropical Biology*) adalah salah satu *Regional Centre* di Indonesia yang bernaung di bawah Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. Mandat yang dimiliki SEAMEO BIOTROP antara lain yaitu penelitian, peningkatan kapasitas, dan diseminasi informasi di bidang Biologi Tropika. SEAMEO BIOTROP memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk mengelola limbah yang dihasilkan laboratorium sebelum dialirkan ke badan air terdekat. Kualitas air limbah pada IPAL SEAMEO BIOTROP secara berkala dipantau untuk memastikan bahwa kualitas air limbah telah memenuhi baku mutu air limbah sebelum dialirkan ke badan air permukaan (sungai). Salah satu kegiatan penelitian di SEAMEO BIOTROP berkaitan dengan pengujian kualitas air, baik untuk air permukaan maupun air limbah. Laboratorium pengujian kualitas air di SEAMEO BIOTROP melakukan pengujian antara lain: pH, BOD, COD, TSS, TDS, Minyak lemak, serta parameter logam-logam dan non logam lainnya. Bahan kimia yang digunakan dalam pengujian COD dan BOD mengandung dikromat, asam sulfat, mangan sulfat, dan alkali-iodida-azida yang dapat menjadi sangat berbahaya jika tidak dikelola dengan baik karena sifatnya yang toksik, korosif, dan reaktif. Pelarut-pelarut organik dan anorganik sisa pekerjaan di laboratorium, air bekas cucian peralatan laboratorium, sisa sampel limbah setelah dianalisis yang tidak mengandung B3 dibuang ke dalam tempat penampungan limbah non B3 yang di mana jika langsung dibuang ke lingkungan akan menyebabkan permasalahan yaitu pencemaran lingkungan yang sangat serius dan berdampak pada makhluk hidup. Maka dari itu, SEAMEO BIOTROP memiliki IPAL untuk mengelola limbah laboratorium agar aman ketika dibuang ke lingkungan, karena telah memenuhi baku mutu air limbah pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014.

IPAL yang berada di SEAMEO BIOTROP berperan dalam pengolahan limbah secara efektif. IPAL ini dirancang untuk memproses air limbah dari Laboratorium Air dan Udara, Laboratorium Tanah dan Tanaman, serta Laboratorium Kultur Jaringan agar tidak mencemari lingkungan sekitarnya. IPAL SEAMEO BIOTROP memiliki kapasitas 10 m³ per hari, dengan kelengkapan sebagai berikut: 1 Unit *Neutralisasi Tank*, 1 Unit *Screen Chamber*, 1 Unit *Equalisation Basin*, 1 Set Bioreaktor, 1 Unit *Effluent Tank*, 1 Unit *Sludge Drying Bed*, 1 Unit *Wetland*, dan 1 Unit *Respiration Tank*. Debit air di masing-masing tahap pengolahan adalah 0,4 m³ per jam, dengan suhu di bak netralisasi 25°C, bak filtrasi 25°C, bak ekualisasi 26°C, dan *outlet* 27°C. Air limbah yang telah masuk ke dalam IPAL akan mengalami beberapa tahap pengolahan diantaranya adalah netralisasi, kemudian melalui proses *screening system* yaitu penyaringan dengan tujuan untuk memisahkan padatan yang masih terkandung di dalam air

limbah dan masuk ke proses *equalisasi* yaitu membagi atau meratakan volume pasokan air limbah [3]. Selanjutnya, air limbah akan mengalami pengolahan sekunder secara biologi dengan proses anaerobik dalam tangki bioreaktor yang membutuhkan bantuan bakteri anaerob untuk menguraikan bahan-bahan organik kemudian menuju bak penampungan sementara sebelum air *output* limbah dialirkan menuju sungai setelah melalui media *sludge drying bed* dan unit *wetland* [4]. Hasil *output* limbah yang sudah melewati pengujian beberapa parameter di laboratorium dan memenuhi baku mutu yang telah ditentukan barulah dapat dialirkan menuju sungai [3].

