



DAMPAK PENGOLAHAN AIR LINDI TERHADAP KUALITAS AIR SUNGAI DAN SUMUR DI SEKITAR TPA REGIONAL PIYUNGAN YOGYAKARTA

Harnung Wulan Dari¹ & Suhartini^{2*}

^{1&2}Departemen Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, Jalan Colombo Nomor 1, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281, Indonesia

*Email: suhartini@uny.ac.id

Submit: 10-11-2023; Revised: 25-01-2024; Accepted: 06-02-2024; Published: 30-06-2024

ABSTRAK: Air merupakan kebutuhan utama bagi kehidupan, maka kualitas air yang digunakan dalam kehidupan perlu diketahui kualitasnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sistem pengolahan air lindi di Instalasi Pengolahan Lindi (IPL) TPA Regional Piyungan, mengetahui efisiensi kinerja pengolahan air lindi di IPL, dan mengetahui dampak kualitas air lindi TPA terhadap kualitas air sungai dan sumur di sekitar TPA. Jenis penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif yang dilakukan di TPA dan sekitarnya pada bulan April-Juli 2023. Data yang dikumpulkan berupa hasil pengujian parameter fisik, kimia, dan biologi kualitas air lindi *inlet* dan *outlet* IPL, air Sungai Opak setelah *outlet* IPL, dan 3 sampel air sumur masyarakat sekitar TPA. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah observasi, dokumentasi, dan analisis kualitas air di Laboratorium. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan metode deskriptif dan dibandingkan dengan baku mutu yang telah diatur oleh Pemerintah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pengelolaan air lindi di IPL menggunakan 8 bak pengolahan air lindi yang meliputi, *bar screen*, *inlet*, bak koagulasi, bak equalisasi, bak sedimentasi, SDB, ABR, bak aerasi, bak maturasi, bak klorinasi, serta *outlet*. Efisiensi kinerja pengelolaan air lindi di IPL TPA tidak efektif dan efisien dalam mengolah air lindi. Kualitas air lindi berpengaruh terhadap kualitas air sungai Opak dan sumur masyarakat sekitar TPA, pada parameter kimia, yaitu TDS, BOD, COD, DO, serta parameter mikrobiologi, yaitu total *Coliform*, oleh karena itu, Pemerintah Daerah perlu melakukan evaluasi dan perbaikan IPL, serta masyarakat di sekitar TPA yang menggunakan air sumur sebagai kebutuhan utama, sebelum dikonsumsi harus direbus terlebih dahulu.

Kata Kunci: Instalasi Pengolahan Lindi, Kualitas Air, TPA Regional Piyungan.

ABSTRACT: Water is the main need for life, so the quality of the water used in life needs to be known. The objectives of this research are to determine the leachate management system at the IPL, determine efficiency of leachate water treatment performance at IPL, and determine impact of leachate water quality at Piyungan Regional Landfill on the river and wells water quality around the landfill. This research is quantitative descriptive research conducted at Piyungan Regional Landfill and its surroundings in April-July 2023. The data collected were results of physical, chemical, and biological parameters of the IPL Inlet and Outlet leachate water quality, Opak River after the IPL Outlet, and 3 samples of well water from the surrounding community representing distance from the landfill. The data collection methods used are observation, documentation, and analysis of water quality in the laboratory. The data obtained were analyzed using descriptive methods and compared with quality standards set by the Government. The results showed that: The leachate water management system at the IPL uses 8 water treatment tanks include: a bar screen, inlet, coagulation tank, equalization tank, sedimentation tank, SDB, ABR, aeration tank, maturation tank, chlorination tank, and Outlet. The efficiency of leachate water treatment performance at the IPL is not effective and efficient in processing leachate water. The quality of leachate water affects the water quality of the Opak River and wells around the landfill, on chemical parameters TDS, BOD, COD, DO, and microbiological parameters Total Coliform, therefore, the Regional Government need to evaluate and improve the IPL. Communities around the Landfill that use well water as their main need must be filtered and boiled.

Keywords: Leachate Treatment Plant, Water Quality, Piyungan Regional Landfill.

Uniform Resource Locator: <https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/bioscientist>



How to Cite: Dari, H. W., & Suhartini, S. (2024). Dampak Pengolahan Air Lindi terhadap Kualitas Air Sungai dan Sumur di Sekitar TPA Regional Piyungan Yogyakarta. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 12(1), 71-91. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v12i1.9601>



Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi is Licensed Under a [CC BY-SA Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah Regional Piyungan yang berada di Kabupaten Bantul, merupakan tempat pembuangan akhir sampah terbesar yang dimiliki oleh Daerah Istimewa Yogyakarta. Cakupan wilayah pelayanan TPA Regional Piyungan meliputi tiga wilayah, yaitu Kota Yogyakarta, Kabupaten Bantul, dan Kabupaten Sleman. TPA Regional Piyungan memiliki luas 12,50 ha, dan luas *landfill* aktif 40.000,00 m² (SIPSN, 2022). TPA Regional Piyungan mulai beroperasi sejak tahun 1996 hingga sekarang, dengan jumlah sampah yang masuk per harinya mencapai 650-700 ton. Pengelolaan sampah yang dilakukan di TPA Piyungan umumnya dengan metode *landfill*. Kondisi TPA Regional Piyungan saat ini sudah *overload*.

Seiring berjalannya waktu, jumlah penduduk di Daerah Istimewa Yogyakarta mengalami peningkatan. Peningkatan jumlah penduduk ini berbanding lurus dengan peningkatan volume timbulan sampah akibat aktivitas masyarakat. Sejak beroperasinya TPA Regional Piyungan dari tahun 1996, muncul berbagai dampak negatif, baik dampak terhadap lingkungan maupun dampak terhadap kesehatan warga di sekitarnya. Dampak lingkungan yang terjadi berupa pencemaran udara, pencemaran tanah, maupun pencemaran air akibat adanya air lindi (*leachate*) (Damanhuri & Padmi, 2019). Air lindi merupakan cairan hasil proses dekomposisi bahan organik sampah yang meresap melalui tumpukan sampah dan membawa materi tersuspensi (Sari & Afdal, 2017).

Air lindi mengandung senyawa organik dan anorganik yang tinggi, di antaranya hidrokarbon, natrium, kalium, sulfat, nitrogen, dan logam berat. Kandungan tersebut akan meningkat seiring berjalannya waktu, sehingga menyebabkan komposisi air lindi menjadi semakin kompleks dan sulit diolah (Purnomo, 2021). Komposisi air lindi tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya curah hujan, jenis sampah, dan kondisi di TPA (Kasam *et al.*, 2016). Ketika hujan deras mengguyur wilayah TPA Regional Piyungan, banjir lindi akan menerjang pemukiman di bawahnya, sehingga membuat rumah warga terendam banjir. Sumur yang selama ini digunakan warga untuk memenuhi kebutuhan air rumah tangga juga ikut terkena dampak jika terjadi banjir lindi.

Sebagian besar warga sekitar khawatir akan tercemarnya air sumur yang mereka gunakan. Beberapa warga telah beralih ke Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) untuk memenuhi kebutuhan air rumah tangganya, namun sebagian besar warga juga masih memanfaatkan air sumur. Warga sekitar tidak mengetahui kualitas air sumur mereka dikarenakan tidak adanya pengujian air maupun laporan hasil pengujian air sumur dari pemerintah terkait. Sumber air yang dimanfaatkan untuk air minum harus memenuhi syarat minimum, yaitu tidak mengandung bakteri patogen maupun zat berbahaya (Muthaz *et al.*, 2017). Mengonsumsi air



yang terkontaminasi zat pencemar/bakteri dapat menyebabkan penyakit, seperti diare, demam, kram perut, hingga muntah-muntah (Amaliyah, 2017). Sumber air yang sering dimanfaatkan masyarakat sekitar TPA adalah air sungai dan sumur.

Air sungai dimanfaatkan untuk mengairi sawah, sedangkan air sumur digunakan dalam berbagai aktivitas sehari-hari, seperti memasak, mandi cuci kakus (MCK), dan memberi minum ternak, serta kebutuhan lainnya (Fitria *et al.*, 2018; Sofiana *et al.*, 2023). Air sungai yang ada di sekitar TPA terancam tercemar limbah berbahaya air lindi dari *outlet* IPL. Masyarakat sekitar TPA Regional Piyungan, khususnya Dusun Banyakan banyak yang mengeluhkan tentang menumpuknya sampah plastik di sungai Opak. Hal ini disebabkan karena timbunan sampah TPA hanyut terbawa limpasan air hujan. Limbah air lindi dari *outlet* IPL yang dibuang ke sungai Opak berwarna hitam dan berbau tidak sedap. Masyarakat khawatir hal tersebut dapat mempengaruhi sawah mereka. Air lindi yang mengalir ke sungai kemungkinan besar dapat mempengaruhi kualitas sumber air di sekitar TPA Regional Piyungan dikarenakan sifat fisika dan kimia air lindi dapat mempengaruhi kandungan air sungai dan air tanah di sekitarnya (Ramlia & Djalla, 2018).

