

ESTIMASI EMISI GAS CH₄ PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK KOMUNAL DI KABUPATEN KARAWANG

Mutiara Jelita^{1*}, Wilma Nurrul Adzillah², Azis Kemal Fauzie³

^{1,2,3}*Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik
Universitas Singaperbangsa Karawang*

*e-mail: 2110631270034@student.unsika.ac.id

ABSTRACT

The population growth of Karawang Regency increases the use of drinking water, this has an impact on increasing domestic wastewater generation. Wastewater with high concentrations of pollutants can harm the environment. Wastewater treatment is necessary to ensure its safety when received by receiving water bodies. Wastewater Treatment Plants (WWTPs) are a technology for treating wastewater, on the other hand WWTPs also contribute to greenhouse gas (GHG) emissions. This study aims to assess the estimated amount of GHG emissions using the 2019 IPCC guidelines with the tier one method. There are five WWTPs still actively operating in Karawang Regency in 2025, namely Sindangmukti Village, Sampalan Village, Rengasdengklok Selatan Village, Kalangsari Village, and Tanjungpura Village. All communal domestic WWTPs in Karawang Regency use Anaerobic Baffled Reactor (ABR) technology with a service capacity of 50 households. ABR is a biological treatment with an anaerobic process that produces GHG, namely CH₄ gas. GHG with uncontrolled amounts causes global warming and climate change, so initial mitigation steps are needed by calculating the amount of GHG. Currently, there is no inventory of GHG emissions from communal domestic wastewater treatment plants (WWTPs) in Karawang Regency. CH₄ emissions from communal domestic wastewater treatment plants (WWTPs) in Karawang Regency are estimated at 0.22 Gg CO₂e/year in 2025.

Keywords: WWTP, *Anaerobic Baffled Reactor*, Greenhouse Gases, Domestic Wastewater, CH₄, IPCC 2019

ABSTRAK

Pertumbuhan jumlah penduduk Kabupaten Karawang meningkatkan penggunaan air minum, hal ini berdampak akan timbunan air limbah domestik yang meningkat. Air limbah dengan konsentrasi pencemar yang tinggi dapat membahayakan lingkungan. Perlunya pengolahan air limbah agar aman saat diterima oleh badan air penerima. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) merupakan teknologi untuk mengolah air limbah, di sisi lain IPAL juga turut menyumbang emisi gas rumah kaca (GRK). Studi ini bertujuan untuk mengkaji estimasi jumlah emisi GRK dengan metode panduan IPCC 2019 dengan metode *tier* satu. Terdapat lima IPAL yang masih aktif beroperasi di Kabupaten Karawang pada tahun 2025, yaitu Desa Sindangmukti, Desa Sampalan, Desa Rengasdengklok Selatan, Desa Kalangsari, dan Kelurahan Tanjungpura.

E IISN: 2655-9137



Seluruh IPAL domestik komunal Kabupaten Karawang menggunakan teknologi *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) dengan jumlah layanan 50 KK. ABR merupakan pengolahan biologis dengan proses anaerobik yang menghasilkan GRK, yaitu gas CH₄. GRK dengan jumlah yang tidak dikendalikan mengakibatkan pemanasan global hingga perubahan iklim, maka diperlukannya langkah awal mitigasi dengan menghitung jumlah GRK. Saat ini, masih belum tersedia inventarisasi jumlah GRK IPAL domestik komunal di Kabupaten Karawang. Emisi CH₄ yang dihasilkan oleh IPAL domestik komunal Kabupaten Karawang adalah 0,22 Gg CO₂e/tahun pada tahun 2025.

Kata Kunci: IPAL, *Anaerobic Baffled Reactor*, Gas Rumah Kaca, Air Limbah Domestik, CH₄, IPCC 2019.