Berdasarkan pernyataan di atas, penelitian ini sangat penting dilakukan untuk mengetahui efektivitas sistem pengolahan air limbah di SEAMEO BIOTROP melalui pengujian beberapa parameter utama meliputi *Chemical Oxygen Demand (COD)*, *Biological Oxygen Demand (BOD)*, dan *Total Suspended Solid (TSS)* guna memastikan bahwa proses pengolahan limbah telah dilakukan untuk pemenuhan baku mutu yang ditetapkan. Hal ini diperlukan untuk meminimalisir dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia, serta untuk memastikan keberlanjutan operasional dari sistem IPAL itu sendiri. Evaluasi yang rutin dilakukan bertujuan untuk mengidentifikasi proses yang memerlukan perbaikan dan peningkatan efisiensi sehingga sistem dapat bekerja dengan optimal.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Air dan Udara SEAMEO BIOTROP. Tahapan proses yaitu pengambilan dan pengujian sampel. Sampel yang dianalisis merupakan *inlet* dan *outlet* dari unit IPAL SEAMEO BIOTROP. Pengambilan sampel air limbah dilakukan pada tiga titik bagian *inlet* meliputi bak netralisasi, bak filtrasi, dan bak ekualisasi. Parameter pengujian terhadap sampel IPAL adalah *COD*, *BOD*, dan *TSS*. Parameter pengujian ini mengacu pada PERMEN LHK Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah, yang dirangkum pada Tabel 1 [5].

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014

No	Parameter	Satuan	Golongan I
1	<i>COD</i>	mg/L	100
2	<i>BOD</i>	mg/L	50
3	<i>TSS</i>	mg/L	200

2.1. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air limbah mengacu pada SNI 8990:2021 mengenai tata cara pengambilan contoh untuk pemantauan kualitas lingkungan pada IPAL. Pengawetan sampel tidak dilakukan dan langsung dilakukan pengujian pada hari yang sama di Laboratorium Air dan Udara SEAMEO BIOTROP. Sampel air diambil dengan menggunakan metode *grab sampling* (pengambilan contoh sesaat).

2.2. Analisis *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Analisis sampel *COD* dilakukan sesuai dengan SNI 6989.2:2019 menggunakan metode refluk tertutup secara spektrofotometri. Prosedur pengujian *COD* dimulai dengan mengambil volume sampel uji, menambahkannya dengan larutan pereaksi asam sulfat, dan

menghomogenkannya. Sampel kemudian direfluks pada suhu $150\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama dua jam, didinginkan, dan dibiarkan mengendap hingga jernih. Selanjutnya, pembuatan kurva kalibrasi dilakukan dengan mengukur serapan larutan kerja pada spektrofotometer yang diatur pada panjang gelombang 600 nm atau 420 nm, kemudian memplotkan data terhadap kadar *COD* untuk menentukan persamaan garis lurus dan memastikan koefisien korelasi regresi linier ($r \geq 0,995$). Untuk pengukuran, serapan contoh uji dengan *COD* 100-900 mg/L diukur pada 600 nm dan $COD \leq 90$ mg/L diukur pada 420 nm, lalu nilai *COD* dihitung berdasarkan persamaan linier kurva kalibrasi. Nilai *COD* dapat dihitung dengan Persamaan 1 [6]:

$$COD (mgO_2L) = C \times f \quad (1)$$

Keterangan:

C : nilai *COD* contoh uji (mg/L)

f : faktor pengenceran

2.3. Analisis Biological Oxygen Demand (BOD)

Analisis sampel *BOD* dilakukan sesuai dengan SL-MU-AU-BOD-1 menggunakan metode titrasi secara iodometri. Prosedur pengujian *BOD* dimulai dengan pengambilan sampel air yang akan diuji dan menambahkan larutan pengencer jenuh oksigen yang mengandung nutrisi serta bibit mikroba. Sampel tersebut kemudian diinkubasi dalam kondisi gelap pada suhu $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 5 hari. Setelah inkubasi, konsentrasi oksigen terlarut diukur menggunakan metode iodometri. Oksigen terlarut bereaksi dengan ion Mangan (II) dalam suasana basa menjadi hidroksida Mangan dengan valensi lebih tinggi, kemudian dengan adanya ion Iodida dalam suasana asam, ion Mangan (IV) kembali menjadi ion Mangan (II) dan melepaskan Iodin. Iodin yang terbentuk dititrasi dengan Sodium Thiosulfat. *BOD* dihitung dari selisih konsentrasi oksigen terlarut sebelum dan sesudah inkubasi. Nilai *BOD* dapat dihitung dengan Persamaan 2 [7]:

$$BOD_5 = \frac{(A_1 - A_2) - \left[\frac{B_1 - B_2}{V_B} \right] V_C}{P} \quad (2)$$