Berdasarkan latar belakang di atas, perubahan kualitas air sungai dan sumur di sekitar TPA Regional Piyungan dapat mempengaruhi kesehatan masyarakat, sawah, dan ternak masyarakat sekitar. Oleh karena itu, penelitian ini sangat penting untuk dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sistem pengelolaan air lindi di IPL TPA, mengetahui efisiensi kinerja pengelolaan air lindi di IPL, dan mengetahui dampak pengelolaan air lindi terhadap kualitas air sungai dan sumur di sekitar TPA Regional Piyungan. Informasi yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam penelitian lebih lanjut mengenai pengelolaan air lindi dan pengaruhnya terhadap air sungai dan sumur di sekitar TPA Regional Piyungan.

METODE

Penelitian ini termasuk jenis penelitian deskriptif kuantitatif dengan uji laboratorium. Penelitian ini dilaksanakan selama 4 bulan dari bulan April-Juli 2023 dengan observasi di IPL TPA Regional Piyungan, sungai Opak setelah *outlet* IPL, dan sumur masyarakat sekitar TPA yang dapat dilihat pada Gambar 1. Populasi dalam penelitian ini adalah air lindi, air sungai Opak, dan air sumur masyarakat. Sampel pada penelitian ini adalah air lindi yang diambil dari *outlet* IPL. Sampel air sungai diambil dari aliran badan sungai setelah *outlet* dengan jarak \pm 100 m dari *outlet* IPL. Sampel air sumur masyarakat sekitar TPA sebanyak 3 titik diambil mewakili jarak dari TPA, dimana sumur 3 adalah sumur terdekat dari TPA dan sumur 1 adalah sumur terjauh dari TPA Regional Piyungan dengan jarak 300m, 200m, dan 100m dari IPL. Metode yang digunakan dalam pengambilan sampel air adalah menggunakan *grab sampling*, yaitu sampel air yang diambil dalam satu kali pengambilan dari satu lokasi yang kemudian dianalisis di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Yogyakarta. Parameter fisik (suhu air, udara, TDS, dan TSS), kimia (BOD, COD, pH, dan timbal total), serta parameter biologi (total *Coliform*) hasil pengujian selanjutnya dianalisis secara deskriptif dan

dibandingkan dengan baku mutu yang telah diatur oleh pemerintah. Analisis efisiensi kinerja pengelolaan IPL dihitung dengan rumus berikut ini.

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{E aliran inlet} - \text{E aliran outlet}}{\text{E aliran inlet}} \times 100\%$$

Keterangan:

E = Kualitas air limbah.

Tingkat efisiensi IPL dikelompokkan sebagai berikut:

Sangat efisien : $X > 80\%$;

Efisien : $60\% < X < 80\%$;

Cukup efisien : $40\% < X < 60\%$;

Kurang efisien: $20\% < X < 60\%$; dan

Tidak efisien : $X < 20\%$.



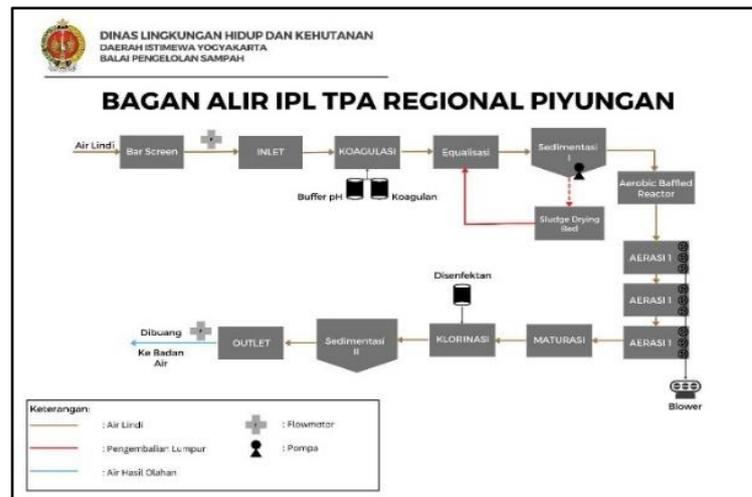
Gambar 1. Lokasi Penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan di TPA Regional Piyungan, Ngablak, Sitimulyo, Piyungan, Bantul, dan Daerah Istimewa Yogyakarta. TPA Regional Piyungan menampung sampah dari 3 wilayah administratif, yaitu Kabupaten Sleman, Bantul, dan Kota Yogyakarta. Selain dari 3 wilayah tersebut, TPA Regional Piyungan juga menampung sampah dari pihak swasta yang tidak di bawah naungan pemerintah, yaitu swasta Bantul, Sleman, Kota Yogyakarta, Gembira Loka, Candi Prambanan, dan UGM. Volume sampah yang masuk ke TPA Regional Piyungan terus meningkat setiap tahunnya yang menyebabkan *overload*. Meningkatnya volume sampah yang masuk ke TPA diakibatkan oleh perubahan gaya hidup masyarakat yang meningkatkan volume sampah. Meningkatnya

volume sampah tiap bulannya membuat air lindi yang dihasilkan di TPA meningkat. Air lindi yang dihasilkan tersebut dialirkan melalui saluran menuju ke *inlet* IPL TPA Regional Piyungan untuk diolah sebelum dibuang ke lingkungan.

IPL TPA Regional Piyungan terletak di bagian selatan zona transisi (*existing zone*), merupakan instalasi pengolahan air lindi dengan aliran debit 0,579 liter/detik atau 50.000 liter/hari. IPL menampung air lindi dari zona A, zona B, dan zona transisi (*existing zone*).



Gambar 1. Bagan Alir IPL TPA Regional Piyungan.

Berdasarkan Gambar 2, sistem pengelolaan air lindi di IPL TPA Regional Piyungan terdiri dari beberapa bagian, di antaranya adalah *Bar Screen* yang digunakan di IPL untuk menyaring limbah padat, seperti kertas, plastik, kayu, dan kain yang dapat merusak dan menyumbat aliran air, pipa, dan pompa. *Bar screen* terdiri dari batang-batang besi yang dipasang secara paralel dengan jarak ± 10 cm, hal ini sesuai dengan pendapat Bhargava (2016), *inlet* berfungsi untuk mengumpulkan air lindi, mengatur aliran air, menjaga kualitas air, mengukur debit air lindi, dan mengarahkan air lindi supaya dapat mengalir ke bak koagulasi. Pada bagian *inlet*, dilakukan pengujian kualitas air lindi yang masuk ke IPL yang bertujuan untuk mengetahui efektivitas pengolahan air lindi yang dilakukan di IPL, hal ini sejalan dengan penelitian Pangesti *et al.* (2018).

Bak koagulasi digunakan untuk mengendapkan partikel-partikel yang mudah mengendap. Pengolahan air lindi di bak koagulasi ditambah dengan koagulan dan buffer pH. Koagulan adalah zat kimia yang digunakan untuk membantu menggumpalkan partikel-partikel kecil dalam air lindi. Penggunaan koagulan di IPL bertujuan untuk menghilangkan/mengurangi partikel-partiikel padatan terlarut dalam air lindi, sehingga air lindi menjadi lebih jernih dan mudah diolah atau diawetkan dalam proses pengolahan selanjutnya. Koagulan yang digunakan di IPL TPA Regional Piyungan adalah *Polyaluminium Chloride* (PAC). *Buffer pH* yang digunakan adalah NH_4OH .

Bak ekualisasi berfungsi untuk menciptakan kondisi yang seragam atau setara dalam aliran limbah yang masuk ke dalam Instalasi Pengolahan Lindi TPA Regional Piyungan, membantu menjaga agar beban limbah berada dalam rentang



yang dapat diolah, dan memastikan bahwa karakteristik limbah yang masuk ke dalam IPL konsisten dan dapat diolah dengan lebih efektif serta efisien. Bak sedimentasi merupakan unit operasi pengolahan air limbah yang menggunakan gravitasi untuk memisahkan padatan tersuspensi dari cairan. Proses sedimentasi berjalan dengan membiarkan partikel tersuspensi/flok mengendap di dasar bak, dimana partikel tersebut kemudian dibuang sebagai lumpur. Tujuan dari sedimentasi adalah untuk mengurangi jumlah padatan tersuspensi dalam air lindi, yang dapat menyebabkan masalah di bagian hilir jika dibuang tanpa melalui proses sedimentasi. Bak sedimentasi yang terdapat di IPL TPA Regional Piyungan terdiri atas 2 bak yang dilengkapi dengan berbagai fitur, seperti *baffle* dan bendungan untuk meningkatkan efisiensi proses sedimentasi.

