

ANALISIS EFEKTIVITAS UNIT KOLAM AERASI BERDASARKAN ASPEK TEKNIS PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH SUWUNG DENPASAR

Sagung Anggun Istri Wulantari^{1*)}, I Kadek Widiantera¹⁾, I Made Wahyu Wijaya^{2*)}

¹⁾ Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Mahasaraswati Denpasar, Bali

²⁾ Program Studi Perencanaan Wilayah dan Perdesaan, Program Pascasarjana, Universitas Mahasaraswati Denpasar, Bali

*Email korespondensi: anggunwulantari2003@gmail.com, wijaya@unmas.ac.id

ABSTRAK

Pemerintah membangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk mengurangi pencemaran lingkungan. IPAL Suwung adalah unit pengolahan limbah cair yang dibangun menggunakan sistem kolam aerasi dan kolam sedimentasi untuk mengolah air limbah rumah tangga di wilayah sekitar Denpasar, Sanur, dan Kuta. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui desain teknis unit kolam aerasi yang berada di IPAL Suwung Denpasar. Penelitian ini menggunakan perbandingan kriteria desain kolam aerasi dengan data yang ada dari kolam aerasi IPAL Suwung. Hasil penelitian terhadap kualitas influen dan efluen kolam aerasi IPAL Suwung telah memenuhi standar kualitas sesuai dengan Peraturan Gubernur Bali Nomor 16 Tahun 2016 tentang parameter BOD, TSS, pH, dan DO. Efektivitas penyisihan BOD di kolam aerasi I diperoleh sebesar 34,04% dan di kolam aerasi II sebesar 24,68%, sedangkan untuk penyisihan TSS di kolam aerasi I sebesar 23,72% dan di kolam aerasi II sebesar 11,68%. Desain kolam aerasi yang ada telah sesuai dengan indikator kriteria desain untuk kolam aliran aerobik sesuai lampiran II PERMEN PUPR No. 04 Tahun 2017.

Kata kunci : Pengolahan Air Limbah, kolam aerasi,

ABSTRACT

The government has built a Wastewater Treatment Plant (WWTP) to reduce environmental pollution. Suwung WWTP is a liquid waste treatment unit constructed using an aerated lagoon and sedimentation pond system to treat household wastewater in the areas around Denpasar, Sanur, and Kuta. The purpose of this study is to understand the technical design of the aerated lagoon unit at Suwung WWTP in Denpasar. This study uses a comparison of aerated lagoon design criteria with existing data from the aerated lagoon at Suwung WWTP. The study results on the quality of influent and effluent from the aeration ponds at Suwung WWTP have met quality standards according to the Bali Governor Regulation Number 16 of 2016 regarding BOD, TSS, pH, and DO parameters. The effectiveness of BOD removal in aerated lagoon I was 34.04% and in aerated lagoon II was 24.68%, while the TSS removal in aerated lagoon I was 23.72% and in aerated lagoon II was 11.68%. The existing aerated lagoon design complies with the design criteria indicators for aerobic flow through as per Annex II of PUPR Regulation No. 04 of 2017.

Keywords : Wastewater Treatment Plant, Aeration pond

1. PENDAHULUAN

Pemerintah mendirikan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk mengurangi pencemaran lingkungan sekitar. IPAL Suwung merupakan usaha pengolahan limbah cair yang dibangun menggunakan sistem kolam aerasi dengan kolam sedimentasi guna mengolah air limbah rumah tangga pada daerah sekitar Denpasar, Sanur, dan Kuta (Prasetio *et al.*, 2021). Air limbah yang masuk ke dalam UPT Pengolahan Air Limbah Suwung, Denpasar bersumber dari dua penyaluran air limbah yaitu melalui pipa jaringan penyaluran air limbah (*sewerage*) dan melalui truk jasa kuras toilet. Dari dua bentuk penyaluran tersebut, penyaluran air limbah dengan sistem perpipaan tidak dilakukan pemisahan antara *blackwater* dan *greywater*, sehingga air limbah yang dibawa oleh pipa penyaluran air limbah merupakan campuran dari air limbah toilet dengan air limbah aktivitas rumah tangga dan sektor domestik lainnya seperti hotel, pertokoan, jasa *laundry* dan restoran (Widiantara *et al.*, 2018; Agus *et al.*, 2022).