Keterangan:

BOD_5 : nilai BOD_5 contoh uji (mg/L)

A_1 : kadar oksigen terlarut contoh uji sebelum inkubasi (0 hari) (mg/L)

A_2 : kadar oksigen terlarut contoh uji setelah inkubasi 5 hari (mg/L)

B_1 : kadar oksigen terlarut blanko sebelum inkubasi (0 hari) (mg/L)

B_2 : kadar oksigen terlarut blanko setelah inkubasi 5 hari (mg/L)

V_B : volume suspensi mikroba (mL) dalam botol DO blanko

V_C : volume suspensi mikroba dalam botol contoh uji (mL)

P : perbandingan volume contoh uji (V_1) per volume total (V_2)

2.4. Analisis Total Suspended Solid (TSS)

Analisis sampel *TSS* dilakukan sesuai dengan SNI 6989.3:2019 menggunakan metode gravimetri. Pertama, contoh uji dihomogenkan dan disaring menggunakan media penyaring *microglass-fiber* filter dengan porositas $0,7\text{ }\mu\text{m}$ hingga $1,5\text{ }\mu\text{m}$. Setelah penyaringan, media penyaring dibilas dengan air bebas mineral dan dikeringkan dalam

oven pada suhu 103°C hingga 105°C selama minimal satu jam. Setelah kering, media penyaring didinginkan dalam desikator dan ditimbang hingga diperoleh berat tetap. Media penyaring yang telah diisi residu kering ditimbang dan dihitung nilai TSS dengan Persamaan 3 [8]:

$$TSS (mg/L) = \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V} \quad (3)$$

Keterangan:

W_0 : berat media penimbang berisi media penyaring awal (mg)

W_1 : berat media penimbang yang berisi media penyaring dan residu kering

V : volume contoh uji (mL)

1000 : konversi mililiter ke liter

2.5. Penentuan Efektivitas IPAL

Perhitungan dilakukan dengan menguji *inlet* dan *outlet* IPAL, dan hasilnya akan dibandingkan dengan standar efisiensi removal unit pengolahan. Rumus untuk menghitung efisiensi removal menurut Susanti, dkk. (2020) dapat dilihat dengan Persamaan 4 [9]:

$$Efektivitas IPAL (\%) = \frac{Kadar Inlet - Kadar Outlet}{Kadar Inlet} \times 100\% \quad (4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja dari IPAL SEAMEO BIOTRTOP harus selalu dievaluasi sehingga dapat diketahui apakah IPAL masih dapat berfungsi dengan optimal dan dapat diukur melalui nilai efektivitas IPAL tersebut. Nilai efektivitas dapat dilihat dari perbandingan hasil pengujian konsentrasi per parameter pada *inlet* dan *outlet*. Berikut merupakan nilai efektivitas yang didapatkan pada IPAL sesuai dengan masing-masing parameter pengujian pada Tabel 1.

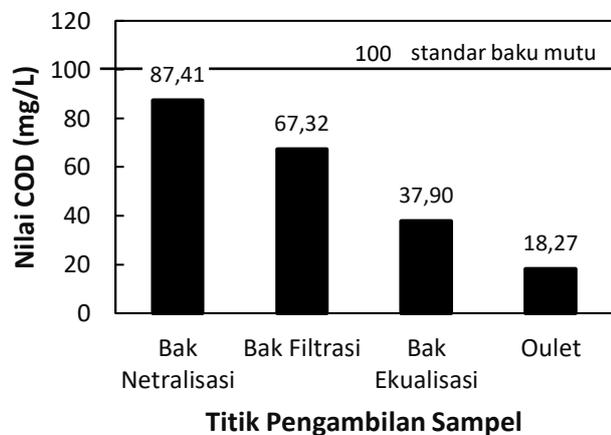
Tabel 2. Hasil Efektivitas IPAL SEAMEO BIOTROP

