

## KAJIAN TINGKAT PENCEMARAN PADA EFLUEN AIR LIMBAH IPAL – IPAL DOMESTIK KOMUNAL DITINJAU DARI PARAMETER COD, BOD, AMONIA DAN TOTAL COLIFORM DI SLEMAN, YOGYAKARTA

Muhammad Luthfi Nugroho<sup>1</sup>, Johan Syafri Mahathir Ahmad<sup>2\*</sup>, Lisendra Marbelia<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Magister Teknik Sistem, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jalan Teknik Utara Kabupaten Sleman, Yogyakarta 55281 Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jalan Grafika No.2 Kabupaten Sleman, Yogyakarta 55284 Indonesia

<sup>3</sup>Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, 69MC+VHF Sendowo Kabupaten Sleman, Yogyakarta 55284 Indonesia

\*Email: [johan.syafri.ma@ugm.ac.id](mailto:johan.syafri.ma@ugm.ac.id)

### Abstrak

*Pencemaran air limbah di Kabupaten Sleman merupakan dampak dari permasalahan sanitasi. Saat ini IPAL – IPAL Domestik Komunal di Sleman menjadi alternatif untuk pengolahan air limbah domestik. Setidaknya terdapat 56 IPAL Domestik yang memiliki efluen air limbah yang tidak memenuhi baku mutu. Efluen IPAL ini diduga menjadi kontribusi terhadap peningkatan tingkat pencemaran perairan di Sleman. Oleh karena itu, penelitian terkait tingkat pencemaran efluen IPAL diperlukan. Penelitian menggunakan metode analisis konsentrasi polutan, analisis kinerja penyisihan dan analisis indeks pencemaran. Hasil penelitian didapatkan bahwa >50% IPAL untuk kualitas efluen COD, BOD dan Amonia masih memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Namun, 56 IPAL (100% jumlah total IPAL) masih belum memenuhi baku mutu untuk Total coliform. Kedua, 56 IPAL masih memiliki kinerja penyisihan polutan COD, BOD, Amonia dan Total coliform yang rendah (<80% efisiensi). Terakhir, kenaikan tingkat pencemaran IPAL cenderung signifikan tiap tahunnya dan secara rerata kumulatif dari tahun 2017 sampai tahun 2022 terdapat 52 IPAL tercemar berat.*

**Kata kunci:** COD, efluen, indeks pencemaran, penyisihan polutan, total coliform

### 1. PENDAHULUAN

Permasalahan sanitasi merupakan permasalahan yang banyak menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan manusia dan degradasi lingkungan. Permasalahan sanitasi erat hubungannya dengan air tanah dan air permukaan. Kabupaten Sleman merupakan daerah *Recharge Area* di Provinsi Yogyakarta. Kabupaten Sleman menjadi *Recharge Area* bagi daerah – daerah *Discharge Area* di bawahnya seperti Kota Yogyakarta dan Kabupaten Bantul. Cekungan Air Tanah Yogyakarta-Sleman mencakup wilayah di lereng selatan Gunung Merapi hingga Kabupaten Bantul. Saat ini, perkembangan pesat dalam bidang industri dan pertumbuhan penduduk berimbas pada degradasi kualitas dan kuantitas air tanah (Hendrayana and Vicente, 2013)

Dalam pengendalian pencemaran air tanah dan air permukaan, saat ini telah digunakan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) skala permukiman. SPALD-T ini terdiri dari jaringan perpipaan

Sambungan Rumah (SR) dan IPAL – IPAL Domestik Komunal yang berfungsi untuk mengolah air limbah. Teknologi pengolahan yang digunakan pada IPAL – IPAL Domestik ini secara umum menggunakan ABR (*Anaerobic Baffled Reactor*), AF (*Anaerobic Filter*), *Secondary Clarifier* dan bahkan ada yang menggunakan RBC (*Rotating Biological Contactor*) serta HGF (*Horizontal Gravel Filter*) (Brontowiyono, Sulistyono and Rahmawati, 2021)

IPAL – IPAL Domestik di Sleman mengolah *blackwater* maupun *greywater*. Saat ini *septic tank* bukanlah solusi untuk sanitasi melainkan menggunakan IPAL – IPAL Domestik. IPAL – IPAL Domestik mengolah parameter air limbah seperti COD, BOD, Amonia dan *Total Coliform*. Parameter polutan air limbah tersebut berkontribusi dalam tingkat pencemaran efluen air limbah yang berimbas pada pencemaran air tanah maupun air permukaan. Hingga saat ini, sebagian besar IPAL – IPAL Domestik Komunal belum pernah dilakukan kajian tingkat pencemaran air limbahnya terkait

dengan besaran efluen yang dihasilkan. Selain itu belum ada juga kajian mengenai seberapa besar pengaruh polutan air limbah terhadap tingkat pencemaran tiap tahunnya (Khalil and Liu, 2021)

Oleh karena itu, penelitian terkait dengan tingkat pencemaran IPAL ditinjau dari aspek efluennya perlu dilakukan agar dapat direkomendasikan antisipasi dan solusi jika terdapat tingkat pencemaran yang berpotensi membahayakan lingkungan perairan. Penelitian ini dilakukan memiliki tujuan antara lain: 1) Mengkaji konsentrasi polutan air limbah IPAL – IPAL Domestik Komunal di Sleman; 2) Mengkaji kinerja penyisihan polutan IPAL – IPAL Domestik Komunal di Sleman dan 3) Mengevaluasi tingkat pencemaran IPAL – IPAL Domestik Komunal di Sleman.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Pengklasifikasian IPAL

Lokasi penelitian berada di Kabupaten Sleman. Penelitian mencakup 56 OPAL Domestik Komunal di Sleman. 56 IPAL Komunal dipilih karena memiliki data 6 tahun paling lengkap dari 2017-2022 dan memiliki kualitas air limbah yang tak sesuai baku mutu. IPAL – IPAL Domestik ini dilakukan pengklasifikasian berdasarkan teknologi pengolahannya yang mana IPAL Kelompok 1 dengan teknologi ABR+AF, IPAL Kelompok 2 ABR+AF+RBC dan IPAL Kelompok 2 ABR+AF+HGF. IPAL – IPAL Domestik Komunal tersaji pada Tabel 1.