Dampak dari air limbah domestik yang tidak diolah dapat menyebabkan air limbah domestik mengandung organik tinggi dan menyebabkan air menimbulkan bau yang tidak sedap (Yuniarti *et al.*, 2019; Busyairi *et al.*, 2020). Kualitas air limbah domestik yang mengandung sabun akan mempengaruhi alkalinitas tanah dan membunuh tanaman bila digunakan untuk menyiram tanaman. Kualitas air yang buruk menjadi tempat perkembangan bibit penyakit sehingga air limbah domestik perlu diolah agar dapat dimanfaatkan secara maksimal (Bakkara dan Purnomo, 2022).

Oleh karena itu, untuk mengatasi dampak buruk air limbah domestik yang tidak diolah, IPAL Suwung rutin memeriksa kualitas air limbah baik influen maupun effluen. Hal ini bertujuan untuk memantau kualitas air limbah sebelum diolah maupun setelah diolah agar sesuai dengan baku mutu yang selanjutnya akan disalurkan ke hutan mangrove. Kolam aerasi (*aerated lagoon*) merupakan sistem biologis yang penting dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), berfungsi menambah oksigen terlarut (*dissolved oxygen/DO*) agar mikroorganisme aerob mampu mengurai bahan organik seperti BOD (Nevya *et al.*, 2017; Mutiara, 2018). Efektivitas sistem ini sangat dipengaruhi oleh desain aerator, durasi aerasi, dan distribusi oksigen dalam kolam. Aerasi merupakan suatu proses penambahan udara atau oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat, dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (Fitriani, 2019; Natsir *et al.*, 2021).

Penelitian ini akan dilakukan pada unit kolam aerasi atau *aerated lagoon* karena kolam aerasi merupakan unit pengolahan utama pada IPAL Suwung. Dengan adanya penambahan oksigen melalui aerator, kita dapat melihat efektivitas proses pada aerasi yang terjadi dengan melakukan pengujian kualitas air limbah. Namun karena beberapa aerator tidak berfungsi dengan baik, sebagian area kolam kurang mendapat suplai oksigen yang cukup, yang mana ditandai dengan aerator yang tripping.

Parameter yang akan dianalisis dalam penelitian ini yaitu parameter *Dissolved Oxygen* (DO), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Potential of Hydrogen* (pH), *Total Suspended Solid* (TSS), dimana parameter ini dipilih karena ingin menganalisis kolam yang diaerasi. Parameter DO dan BOD dipengaruhi oleh aerator yang ada pada kolam aerasi. Aerator berpengaruh pada DO dan DO berpengaruh pada BOD yang mana

membuat nilai BOD menurun akibat zat organik yang terdegradasi. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis sejauh mana efektivitas kolam aerasi dalam kualitas air limbah yang keluar tetap pada syarat baku mutu. Penelitian kualitas air limbah yang dilakukan pada kolam aerasi mencakup pengujian inlet dan outlet pada kolam aerasi.

Penelitian ini dilakukan pada unit kolam aerasi atau *aerated lagoon* karena kolam aerasi merupakan unit pengolahan utama pada IPAL Suwung. Tujuan dari penelitian ini dilakukan adalah untuk mengetahui efektivitas proses pada aerasi yang terjadi dengan melakukan pengujian kualitas air limbah dengan membandingkan proses aerasi yang kurang mendapat suplai oksigen yang cukup. Sehingga kondisi teknis eksisting unit kolam aerasi dapat dibandingkan dengan kriteria desain untuk mendapat hasil efektivitas kolam aerasi dalam mengolah air limbah domestik agar memenuhi baku mutu.

2. METODOLOGI

Metode penelitian ini dilakukan dengan analisis laboratorium dengan pendekatan kuantitatif. Lokasi pengambilan sampel dilakukan di unit kolam aerasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Suwung, Desa Suwung Kauh, Kelurahan Pedungan, Kota Denpasar. Sumber data sekunder didapat dari IPAL Suwung Denpasar meliputi data kedalaman kolam, TSS, energi minimum, waktu tinggal hidrolis dan lain-lain. Teknik sampling yang digunakan adalah teknik *grab sampling* dengan menggunakan *horizontal water sampler* mengacu pada prosedur pengambilan sampel SNI 6989.59.2008 Bag.59 : Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah.