Sludge drying bed merupakan metode penghilangan lumpur yang bekerja dengan membiarkan lumpur mengering secara alami atau mekanis untuk menghilangkan kandungan air. Proses pengeringan pada *sludge drying bed* dapat mengurangi kandungan bahan organik dan mengurangi kandungan patogen pada air lindi. Lumpur yang sudah kering kemudian dikeluarkan dari *bed* dan dibuang (He *et al.*, 2021). *Aerobic Baffled Reactor* (ABR) merupakan jenis teknologi pengolahan air lindi yang menggunakan serangkaian kompartemen/ruang untuk mengolah air lindi. Ruang-ruang tersebut dipisahkan oleh penyekat yang membentuk pola aliran yang mendorong pertumbuhan mikroorganisme pengurai bahan organik dalam air lindi. ABR dirancang untuk meningkatkan pembuangan bahan organik dan mengurangi kadar BOD hingga 90% (Arinda, 2022).

Bak aerasi yang terdapat di IPL TPA Regional Piyungan berjumlah 3 bak yang terdiri atas bak aerasi 1, 2, dan 3. Air lindi yang masuk ke bak aerasi akan bercampur dengan udara yang berasal dari aerator dengan meningkatkan kontak antara udara dan air untuk meningkatkan jumlah oksigen terlarut dalam air lindi, serta mengoksidasi logam yang terlarut dalam air lindi. Tujuan aerasi adalah untuk meningkatkan efisiensi proses pengolahan biologis dengan menyediakan oksigen yang diperlukan untuk pertumbuhan bakteri aerob. Bakteri tersebut juga dapat membantu mengurangi jumlah gas berbau yang dihasilkan selama proses pengolahan air lindi (Fazdli, 2023).

Bak maturasi merupakan unit operasi dalam pengolahan air lindi yang bekerja dengan membiarkan air lindi yang telah diolah tetap berada di bak maturasi selama jangka waktu tertentu untuk mengendapkan sisa padatan tersuspensi. Selama proses maturasi, air lindi yang telah diolah di bak aerasi dialirkan dan ditampung di bak selama 30 hari yang bertujuan untuk mengurangi padatan tersuspensi (TSS) dan meningkatkan kualitas air lindi di IPL TPA Regional Piyungan sebelum dibuang ke sungai.

Bak klorinasi digunakan untuk penambahan desinfektan. Proses klorinasi air lindi bertujuan untuk menghilangkan patogen dan zat organik yang masih tersisa dalam air lindi setelah melalui proses pengolahan. Desinfektan yang digunakan di IPL TPA Regional Piyungan berupa klorin atau hipoklorit yang ditambahkan ke air lindi di bak klorinasi dengan konsentrasi yang sesuai dengan peraturan untuk menghindari dampak negatif bagi lingkungan.

Outlet pada instalasi pengolahan lindi terletak pada akhir proses pengolahan air lindi. Air lindi yang telah melalui proses pengolahan diambil



sampelnya dan diukur kualitasnya untuk memastikan bahwa air tersebut aman untuk dibuang ke lingkungan. Jika kualitas air lindi tidak memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan, maka air lindi harus diolah kembali, oleh karena itu, *outlet* pada IPL sangat penting untuk memastikan bahwa air lindi yang dibuang ke lingkungan aman dan tidak mencemari lingkungan.

Efisiensi kinerja pengolahan air lindi adalah kemampuan instalasi pengolahan lindi untuk mengolah air lindi dengan efektif dan efisien, sehingga menghasilkan air yang aman untuk dibuang ke lingkungan. Efisiensi kinerja pengolahan air lindi dapat diukur dengan menghitung penurunan kadar parameter pencemar dalam air lindi sebelum dan sesudah melalui proses pengolahan. Efisiensi kinerja pengolahan air lindi bervariasi tergantung pada berbagai faktor, seperti jenis teknologi pengolahan yang digunakan, kondisi lingkungan, dan kualitas air lindi yang diolah. Kualitas air lindi di TPA Regional Piyungan sebelum dan setelah diolah di IPL dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kualitas dan Efisiensi Air Lindi di IPL TPA Regional Piyungan.

No.	Parameter	Inlet	Outlet	Baku Mutu	Efisiensi
1	Suhu air	29	29	Dev 3	-
2	Suhu udara	30	30	-	-
3	TDS	3830	5750	2000	-50.13%
4	TSS	57	136	100	-138.59%
5	BOD	436	199	100	54.36%
6	COD	1895	1101	300	41.89%
7	pH	8.3	8.4	6-9	-
8	Timbal total	<0.08	<0.08	0.1	-

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa beberapa parameter mengalami perbaikan kualitas, di antaranya parameter BOD dan COD. Parameter pencemar yang digunakan untuk menghitung nilai efisiensi pengolahan air lindi di IPL, yaitu TDS, TSS, BOD, dan COD. Hasil penghitungan efisiensi pengolahan air lindi yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1. efisiensi pengolahan TDS memiliki nilai -50,13%, pengolahan TSS memiliki nilai efisiensi sebesar -138,59%. Nilai efisiensi dari kedua parameter, TDS dan TSS menunjukkan hasil minus (-) yang menunjukkan bahwa konsentrasi pencemar pada *outlet* lebih tinggi daripada konsentrasi parameter pencemar pada *inlet*. Air lindi tersebut mengandung bahan pencemar yang sangat tinggi, sehingga pengolahan tidak maksimal. Efisiensi pengolahan air lindi yang menunjukkan nilai minus menunjukkan bahwa instalasi pengolahan lindi di TPA Regional Piyungan tidak efektif dalam mengolah air lindi, sehingga perlu dilakukan evaluasi dan perbaikan.

Efisiensi pengolahan BOD menunjukkan nilai sebesar 54,36%, efisiensi pengolahan COD menunjukkan nilai sebesar 41,89%. Efisiensi pengolahan BOD dan COD pada air lindi menunjukkan bahwa nilai tersebut cukup efisien dengan karena lebih dari 40% dan kurang dari 60%. Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi pengolahan air lindi, seperti jenis teknologi pengolahan yang dilakukan, kondisi lingkungan, dan kualitas air lindi yang diolah. Hasil pengujian kualitas air lindi *outlet* IPL TPA Regional Piyungan bulan April dan Juli 2023 disajikan dalam Tabel 2.



Tabel 2. Hasil Pengujian Kualitas Air Lindi Outlet IPL TPA Regional Piyungan Bulan April dan Juli 2023.

No.	Parameter	Hasil Uji		Satuan	Baku Mutu
		April*	Juli**		
Fisik					
1	Suhu air	29	25.9	°C	Dev 3
2	Suhu udara	30	28	°C	-
3	TDS	5750	6962	mg/L	2000
4	TSS	136	73	mg/L	100
Kimia					
1	BOD	199	486.0	mg/L	100
2	COD	1101	2384.5	mg/L	300
3	pH	8.4	8.5	-	6-9
4	Timbal total	<0.08	<0.0066	mg/L	0.1

Berdasarkan data Tabel 2 dapat dianalisis suhu air lindi merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menentukan kualitas air lindi. Suhu dapat mempengaruhi proses biologis dan kimia dalam air lindi (Sari & Afdal, 2017). Suhu air pada kurun waktu 3 bulan dari bulan April-Juli 2023 mengalami penurunan dari 29°C menjadi 25,9°C. Menurut baku mutu air lindi yang telah ditetapkan dalam Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 tentang baku mutu air, setelah dibandingkan dengan baku mutu tersebut, suhu air lindi pada outlet IPL bulan April dan Juli 2023 sudah sesuai standar baku mutu, yaitu $\pm 3^\circ\text{C}$ dari suhu udara. Parameter suhu air lindi dipengaruhi oleh faktor penyinaran matahari dan proses dekomposisi yang terjadi pada tiap titik sampel (Setiorini & Agusdin, 2018).

TDS merupakan jumlah zat padat terlarut yang memiliki ukuran $<1 \mu\text{m}$. Semakin besar nilai TDS, maka bahan organik dalam limbah belum terdegradasi sempurna (Setiorini & Agusdin, 2018). Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2. parameter TDS pada bulan April dan Juli 2023 mengalami kenaikan dari nilai 5750 mg/L menjadi 6962 mg/L. Nilai tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan, yaitu sebesar 2000 mg/L. Nilai TDS yang jauh melebihi baku mutu disebabkan oleh beberapa faktor, seperti mineral dan senyawa organik yang terlarut dalam air lindi, adanya akumulasi hasil dekomposisi sampah yang mengandung bahan-bahan anorganik, seperti magnesium, besi, timbal, dan tembaga. Tingginya nilai TDS dapat berdampak pada kualitas lingkungan sekitar TPA (Rahman *et al.*, 2023).