PENDAHULUAN

Kabupaten Karawang mengalami kenaikan jumlah penduduk pada 5 tahun terakhir, yaitu 9,65%. Pada tahun 2019 berjumlah 2.353.915 jiwa, sedangkan pada tahun 2024 adalah 2.581.245 jiwa (BPS Kabupaten Karawang, 2024). Selain itu, Kabupaten Karawang juga terkenal dengan kawasan industrinya yang memiliki luas area sebesar 205.759 hektar (Pemkab Karawang, 2015). Fenomena ini selaras dengan studi penelitian oleh Dirgapraja dkk (2019), yang menyatakan peningkatan jumlah penduduk di suatu daerah dapat disebabkan oleh adanya kegiatan ekonomi, seperti kegiatan industri.

Hasil studi penelitian oleh Maizunati & Arifin (2017), pertumbuhan jumlah penduduk memiliki dampak negatif terhadap kualitas air. Dampak ini dikaitkan dengan timbulan air limbah dari kegiatan domestik yang dibuang ke perairan dan menyebabkan pencemaran (Sumantri & Cordova, 2011). Air limbah yang dibuang langsung ke lingkungan akan berdampak buruk untuk kesehatan dan ekosistem. Pengolahan air limbah diperlukan untuk menurunkan beban pencemar, sehingga lebih aman saat dibuang ke lingkungan (Nurhayati & Apip, 2021).

Salah satu upaya menurunkan beban pencemar pada air limbah adalah dengan menggunakan teknologi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). IPAL

domestik komunal yang masih aktif beroperasi terletak di Desa Sindangmukti, Desa Sampalan, Desa Rengasdengklok Selatan, Desa Kalangsari, dan Kelurahan Tanjungpura. Masing-masing desa atau kelurahan memiliki satu bangunan IPAL komunal (DPRKP, 2025).

IPAL membantu menjaga lingkungan dengan menurunkan beban pencemar pada air limbah. Air limbah dapat diolah dengan menggunakan berbagai proses pengolahan fisika, kimia dan biologis (Ullah *et al*, 2024). Aktivitas biologis IPAL membentuk gas rumah kaca (GRK). Pembentukan emisi gas rumah kaca dari pengolahan air limbah disebabkan oleh aktivitas biologis dekomposisi bahan organik yang membentuk CH₄ dan proses nitrifikasi-denitrifikasi yang membentuk N₂O (Kosse *et al*, 2018).

Aktivitas agen biologis ini membutuhkan energi dan kondisi lingkungan yang mendukung aktivitasnya. Aktivitas ini juga menjadi sumber emisi gas rumah kaca (Boiocchi *et al*, 2022). Teknologi IPAL komunal yang dibangun di Kabupaten Karawang adalah *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) (DPRKP, 2025).

Teknologi ABR didesain dengan serangkaian sekat (*baffle*) secara vertikal yang membagi tangki menjadi beberapa kompartemen atau bagian. Aliran air bergerak naik-turun dari satu kompartemen



ke kompartemen lainnya. Hal ini memaksa air limbah berinteraksi dengan sisa lumpur yang memiliki mikroorganisme. ABR merupakan teknologi pengolahan air limbah terdesentralisasi yang baik karena kemudahan penerapan, biaya, dan pengelolaan (Liu *et al*, 2022).

Kontak antara air limbah dengan lumpur berfungsi untuk menguraikan polutan dalam kondisi anaerobik (Pade dkk, 2024). Pengolahan air limbah domestik secara anaerob melewati 3 tahap biologis, yaitu hidrolisis, asidogenesis (fermentasi) dan metanogenesis (Metcalf & Eddy, 2003) :

1. Hidrolisis

Langkah umum yang paling awal adalah bahan partikulat (padat) diubah menjadi senyawa larut yang kemudian dapat diuraikan lebih lanjut menjadi monomer sederhana oleh bakteri yang melakukan fermentasi