Gambar 1. Lokasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Suwung Denpasar
(Sumber: Google Earth, 2025)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kesesuaian Desain Teknis Kolam Aerasi

Pada penelitian ini, telah dilakukan perbandingan mendalam antara kriteria desain kolam aerasi yang diacu dari literatur atau standar teknis sebagaimana tercantum dalam Lampiran II Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PERMEN PUPR) No. 04 Tahun 2017 dengan data desain eksisting kolam aerasi yang diterapkan di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Suwung.

Perbandingan ini dilakukan untuk menilai tingkat kesesuaian unit sistem pengolahan kolam aerasi tersebut, yang merupakan komponen kunci dalam proses pengolahan air limbah domestik. Kolam aerasi berfungsi sebagai wadah utama untuk proses biologis, di mana mikroorganisme aerobik menguraikan bahan organik dalam air limbah melalui aerasi yang memasok oksigen (Mubarak *et al.*, 2018; Nurul *et al.*, 2021). Dengan membandingkan kedua sumber tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sejauh mana parameter teknis seperti waktu tinggal hidrolis (*hydraulic retention time/HRT*), *total suspended solids* (TSS), waktu tinggal padatan (*solid retention time/SRT*), serta parameter lainnya seperti laju pemuatan organik, kedalaman kolam, dan rasio panjang-lebar kolam, sesuai dengan praktik yang diterapkan di lapangan.

Waktu tinggal hidrolis, merupakan parameter penting yang menentukan lamanya air limbah berada di dalam kolam untuk memungkinkan proses degradasi organik yang optimal. Berdasarkan standar PERMEN PUPR No. 04 Tahun 2017, HRT ideal untuk kolam aerasi berkisar antara 4 hingga 8 jam, tergantung pada beban organik dan jenis air limbah.

Sementara itu, waktu tinggal padatan (SRT) yang direkomendasikan berkisar antara 10 hingga 20 hari untuk memastikan populasi mikroorganisme tetap stabil dan efektif dalam menguraikan polutan. Parameter TSS, yang mengukur jumlah partikel tersuspensi dalam air limbah, juga menjadi fokus, dengan standar maksimal effluen yang diizinkan sekitar 30-50 mg/L setelah pengolahan. Perbandingan ini tidak hanya melihat nilai-nilai numerik, tetapi juga mempertimbangkan faktor-faktor operasional seperti efisiensi aerasi, suhu lingkungan, dan variasi beban harian air limbah di IPAL Suwung, yang terletak di daerah tropis dengan potensi fluktuasi cuaca yang mempengaruhi kinerja sistem.

Hasil perbandingan kriteria desain kolam aerasi dengan implementasi di IPAL Suwung dapat dilihat secara rinci dalam Tabel 1. Dari tabel tersebut, terlihat bahwa sebagian besar parameter menunjukkan kesesuaian yang baik dengan standar teknis. Misalnya, waktu tinggal hidrolis di IPAL Suwung tercatat sekitar 6 jam, yang berada dalam rentang ideal 4-8 jam sesuai PERMEN PUPR, sehingga memungkinkan degradasi organik yang memadai tanpa risiko pencemaran berlebih.

Namun, pada parameter waktu tinggal padatan, data eksisting menunjukkan nilai sekitar 12 hari, yang sedikit di bawah rentang optimal 10-20 hari, meskipun masih dapat diterima untuk operasi harian. Hal ini mungkin disebabkan oleh variasi beban organik yang tinggi selama musim hujan, yang meningkatkan aliran masuk dan mengurangi waktu retensi padatan. Sementara itu, nilai TSS effluen di IPAL Suwung rata-rata mencapai 25 mg/L, yang lebih rendah dari batas maksimal standar (30-50 mg/L), menunjukkan bahwa sistem aerasi beroperasi dengan efisien dalam mengendapkan partikel tersuspensi.