TSS merupakan jumlah partikel padat yang tersuspensi dalam air lindi. Dalam kurun waktu tiga bulan, nilai TSS mengalami penurunan. Pengujian TSS bulan April dan Juli tahun 2023 didapatkan hasil sebesar 136 mg/L dan 73 mg/L. Pada bulan April 2023, nilai TSS melebihi baku mutu yang sudah ditetapkan, yakni 100 mg/L, pada bulan Juli nilai TSS sudah sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah. Nilai TSS yang tinggi dapat terjadi karena limpasan sampah yang berada di sekitar IPL. Faktor lain diduga karena adanya peningkatan kandungan pasir halus, lumpur, dan senyawa organik tidak terlarut yang ikut terbawa aliran air lindi. Nilai TSS bulan Juli 2023 yang mengalami penurunan kemungkinan besar disebabkan karena proses maturasi terjadi secara optimal (Yenita & Siprana, 2015).



Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan parameter yang mengukur jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mendekomposisi bahan organik yang terdapat pada air lindi dalam kondisi aerobik dan digunakan sebagai indikator kematangan TPA yang dapat menurun seiring berjalannya waktu (Andika *et al.*, 2020). Pada penelitian ini, nilai BOD pada bulan April dan Juli 2023 adalah 199 mg/L dan 486 mg/L. Nilai BOD meningkat pada bulan Juli. Nilai BOD tersebut belum memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan, yaitu di bawah 100 mg/L. Kenaikan nilai BOD dalam kurun waktu tiga bulan sejak bulan April-Juli 2023 disebabkan karena adanya peningkatan kandungan bahan organik dalam air lindi. Hal tersebut menandakan bahwa jumlah sampah organik yang terdapat di timbunan sampah TPA Regional Piyungan semakin meningkat. Jika nilai BOD terlalu tinggi, maka kandungan oksigen terlarut dalam air lindi semakin berkurang. Tingginya kadar BOD pada air lindi juga dapat mempengaruhi kualitas air di sekitar TPA Regional Piyungan dan menjadi polutan utama pada air tanah dan air permukaan (Islami *et al.*, 2023).

COD merupakan jumlah oksigen yang digunakan untuk mendegradasi bahan organik yang ada di air lindi secara kimiawi (Islamawati *et al.*, 2018). TPA yang berusia kurang dari 5 tahun memiliki kadar COD di atas 1000 mg/L. Pada TPA yang berusia lebih dari 10 tahun, kadar COD berkisar 3000 mg/L (Purwanta & Susanto, 2017). Nilai COD pada bulan April dan Juli 2023 adalah 1101 mg/L dan 2384,5 mg/L. Nilai COD tersebut lebih tinggi daripada baku mutu yang ditetapkan, yaitu sebesar 300 mg/L. Kenaikan nilai COD dalam kurun waktu 3 bulan disebabkan karena semakin banyaknya biomassa yang terbentuk akibat penambahan sel, sehingga bahan organik yang harus didegradasi juga bertambah. Selain itu, kenaikan nilai COD juga dipengaruhi oleh suhu yang mengalami penurunan (Yaman, 2019). Perubahan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi, dan volatilitas. Peningkatan kekentalan menyebabkan kecepatan partikel untuk mengendap semakin rendah, sehingga sulit untuk diendapkan. Oleh karena itu, kenaikan kadar COD dalam kurun waktu 3 bulan tersebut disebabkan karena partikel yang tidak mengendap, sehingga kadar COD meningkat.

Nilai pH air lindi pada bulan April dan Juli 2023 di IPL TPA Regional Piyungan menunjukkan nilai 8,4 dan 8,5. Standar kualitas air lindi yang baik, yaitu memiliki nilai pH dalam rentang 6,0 - 9,0. Dengan demikian nilai pH yang ditunjukkan tergolong memenuhi baku mutu kualitas air lindi yang telah ditentukan pemerintah. Nilai pH di IPL TPA Regional Piyungan dalam kurun waktu tiga bulan tersebut mengalami kenaikan sebesar 0,1 setelah melalui proses pengolahan. Nilai pH merupakan salah satu faktor penting bagi pertumbuhan mikroorganisme. Mikroorganisme bermanfaat pada proses pengolahan air lindi. Nilai pH optimum untuk pertumbuhan mikroorganisme adalah sekitar 6,5 - 7,5 (Jalaluddin *et al.*, 2017). Mikroorganisme dapat tumbuh dengan optimal pada air lindi yang ada di IPL TPA Regional Piyungan, sehingga dapat mengoptimalkan proses dekomposisi air lindi oleh mikroorganisme.

Timbal adalah logam berat dengan rumus kimia Pb. Timbal total dalam air lindi merupakan jumlah timbal yang terkandung dalam air lindi. Paparan Timbal dalam air lindi yang melebihi nilai ambang batas dan dibuang ke lingkungan dapat



mencemari air tanah dan air sungai, serta berbahaya bagi kesehatan, karena dapat mengganggu sistem saraf, menurunkan kecerdasan, dan mempengaruhi pertumbuhan, dan mengakibatkan kelumpuhan (Warsinah *et al.*, 2015). Kadar timbal total pada air lindi IPL TPA Regional Piyungan bulan April dan Juli 2023 menunjukkan nilai <0,08 mg/L dan <0,0066 mg/L. Kadar timbal total pada IPL dalam kurun waktu 3 bulan mengalami penurunan. Kadar timbal dalam air lindi tersebut sudah memenuhi baku mutu yang diatur oleh pemerintah. Hal ini terjadi karena air lindi yang diolah di IPL melalui beberapa proses, di antaranya pengolahan fisik, seperti filtrasi, sedimentasi, dan pengendapan untuk menghilangkan partikel-partikel logam berat dalam air lindi. Selain itu, dilakukan juga pengolahan secara kimia menggunakan koagulan dan flokulasi, serta pengolahan biologi dengan menggunakan mikroorganismenya, seperti bakteri dan jamur untuk menguraikan senyawa logam berat dalam air lindi (Meyrita *et al.*, 2023).

Tabel 3. Hasil Uji Kualitas Air Sungai Opak Sesudah *Outlet* IPL TPA Regional Piyungan Bulan April dan Juli tahun 2023.

Parameter	Hasil Uji		Satuan	Baku Mutu ***
	April*	Juli**		
Fisika				
Suhu air	29	26.9	°C	Dev 3
Suhu udara	30	28	°C	-
TDS	245	444	mg/L	1000
TSS	6	7	mg/L	50
Kimia				
BOD	1	23.9	mg/L	3
COD	<3.18	67.1	mg/L	25
DO	8	0.40	mg/L	4
Nitrat	2	0.77	mg/L	10
Nitrit	0.05	<0.0314	mg/L	0.06
pH	7.0	7.9	-	6-9
Timbal terlarut	<0.08	<0.0058	mg/L	0.03
Biologi				
Total <i>Coliform</i>	92x10 ⁴	23.10 ⁶	MPN/100 mL	5000

Berdasarkan data dari Tabel 3, dapat diketahui bahwa suhu merupakan parameter fisik yang secara langsung berpengaruh terhadap kondisi biota dalam air dan dapat mempengaruhi oksigen terlarut (DO) dalam air. Suhu air pada aliran sungai setelah *outlet* IPL TPA pada bulan April dan Juli berturut-turut adalah 29°C dan 26,9°C. Nilai tersebut sudah memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan, yaitu $\pm 3^\circ\text{C}$ dari suhu udara. Penurunan suhu air sungai Opak dapat menurunkan reaksi kimia yang terjadi dalam air sungai, menurunkan penguapan air, dan menurunkan dekomposisi bahan organik oleh mikroorganismenya (Chasna, 2016).

Nilai TDS pada bulan April dan Juli tahun 2023 berturut turut adalah 245 mg/L dan 444 mg/L sudah memenuhi standar baku mutu air yang telah ditentukan, yaitu 1000 mg/L. Walaupun sudah memenuhi standar baku mutu pada kurun waktu tiga bulan dari bulan April ke bulan Juli, TDS mengalami kenaikan, hal ini dapat disebabkan karena nilai TDS air lindi yang dibuang dari *outlet* IPL



TPA Regional Piyungan tidak memenuhi baku mutu untuk dibuang ke sungai, sehingga nilai TDS di sungai Opak juga turut mengalami kenaikan.

Nilai TSS bulan April dan Juli 2023 di sungai Opak setelah *outlet* IPL TPA adalah 6 mg/L dan 7 mg/L. Berdasarkan baku mutu air sungai yang telah ditetapkan, nilai TSS tersebut sudah memenuhi baku mutu, artinya total padatan tersuspensi yang ada di air sungai Opak tersebut berada dalam ambang batas aman. Hal ini juga dipengaruhi oleh menurunnya nilai TSS pada air lindi yang berasal dari *outlet* IPL pada bulan Juli 2023. Menurunnya kadar TSS dalam air sungai disebabkan karena air lindi yang diolah di IPL telah melalui beberapa proses pengolahan yang optimal, seperti filtrasi, sedimentasi, koagulasi, dan flokulasi, sehingga nilai TSS pada air sungai Opak sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan (Meyrita *et al.*, 2023).