2. Asidogenesis

Fermentasi disebut juga sebagai asidogenesis. Proses ini, asam amino, gula, dan beberapa asam lemak diuraikan lebih lanjut. Substrat organik berfungsi sebagai donor dan akseptor elektron. Produk utama dari fermentasi adalah asetat, hidrogen, CO₂, propionat, dan butirat. Propionat dan butirat dapat difermentasi lebih lanjut menjadi hidrogen, CO₂, dan asetat. Produk akhir ini (asetat, hidrogen, CO₂) menjadi prekursor bagi pembentukan metana pada tahap berikutnya, yaitu metanogenesis

3. Metanogenesis

Metanogenesis adalah langkah ketiga, dilakukan oleh kelompok mikroorganisme khusus yang disebut metanogen. Ada dua kelompok utama metanogen. Asetoklastik metanogen adalah kelompok metanogen yang menguraikan asetat menjadi metana (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂), sedangkan hidrogenotrofik metanogen menggunakan hidrogen sebagai donor

elektron dan CO₂ sebagai akseptor untuk menghasilkan metana.

Emisi gas rumah kaca yang tidak dikendalikan jumlahnya akan meningkatkan suhu bumi. Suhu bumi diproyeksikan dapat melampaui 1,5°C di tahun 2030 (IPCC, 2022). Kenaikan suhu bumi menyebabkan pemanasan global yang berdampak pada hilangnya ekosistem paling rapuh dan krisis yang tidak dapat dipulihkan (IPCC, 2019).

Sub-sektor air limbah merupakan kontributor emisi GRK 1,3% secara global (Ge *et al*, 2024), namun emisi gas CH₄ dan N₂O yang berasal dari sub-sektor ini memiliki potensi pemanasan global 27 kali dan 273 kali lebih besar daripada gas CO₂. Mitigasi gas rumah kaca yang paling awal adalah melakukan perhitungan emisi gas rumah kaca secara konsisten (IPCC, 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung estimasi emisi gas rumah kaca dari pengolahan air limbah komunal yang berada di Kabupaten Karawang. Nilai *default* BOD tersedia pada Panduan IPCC 2019, namun penelitian ini menggunakan nilai parameter BOD dari hasil pengujian langsung. Adanya penelitian yang mengkaji hasil perhitungan estimasi emisi gas rumah kaca dapat menjadi referensi dan/atau acuan dalam pengambilan langkah untuk mitigasi emisi gas rumah kaca.

BAHAN DAN METODE

Periode waktu penelitian ini dilakukan selama bulan Desember tahun 2025. Lokasi penelitian ini adalah IPAL domestik komunal di Kabupaten Karawang yang terdiri dari Desa Sindangmukti, Desa Sampalan, Desa Rengasdengklok Selatan, Desa Kalangsari, dan Kelurahan Tanjungpura.

Data primer pada penelitian ini konsentrasi BOD pada bak *inlet* IPAL. Terdapat lima lokasi penelitian, maka sampel air yang dibutuhkan adalah lima sampel yang diambil dari bak *inlet* IPAL.



Data sekunder untuk menghitung emisi CH₄ adalah nilai default dan faktor emisi yang berasal dari IPCC 2019.

Metode pengumpulan sampel air menggunakan SNI 8990-2021 dengan metode *grab-sampling*. Pengujian parameter BOD berdasarkan SNI-6989-72-2009. Waktu pengambilan sampel dilakukan pada jam 05:00 – 08:00 sebagai representasi puncak aktivitas penggunaan air bersih, sehingga hasil pengambilan sampel lebih representatif (Wardini dkk, 2023).

Metode perhitungan emisi menggunakan Panduan IPCC 2019 atau *Guidelines IPCC Refinement 2019 Volume 5, Bab 6, dengan judul Wastewater Treatment and Discharge*. Alur perhitungan pada penelitian ini adalah konversi nilai BOD, TOW, dan perhitungan terakhir emisi CH₄.