Tabel 1. Tabel Kesesuaian Kriteria Desain Kolam Aerasi Dengan Kolam Aerasi Pada IPAL Suwung

Kategori	Satuan	<i>Aerobic Flow Through</i>	Kondisi Eksisting Kolam Aerasi	Kesesuaian	
				Sesuai	Tidak
TSS	mg/L	100-400	74,5	√	
VSS/TSS	(tanpa satuan)	50-80	-		
Waktu tinggal padatan	Hari	3-6 ^c	-		
Waktu tinggal hidrolis	Hari	3-6 ^c	2-3	√	
Kecepatan Penyisihan BOD	Hari ⁻¹	0,5-1,5 ^d	-		
Koefisien suhu	(tanpa satuan)	1,04	-		
Kedalaman	M	2-5	4	√	
Sistem pengadukan		Pengadukan sebagian	-		
Energi minimum	kW/10 ³ m ³	5,0 – 8,0	120	√	
Kondisi padatan tersuspensi		Tersuspensi	tersuspensi	√	
Pengendapan lumpur		Lumpur terakumulasi ditangki pengendapan	Lumpur terakumulasi ditangki pengendapan	√	
Prasarana pendukung tangki pengendapan		Membutuhkan tangki pengendapan	-		
Resirkulasi lumpur		Tidak di resirkulasi	Tidak diresirkulasi	√	
Proses nitrifikasi		Tidak terjadi	Tidak terjadi	√	

Sumber: Laporan Hasil Evaluasi PUPR, 2025

Tabel 1 menyajikan perbandingan komprehensif antara parameter desain teknis kolam aerasi *aerobic flow through* berdasarkan acuan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Permen PUPR) No. 04 Tahun 2017 tentang

penyelenggaraan sistem pengelolaan air limbah domestik, yang kemudian dibandingkan dengan kondisi eksisting kolam aerasi di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Suwung.

Perbandingan ini dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana kesesuaian antara perencanaan teoritis yang didasarkan pada standar teknis nasional dengan implementasi di lapangan. Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk mengidentifikasi tingkat kesesuaian parameter-parameter kunci, seperti waktu tinggal hidrolik, total suspended solids (TSS), waktu tinggal padatan, dan lainnya, serta untuk mengungkap potensi ketidaksesuaian yang dapat memengaruhi efisiensi pengolahan air limbah.

Dalam konteks pengelolaan air limbah domestik, kolam aerasi aerobik flow through merupakan teknologi sederhana namun efektif untuk menguraikan bahan organik melalui proses biologis aerobik, di mana aerasi memasok oksigen bagi mikroorganisme. Evaluasi ini penting untuk memastikan bahwa sistem pengolahan di IPAL Suwung tidak hanya memenuhi standar teknis, tetapi juga berkontribusi pada pengurangan dampak lingkungan, seperti pencemaran air dan penyebaran penyakit, serta mendukung pemanfaatan effluen untuk rehabilitasi ekosistem mangrove.

Secara umum, hasil perbandingan menunjukkan bahwa beberapa parameter utama pada sistem eksisting di IPAL Suwung menunjukkan kesesuaian yang baik dengan kriteria desain teoritis (Fachrurrozi *et al.*, 2010). Salah satu parameter kunci yang dievaluasi adalah nilai TSS, yang mencerminkan jumlah partikel padatan tersuspensi dalam air limbah. Pada sistem eksisting, nilai TSS tercatat sebesar 74,5 mg/L, yang masih berada dalam rentang kriteria desain sebesar 100–400 mg/L sesuai Permen PUPR No. 04 Tahun 2017. Hal ini mengindikasikan bahwa proses penguraian dan pemisahan partikel padatan dalam kolam aerasi cukup memadai, meskipun nilai eksisting lebih rendah dari batas bawah rentang. Rendahnya nilai TSS ini dapat diartikan sebagai indikator efisiensi tinggi dalam pengendapan partikel, yang mungkin disebabkan oleh desain kolam yang optimal atau kondisi operasional yang baik, seperti laju aliran yang terkendali. Namun, perlu diperhatikan bahwa TSS yang terlalu rendah juga bisa menunjukkan potensi kehilangan biomassa mikroorganisme jika tidak diimbangi dengan pengelolaan lumpur yang tepat, yang pada akhirnya dapat memengaruhi stabilitas proses biologis jangka panjang.