Parameter BOD sungai Opak setelah *outlet* IPL pada bulan April dan Juli 2023 adalah 1 mg/L dan 23,9 mg/L. Nilai BOD pada bulan Juli 2023 tidak sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Baku mutu air sungai kelas 2, yaitu sebesar 3 mg/L. Tingginya nilai BOD di sungai Opak disebabkan karena air lindi yang dibuang dari *outlet* IPL TPA Regional Piyungan memiliki BOD yang sangat tinggi dan melebihi baku mutu yang telah ditentukan. Nilai BOD yang tinggi menunjukkan banyaknya bahan organik yang larut dalam air sungai Opak, sehingga membutuhkan oksigen yang besar untuk proses dekomposisi secara biologis. Semakin tinggi nilai BOD, maka semakin rendah kualitas air (Rahmi & Edison, 2019).

Parameter COD sungai Opak di bagian setelah *outlet* IPL TPA Regional Piyungan bulan April dan Juli 2023 adalah <3,18 mg/L dan 67,1 mg/L. Nilai parameter COD bulan April 2023 sudah memenuhi standar baku mutu, namun untuk nilai COD bulan Juli 2023 sangat jauh dari nilai baku mutu sebesar 25 mg/L. Hal ini menandakan bahwa badan sungai Opak telah tercemar. Kenaikan nilai parameter COD yang sangat mencolok di sungai Opak dalam kurun waktu tiga bulan disebabkan karena naiknya kadar COD dan BOD bulan Juli pada air lindi yang dibuang dari *outlet* IPL ke badan air, sehingga memperburuk kualitas air sungai Opak setelah *outlet* IPL. Nilai COD yang sangat tinggi tersebut menunjukkan bahwa dalam air sungai Opak setelah *outlet* IPL mengandung bahan organik dan anorganik yang sulit diuraikan oleh mikroorganisme (Kartikasari *et al.*, 2020).

Dissolved Oxygen (DO) merupakan indikator pencemaran bahan organik suatu perairan. DO merupakan parameter penting untuk mengetahui kualitas lingkungan perairan (Hamuna *et al.*, 2018). Normalnya, air mengandung ± 8 mg/L oksigen terlarut. Oksigen terlarut dapat berasal dari proses udara yang secara lambat terdifusi ke dalam air dan fotosintesis tanaman air yang jumlahnya tidak tetap tergantung pada jumlah tanaman. Penurunan kadar oksigen dalam perairan dapat diakibatkan oleh keberadaan limbah organik yang membutuhkan konsumsi oksigen untuk melakukan proses dekomposisi oleh mikroorganisme (Puspitasari, 2016). Nilai DO di sungai Opak setelah *outlet* IPL TPA Regional Piyungan pada bulan April dan Juli 2023 adalah 8 mg/L dan 0,4 mg/L. Baku mutu DO air kelas dua adalah 4 mg/L. Berdasarkan baku mutu tersebut, nilai parameter DO pada



bulan April sudah sesuai dengan baku mutu, namun pada bulan Juli, parameter DO mengalami penurunan drastis, dimana nilai parameter DO pada bulan tersebut sangat jauh dari nilai baku mutu yang ditetapkan. Rendahnya kadar DO pada bulan Juli tahun 2023 dapat dipengaruhi oleh kecilnya aliran air sungai Opak, sehingga tidak adanya proses *reaerasi* yang terjadi. Kondisi DO yang rendah dapat diakibatkan oleh banyaknya bahan organik, baik dari limbah domestik yang berasal dari pemukiman, maupun limbah industri yang berasal dari sekitar bantaran sungai, serta rendahnya kualitas air lindi yang dibuang ke sungai Opak (Sugianti & Astuti, 2018).

Nitrat (NO_3^-) adalah bentuk nitrogen utama di perairan. Nitrat berasal dari ammonium yang masuk ke perairan melalui limbah. Kadar nitrat dapat menurun karena aktifitas mikroorganisme dalam air. Mikroorganisme dapat mengoksidasi ammonium menjadi nitrit, kemudian oleh bakteri akan diubah menjadi nitrat. Proses oksidasi tersebut dapat menyebabkan konsentrasi oksigen terlarut semakin berkurang (Arif, 2015). Sumber utama nitrat berasal dari perairan itu sendiri, yaitu melalui proses penguraian, pelapukan, maupun dekomposisi tumbuhan, dan sisa-sisa organisme. Kadar nitrat yang melebihi ambang batas dapat mengakibatkan terjadinya eutrofikasi, sehingga mengakibatkan *blooming algae*/pertumbuhan fitoplankton dengan cepat (Ramadhan & Yusanti, 2020). Nilai parameter nitrat di sungai Opak bulan April dan Juli 2023 adalah 2 mg/L dan 0,77 mg/L. Hal ini sudah sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan, yaitu sebesar 10 mg/L, sehingga keberadaan nitrat di air sungai Opak tidak ada pengaruhnya terhadap rembesan air lindi.

Nitrit (NO_2^-) merupakan bentuk nitrogen yang hanya sebagian teroksidasi. Nitrit tidak ditemukan dalam air limbah yang segar, namun dalam limbah yang sudah lama. Nitrit tidak dapat bertahan lama dan merupakan keadaan sementara proses oksidasi antara amoniak dan nitrat (Lamusu *et al.*, 2022). Nitrit sangat berbahaya untuk tubuh manusia, karena dapat menyebabkan *methemoglobinemia*, yaitu kondisi dimana nitrit akan mengikat hemoglobin darah, sehingga menghalangi ikatan dengan oksigen (Amanati, 2016). Kadar Nitrit pada bulan April dan Juli 2023 sebesar 0,05 mg/L dan <0,0314 mg/L. Kedua hasil pengujian tersebut sudah sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan, yaitu sebesar 0,06 mg/L, sehingga dapat dikatakan air lindi yang dibuang tidak memengaruhi kadar nitrit pada air sungai Opak. Artinya sungai Opak tidak mengalami pencemaran nitrit.

pH atau derajat keasaman menunjukkan sifat basa atau asam dalam perairan. Untuk perairan air sungai di Indonesia rata-rata memiliki nilai pH 6 - 8,5. Nilai pH pada perairan dapat dipengaruhi oleh faktor oksigen terlarut, aktivitas organisme, dan peningkatan suhu air. Nilai pH air sungai pada bulan April dan Juli 2023 sebesar 7 dan 7,9. Kedua hasil pengujian tersebut sudah sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah, yaitu sebesar 6-9. Nilai pH yang cenderung basa disebabkan karena banyaknya zat yang bersifat basa yang terkandung dalam deterjen, sabun, maupun shampo yang digunakan dalam aktivitas masyarakat sehari-hari. Nilai pH air berkaitan dengan konsentrasi karbon monoksida dalam ekosistem. Semakin tinggi pH air, maka kadar karbon monoksida semakin rendah yang menunjukkan tingginya kandungan oksigen.



Kondisi pH yang optimum menjadi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi aktivitas mikroorganisme air dalam mengurai bahan organik.

Total *Coliform* adalah kelompok bakteri yang terdiri dari beberapa jenis, termasuk *Escherichia coli*. Bakteri Total *Coliform* terdapat di alam terbuka dan hidup di dalam tanah. Apabila terjadi pencemaran (umumnya pencemar organik yang ditandai dengan tingginya kadar BOD), tanah menjadi media pertumbuhan yang baik dan meningkatkan konsentrasi bakteri Total *Coliform* dalam tanah. Saat turun hujan, semakin banyak bakteri Total *Coliform* yang terbawa oleh air masuk ke sungai. Hal ini mengakibatkan konsentrasi Bakteri Total Koli akan terdeteksi tinggi di air tanah dan sungai, sehingga mengindikasikan adanya pencemaran tanah dan Sungai (Sutiknowati, 2014). Jumlah total *Coliform* dalam air dapat diukur dengan menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN) atau dengan menggunakan teknik uji cawan. Pada bulan April 2023 diperoleh konsentrasi total *Coliform* sebesar 920.000 MPN/100 mL. Pada bulan Juli 2023, konsentrasi total *Coliform* naik drastis menjadi 23.000.000 MPN/100mL. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Baku mutu air sungai kelas 2, konsentrasi total *Coliform* yang diperbolehkan pada sungai dengan kategori kelas II adalah 5000 MPN/100 mL. Oleh karena itu, total *Coliform* yang terkandung dalam air sungai Opak tidak memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah. Tingginya total *Coliform* yang terkandung dalam air sungai Opak setelah *outlet* IPL disebabkan karena aliran air lindi yang dibuang dari *outlet* IPL. Air lindi yang dibuang ke badan sungai Opak tersebut mengalami penurunan kualitas pada bulan Juli 2023. Hal ini menandakan tingginya bahan pencemar yang terkandung dalam air lindi yang dibuang ke badan air sungai, sehingga total *Coliform* pada air sungai Opak naik sangat drastis (Sulistyawati, 2019).

Tabel 4. Hasil Uji Kualitas Air Sumur Masyarakat Sekitar TPA Regional Piyungan Bulan April dan Juli Tahun 2023.