Parameter	Satuan	Kadar Inlet			Kadar Outlet	Baku Mutu	Efektivitas (%)
		Bak Netralisasi	Bak Filtrasi	Bak Ekualisasi			
COD	mg/L	87,41	67,32	37,90	18,27	100	71,55
BOD	mg/L	41,75	34,37	22,47	8,37	50	74,53
TSS	mg/L	12,74	8,12	3,88	2,19	200	73,44

3.1 Efektivitas IPAL Berdasarkan Analisis COD

Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan agar bahan buangan yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimiawi atau banyaknya oksigen-oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik menjadi CO₂ dan H₂O. Nilai COD digunakan sebagai indikator untuk menunjukkan banyak atau tidaknya kandungan bahan organik, sehingga dibutuhkan oksigen dalam jumlah yang banyak untuk mendegradasi (mengoksidasi) bahan-bahan organik yang ada di dalam air melalui proses kimia [10]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian parameter COD dari masing-masing unit pengolahan air limbah masih berada dibawah ambang baku mutu untuk unit pelaksanaan teknis yaitu 100 mg/L, berdasarkan Peraturan

Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah [5].



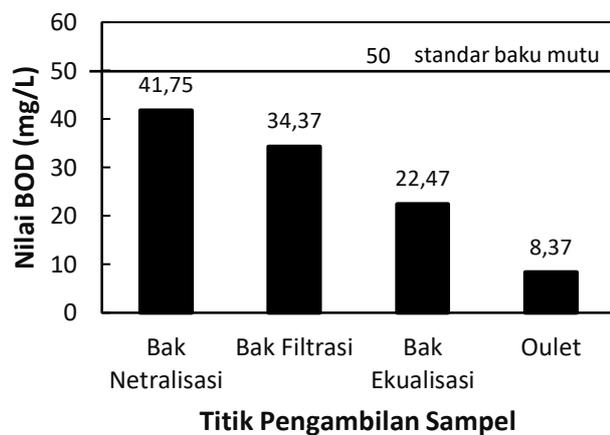
Gambar 1. Grafik nilai Chemical Oxygen Demand (*COD*)

Pada Gambar 1 memperlihatkan grafik nilai *COD* yang mengalami penurunan secara signifikan, mulai dari bak netralisasi yang memiliki kadar tertinggi hingga hasil *outlet* yang memiliki nilai terendah, yaitu 18,27 mg/L. Proses penurunan *COD* dimulai dari bak netralisasi dengan menambahkan bahan kimia basa seperti soda kaustik ke dalam limbah asam, sehingga terjadi reaksi kimia yang mengoksidasi senyawa organik dalam limbah menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti karbon dioksida dan air. *COD* mulai menurun dari 87,41 mg/L menjadi 67,32 mg/L. Penurunan ini berlanjut di bak filtrasi, yang digunakan untuk memisahkan padatan dari air limbah, sehingga air limbah yang masuk memiliki konsentrasi padatan yang lebih rendah. Hal ini membantu mengurangi beban *COD* dalam air limbah yang masuk ke proses selanjutnya dan meningkatkan efisiensi proses filtrasi dalam mengurangi nilai *COD*, mengurangi *COD* lebih lanjut menjadi 37,90 mg/L. Bak ekualisasi berperan dalam menstabilkan konsentrasi air limbah yang akan masuk ke dalam unit pengolahan lebih lanjut. Konsentrasi air limbah yang stabil menyebabkan pengaturan proses pengolahan menjadi lebih efisien, termasuk dalam penurunan *COD*. Tahap terakhir adalah mengurangi *COD* hingga mencapai nilai terendah 18,27 mg/L di *outlet*. Melalui proses ini, nilai *COD* dalam air limbah dapat menurun, karena sebagian besar bahan organik yang menjadi penyebab tingginya *COD* telah diuraikan oleh bakteri anaerob di dalam bioreaktor.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Riyanti, dkk. (2019) penurunan nilai *COD* dapat terjadi karena pengaruh dari media filter yang menyaring dan memisahkan air limbah dari padatan yang terikat [11]. Selain itu, menurut penelitian yang dilakukan oleh Indrayani dan Rahmah (2018) penurunan kadar *COD* dapat disebabkan karena adanya pemanfaatan bakteri anaerob [12]. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan nilai efektivitas penurunan nilai *COD* untuk keseluruhan proses pengolahan air limbah pada IPAL didapatkan nilai sebesar 71,55%. Menurut Susanti, dkk. (2020) nilai efektivitas untuk *COD* berkisar pada nilai 60–80% menunjukkan bahwa proses pengolahan air limbah dalam menurunkan konsentrasi *COD* telah berjalan dengan efektif [9].