**Tabel 1**  
**IPAL – IPAL Domestik Komunal di Sleman**

Kode Nama	IPAL	Teknologi
1A	IPAL Barongan Maju	ABR+AF
1B	IPAL Huntap Gondang 3	ABR+AF
1C	IPAL Arum Tirta	ABR+AF
1D	IPAL Harapan Asri	ABR+AF
1E	IPAL Semawung Lestari	ABR+AF
1F	IPAL Sombangan Sehat	ABR+AF
1G	IPAL Ngudi Saras	ABR+AF
1H	IPAL Roso Tunggal	ABR+AF
1I	IPAL Rukun Ngemplak	ABR+AF
1J	IPAL Kramen Sehat	ABR+AF
1K	IPAL Kroda	ABR+AF
1L	IPAL Banyu Bening	ABR+AF
1M	IPAL Gondang Asri	ABR+AF
1N	IPAL Randoguwang	ABR+AF
1O	IPAL Sehat Senang Slalu	ABR+AF
1P	IPAL Kuningan Sjahtera	ABR+AF
1Q	IPAL Gading Sehat	ABR+AF
1R	IPAL Bangun Sehat	ABR+AF

1S	IPAL Mitra Sehat	ABR+AF
1T	IPAL Layur Sehat	ABR+AF
1U	IPAL Sehat Sentosa	ABR+AF
1V	IPAL Sedyo Rukun	ABR+AF
1W	IPAL Huntap 1	ABR+AF
1X	IPAL Ngudi Waras	ABR+AF
1Y	IPAL Pepeling Gamol	ABR+AF
1Z	IPAL Berkah 35	ABR+AF
1AA	IPAL Wahana Bina	ABR+AF
1AB	IPAL Kencono	ABR+AF
1AC	IPAL Karanggayam	ABR+AF
1AD	IPAL Sumber Rejeki	ABR+AF
1AE	IPAL Srikandi Mandiri	ABR+AF
1AF	IPAL Sehat Sejahtera	ABR+AF
1AG	IPAL Ngudi Sehat	ABR+AF
1AH	IPAL Kober	ABR+AF
1AI	IPAL Tambakrejo	ABR+AF
1AJ	IPAL Huntap Ploso	ABR+AF
1AK	IPAL Guyup Rukun	ABR+AF
1AL	IPAL Huntap Kuwang	ABR+AF
1AM	IPAL Manunggal Sejati	ABR+AF
1AN	IPAL Huntap 3-4-5	ABR+AF
1AO	IPAL Sido Lancar	ABR+AF
1AP	IPAL Andum Roso	ABR+AF
1AQ	IPAL Tirta Kencana	ABR+AF
1AR	IPAL Mina Sehat	ABR+AF
1AS	IPAL Sumber Sehat	ABR+AF
2A	IPAL Tirta Kencana	ABR+AF+RBC
2B	IPAL Mina Sehat	ABR+AF+RBC
2C	IPAL Sumber Sehat	ABR+AF+RBC
2D	IPAL Legowo	ABR+AF+RBC
2E	IPAL Ngudi Mulyo	ABR+AF+RBC
2F	IPAL Sukunan	ABR+AF+RBC
2G	IPAL Tirto Mili	ABR+AF+RBC
3A	IPAL Sembir Asri	ABR+AF+HGF
3B	IPAL Tirto Asri	ABR+AF+HGF
3C	IPAL Huntap 2	ABR+AF+HGF
3D	IPAL Sehat Sejati	ABR+AF+HGF

Sumber data: DLH Sleman, 2022

### 2.2 Analisis Konsentrasi Polutan

IPAL – IPAL Domestik Komunal di Sleman mengolah polutan air limbah dengan menggunakan teknologi pengolahan yang ada. Pada unit pengolahan awal yaitu melibatkan proses sedimentasi yang terjadi di Settler. Proses pengolahan kedua atau *secondary treatment* terjadi di bak ABR dan AF yang mana terjadi sedimentasi serta filtrasi disini (Von Sperling, 2007). Selanjutnya pengolahan yang biasa diletakkan sebelum *outlet* IPAL yaitu pengolahan oleh *Secondary Clarifier*. Pada pengolahan di unit ini terjadi proses *thickening* (Susanthi *et al.*, 2018). Tambahan untuk pengolahan biologis biasanya diletakkan pada RBC. Lalu untuk *advanced treatment* biasanya digunakan HGF sebagai unit yang mengolah nutiren dan patogen (Kader, 2013)

Baku mutu air limbah yang dikeluarkan oleh IPAL didasarkan pada Peraturan Daerah DIY No. 7 tahun 2016 (Pemda DIY, 2016). Pada analisis konsentrasi polutan, dilakukan analisis terkait dengan kualitas influen dan efluen air limbah yang berasal dari IPAL. Baku mutu disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2**  
**Baku Mutu Air Limbah Domestik**

Parameter	Nilai Baku Mutu Maksimal
COD	75 mg/l
BOD	200 mg/l
Amonia	10 mg/l*
Total Coliform	10.000 MPN/100ml

Sumber data: Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah; \*Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan P.68 Tahun 2016

Pada polutan amonia didasarkan pada Permen LHK P.68 tahun 2016 karena tidak terdapatnya nilai baku mutu pada Perda DIY. Dalam analisis kualitas influen dan efluen, dilibatkan analisis laboratorium. Analisis laboratorium ini telah dilakukan oleh DLH Sleman tiap tahunnya pada IPAL – IPAL tersebut di Bagian Sanitasi Air Limbah P3LH di dalam sub analisis Data Monitoring Kualitas Air Limbah (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2016)