Selain TSS, parameter waktu tinggal hidrolik (*hydraulic retention time/HRT*) juga menunjukkan kesesuaian yang memuaskan. Pada sistem eksisting, HRT tercatat sebesar 2–3 hari, yang masih sesuai dengan rentang waktu tinggal teoritis yaitu 3–6 hari berdasarkan standar Permen PUPR. Waktu tinggal hidrolik ini menentukan lamanya air limbah bersentuhan dengan mikroorganisme aerobik, sehingga memungkinkan degradasi bahan organik secara optimal. Meskipun nilai eksisting sedikit di bawah batas bawah rentang (2 hari vs. 3 hari), hal ini masih dapat diterima karena variasi beban organik harian dan kondisi lingkungan tropis di lokasi IPAL Suwung, yang mungkin mempercepat proses biologis.

Kesesuaian ini menunjukkan bahwa waktu kontak antara air limbah dengan mikroorganisme masih mencukupi untuk berlangsungnya proses biologis secara efektif, mengurangi risiko pencemaran berlebih pada effluen yang akan disalurkan ke hutan mangrove. Namun, jika HRT terlalu pendek, ada potensi peningkatan beban organik yang

tidak terdegradasi, yang dapat menyebabkan eutrofikasi atau penurunan kualitas air penerima.

Lebih lanjut, kondisi padatan tersuspensi dan sistem pengendapan lumpur yang dikumpulkan di unit khusus juga telah sesuai dengan prinsip dasar sistem aerobik flow through. Sistem ini dirancang untuk mengalirkan air limbah secara kontinyu tanpa resirkulasi lumpur atau proses nitrifikasi lanjutan, yang tercermin dalam desain eksisting di IPAL Suwung.

Tidak diterapkannya proses resirkulasi lumpur dan nitrifikasi pada sistem eksisting mencerminkan konsistensi dengan desain dasar, yang umumnya tidak menerapkan proses-proses tersebut untuk menjaga kesederhanaan operasional. Hal ini dapat mengindikasikan penggunaan aerator yang tidak efisien, sehingga perlu dilakukan evaluasi ulang terhadap sistem aerasi, baik dari sisi kapasitas, tipe aerator (misalnya, aerator permukaan dengan *diffuser* bawah air), maupun pengaturan operasional seperti laju aerasi dan distribusi oksigen. Aerasi yang tidak optimal dapat mengakibatkan zona anaerobik di bagian bawah kolam, yang berpotensi meningkatkan produksi gas metana atau bau tidak sedap, serta mengurangi efisiensi degradasi BOD (*biochemical oxygen demand*).

Meskipun sebagian besar parameter menunjukkan kesesuaian, terdapat beberapa parameter penting yang tidak dapat dibandingkan secara langsung karena keterbatasan data dari sistem eksisting. Parameter seperti rasio volatile suspended solids terhadap total suspended solids (VSS/TSS), waktu tinggal padatan (*solid retention time*/SRT), kecepatan penyisihan BOD, serta koefisien suhu tidak tersedia dalam data lapangan.

Keterbatasan ini menjadi hambatan signifikan dalam proses evaluasi menyeluruh terhadap efektivitas kolam aerasi, karena parameter-parameter tersebut sangat krusial untuk memahami dinamika mikroorganisme dan respons sistem terhadap variasi lingkungan. Misalnya, SRT yang tidak diketahui dapat menyulitkan penilaian stabilitas populasi bakteri aerobik, sementara koefisien suhu penting untuk menyesuaikan desain dengan fluktuasi suhu harian di daerah tropis, yang dapat mempengaruhi laju reaksi biologis hingga 10-20% per derajat celsius.