Parameter	Hasil Uji						Satuan	Baku Mutu ***
	April*			Juli**				
	Sumur 1	Sumur 2	Sumur 3	Sumur 1	Sumur 2	Sumur 3		
Fisika								
Bau	Tidak berbau	-	Tidak berbau					
Kekeruhan	0.3	0.4	0.5	0.6	0.4	0.3	NTU	<3
Suhu air	29	27	28	26.9	29.9	26.9	°C	Dev 3
Suhu udara	30	29	30	28	28	28	°C	-
TDS	500	410	486	250	188	313	mg/L	<300
Warna	5	8	15	<1	<1	<1	TCU	10
Kimia								
Nitrat	2	11	37	0.16	5.81	18.59	mg/L	20
Nitrit	0.003	0.01	0.03	<0.0314	<0.0314	<0.0314	mg/L	3
pH	6.8	6.7	7.1	8.2	8.1	7.5	-	6.5-8.5
Timbal terlarut	<0.002	<0.002	<0.002	<0.0011	<0.0011	<0.0011	mg/L	0.1
Biologi								
Total <i>Coliform</i>	>1600	>1600	>1600	31.62	39.81	63.10	MPN/100 mL	0



Berdasarkan data pada Tabel 4, dapat diketahui bahwa bau air sumur adalah salah satu parameter fisik yang menentukan kualitas air sumur. Bau air sumur dapat diakibatkan oleh berbagai faktor, seperti keberadaan bakteri, bahan kimia, atau zat organik yang terlarut dalam air (Hapsari, 2015). Parameter bau air sumur diukur menggunakan indra penciuman manusia (organoleptik). Parameter bau pada ketiga sampel air sumur masyarakat bulan April dan Juli 2023 tidak berbau. Hasil pengujian tersebut sudah sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan, yaitu tidak berbau. Sumber air yang digunakan untuk keperluan *hygiene* dan sanitasi kualitasnya dikatakan baik jika tidak berbau. Hasil pengujian menunjukkan, bahwa air sumur di sekitar TPA Regional Piyungan tidak berbau, sehingga memenuhi standar air yang dapat digunakan sebagai *hygiene* dan sanitasi.

Kekeruhan air sumur adalah salah satu parameter fisik yang menentukan kualitas air sumur. Kekeruhan air sumur merupakan kondisi air yang memiliki kandungan bahan tersuspensi atau terlarut yang akan menghalangi masuknya cahaya matahari, sehingga jarak pandang dalam air menjadi terbatas (Ningrum, 2018). Standar kekeruhan air ditetapkan kurang dari 3 NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*), dan bila melebihi batas yang telah ditetapkan, akan menyebabkan gangguan estetika dan mengurangi efektivitas desinfeksi air. Parameter kekeruhan pada ketiga sampel air sumur masyarakat bulan April 2023 berturut-turut, yaitu 0,3 NTU; 0,4 NTU; dan 0,5 NTU. Pada hasil pengujian air sumur bulan Juli 2023 ketiga sumur masyarakat diperoleh hasil 0,6 NTU; 0,4 NTU; dan 0,3 NTU. Kekeruhan air disebabkan oleh partikel padat yang tersuspensi. Semakin tinggi padatan tersuspensi, maka semakin tinggi nilai kekeruhan, akan tetapi tingginya padatan terlarut tidak selalu diikuti dengan tingginya kekeruhan. Hasil pengujian tersebut sudah sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023, sehingga aman untuk digunakan.

Parameter suhu pada ketiga sampel air sumur masyarakat bulan April 2023 berturut-turut, yaitu 29°C, 27°C, dan 28°C. Pada hasil pengujian air sumur bulan Juli 2023, ketiga sumur masyarakat diperoleh hasil 26,9°C; 29,9°C; dan 26,9°C. Apabila suhu air melebihi suhu udara, maka dapat menyebabkan menurunnya penerimaan masyarakat, meningkatkan toksisitas dan kelarutan polutan, serta meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme. Hasil pengujian tersebut sudah sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023, yaitu memiliki suhu $\pm 3^\circ\text{C}$ dari suhu udara.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang kesehatan lingkungan, air bersih yang layak digunakan untuk pemenuhan kebutuhan air memiliki kandungan TDS maksimal 300 mg/L. Berdasarkan pengujian laboratorium, ketiga sumur masyarakat sekitar TPA Regional Piyungan pada bulan April 2023 memiliki kandungan TDS sebesar 500 mg/L, 410 mg/L, dan 486 mg/L. Hasil pengujian bulan April 2023 tidak memenuhi baku mutu nilai TDS, yaitu <300 mg/L. Sedangkan pada hasil pengujian air sumur masyarakat bulan Juli 2023 memiliki kandungan TDS sebesar 250 mg/L, 188 mg/L, dan 313 mg/L. Pada sumur 1 dan sumur 2 nilai TDS sudah memenuhi baku mutu, namun pada sumur 3, nilai TDS melebihi baku mutu. Hal ini dapat terjadi karena sumur 3



jaraknya paling dekat dengan TPA Regional Piyungan, dimana terjadi proses pencucian polutan sampah menjadi air lindi, sehingga menyebabkan kualitas air tanah menurun (Ramadhan *et al.*, 2019).

Air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari harus jernih dan tidak berwarna. Ketiga sumur tersebut pada bulan April 2023 memiliki parameter warna 5 TCU, 8 TCU, dan 15 TCU. Hasil pada sumur 3 tidak memenuhi baku mutu yang berlaku, yaitu sebesar 10 TCU. Sedangkan pada pengujian air tanah bulan Juli 2023 pada ketiga sumur masyarakat didapatkan hasil <1 TCU. Hal ini menandakan bahwa kualitas air mengalami peningkatan dalam parameter warna. Secara fisik parameter warna masih dikatakan baik. Warna yang terdapat pada air umumnya disebabkan karena adanya kandungan bahan-bahan organik dan anorganik serta ion-ion logam yang terlarut dalam air sumur (Sulistyorini *et al.*, 2016). Hal yang menyebabkan timbulnya warna pada air tanah di antaranya adanya kontak antara air dengan reruntuhan organik, seperti kayu dan daun, adanya tanin dan asam humat yang dapat berubah menjadi kloroform jika bereaksi dengan klor yang berbahaya bagi kesehatan pengguna air (Fajariyah, 2017).

Nitrat (NO_3^-) merupakan ion yang terdapat dalam perairan dengan jumlah sedikit (Ramadhan *et al.*, 2019). Parameter nitrat pada air sumur masyarakat bulan April 2023 adalah 2 mg/L, 11 mg/L, dan 37 mg/L. Pada sumur 3 hasil pengujian melebihi baku mutu yang telah ditetapkan, yaitu sebesar 20 mg/L. Sedangkan pada bulan Juli 2023 didapatkan hasil 0,16 mg/L, 5,81 mg/L, dan 18,59 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa parameter nitrat mengalami peningkatan kualitas pada kurun waktu 3 bulan. Pada sumur 3 kadar nitrat masih tergolong tinggi meskipun sudah memenuhi baku mutu yang telah diatur. Kadar nitrat yang melebihi 5 mg/L menunjukkan bahwa air tanah tercemar oleh limbah domestik dan kotoran hewan. Hal tersebut diperkuat pada kondisi di lapangan yang menunjukkan banyaknya tumpukan sampah, potensi lindi, sapi, dan kambing yang menjadi penyebab tercemarnya air tanah di sekitar wilayah TPA.

Kadar Nitrit pada bulan April 2023 sebesar 0,003 mg/L, 0,01 mg/L, dan 0,03 mg/L. Pada pengujian air sumur bulan Juli 2023, ketiga sumur memiliki kadar nitrit <0,0314 mg/L. Hasil pengujian dalam kurun waktu 3 bulan tersebut sudah sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang kesehatan lingkungan. Beban pencemar nitrit pada sumur masyarakat sekitar TPA dipengaruhi oleh dekatnya lokasi sumur tersebut dengan sungai dan TPA yang menghasilkan air lindi, sehingga berpotensi terjadinya pencemaran nitrit. Limbah rumah tangga yang berasal dari pemukiman warga juga berpengaruh terhadap tingginya kandungan nitrit pada sumur masyarakat (Prabowo & Dewi, 2017).

Air tanah yang telah tercemar polutan umumnya memiliki nilai pH yang menyimpang dari pH normalnya. Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4, dapat dilihat bahwa nilai pH pada bulan April 2023 sebesar 6,8; 6,7; dan 7,1. Sedangkan pada pengujian air sumur bulan Juli 2023 didapatkan pH sebesar 8,2; 8,1; dan 7,5. Hal ini sudah sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan, yaitu sebesar 6,6-8,5. Air yang kualitasnya baik seharusnya netral, tidak asam maupun basa untuk



mencegah terjadinya pelarutan logam berat dan korosi. Air yang tercemar oleh limbah dan pengaruh lingkungan tertentu dapat menyebabkan air berubah asam dengan pH di bawah 5. Hal ini dapat terjadi karena adanya ion hidrogen tinggi yang berasal dari oksidasi sulfida, hidrogen sulfida, dan amoniak (Hapsari, 2015). Air dengan pH <6,5 dapat menyebabkan korosi pada pipa air yang terbuat dari logam, sebaliknya jika pH air lebih dari 8,5 dapat membentuk endapan (kerak) pada pipa air sehingga beracun (Suprpto & Suprawihadi, 2015).