### 2.3 Analisis Kinerja Penyisihan Polutan

Analisis kinerja penyisihan polutan digunakan untuk mengetahui seberapa baik dan efisien polutan pada parameter air limbah terolah. Efisiensi penyisihan polutan pada IPAL – IPAL Domestik akan menunjukkan apakah unit pengolahan pada IPAL – IPAL Domestik saat ini sudah baik atau belum (de Oliveira Cruz *et al.*, 2019). Persamaan yang digunakan adalah untuk penyisihan COD, BOD, Amonia dan *Total Coliform* sebagai berikut (Davis, 2010):

$$\text{COD removal} = \frac{(\text{COD in} - \text{COD out}) \times 100\%}{\text{COD in}} \quad (1)$$

$$\text{BOD removal} = \frac{(\text{BOD in} - \text{BOD out}) \times 100\%}{\text{BOD in}} \quad (2)$$

$$\text{Amonia removal} = \frac{(\text{Amonia in} - \text{Amonia out}) \times 100\%}{\text{Amonia in}} \quad (3)$$

$$\text{Total coliform removal} = \frac{(\text{Total Coliform in} - \text{Total Coliform out}) \times 100\%}{\text{Total Coliform in}} \quad (4)$$

dengan:

in = konsentrasi polutan sebagai influen

out = konsentrasi polutan sebagai efluen

### 2.4 Analisis Indeks Pencemaran

Indeks pencemaran atau yang biasa disebut *pollution index* (PI) merupakan suatu metode pengukuran dalam menentukan seberapa besar suatu badan air mengalami pencemaran (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, 2003). Indeks pencemaran tidak hanya digunakan untuk badan air namun bisa juga diperuntukkan untuk mengetahui pencemaran air tanah dan pencemaran efluen air limbah (Mara, 2003)

Pada penentuan *pollution index* maka dilakukan beberapa langkah untuk pengerjaannya. Pertama, apabila nilai bak Lij mempunyai *range value* dan nilai  $C_i < L_{ij}$  rata – rata maka berlaku persamaan sebagai berikut:

$$(C_i/L_{ij} \text{ baru}) = \frac{(C_i - L_{ij} \text{ rata-rata})}{(L_{ij} \text{ minimum} - L_{ij} \text{ rata-rata})} \quad (5)$$

dengan:

$C_i$  = konsentrasi parameter kualitas air i

$L_{ij}$  = konsentrasi parameter kualitas air i yang tercantum dalam baku peruntukan air j

Syarat:

Penggunaan nilai  $(C_i/L_{ij})$  hasil pengukuran kalau nilai ini  $< 1$

Penggunaan nilai  $(C_i/L_{ij})$  baru jika nilai  $(C_i/L_{ij})$  hasil pengukuran  $> 1$  maka persamaan yang digunakan adalah:

$$(C_i/L_{ij} \text{ baru}) = 1 + P \cdot \log (C_i/L_{ij}) \text{ hasil pengukuran} \quad (6)$$

dengan:

P = konstanta (biasanya bernilai 5)

Lalu digunakan persamaan:

$$\text{Nilai } P_{ij} = \frac{\sqrt{(\frac{C_i}{L_{ij}})^2 M + (\frac{C_i}{L_{ij}})^2 R}}{2} \quad (7)$$

dengan:

$(C_i/L_{ij})M$  = nilai maksimum parameter polutan

$(C_i/L_{ij})R$  = nilai rata – rata parameter polutan

Hasil dari perhitungan dan pengukuran indeks pencemaran lalu dibandingkan dengan tingkatan hasil indeks pencemaran pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 3**  
**Tingkatan Pencemaran Berdasarkan PI**

Pollution Index	Keterangan
$0 \leq P_{ij} \leq 10$	Terpenuhi (baik)
$0 < P_{ij} \leq 5,0$	Tercemar ringan
$5,0 < P_{ij} \leq 10$	Tercemar sedang
$P_{ij} > 10$	Tercemar berat

Sumber data: Kepmen LHK No. 115 Tahun 2003

### 2.5 Analisis Statistik

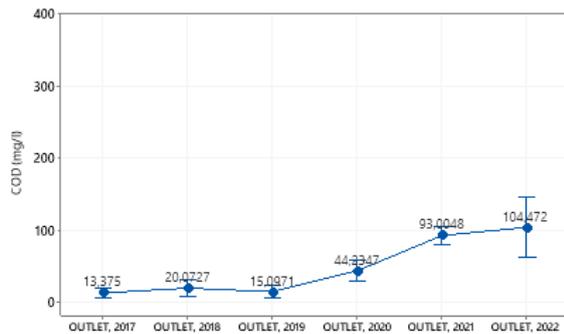
Analisis statistik dilakukan untuk membuat penjelasan lebih jelas terkait dengan statistika deskriptif dan uji statistik lainnya. Dalam analisis ini digunakan analisis koefisien korelasi, *pairwise pearson correlation*, uji signifikansi dan *paired sample t-test*. Koefisien korelasi mempunyai rentang  $-1 \leq r \leq 1$ . Semakin mendekati (+1) maka semakin berhubungan erat. Pada analisis *pairwise pearson correlation* akan menggunakan Minitab 19 sebagai instrumen pengukuran. Lalu untuk uji signifikansi maka akan dilakukan analisis pada variabel efluen air limbah dari parameter – parameter yang ada seperti COD, BOD, Amonia dan *Total colform*.

Pada perhitungan *paired sample t-test* digunakan nilai signifikansi antara dua sampel yang sama pada waktu yang berbeda. *P-value* <0,05 maka bernilai signifikan dan *p-value* >0,05 menyatakan tidak signifikan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Konsentrasi Polutan

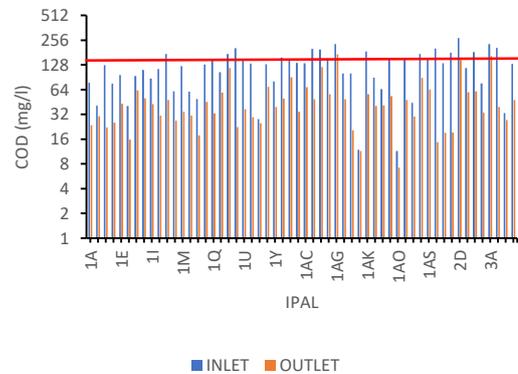
Kualitas efluen COD dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1. Kualitas Efluen COD**  
**(Hasil Analisis, 2023)**