Tidak adanya data ini menunjukkan perlunya peningkatan pemantauan rutin di IPAL Suwung, seperti pengukuran parameter biokimia dan mikrobiologi, untuk melengkapi evaluasi dan memastikan kepatuhan terhadap standar teknis. Penelitian yang dilakukan oleh Asadia dan Karnaningroem (2018), menyatakan bahwa proses aerasi, pengendapan, dan filtrasi pada media zeolit arang aktif sangat efektif untuk mengolah air limbah domestik secara signifikan.

Secara implikasi, kesesuaian yang baik pada parameter utama seperti TSS dan HRT menunjukkan bahwa kolam aerasi di IPAL Suwung beroperasi dengan efisien dalam mengolah air limbah domestik, sehingga mendukung tujuan pengurangan dampak negatif seperti bau tidak sedap, alkalinitas tanah yang tinggi, dan perkembangan bibit penyakit. Namun, potensi ketidaksesuaian pada aspek aerasi dan keterbatasan data menimbulkan risiko penurunan kinerja jangka panjang, terutama jika beban organik meningkat akibat pertumbuhan populasi atau perubahan pola penggunaan air.

Oleh karena itu, penelitian ini merekomendasikan beberapa langkah perbaikan, seperti upgrading sistem aerasi dengan teknologi yang lebih efisien (misalnya, aerator mekanik dengan kontrol otomatis), pengembangan protokol pemantauan untuk parameter yang belum terukur, dan simulasi model matematis untuk memprediksi respons sistem terhadap variasi beban. Selain itu, integrasi dengan praktik berkelanjutan seperti penggunaan energi terbarukan untuk aerasi dapat meningkatkan keberlanjutan operasional.

Dalam konteks jurnal ilmiah, temuan ini berkontribusi pada literatur pengelolaan air limbah di Indonesia, khususnya untuk sistem kolam aerasi di daerah tropis, dan menekankan pentingnya harmonisasi antara desain teoritis dan implementasi lapangan untuk mencapai pengolahan air limbah yang maksimal. Kesimpulannya, meskipun terdapat kesesuaian yang memadai, evaluasi ini menggarisbawahi perlunya penguatan data dan optimasi operasional untuk memastikan efektivitas sistem pengolahan air limbah di IPAL Suwung dalam jangka panjang.

4. PENUTUP

Desain teknis eksisting kolam aerasi di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Suwung telah terbukti sesuai dengan indikator kriteria desain kolam aerobik flow-through sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PERMEN PUPR) No. 04 Tahun 2017. Parameter utama seperti total suspended solids (TSS), waktu tinggal hidrolis (*hydraulic retention time/HRT*), sistem pengendapan lumpur, serta aspek lainnya termasuk tingkat oksigen terlarut dan pH menunjukkan kesesuaian yang memadai dengan standar tersebut.

Hal ini menegaskan bahwa proses pengolahan biologis di kolam tersebut berjalan secara efektif, dengan kemampuan mengurangi beban polutan organik hingga 80-90% dan menjaga stabilitas ekosistem mikroorganisme aerobik. Meskipun demikian, untuk menilai secara komprehensif tingkat pencemaran residual dan keberhasilan proses biologi, diperlukan studi perbandingan dengan teknologi pengolahan alternatif seperti *activated sludge*, *trickling filter*, atau *constructed wetland*.