Berdasarkan hasil pengujian parameter timbal pada air sumur masyarakat sekitar TPA pada bulan April 2023, menunjukkan konsentrasi timbal dalam air sumur <0,002 mg/L. Sedangkan pada bulan Juli 2023, konsentrasi timbal dalam air sumur <0,0011 mg/L lebih rendah dibandingkan pada bulan April 2023. Timbal pada perairan ditemukan dalam bentuk terlarut atau tersuspensi. Kelarutan timbal cukup rendah, sehingga kadar di dalam air tanah relatif sedikit. Kandungan maksimum timbal dalam air bersih yang masih diperbolehkan adalah 0,01 mg/L. Berdasarkan regulasi tersebut, konsentrasi timbal pada ketiga air sumur tidak ada yang melebihi ambang batas baku mutu air bersih, sehingga aman digunakan.

Kandungan total *Coliform* pada ketiga air sumur masyarakat sekitar TPA Regional Piyungan bulan April 2023, yakni >1600 MPN/100 mL. Sedangkan pada bulan Juli 2023, kandungan total *Coliform* pada ketiga sumur masyarakat, yakni 31,62 MPN/100 mL, 39,81 MPN/100 mL, dan 63,10 MPN/100 mL. Kandungan total *Coliform* tersebut tergolong cukup tinggi dan tidak memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan, yaitu kandungan total *Coliform* pada air tanah adalah 0 MPN/100 mL. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kualitas air tanah adalah risiko pencemar, di antaranya adalah jarak jamban terhadap sumber air, jarak sumber pencemar lain, seperti kandang ternak, genangan air, dan TPA yang menghasilkan air lindi. Air lindi yang dibuang ke badan sungai Opak juga dapat meningkatkan konsentrasi total *Coliform*. Bakteri *Coliform* dapat berkembang dengan baik pada air lindi. Oleh karena itu, tingginya total *Coliform* menunjukkan bahwa air tanah di sekitar TPA Piyungan telah terkontaminasi oleh air lindi (Aneta *et al.*, 2021).

Berdasarkan Tabel 3, dapat diketahui bahwa parameter fisik kualitas air pada air sungai Opak yang meliputi suhu air, TDS, dan TSS sudah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Pada parameter kimia, kualitas air sungai Opak yang meliputi DO, nitrat, nitrit, dan pH sudah memenuhi baku mutu. Namun untuk parameter BOD, COD, dan timbal total tidak memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan. Untuk parameter biologi yang meliputi total *Coliform* juga tidak memenuhi standar baku mutu.

Kualitas air sumur yang dapat dilihat pada Tabel 4, dapat disimpulkan bahwa pada parameter fisik, bau, kekeruhan, dan suhu air sudah memenuhi standar baku mutu yang diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang kesehatan lingkungan, sedangkan pada parameter *Total Dissolved Solids* (TDS) dari ketiga sumur masyarakat tidak memenuhi standar baku mutu. Pada parameter warna, sumur 3 melebihi standar baku mutu yang



telah ditentukan. Untuk parameter kimia nitrit, pH, dan timbal total sudah memenuhi standar baku mutu, sedangkan pada parameter nitrat, sumur 3 melebihi standar baku mutu yang telah ditentukan. Untuk parameter biologi, Total *Coliform* dari ketiga sumur seluruhnya tidak memenuhi baku mutu yang telah ditentukan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem pengelolaan air lindi di IPL menggunakan 8 bak pengolahan air lindi yang meliputi *bar screen*, *inlet*, bak koagulasi, bak equalisasi, bak sedimentasi, *Sludge Drying Bed*, ABR, bak aerasi, bak maturasi, bak klorinasi, serta *outlet*. Efisiensi kinerja pengelolaan air lindi di IPL TPA tidak efektif dan efisien dalam mengolah air lindi. Kualitas air lindi berpengaruh terhadap kualitas air sungai Opak dan sumur masyarakat sekitar TPA pada parameter kimia, yaitu TDS, BOD, COD, DO, serta parameter mikrobiologi, yaitu Total *Coliform*.

SARAN

Pemerintah daerah perlu melakukan evaluasi dan perbaikan IPL. Masyarakat di sekitar TPA yang menggunakan air sumur sebagai kebutuhan utama, sebelum dikonsumsi harus direbus terlebih dahulu. Untuk peneliti selanjutnya perlu meneliti hal yang dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas air lindi di IPL dengan cepat dan efisien, serta tidak menimbulkan bahaya lain, sehingga aman ketika dibuang ke lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada Departemen Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Daerah Istimewa Yogyakarta, serta seluruh pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian.

DAFTAR RUJUKAN

- Amaliyah, N. (2017). *Penyehatan Makanan dan Minuman-A*. Yogyakarta: Deepublish.
- Amanati, L. (2016). Uji Nitrit Produk Air Minum dalam Kemasan yang Beredar di Pasaran. *JTPH : Jurnal Teknologi Proses Dan Inovasi Industri*, 2(1), 59-64. <https://doi.org/10.36048/jtpii.v1i2.1916>
- Andika, B., Wahyuningsih, P., & Fajri, R. (2020). Penentuan Nilai BOD dan COD sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah di Pusat Penelitian Kelapa Sawit Medan. *QUIMICA : Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, 2(1), 14-22.
- Aneta, R., Umboh, J. M., & Sondakh, R. C. (2021). Analisis Tingkat Kekeruhan, TDS dan Kandungan *Escherichia coli* Pada Air Sumur di Desa Arakan Kecamatan Tatapaan. *Kesmas : Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi*, 10(4), 106-111.
- Arif, M. (2015). Kandungan Nitrat dan Pospat sebagai Faktor Tingkat Kesuburan Perairan Pantai. *Jurnal Disprotek*, 6(1), 13-19. <https://doi.org/10.34001/jdpt.v6i1.193>



- Arinda, E. (2022). Perancangan Bangunan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (Studi Kasus Kota Pariaman, Sumatra Barat). *Thesis*. UPN Veteran Jawa Timur.
- Bhargava, A. (2016). Physico-Chemical Waste Water Treatment Technologies: An Overview. *International Journal of Scientific Research and Education*, 4(5), 5308-5319. <http://dx.doi.org/10.18535/ijrsre/v4i05.05>
- Chasna, R. (2016). Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Menggunakan *Software Qual2kw*. *Skripsi*. Universitas Islam Indonesia.
- Damanhuri, E., & Padmi, P. (2019). *Pengelolaan Sampah Terpadu Edisi Kedua*. Bandung: Teknik Lingkungan ITB.
- Fajariyah, C. (2017). Studi Literatur Pengolahan Lindi Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah dengan Teknik *Constructed Wetland* Menggunakan Tumbuhan Air. *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Fazdli, D. (2023). Pengolahan Air Lindi TPA Gampong Jawa Banda Aceh dengan Menggunakan Proses *Trickling Filter* dan *Rotating Biological Contactor* (RBC). *Thesis*. UIN Ar-Raniry.
- Fitria, B., Maharani, I., Lukmannul, L., & Sugiyanto, D. (2018). Analysis of Leachate Delineation of TPA Gampong Jawa Based on 2D Resistivity Modeling. *Journal of Aceh Physics Society*, 7(3), 133-138.
- Hamuna, B., Tanjung, R. H., & Maury, H. (2018). Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 35-43. <https://doi.org/10.14710/jil.16.1.35-43>
- Hapsari, D. (2015). Kajian Kualitas Air Sumur Gali dan Perilaku Masyarakat di Sekitar Pabrik Semen Kelurahan Karangtalun Kecamatan Cilacap Utara Kabupaten Cilacap. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 7(1), 18-28. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol7.iss1.art2>
- He, J., Chen, Z., Dougherty, M., Hu, S., & Zuo, X. (2021). Explore the sludge stabilization process in sludge drying bed by modeling study from mesocosm experiments. *Environmental Research*, 195(1), 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110837>
- Islamawati, D., Darundiati, Y. H., & Dewanti, N. A. (2018). Studi Penurunan Kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) Menggunakan Ferri Klorida (FeCl₃) pada Limbah Cair Tapioka di Desa Ngemplak Margoyoso Pati. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(6), 69-78. <https://doi.org/10.14710/jkm.v6i6.22158>
- Islami, R. R., Moelyaningrum, A. D., & Khoiron, K. (2023). Analisis Sistem Pengelolaan Sampah di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) di Kabupaten Lumajang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 22(2), 179-188. <https://doi.org/10.14710/jkli.22.2.179-188>
- Jalaluddin, J., Nasrul, Z. A., & Syafrina, R. (2017). Pengolahan Sampah Organik Buah-Buahan Menjadi Pupuk dengan Menggunakan Efektive Mikroorganisme. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 5(1), 17-29. <https://doi.org/10.29103/jtku.v5i1.76>
- Kartikasari, I. B., Widyastuti, M., & Hadisusanto, S. (2020). Pengujian Toksisitas Lindi Instalasi Pengolahan Lindi TPA Piyungan pada *Daphnia* sp. dengan