Konversi nilai BOD dibutuhkan untuk menghitung jumlah total organik yang disediakan oleh persamaan (1). Asumsi timbunan air limbah adalah 80L/orang/hari (PUPR, 2017), data ini digunakan untuk konversi dari BOD mg/L menjadi BOD g/orang/hari.

$$BOD = (BOD_{inlet} \times 0,001) \times 80 \quad (1)$$

Keterangan:

BOD = BOD *inlet* (g/orang/hari)

BOD_{inlet} = BOD pada air limbah (mg/L) sebelum diolah

0,001 = Konversi ke gram

80 = Timbunan air limbah (L/orang/hari)

Setiap IPAL memiliki dokumen laporan yang berisi informasi data jumlah layanan. Dokumen ini disimpan oleh Kelompok Pengelola dan Pemanfaat (KPP). Terdapat kendala data layanan IPAL Sampalan, karena dokumen tidak dapat diakses. Jumlah layanan IPAL Sampalan merupakan hasil rata-rata dari seluruh IPAL, karena asumsi sebagai angka representatif layanan IPAL.

Setelah nilai BOD terkonversi menjadi BOD g/orang/hari, perhitungan selanjutnya adalah total organik pada air limbah sebelum diolah atau *Total Organic in Wastewater* (TOW). Perhitungan TOW ditunjukkan pada persamaan (2). Adapun daftar jumlah layanan IPAL yang ditunjukkan oleh Tabel 1.

$$TOW = P \times BOD \times (0,001) \times 365 \quad (2)$$

Keterangan:

TOW = Senyawa organik total air limbah (kg BOD/tahun)

P = Layanan (jiwa atau orang)

BOD = BOD *inlet* (g/orang/hari)

0,001 = Konversi BOD gram ke kg

365 = TOW dalam setahun

Tabel 1. Jumlah Layanan IPAL Domestik Komunal

No.	Lokasi	Jumlah Layanan (orang)
1.	Desa Sindangmukti	181
2.	Desa Sampalan	186
3.	Desa Rengasdengklok Selatan	177
4.	Desa Kalangsari	190
5.	Kelurahan Tanjungpura	195
Total		929

Sumber: (DPRKP, 2025).

Pengolahan air limbah dengan teknologi ABR termasuk kategori reaktor anaerob. Faktor emisi yang digunakan adalah 0,48.

Perhitungan emisi CH₄ ditunjukkan oleh persamaan (3):



9 772655 913004

E IISN: 2655-9137

$$\text{Emisi CH}_4 = (\text{TOW} - \text{S}) \times \text{EF} - \text{R}$$

Keterangan:

- Emisi CH₄ = Emisi CH₄ kg CH₄/tahun
- TOW = Total organik dalam air limbah dalam tahun inventori (kg BOD/tahun)
- S = Komponen organik yang dihilangkan dari limbah cair (dalam bentuk lumpur) dari jalur atau sistem pengolahan atau pembuangan (kg BOD/tahun), *default* = 0
- EF = Faktor emisi (kg CH₄/kg BOD), *default* = 0,48
- R = Jumlah dari pemulihan CH₄ dalam tahun inventori (kg

CH₄/tahun), *default* = 0

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada studi penelitian ini tidak menggunakan nilai *default* BOD yang tersedia di Panduan IPCC 2019, melainkan pengujian langsung nilai parameter BOD. Adapun perbedaan satuan dari pengujian langsung, yaitu mg/L, sedangkan satuan yang digunakan dalam panduan adalah g/orang/hari.

Jumlah layanan IPAL diperoleh dari Dinas Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman (2025). Pengujian BOD pada bak *inlet*, selanjutnya akan dikonversi menjadi BOD g/orang/hari. Tabel 2. Menunjukkan informasi nilai BOD dari seluruh IPAL.

Tabel 2. Konversi Nilai BOD

No.	Lokasi	BOD mg/L	BOD g/orang/hari
1.	Desa Sindangmukti	671,75	53,74
2.	Desa Sampalan	607,75	48,62
3.	Desa Rengasdengklok Selatan	607,85	48,63
4.	Desa Kalangsari	650,85	52,07
5.	Kelurahan Tanjungpura	676,85	54,15

Sumber: (Peneliti, 2025).