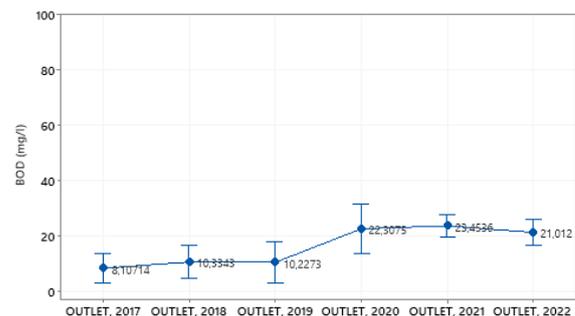
Bisa dilihat pada Gambar 1 bahwa efluen COD tiap tahunnya mengalami peningkatan. Peningkatan ini dari 13,375 mg/l menjadi 104,472 mg/l. Walaupun begitu, kualitas efluen COD masih memenuhi baku mutu. Peneliti menduga bahwa mayoritas IPAL – IPAL Domestik di Sleman masih mampu mendegradasi polutan organik (COD) dengan baik. Hal yang masih menjadi pertanyaan adalah

apakah kualitas efluen COD yang aman ini berimbas juga kepada kinerja penyisihan IPAL yang baik. Untuk nilai rerata kualitas influen dan efluen COD secara kumulatif dapat dilihat pada Gambar 2. Nilai rata-rata kumulatif itu didasarkan pada kualitas influen dan efluen COD dari tahun 2017 sampai tahun 2022.



**Gambar 2. Rata-Rata COD (2017-2022)**  
**(Hasil Analisis, 2023)**

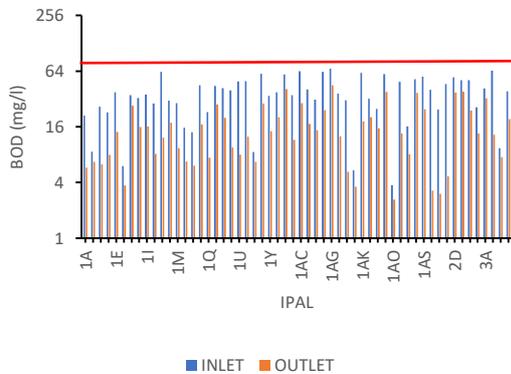
Pada Gambar 2 di atas parameter COD hanya melebihi baku mutu pada nilai influen rata-rata. Secara keseluruhan, nilai rata-rata COD untuk 54 IPAL Domestik (96% jumlah total IPAL) masih memenuhi baku mutu pada kualitas efluennya (<200 mg/l). Sebagian kecil lainnya, merupakan IPAL dengan nilai rata-rata melebihi baku mutu. Ini menandakan bahwa performa IPAL – IPAL Domestik masih mampu menyisihkan polutan COD. Namun yang perlu diperhatikan ialah besaran polutan COD yang masuk sebagai influen. Semakin besar polutan influen maka semakin berat beban pengolahan IPAL (Davis, 2010)



**Gambar 3. Kualitas Efluen BOD**  
**(Hasil Analisis, 2023)**

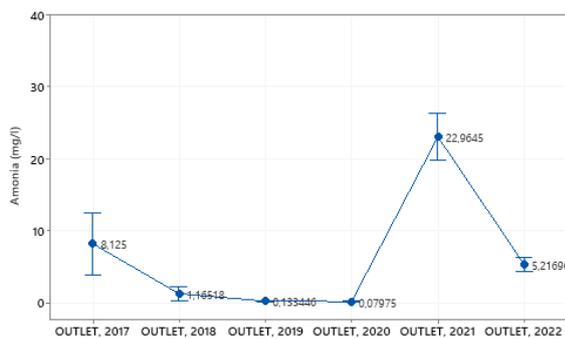
Pada Gambar 3 terlihat bahwa parameter BOD mengalami peningkatan. Namun selama rentang tahun 2021 ke tahun 2022, nilai polutan BOD tersebut melandai. Parameter BOD masih memenuhi baku mutu selama rentang 2017

hingga 2022. Nilai parameter BOD yang cukup rendah ini dikarenakan nilai BOD influen yang cukup rendah pula sehingga beban IPAL dalam mengolah bahan organik secara biologis tidak terlalu berat. Untuk kualitas influen dan efluen rerata BOD dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



**Gambar 4. Rata-Rata BOD (2017-2022)  
 (Hasil Analisis, 2023)**

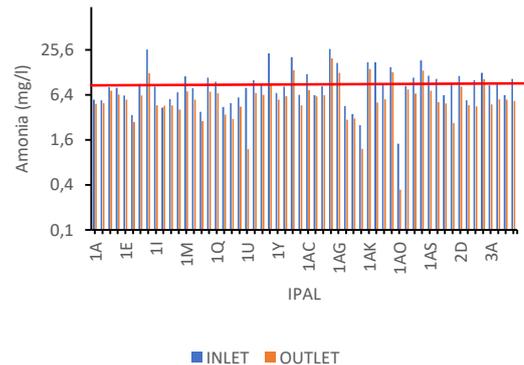
Hampir mirip dengan parameter COD sebelumnya, pada Gambar 4 dapat diinterpretasi untuk parameter BOD pada 56 IPAL Domestik (100% jumlah total IPAL) baik influen maupun efluennya masih berada pada ambang batas aman berdasarkan nilai rerata polutannya. Ini menandakan IPAL – IPAL Domestik masih mampu mengolah BOD. Seiring polutan COD terolah maka polutan BOD juga ikut terdegradasi (Bologun and Ogwueleka, 2021)



**Gambar 5. Kualitas Efluen Amonia  
 (Hasil Analisis, 2023)**

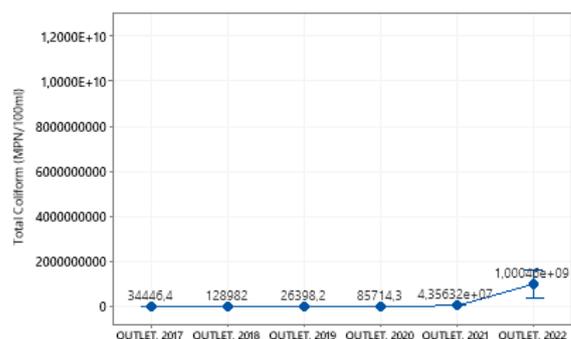
Melihat pada Gambar 5 terlihat bahwa konsentrasi efluen amonia mengalami fluktuasi dari tinggi ke rendah, lalu tinggi lagi hingga terakhir pada 2022 menurun di bawah baku mutu amonia (<10 mg/l). Nilai amonia pada tahun 2019-200 sangat rendah (0-1 mg/l), lalu pada 2021 menjadi sangat tinggi (22-32 mg/l). Hal ini menunjukkan bahwa selama 2019-2020 kondisi Pandemi COVID-19 telah mempengaruhi

kualitas air limbah. Selama 2019-2020 banyak pengguna IPAL yang dirawat di Fasilitas Pelayanan Kesehatan Publik sehingga debit air limbah berkurang. Pada tahun 2021, pengguna IPAL sudah banyak yang beraktivitas dari rumah sehingga terjadi lonjakan polutan amonia kembali. Terakhir, pada tahun 2022 IPAL – IPAL yang ada sudah mulai kembali ke performa normal dalam mengolah polutan amonia (Wasik and Chmielowski, 2017)