3.2 Efektivitas IPAL Berdasarkan Analisis BOD

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk memecahkan bahan-bahan organik yang ada di dalam air [13]. Kandungan bahan organik yang tinggi pada perairan dapat berdampak pada peningkatan kebutuhan oksigen terlarut (*BOD*) di perairan. Hal ini dapat menyebabkan adanya bau tidak sedap akibat adanya gas [14]. Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa pengujian parameter *BOD* dari masing-masing unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Seameo Biotrop masih berada dibawah ambang baku mutu atau kadar maksimum *BOD* pada air limbah, berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 yaitu 50 mg/L [5].



Gambar 2. Grafik nilai *Biological Oxygen Demand (BOD)*

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa kadar *BOD* mengalami penurunan yang signifikan mulai dari bak netralisasi yang merupakan bagian *inlet* dengan kadar yang paling tinggi hingga *outlet* IPAL dengan kadar yang paling rendah yaitu 8,37 mg/L. Penurunan *BOD* di IPAL SEAMEO BIOTROP diawali di bak netralisasi dengan nilai *BOD* 41,75 mg/L. Proses netralisasi ini terdapat penambahan bahan kimia basa seperti soda kaustik untuk menaikkan pH limbah cair, mengubahnya menjadi netral atau sedikit basa sehingga terjadi penurunan *BOD* karena mikroorganisme aerobik lebih efisien dalam mengurai bahan organik dalam lingkungan dengan pH netral atau sedikit basa. Pada bak filtrasi, air limbah disaring untuk memisahkan padatan tersuspensi menggunakan *screen chamber*, sehingga dapat membantu meningkatkan efisiensi proses pengolahan air limbah secara keseluruhan termasuk menurunkan *BOD* menjadi 34,37 mg/L. Pada bak ekualisasi berfungsi untuk menstabilkan debit air limbah yang masuk, sehingga proses pengolahan air limbah menjadi lebih terkontrol, memungkinkan sistem untuk bekerja secara optimal dalam menurunkan *BOD* menjadi 8,37 mg/L di *outlet*, yang menunjukkan efektivitas pengolahan. Aktivitas bakteri anaerob dalam menguraikan bahan organik secara efisien menyebabkan penurunan *BOD* dalam air limbah yang mengalir keluar dari bioreaktor

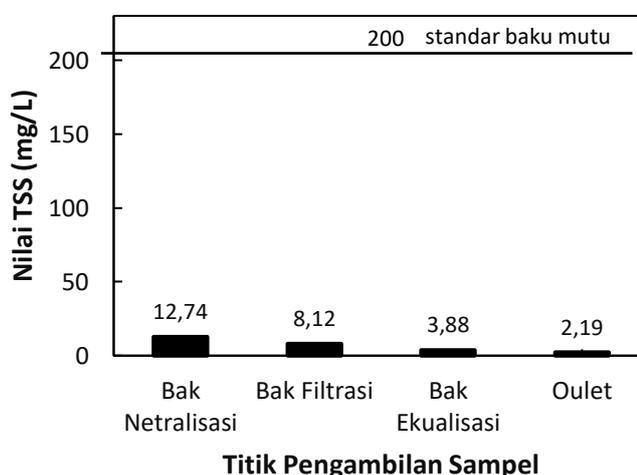
Penurunan kadar *BOD* dikarenakan semakin bertambahnya kadar oksigen terlarut (DO) dari air limbah, sehingga aktivitas biodegradasi oleh bakteri dan kandungan senyawa organik yang dihasilkan rendah. Semakin besar oksigen yang terlarut, maka menunjukkan derajat pengotoran yang relatif kecil begitupun sebaliknya [15]. Menurut Susanthi, dkk. (2018), debit air limbah juga mempengaruhi kemampuan IPAL dalam menurunkan *BOD*,