Setelah konversi nilai BOD, dilanjutkan dengan perhitungan estimasi gas CH₄. Pada studi ini, nilai S dan R menggunakan angka *default* karena tidak adanya pengolahan lumpur dan *recovery* atau penangkapan gas CH₄. Pada faktor emisi menggunakan nilai yang sama karena tipe IPAL yang seragam. Tabel 3 menunjukkan hasil estimasi emisi gas CH₄.

Total emisi gas CH₄ adalah 8.379,68 kg CH₄/tahun. Nilai GWP (*global warming potential*) untuk emisi CH₄ dari kegiatan non-fosil adalah 27 (IPCC, 2019). Konversi hasil akhir estimasi total keseluruhan emisi gas CH₄ dari IPAL domestik komunal Kabupaten Karawang adalah 0,22 Gg CO₂e/tahun.

Tabel 3. Emisi CH₄ IPAL Domestik Komunal

No.	Lokasi	Emisi CH ₄ (kgCH ₄ /tahun)
1.	Desa Sindangmukti	1.704,16
2.	Desa Sampalan	1.584,39
3.	Desa Rengasdengklok Selatan	1.507,97
4.	Desa Kalangsari	1.733,24
5.	Kelurahan Tanjungpura	1.849,91
Total		8.379,68



E IISN: 2655-9137

9 772655 913004

Sumber: (Peneliti, 2025)

Senyawa organik pada air limbah melalui tahapan hidrolisis, fermentasi/asidogenesis dan metanogenik (Metcalf & Eddy, 2003). Kandungan senyawa organik pada air limbah domestik terbentuk dari karbohidrat, protein, nutrisi, minyak dan lemak (Mohana *et al*, 2023). Keberadaan senyawa ini berasal dari kegiatan rumah tangga mencuci pakaian, sisa makanan, memasak, dan penggunaan produk kebersihan (Kogut *et al*, 2026).

Jumlah suatu penduduk, mempengaruhi timbulan air limbah domestik. Wilayah perkotaan memiliki tingkat kepadatan penduduk lebih tinggi dari pada perdesaan. Pada studi Widyarani dkk (2022), wilayah perkotaan memiliki timbulan air limbah yang lebih tinggi dari pada wilayah perdesaan. Hal ini juga berdampak akan tingginya jumlah beban organik, karena aktivitas proses biodegradasi membutuhkan lebih banyak oksigen yang direpresentasikan oleh nilai BOD (Ayuni dkk, 2023). Pada Panduan IPCC 2019, nilai BOD adalah representasi banyaknya senyawa organik yang terurai menjadi gas CH₄ (IPCC, 2019).

BOD berkaitan dengan faktor emisi, karena faktor emisi merupakan hasil perkalian faktor koreksi metana dengan kapasitas produksi maksimum dalam parameter BOD atau COD. Kapasitas produksi maksimum (B₀) CH₄ dari pengolahan air limbah secara teoritis adalah 0,6 kgCH₄/BOD, yaitu per satu kg BOD merepresentasikan emisi 0,6 kgCH₄.

Adapun nilai faktor koreksi metana untuk mendekati nilai aktual di lapangan. Pada pengolahan air limbah dengan reaktor anaerobik memiliki nilai koreksi 0,8. Reaktor anaerob menghasilkan emisi sebanyak 80% dari potensi produksi maksimum CH₄ (IPCC, 2019).

Pengolahan air limbah secara aerob memiliki nilai faktor koreksi metana 0,003 yang lebih kecil dari anaerob. Pengolahan air limbah secara anaerob menghasilkan

emisi CH₄ sebesar 80%, dari pada pengolahan secara aerob 0,3%. IPAL domestik komunal Kabupaten Karawang menerapkan teknologi ABR yang merupakan pengolahan air limbah secara anaerob, sehingga emisi gas CH₄ lebih mendominasi dari pada emisi N₂O (IPCC, 2019).