**Gambar 6. Rata-Rata Amonia (2017-2022)  
 (Hasil Analisis, 2023)**

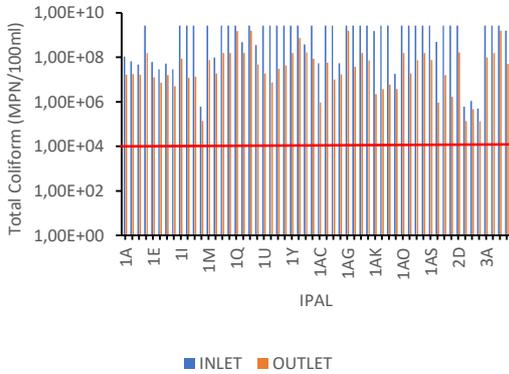
Pada Gambar 6 ada 39 IPAL (70% jumlah total IPAL) masih memenuhi baku mutu. Hanya 17 IPAL saja yang masih belum memenuhi baku mutu. Namun, yang menjadi sorotan adalah penurunan polutan amonia dari influen ke efluen. Dari Gambar 6. dapat dikatakan mayoritas penurunan polutannya masih rendah ditinjau dari *range* grafik antara influen dan efluen.



**Gambar 7. Kualitas Efluen Total Coliform  
 (Hasil Analisis, 2023)**

Pada Gambar 7 terlihat terjadi peningkatan drastis pada parameter *Total coliform* hingga  $10^9$  MPN/100ml. Tentunya ini menjadi potensi pencemaran terhadap air permukaan, air tanah dan permukaan tanah. Tingginya efluen *Total coliform* diduga karena

kualitas influen yang terlampau tinggi, teknologi pengolahan yang kurang bagus dalam pendegradasian *Total coliform* (seperti ABR+AF) dan operasional yang kurang baik. Untuk rata – rata kualitas *Total coliform* dapat dilihat pada Gambar 8. berikut.

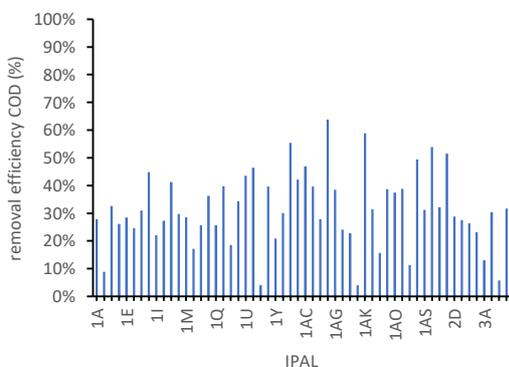


**Gambar 8. Rerata Total Coliform (2017-2022) (Hasil Analisis, 2023)**

Pada Gambar 8 dapat dikatakan bahwa dari tahun 2017-2022 seluruh IPAL Domestik di Sleman telah terbukti belum memenuhi baku mutu untuk *Total coliform*. sebanyak 56 IPAL (100% IPAL) masih memiliki efluen yang tinggi. Pengolahan pada IPAL – IPAL Domestik yang ada memang terjadi namun belum mampu menurunkan polutan sampai pada nilai ambang batas yang aman. Nilai *Total coliform* berkisar  $10^5$ - $10^{10}$  MPN/100ml untuk seluruh IPAL. Konsentrasi *Total coliform* yang sangat tinggi ini menjadi permasalahan sanitasi karena bisa saja peningkatan pencemaran air disebabkan oleh parameter *Total coliform* ini sebagai kontributor utama (Singh *et al.*, 2019)

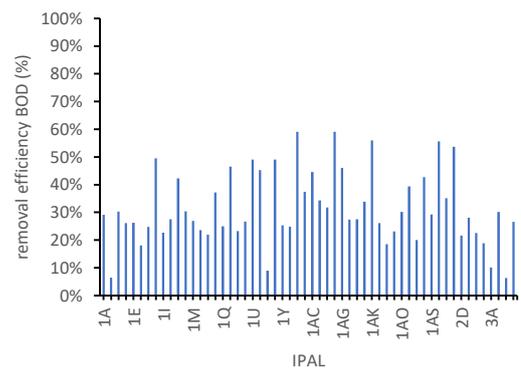
**3.2 Kinerja Penyisihan**

Kinerja penyisihan COD dapat dilihat pada Gambar 9.



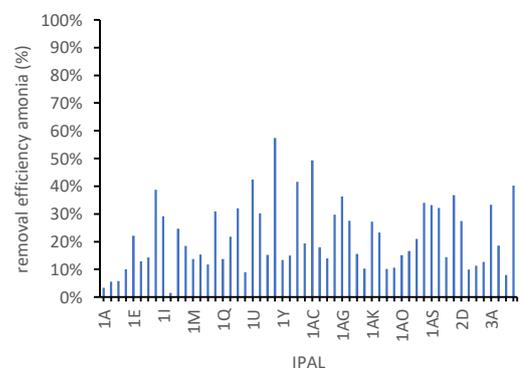
**Gambar 9. Rerata Efisiensi Penyisihan COD (2017-2022) (Hasil Analisis, 2023)**

Berdasarkan Gambar 9 dapat dikatakan bahwa rata – rata efisiensi penyisihan COD secara kumulatif pada IPAL – IPAL Domestik Sleman tergolong masih rendah. Dari tahun 2017 – 2022, efisiensi penyisihan hanya berkisar 30-65%. Efisiensi penyisihan COD yang rendah menandakan IPAL – IPAL Domestik memang masih belum mampu mendegradasi polutan COD, maka bisa saja jika kadar COD di influen terlampau tinggi maka efluen pun bisa saja tinggi (Ahmed *et al.*, 2021)