- Whole Effluent Toxicity. Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 297-304.
<https://doi.org/10.14710/jil.18.2.297-304>
- Kasam, K., Sarto, S., Syamsiah, S., & Prasetya, A. (2016). Pattern of Characteristics of Leachate Generation from Municipal Solid Waste Landfill. *International Journal of Environmental Science and Development*, 7(10), 768-771. <https://doi.org/10.18178/ijesd.2016.7.10.877>
- Lamusu, R. A., Wartabone, S. W., Dai, S. W., Olli, R., & Marnila, M. (2022). Analisis Kandungan Fe, Nitrat, Nitrit, Sulfat, Fosfat, dan Sianida pada Air Cucian Laundry dengan Menggunakan Instrumen UV-VIS. *Emasains : Jurnal Edukasi Matematika dan Sains*, 11(2), 74-84. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7367381>
- Meyrita, M., Sandria, F. S., Najmi, I., Firdus, F., Rizki, A., & Nasir, M. (2023). Kontaminasi Logam Berat pada Air Sumur Warga Akibat Air Lindi TPA. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(2), 425-433. <https://doi.org/10.26418/jtlb.v11i2.64052>
- Muthaz, B. D. A., Karimuna, S. R., & Ardiansyah, R. T. (2017). Studi Kualitas Air Minum di Desa Balo Kecamatan Kabaena Timur Kabupaten Bombana Tahun 2016. *JIMKesmas*, 2(5), 1-9. <https://dx.doi.org/10.37887/jimkesmas.v2i5.2085>
- Ningrum, S. O. (2018). Analisis Kualitas Badan Air dan Kualitas Air Sumur di Sekitar Pabrik Gula Rejo Agung Baru Kota Madiun. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(1), 1-12. <https://doi.org/10.20473/jkl.v10i1.2018.1-12>
- Pangesti, F. S. P., Masyuroh, A., & Hikmatiar, M. (2018). Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah pada *Effluent Treatment Unit (ETU)* PT Lotte Chemical Titan Nusantara. *Jurnal Serambi Engineering*, 3(2), 296-307. <https://doi.org/10.32672/jse.v3i2.713>
- Peraturan Daerah Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah*. 2016. Yogyakarta: Pemerintah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan*. 2023. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 tentang Baku Mutu Air Keperluan Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum*. 2017. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. 2021. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.
- Prabowo, R., & Dewi, N. K. (2017). Kadar Nitrit pada Sumber Air Sumur di Kelurahan Meteseh, Semarang. *BIOMA : Jurnal Ilmiah Biologi*, 1(2), 1-15. <https://doi.org/10.26877/bioma.v5i1.1490>
- Purnomo, C. W. (2021). *Solusi Pengelolaan Sampah Kota*. Yogyakarta: UGM Press.



- Purwanta, W., & Susanto, J. (2017). Laju Produksi dan Karakterisasi Polutan Organik Lindi dari TPA Kaliwlingi, Kabupaten Brebes. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(2), 157-164. <https://doi.org/10.29122/jtl.v18i2.2036>
- Puspitasari, T. (2016). Pemetaan Kualitas Air Bersih di Sekitar TPA Piyungan, Bantul, Yogyakarta. *Thesis*. Universitas Islam Indonesia.
- Rahman, D. I., Asrifah, R. D., & Nugroho, N. E. (2023). Evaluasi Kualitas Air Sungai terhadap Air Lindi dari TPA Sampah Mojorejo di Kecamatan Bendosari, Kabupaten Sukoharjo. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan SATU BUMI* (pp. 271-275). Yogyakarta, Indonesia: UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Rahmi, A., & Edison, B. (2019). Identifikasi Pengaruh Air Lindi (*Leachate*) terhadap Kualitas Air di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir Tanjung Belit. *Jurnal Aptek*, 11(1), 1-6. <https://doi.org/10.30606/aptk.v11i1.1681>
- Ramadhan, F., R. F. P. D., Firizqy, F., & Adji, T. N. (2019). Kajian Pencemaran Air Tanah di Wilayah Sekitar TPA Piyungan Bantul Yogyakarta. *Majalah Geografi Indonesia*, 33(1), 1-8. <https://doi.org/10.22146/mgi.38813>
- Ramadhan, R., & Yusanti, I. A. (2020). Studi Kadar Nitrat Dan Fosfat Perairan Rawa Banjiran Desa Sedang, Suak, Tapeh, Banyuasin. *Jurnal Ilmu-ilmu Perikanan dan Budidaya Perairan*, 15(1), 37-41. <https://doi.org/10.31851/jipbp.v15i1.4407>
- Ramli, R., & Djalla, A. (2018). Uji kandungan Logam Berat Timbal (Pb) di Perairan Wilayah Pesisir Parepare. *Jurnal Ilmiah Manusia Dan Kesehatan*, 1(3), 255-264. <https://doi.org/10.31850/makes.v1i3.111>
- Sari, R. N., & Afdal, A. (2017). Karakteristik Air Lindi (*Leachate*) di Tempat Pembuangan Akhir Sampah Air Dingin Kota Padang. *Jurnal Fisika Unand*, 6(1), 93-99. <https://doi.org/10.25077/jfu.6.1.93-99.2017>
- Setiorini, I. A., & Agusdin, A. (2018). P Pengaruh Massa Adsorben Batubara terhadap Penyerapan Kandungan Nilai COD dan TOC dalam Limbah Kain Jumputan pada Rancang Bangun Alat Adsorber. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 9(1), 14-27. <https://doi.org/10.52506/jtpa.v9i01.66>
- SIPSN. (2022). *Tuntas Kelola Sampah untuk Kesejahteraan Masyarakat*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Sofiana, L., Nofisulastri, N., & Safnowandi, S. (2023). Pola Distribusi Siput Air (*Gastropoda*) sebagai Bioindikator Pencemaran Air di Sungai Unus Kota Mataram dalam Upaya Pengembangan Modul Ekologi. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi*, 3(3), 133-158. <https://doi.org/10.36312/biocaster.v3i3.191>
- Sugianti, Y., & Astuti, L. P. (2018). Respon Oksigen Terlarut terhadap Pencemaran dan Pengaruhnya terhadap Keberadaan Sumber Daya Ikan di Sungai Citarum. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(2), 203-212. <https://doi.org/10.29122/jtl.v19i2.2488>
- Sulistiyawati, I. (2019). Kuantitas total bakteri coliform pada instalasi pengolahan limbah cair medis laboratorium klinik. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 19(3), 675-677. <https://doi.org/10.33087/jiubj.v19i3.718>
- Sulistyorini, I. S., Edwin, M., & Arung, A. S. (2016). Analisis Kualitas Air pada Sumber Mata Air di Kecamatan Karang dan Kaliorang Kabupaten Kutai



-
- Timur. *Jurnal Hutan Tropis*, 4(1), 64-76.
<https://doi.org/10.20527/jht.v4i1.2883>
- Suprpto, S., & Suprawihadi, R. (2015). Uji Coba Alat Pengolahan Air Sungai dengan Pompa Aerator dan Saring Spons untuk Memperoleh Air Bersih yang Memenuhi Syarat Kesehatan. *Jurnal Ilmiah PANNMED*, 10(2), 169-176. <https://doi.org/10.36911/pannmed.v10i2.265>
- Sutiknowati, L. I. (2014). Kualitas Perairan Tambak Udang Berdasar Parameter Mikrobiologi. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 6(1), 157-170.
- Warsinah, W., Suheryanto, S., & Windusari, Y. (2015). Kajian Cemaran Logam Berat Timbal (Pb) pada Kompartemen di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sukawinatan Palembang. *Jurnal Penelitian Sains*, 17(2), 78-81. <https://doi.org/10.36706/jps.v17i2.53>
- Yaman, M. A. (2019). *Teknologi Penanganan, Pengolahan Limbah Ternak dan Hasil Samping Peternakan*. Banda Aceh: Syiah Kuala University Press.
- Yenita, R., & Siprana, A. (2015). Pengaruh Parameter Fisika dan Mikrobiologi Leachate terhadap Kesehatan Lingkungan di TPA Muara Fajar Rumbai Pekanbaru. *Jurnal Kesehatan Komunitas*, 3(1), 4-7.
<https://doi.org/10.25311/jkk.Vol3.Iss1.93>