Metode perhitungan emisi CH₄ dengan panduan IPCC 2019 menggunakan persamaan yang terdiri dari nilai TOW, S, R, dan faktor emisi. Pada studi penelitian ini menggunakan nilai S, R, dan faktor emisi seragam untuk semua lokasi IPAL. Fraksi TOW menjadi satu-satunya nilai yang berbeda dari setiap IPAL. Nilai TOW dipengaruhi oleh jumlah layanan dan nilai BOD yang berbeda dari setiap IPAL.

IPAL Tanjungpura memiliki jumlah layanan dan nilai BOD tertinggi, maka layanan IPAL dan nilai BOD mempengaruhi emisi CH₄. IPAL Rengasdengklok Selatan menghasilkan emisi N₂O terendah. Selain karena jumlah layanan terendah, beban BOD pada IPAL juga yang paling rendah.

Selain disebabkan oleh jumlah layanan dan beban BOD, emisi GRK pada IPAL dapat dipengaruhi oleh pemeliharaan IPAL. Berdasarkan PUPR (2017), pemeliharaan IPAL ABR dapat melakukan pengurasan lumpur. Pengurasan lumpur dapat dilakukan 1 – 3 tahun sekali (Hutagaol & Herumurti, 2020). Jika tidak melakukan pengurasan bak, pembusukan terjadi lumpur kompartemen. Hal ini akumulasi di dasar menjadi pembentukan gas CH₄ yang tidak terkontrol (Yoshida dalam Muin *et al*, 2025).

KESIMPULAN

IPAL domestik komunal Kabupaten Karawang menggunakan teknologi ABR dan kapasitas yang seragam di setiap desa/kelurahan (50 KK), hanya terdapat perbedaan jumlah layanan (per orang). Seragamnya teknologi dan kapasitas IPAL,



menjadikan jumlah layanan dan nilai BOD menjadi faktor utama jumlah emisi gas CH₄. Estimasi emisi gas CH₄ dari IPAL domestik komunal Kabupaten Karawang adalah 0,22 Gg CO₂e/tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayuni, T. S., Bimantara, A., & Suranta. 2023. Pengujian Kualitas Air Berdasarkan Parameter *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan Klorida (Cl). Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat LPPM Universitas Aisyiyah Yogyakarta, 1, 354–362.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Karawang. 2024. Statistik Kesejahteraan Rakyat Kabupaten Karawang. Karawang.
- Badan Standardisasi Nasional. 2009. SNI 6989.72:2009 Air dan air limbah – Bagian 72: Cara uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biochemical Oxygen Demand*). Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2021. SNI 8990:2021: Metode pengambilan contoh uji air limbah untuk pengujian fisika dan kimia. Jakarta: Badan Standardisasi
- Boiocchi, et al. 2023. *A Study on the Carbon Footprint Contributions from a Large Wastewater Treatment Plant. Energy reports*, 9, 274-286.
- Dirgapraja, V. A., Poluan, R. J., & Lakat, R. S. 2019. Pengaruh Pengembangan Kawasan Industri Terhadap Permukiman Kecamatan Madidir Kota Bitung. *Spasial*, 6(2), 282-290.
- Dinas Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman. 2025. Data Bangunan Sanitasi. DPRKP Kabupaten Karawang.
- Ge, M., Friedrich, J. and Vigna, L. 2024. *Four Charts Explain Greenhouse Gas Emissions by Sector. World Resource Institution*.
- Hutagaol, D. G., & Herumurti, W. 2020. Perencanaan Pengurusan dan pengeringan lumpur skala kecil ipald-t kabupaten Gresik. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), 2301-9271.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2019. *Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 6 Vol. 5 Wastewater Treatment and Discharge*.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2022. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. IPCC Sixth Assesment Reports*.
- Kogut, I., Alberts, J., Wölfling, B. M., Hussy, S., Polak, D., & Szwest, M. 2026. *A Critical Review of Domestic Wastewater Pollutants: Exposure Pathways and Treatment Technologies. Clean Technologies*, 8(3), 73.
- Kosse, P., Knoop, O., Lübken, M., Schmidt, T. C., & Wichern, M. 2018. *Methane emissions from wastewater treatment plants. Water Solutions*, 92-95.
- Liu, J., Zang, N., Gao, L., Liu, X., Tian, H., Yue, P., & Li, T. 2022. *A modified packed anaerobic baffled reactor based on phase separation for the treatment of decentralized wastewater: Performance and microbial communities. Biochemical Engineering Journal*, 183, 108455.
- Maizunati, N. A., & Arifin, M. Z. 2017. Pengaruh Perubahan Jumlah Penduduk Terhadap Kualitas Air di Indonesia. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, 15(2), 207-215.
- Metcalf, L., & Eddy, H. P. 2003. *Wastewater engineering treatment and reuse*. McGraw-Hill, New York.
- Mohana, A. A., Roddick, F., Maniam, S., Gao, L., & Pramanik, B. K. 2023. *Component analysis of fat, oil and grease in wastewater: challenges and*