semakin besar debit air limbah maka kadar *BOD* semakin menurun [16]. Berdasarkan penelitian Listyaningrum (2022), kadar *BOD* sampel *outlet* yang telah diuji didapatkan nilai sebesar 8,37 mg/L [13]. Apabila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, pengujian kadar *BOD* yang dilakukan tidak menunjukkan perbedaan yang terlalu jauh. Perbedaan yang terjadi dapat disebabkan adanya perbedaan perlakuan pada IPAL, jenis limbah yang ditampung, dan metode pengujian yang dilakukan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan nilai efektivitas penurunan nilai *BOD* untuk keseluruhan proses pengolahan air limbah pada IPAL didapatkan nilai sebesar 74,53%. Menurut Indrayani dan Rahmah (2018) yang menyebutkan bahwa nilai efektivitas untuk *BOD* adalah sebesar 60-90%, maka dari hasil perhitungan efektivitas dapat diketahui bahwa efektivitas *BOD* pada IPAL telah sesuai dengan literatur [12].

3.3 Efektivitas IPAL Berdasarkan Analisis TSS

Padatan *Total Suspended Solid (TSS)* merupakan jumlah berat dalam mg/L kering lumpur yang ada didalam air limbah setelah mengalami proses penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron [17]. *TSS* membatasi penetrasi cahaya untuk visibilitas dan fotosintesis di perairan sehingga menyebabkan terjadinya kekeruhan dan dapat menurunkan suplai oksigen terlarut [18]. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 standar baku mutu kadar *TSS* mempunyai nilai maksimum yaitu 200 mg/L [5]. Hasil pengujian untuk penentuan kadar *TSS* di IPAL Seameo Biotrop pada empat titik sampel yaitu bak netralisasi, bak filtrasi, bak ekualisasi dan *outlet* menunjukkan hasil yang tertera pada Tabel 1. Jika dilihat dari hasil tersebut, semua sampel berada di bawah ambang baku mutu kadar *TSS* pada air limbah.



Gambar 3. Grafik nilai *Total Suspended Solid (TSS)*

Pada Gambar 3 dapat diketahui kadar *TSS* semakin mengalami penurunan pada bagian *outlet*. Penurunan *TSS* dimulai dari bak netralisasi dengan nilai 12,74 mg/L dan pada proses netralisasi terdapat penambahan bahan kimia basa seperti soda kaustik atau asam sulfat sehingga pH air limbah yang awalnya asam dapat diubah menjadi netral dengan kisaran pH antara 6,5 hingga 7,5. Pada bak filtrasi berperan penting dengan menyaring partikel-partikel padat melalui susunan media filter seperti ijuk, arang aktif, dan kerikil. Proses penyaringan ini bertujuan untuk menangkap partikel-partikel yang tersuspensi dalam air

limbah yang tidak dapat dihilangkan oleh *screen chamber*, sehingga partikel-partikel *TSS* akan terjebak dan terperangkap di dalam media penyaring tersebut yang efektif menurunkan *TSS* hingga 8,12 mg/L. Selanjutnya tahap ekualisasi, partikel-partikel *TSS* yang terdapat dalam air limbah dari berbagai sumber akan tersebar secara merata di dalam bak dan menurunkan *TSS* menjadi 3,88 mg/L. *Outlet* dari *Sludge Drying Bed* dan *wetland* membantu mengurangi nilai *TSS* dalam air limbah. *Sludge Drying Bed* bertujuan untuk mengeringkan lumpur dan memisahkan sebagian besar *TSS*, sementara *wetland* menggunakan media penyaring dan tanaman air untuk mengurangi *TSS* yang tersisa dalam air limbah sebelum dialirkan kembali untuk tahap pengolahan selanjutnya. Nilai *TSS* mencapai titik terendah 2,19 mg/L, menunjukkan keberhasilan proses filtrasi dan sedimentasi dalam pengolahan air limbah.