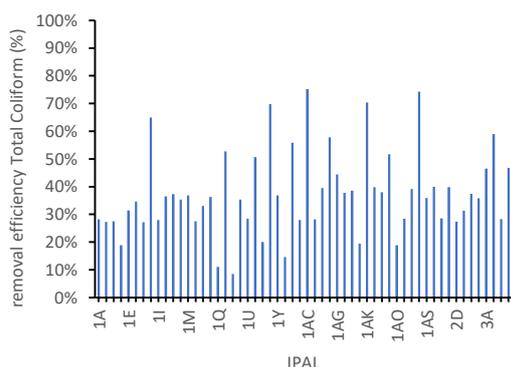
**Gambar 10. Rerata Efisiensi Penyisihan BOD (2017-2022) (Hasil Analisis, 2023)**

Menurut Gambar 10, tergambar bahwa 56 IPAL Domestik memiliki efisiensi penyisihan BOD yang masih rendah (30-60%). Tentunya, hal tersebut didukung oleh efisiensi COD yang masih rendah pula. Untungnya, performa penyisihan polutan BOD yang buruk ini masih ditolong oleh kualitas influen BOD yang masih memenuhi baku mutu (<75 mg/l).



**Gambar 11. Rerata Efisiensi Penyisihan Amonia (2017-2022) (Hasil Analisis, 2023)**

Grafik pada Gambar 11 menunjukkan bahwa 56 IPAL mempunyai efisiensi penyisihan amonia yang rendah (10-50%). Bahkan dari 3 parameter lainnya, parameter amonia adalah yang terendah. Dari rentang tahun 2017-2022, rata-rata efisiensi penyisihan amonia belum ada yang mencapai 70% padahal urgensi pengolahan amonia ini terletak pada bagaimana IPAL bisa mengolah air limbah yang mengandung urin manusia. Buruknya efisiensi penyisihan amonia diduga bisa berkontribusi dalam peningkatan pencemaran perairan (Utami *et al.*, 2019)



**Gambar 12. Rerata Efisiensi *Total coliform* (2017-2022) (Hasil Analisis, 2023)**

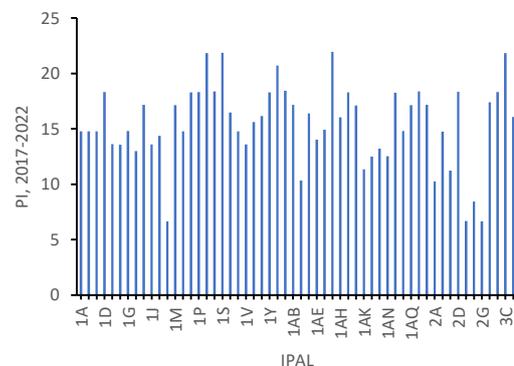
Bisa dilihat pada Gambar 12 bahwa efisiensi penyisihan *Total coliform* secara keseluruhan masih banyak yang rendah (30-70%) untuk 56 IPAL Domestik di Sleman. Sepanjang 2017-2022, efisiensi penyisihan yang rendah ini membuat kinerja pengolahan yang buruk. Maka pantas saja bahwa hal ini mengakibatkan kualitas efluen *Total coliform* terlampaui tinggi. Terbukti pada Gambar 8 sebanyak 100% IPAL masih belum memenuhi baku mutu untuk *Total coliform* (Mulugeta *et al.*, 2020)

### 3.3 Indeks Pencemaran

Indeks pencemaran perairan yang diukur merupakan indeks pencemaran yang berada pada efluen IPAL – IPAL Domestik Komunal di Sleman. Indeks pencemaran digunakan sebagai instrumen untuk mengukur tingkat pencemaran IPAL dengan menganalisis rata-rata efluen IPAL dari tahun 2017 sampai 2022 pada parameter COD, BOD, Amonia dan *Total Coliform* (Geetha Varma *et al.*, 2022).

Nilai rerata indeks pencemaran 56 IPAL Domestik Sleman tersaji pada Gambar 13. Indeks pencemaran yang menentukan tingkat

pencemaran suatu badan air mengacu pada penggolongan tingkat pencemar dalam regulasi Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 115 Tahun 2003.



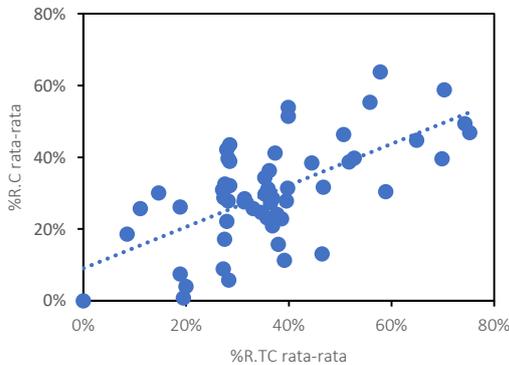
**Gambar 13. Rerata PI IPAL (2017-2022) (Hasil Analisis, 2023)**

Berdasarkan Gambar 13 di atas, rerata tingkat pencemaran IPAL yang tergolong berat terdapat pada 52 IPAL yang diteliti. Sedangkan 4 IPAL yang lain masih tergolong tercemar ringan dan tercemar sedang. 52 IPAL yang memiliki tingkat pencemaran berat (>10) menandakan bahwa beberapa atau bahkan mungkin semua parameter air limbah pada IPAL – IPAL tersebut tidak memenuhi persyaratan. Dari tahun 2017-2022, dapat dianalisis bahwa 52 IPAL yang tercemar berat ini perlu mendapatkan penanganan khusus. Bahkan pada IPAL – IPAL Domestik Sleman yang mempunyai teknologi pengolahan HGF juga berada pada golongan tercemar berat, padahal unit HGF diperuntukkan untuk mengolah nutrien dan patogen (Chand *et al.*, 2021)