- opportunities. Analytical Methods*, 15(39), 5112-5128.
- Muin, A., Soewondo, P., & Yudison, A. P. 2025. Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca dari Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik sebagai Dasar Pendekatan Perencanaan Sanitasi Rendah Karbon di Kota Bandung. *Jurnal Serambi Engineering*, 10(4).
- Nurhayati dan Apip, S. 2021. Analisis Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Daerah Kabupaten Sumedang dengan Parameter BOD, COD, dan TSS. Universitas Satya Negara Indonesia.
- Pade, G. S., Mangangka, I. R., dan Legrans, R. R. I. 2024. Desain IPAL Komunal *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) Sebagai Unit Pengolahan Air Limbah Domestik Di Perumahan Griya Paniki Indah Kecamatan Mapanget Kota Manado. *Tekno*. 6 (88).
- Pemerintah Daerah Kabupaten Karawang. 2010. Gambaran Umum Kabupaten Karawang. Pemerintah Daerah Kabupaten Karawang.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2017. Permen PUPR Nomor 4 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik. Kementerian PUPR.
- Sumantri, A., & Cordova, M. R. 2011. Dampak limbah domestik perumahan skala kecil terhadap kualitas air ekosistem penerimanya dan dampaknya terhadap kesehatan masyarakat. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 1(2), 127-127.
- Ullah, N., Sheikh, Z., Ahmad, O., & Khan, S. J. 2024. *Performance evaluation of sponge anaerobic baffled reactor for municipal wastewater treatment. Sustainability*, 16(21), 9398.
- Wardini, B. E. P., Hartini, H., & Darmawan, M. I. (2023). Analisis Kebutuhan Air Bersih Untuk Penggunaan Domestik di Dusun Gelogor Desa Lendang
- Widyarani, Wulan, D. R., Hamidah, U., Komarulzaman, A., Rosmalina, R. T., & Sintawardani, N. 2022. *Domestic wastewater in Indonesia: generation, characteristics and treatment. Environmental Science and Pollution Research*, 29(22), 32397-32414.
- Sumantri, A., & Cordova, M. R. 2011. Dampak limbah domestik perumahan skala kecil terhadap kualitas air ekosistem penerimanya dan dampaknya terhadap kesehatan masyarakat. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 1(2), 127-127.
- Ullah, N., Sheikh, Z., Ahmad, O., & Khan, S. J. 2024. *Performance evaluation of sponge anaerobic baffled reactor for municipal wastewater treatment. Sustainability*, 16(21), 9398.
- Wardini, B. E. P., Hartini, H., & Darmawan, M. I. (2023). Analisis Kebutuhan Air Bersih Untuk Penggunaan Domestik di Dusun Gelogor Desa Lendang