Menurut penelitian Rizky, dkk. (2022) yang juga menunjukkan kadar *TSS* yang diperoleh pada *outlet* jauh lebih kecil dibandingkan *inlet*. Hal ini dikarenakan dalam proses pengolahan limbah dilengkapi dengan *sludge drying bed* yang mengandung kompartemen media kerikil dan batu yang bersifat sedimentasi atau pengendapan. Sehingga partikel-partikel pada air limbah akan mengendap dan mengering akibat sinar matahari. Penurunan kadar *TSS* juga dipengaruhi semakin lama waktu kontak air limbah dengan mikroorganisme dalam IPAL. Adanya proses aerasi pada IPAL menyebabkan adanya suplai oksigen bagi mikroorganisme aerob untuk menguraikan bahan organik menjadi lebih sederhana sehingga menurunkan kadar *TSS* pada bagian *outlet* [19].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan nilai efektivitas IPAL dalam penurunan kadar *TSS* diperoleh nilai sebesar 73,44%. Semakin tinggi konsentrasi *TSS* maka semakin keruh keadaan perairan. Menurut Ummah (2018) semakin tinggi persentase *TSS*, semakin baik pula proses koagulan yang bekerja pada IPAL. Nilai efektivitas *TSS* di atas 50% menunjukkan bahwa sistem pengolahan telah berlangsung dengan baik [20].

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian menunjukkan bahwa IPAL SEAMEO BIOTROP Bogor telah efektif dalam mengolah limbah cair non-B3 yang berasal dari kegiatan laboratorium. Efektivitas sistem pengolahan ini ditunjukkan melalui penurunan signifikan kadar parameter-parameter utama seperti *Chemical Oxygen Demand (COD)*, *Biological Oxygen Demand (BOD)*, dan *Total Suspended Solid (TSS)* pada hasil *outlet*. Nilai efektivitas masing-masing parameter adalah 71,55% untuk *COD*, 74,53% untuk *BOD*, dan 73,44% untuk *TSS*, dimana kadar akhir ketiga parameter tersebut berada di bawah batas baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 5 Tahun 2014. Hasil ini mengindikasikan bahwa sistem IPAL SEAMEO BIOTROP mampu berfungsi dengan baik dalam mengurangi kandungan polutan di air limbah hingga tingkat yang aman untuk dibuang ke lingkungan.

Sistem pengolahan air limbah pada SEAMEO BIOTROP diharapkan dapat dilakukan monitoring kembali secara berkala dan mengevaluasi kinerja setiap unit pada bagian Instalasi IPAL tersebut. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan peneliti dapat menganalisis efektivitas IPAL dengan berbagai parameter lainnya seperti TDS, minyak lemak, ammonia, hidrogen sulfida (H_2S), nitrit (NO_2), detergen, dan sebagainya.