Hasil analisis koefisien korelasi menggunakan *pairwise pearson correlation* menginformasikan bahwa nilai hubungan *pollution index* ( $y$ ) dengan efluen *total coliform* ( $x1$ ) sebesar 0,57 dengan  $p$ -value 0,00. Hubungan dengan efluen COD sebesar 0,313 dengan  $p$ -value 0,019. Sedangkan untuk efluen BOD sebesar 0,132 dengan  $p$ -value 0,332 dan efluen amonia 0,077 dengan  $p$ -value 0,572. Dari hasil tersebut, dapat dikatakan bahwa seluruh parameter baik itu COD, BOD, Amonia maupun *Total coliform* memiliki hubungan linear searah (+). Hal ini berarti, mereka berkorelasi positif. Namun, untuk nilai signifikansinya dapat dikatakan bahwa untuk efluen COD dan *Total coliform* berpengaruh signifikan dalam peningkatan tingkat pencemaran. Adapun efluen

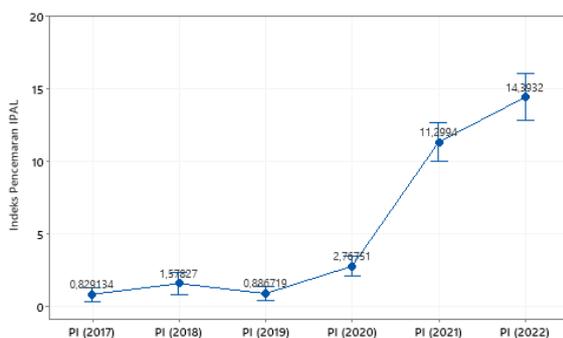
BOD dan amonia berpengaruh tetapi tidak signifikan (Bologun and Ogwueleka, 2021)

Sebagai bukti pendukung bahwa efluen COD dan *Total coliform* berperan besar dalam peningkatan tingkat pencemaran, peneliti menghubungkan antara efisiensi penyisihan COD (%R.C) dengan efisiensi penyisihan *Total coliform* (%R.TC) yang tersaji pada Gambar 14.



**Gambar 14. Hubungan %R.C dengan %R.TC (2017-2022) (Hasil Analisis, 2023)**

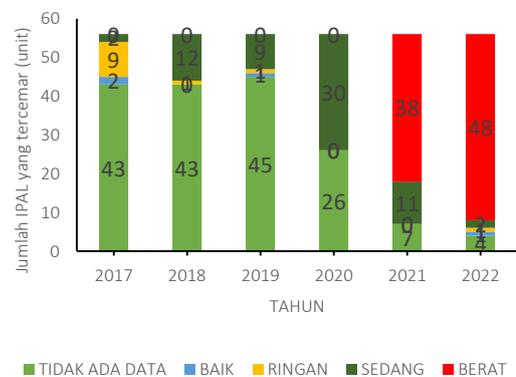
Untuk parameter *Total coliform*, bisa diamati bahwa hubungan antara %R.C dengan efisiensi penyisihan *Total coliform* (%R.TC) cukup erat (0,41) dan mempunyai korelasi hubungan searah (linear +). Pada Gambar 14 tervisualkan bahwa semakin tinggi penyisihan bahan organik (COD) di dalam sistem IPAL maka semakin tinggi juga penyisihan *Total coliform*-nya. Berarti jika penyisihan COD rendah, maka penyisihan *Total coliform* akan rendah. Lalu, efluen IPAL akan memiliki kadar polutan yang tinggi sehingga meningkatkan tingkat pencemaran efluen IPAL. Dampak negatif lebih jauh adalah bisa mencemari air permukaan dan air tanah, terlebih lagi pencemaran oleh *Total coliform* berdampak serius pada kesehatan manusia (Fattouh and Al-Kahtani, 2002)



**Gambar 15. Pollution Index Efluen IPAL**

**(Hasil Analisis, 2023)**

Berdasarkan Gambar 15, indeks pencemaran mengalami peningkatan tiap tahunnya. Ini membuat tingkat pencemaran naik dari tahun 2017 yang masih tergolong baik (0,82) menjadi tergolong berat pada tahun 2022 (14,39). Kenaikan tingkat pencemaran yang masif ini selaras seperti yang terlihat pada Gambar 13 bahwa 50 IPAL secara rerata kumulatif tergolong tercemar berat. Maka diduga pada tahun 2021 dan 2022 merupakan tahun dimana 52 IPAL mengalami perubahan tingkat pencemaran yang signifikan dari tahun – tahun sebelumnya. Jumlah IPAL yang mengalami kenaikan dapat dilihat pada Gambar 16.



**Gambar 16. Klasifikasi IPAL Berdasarkan Indeks Pencemaran (Hasil Analisis, 2023)**

Tingginya tingkat pencemaran IPAL – IPAL Domestik di Sleman juga membuat kesimpulan bahwa kenaikan yang drastis dari parameter *Total coliform* dapat merubah kualitas suatu IPAL secara signifikan (terlihat pada Gambar 7). Hasil uji *t-test* didapatkan bahwa adanya perbedaan signifikan antara PI tahun 2017 dengan 2018 (*p-value* 0,017), PI tahun 2018 dengan 2019 (*p-value* 0,009), PI tahun 2019 dengan 2020 (*p-value* 0,00), PI tahun 2020 dengan 2021 (*p-value* 0,00), dan PI tahun 2021 dengan 2022 (*p-value* 0,00). Hasil tersebut berarti memang menandakan kenaikan klasifikasi dari tingkat tercemar ringan ke berat termasuk signifikan, semuanya terdapat perbedaan yang signifikan (Singh *et al.*, 2019)

**4. KESIMPULAN**

Permasalahan sanitasi merupakan permasalahan yang serius harus ditangani karena

berdampak besar bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat 54 IPAL yang memiliki efluen COD dan BOD yang masih baik memenuhi baku mutu (baku mutu COD <200 mg/l dan BOD <75 mg/l). Lalu terdapat 39 IPAL yang masih mempunyai efluen amonia memenuhi baku mutu (<10 mg/l). Namun untuk parameter *Total coliform*, sebanyak 56 IPAL masih memiliki polutan yang terlampaui tinggi (sekitar  $10^5$ - $10^9$  MPN/100ml). Kedua, kinerja penyisihan pada 56 IPAL didapatkan masih tergolong rendah yaitu untuk COD berkisar 30-65%, BOD 30-60%, Amonia 10-50% dan *Total coliform* 30-70%. Terakhir, tingkat pencemaran yang terjadi pada 56 IPAL Domestik di Sleman didapatkan sebanyak 52 IPAL tercemar berat dan 4 IPAL tercemar sedang. Kenaikan tingkat pencemaran didominasi oleh pengaruh efluen COD dan *Total coliform*. Selain itu, terdapat perbedaan signifikan antara tingkat pencemaran tahun 2022 dengan tahun – tahun sebelumnya (*p-value* 0,00-0,017).

Sebagai saran, maka perlu dilakukannya evaluasi yang mendetail terhadap IPAL – IPAL Domestik di Sleman terkait potensi pencemaran perairan. Saran lainnya adalah perlu dilakukan beberapa perubahan terhadap IPAL – IPAL Domestik di Sleman seperti dilakukannya *upgrading* teknologi pengolahan dan monitoring terhadap parameter operasional IPAL. Hal ini karena diduga aspek lainnya seperti kondisi eksisting dan kondisi *operational maintenance* ikut berkontribusi dalam peningkatan pencemaran efluen IPAL.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Dinas Lingkungan Hidup Sleman dan Magister Teknik Sistem Universitas Gadjah Mada atas kesempatan yang diberikan kepada kami untuk melakukan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, S. *et al.* (2021) 'Performance evaluation of a field-scale anaerobic baffled reactor as an economic and sustainable solution for domestic wastewater treatment', *Sustainability (Switzerland)*, 13(18), pp. 1–11. doi: 10.3390/su131810461.
- Bologun, S. and Ogwueleka, T. (2021) 'coliform removal efficiency of Wupa wastewater treatment plant, Abuja, Nigeria', *Journal of Environmental Engineering and*

*Science*, 3(2), pp. 42–57. doi: <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2021.100024>.

- Brontowiyono, W., Sulisty, E. and Rahmawati, S. (2021) 'Penerapan Clarity Meter Sebagai Alat Ukur Sederhana Kualitas Influen Dan Effluen Pengujian Parameter Tss, Tds, Cod, Dan Bod Di Ipal Palgading Dan Tirto Asri', *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(2), pp. 1–19. doi: 10.20885/jstl.vol13.iss2.art8.
- Chand, N. *et al.* (2021) 'Enhanced removal of nutrients and coliforms from domestic wastewater in cattle dung biochar-packed Colocasia esculenta-based vertical subsurface flow constructed wetland', *Journal of Water Process Engineering*, 41(2), p. 101994. doi: 10.1016/j.jwpe.2021.101994.
- Davis, M. L. (2010) *Waste and Wastewater Engineering: Design Principles and Practice*. First Edit. New York: McGraw Hill, New York.
- Fattouh, F. A. and Al-Kahtani, M. T. (2002) 'The Efficiency of Removal of Total Coliforms, Faecal Coliforms and Coliphages in a Wastewater Treatment Plant in Riyadh', *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 5(4), pp. 466–470. doi: 10.3923/pjbs.2002.466.470.
- Geetha Varma, V. *et al.* (2022) 'A review on decentralized wastewater treatment systems in India', *Chemosphere*, 300(4), pp. 1–7. doi: 10.1016/j.chemosphere.2022.134462.
- Hendrayana, H. and Vicente, V. A. de S. (2013) 'Cadangan Airtanah Berdasarkan Geometri dan Konfigurasi Sistem Akuifer Cekungan Airtanah Yogyakarta-Sleman', *Prosiding Seminar Nasional Kebumihan Ke-6*, 3(2), pp. 356–370.
- Kader, A. (2013) 'Studying the efficiency of greywater treatment by using Rotating Biological Contactors System', *Journal of Environmental*, 1(7), pp. 1–17.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2016) *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Indonesia: Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. Available at: [http://neo.kemenperin.go.id/files/hukum/19](http://neo.kemenperin.go.id/files/hukum/19%20Permen%20LHK%20th%202016%20No.%20P.63%20Baku) Permen LHK th 2016 No. P.63 Baku

- Mutu Air Limbah Domestik.pdf.
- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI (2003) 'Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air', *KLHK*. Indonesia, pp. 1–15. Available at: <http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>.
- Khalil, M. and Liu, Y. (2021) 'Greywater biodegradability and biological treatment technologies: A critical review', *International Biodeterioration and Biodegradation*, 161(4), pp. 1–13. doi: 10.1016/j.ibiod.2021.105211.
- Mara, D. (2003) *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*. First Edit. London: Earthscan, UK and USA.
- Mulugeta, S. *et al.* (2020) 'Consequences of fluctuating depth of filter media on coliform removal performance and effluent reuse opportunities of a bio-sand filter in municipal wastewater treatment', *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(5), pp. 1–6. doi: 10.1016/j.jece.2020.104135.
- de Oliveira Cruz, L. M. *et al.* (2019) 'Using coconut husks in a full-scale decentralized wastewater treatment system: The influence of an anaerobic filter on maintenance and operational conditions of a sand filter', *Ecological Engineering*, 127(7), pp. 454–459. doi: 10.1016/j.ecoleng.2018.12.021.
- Pemda DIY (2016) 'Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah', *Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah*. Yogyakarta, Indonesia. Available at: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/11581>.
- Singh, A. *et al.* (2019) 'Performance evaluation of a decentralized wastewater treatment system in India', *Environmental Science and Pollution Research*, 26(21), pp. 21172–21188. doi: 10.1007/s11356-019-05444-z.
- Von Sperling, M. (2007) *Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal*. First Edit, *Biological Wastewater Treatment Series*. First Edit. London: IWA Publishing, London. doi: 10.2166/9781780402086.
- Susanthi, D. *et al.* (2018) 'Evaluasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan IPAL Komunal di Kota Bogor Evaluation of Domestic Wastewater Treatment Using Communal WWTP in Bogor City', *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(2), pp. 229–238.
- Utami, A. *et al.* (2019) 'Evaluasi Air Buangan Domestik Sebagai Dasar Perancangan Rehabilitasi IPAL Domestik Komunal Kampung Kandang, Desa Condongcatur, Yogyakarta', *Jurnal Presipitasi*, 16(3), pp. 172–179.
- Wasik, E. and Chmielowski, K. (2017) 'Amonia and Indicator bacteria removal from domestic sewage in a vertical flow filter filled with plastic material', *Journal of Ecological*, 106(2), pp. 16–28.