REFERENSI

- [1] A. T. Pasetia, S. D. Nurkhasanah, dan H. P. Sudarminto, "Proses Pengolahan dan Analisa Air Limbah Indusi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 6, no. 2, hal. 491–498, 2020.
- [2] D. M. G. Rarasari, I. W. Restu, dan N. M. Ernawati, "Efektivitas Pengolahan Limbah Domestik di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Suwung-Denpasar, Bali," *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, vol. 5, no. 2, hal. 153–163, 2018.
- [3] D. Zulkarnaen, "Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)," Bogor, 2018.
- [4] N. Idaman Said dan Satmoko Yudo, "Desain Pilot Plant Daur Ulang Air Limbah di Industri Migas Studi Kasus Kilang Minyak RU-VI Balongan PT. Pertamina (Persero)," *Jurnal Air Indonesia*, vol. 12, no. 2, hal. 47–58, 2020.
- [5] *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia, "Baku Mutu Air Limbah,"* 2014.
- [6] Standar Nasional Indonesia, "Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/COD) dengan Refluks Tertutup secara Spektrofotometri," 2019.
- [7] Laboratorium Air dan Udara Services Laboratory Seameo Biotrop, "Instruksi Kerja BOD (Biochemical Oxygen Demand) dalam Air dan Air Limbah dengan Cara Titrasi," 2022.
- [8] Standar Nasional Indonesia, "Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solids/TSS) secara Gravimetri," 2019.
- [9] A. R. Susanti, I. Rustanti E.W, Ngadino, dan F. Rokhmalia, "Evaluasi Pengelolaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Puskesmas," *Jurnal Kesehatan*, vol. 11, no. 2, hal. 204–215, 2020.
- [10] D. Islamawati, Y. Hanani Darundiati, dan N. Astorina Dewanti, "Studi Penurunan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) Menggunakan Ferri Klorida (FeCl₃) pada Limbah Cair Tapioka di Desa Ngemplak Margoyoso Pati," *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, vol. 6, no. 6, hal. 69–79, 2018.
- [11] A. Riyanti, M. Kasman, dan dan Muhammad Riwan, "Efektivitas Penurunan Chemichal Oxygen Demand (COD) dan pH Limbah Cair Industri Tahu dengan Tumbuhan Melati Air melalui Sistem Sub-Surface Flow Wetland," *Jurnal Daur Lingkungan*, vol. 2, no. 1, hal. 16–20, 2019.
- [12] L. Indrayani dan N. Rahmah, "Nilai Parameter Kadar Pencemar sebagai Penentu Tingkat Efektivitas Tahapan Pengolahan Limbah Cair Industri Batik," *Jurnal Rekayasa Proses*, vol. 12, no. 1, hal. 41–50, 2018.
- [13] R. Listyaningrum, "Analisis Kandungan DO, BOD, COD, TS, TDS, TSS dan Analisis Karakteristik Fisikokimia Limbah Cair Industri Tahu di UMKM Daerah Imogiri Barat Yogyakarta," Bantul. Yogyakarta, 2022.
- [14] A. D. Putri, F. I. Fajarwati, dan J. Rachmadansyah, "Analisis Parameter Fisika dan Kimia Outlet IPAL Komunal Domestik Dusun Sukunan di Pusat Pengembangan Teknologi Tepat guna Pengolahan Air Limbah (PUSTEKLIM) Yogyakarta," *IJCR-Indonesian Journal of Chemical Research*, vol. 6, no. 2, hal. 98–110, 2021.
- [15] N. Fadzyry, H. Hidayat, dan E. Eniati, "Analisis COD, BOD dan DO pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Balai Pengelolaan Infrastruktur Air Limbah dan Air Minum Perkotaan Dinas PUP-ESDM Yogyakarta," *IJCR-Indonesian Journal of Chemical Research*, vol. 5, no. 2, hal. 80–90, 2020.

- [16] D. Susanthi, M. J. Y. Purwanto, dan Suprihatin, "Evaluasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan IPAL Komunal di Kota Bogor," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 19, no. 2, hal. 229–239, 2018.
- [17] Rozali, Mubarak, dan I. Nurrachmi, "Patterns of Distribution Total Suspended Solid (TSS) in River Estuary Kampar Pelalawan," Riau, 2016.
- [18] Rinawati, D. Hidayat, R. Suprianto, dan P. Sari Dewi, "Penentuan Kandungan Zat Padat (Total Dissolve Solid dan Total Suspended Solid) di Perairan Teluk Lampung," *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, vol. 1, no. 1, hal. 36–46, 2016.
- [19] N. Rizki, I. E. Sutrisno, dan S. Sumiyati, "Penurunan Konsentrasi COD dan TSS pada Limbah Cair Tahu dengan Teknologi Kolam (Pond)-Biofilm menggunakan Media Biofilter Jaring Ikan dan Bioball," Semarang, 2022.
- [20] M. Ummah dan H. A. N. Hidayah, "Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Gula PT. X di Kabupaten Kediri Jawa Timur," *Jurnal Kesehatan*, vol. 1, no. 3, hal. 260–268, 2018.