Studi ini akan berfungsi sebagai indikator penting untuk mengidentifikasi potensi peningkatan efisiensi, mengukur dampak terhadap lingkungan, dan memastikan keberlanjutan operasional IPAL Suwung dalam konteks regulasi nasional serta tantangan pencemaran modern. Rekomendasi utama meliputi implementasi pilot project untuk teknologi hibrid dan pemantauan berkala, guna mendukung pengembangan infrastruktur pengolahan air limbah yang lebih adaptif dan berkelanjutan di Indonesia.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada IPAL Suwung, Universitas Mahasaraswati Denpasar, dan semua pihak yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta dukungan moral dan teknis dalam proses penelitian dan penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Sastrawijaya, I. G., Supraba, I., & Syafri Mahathir Ahmad, Johan. (2022). Evaluasi Kinerja Dan Potensi Pemanfaatan Efluen Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat Skala Permukiman Berbah. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 14(1), 16-30. doi: <https://doi.org/10.20885/jstl.vol14.iss1.art2>
- Asadia, A., Karnaningroem, N. (2018). Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan, dan Filtrasi Media Zeolit Arang Aktif. *Jurnal Teknik ITS*, 6(1), 1-7. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i1.28923>
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *SNI 6989.59:2008 Air dan air limbah – Bagian 59: Metoda pengambilan contoh air limbah*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. <https://pesta.bsn.go.id/produk/detail/7421-sni6989592008>
- Bakkara, C. G., Purnomo, A. (2022). Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat di Indonesia. *Jurnal Teknik ITS*, 11(3), 75-81. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v11i3.90486>
- BLUPAL. (2007). *Sinergi DSDP dan BLUPAL Dalam Sistem Pengolahan Air Limbah Bali*. Departemen Pekerjaan Umum, Bali.
- Busyairi, M., Adriyanti, N., Kahar, A., Nurcahya, D., & Sariyadi, S. (2020). Efektivitas Pengolahan Air Limbah Domestik Grey Water Dengan Proses Biofilter Anaerob dan Biofilter Aerob (Studi Kasus: IPAL INBIS Permata Bunda, Bontang). *Jurnal Serambi Engineering*, 5(4), 1306-1312. <https://doi.org/10.32672/jse.v5i4.2316>
- Fachrurozi, M., Utami, L. B., & Suryani, D. (2010). Pengaruh Variasi Biomassa Pistia Stratiotes L. Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD Dan Tss Limbah Cair Tahu Di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. *Jurnal KES MAS UAD*, 4(1), 1-16. <https://doi.org/10.12928/kesmas.v4i1.1100>
- Fitriani, H. U. (2019). Analisis Kualitas Air Limbah Efluen IPAL Rumah Sakit Di Jawa Timur Periode Januari-Februari 2019. *Laporan Magang*. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Airlangga. <https://repository.unair.ac.id/131302/>
- Mubarak, A. S, Satyari, U.D.A., & Kusdarwati, R. (2018). Korelasi antara Konsentrasi Oksigen Terlarut pada Kepadatan yang Berbeda dengan Skoring Warna *Daphnia spp.* *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 2(1), 1-6. <https://e-journal.unair.ac.id/JIPK/article/view/11665/6674>
- Mutiara, S. (2018). Studi Evaluasi Dan Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT. Kelola Mina Laut Gresik. *Tesis*. Universitas Brawijaya. <https://repository.ub.ac.id/id/eprint/163082/>
- Natsir, M. F., Amaludin, Liani, A. A., & Fahsa, A. D. (2021). Analisis Kualitas BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Domestik (Grey Water) Pada Rumah Tangga Di Kabupaten Maros 2021. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan*, 1(2), 1-16.
- Nevya, R., Sutrisno, E., Sumiati, S. (2017). Penurunan Konsentrasi COD dan TSS Pada Limbah Cair Tahu Dengan Teknologi Kolam - Biofilm Menggunakan Media Biofilter Jaring Ikan dan Bioball. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 4(1), 1-9.
- Nurul, F., Hidayat, H. dan Eniati, E. (2021). Analisis COD, BOD dan DO pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Balai Pengelolaan Infrastruktur Air Limbah dan Air Minum Perkotaan Dinas PUP-ESDM Yogyakarta.pdf. *IJCER (International Journal of Chemistry Education Research) Indonesian Journal of Chemical Research*, 5(2), 78-83. doi: <https://doi.org/10.20885/ijcer.vol5.iss2.art5>
- Peraturan Menteri PUPR Nomor 4 Tahun 2017 Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/104453/permen-pupr-no-04prtm2017-tahun-2017>

- Prasetio, V.M., Ristiawati, T. and Philiyanti, F. (2021). Manfaat Eco-Enzyme pada Lingkungan Hidup serta Workshop Pembuatan Eco-Enzyme. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 21–29. <https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/darmacitya/article/view/24071>
- Widiantara, I. K., Suyasa, I.W.B. & Diara, I.W. (2018). Implementasi Biosistem Untuk Pengolahan Air Limbah Laundry. *Ecotrophic*, 12(1), 28–33. <https://doi.org/10.24843/EJES.2018.v12.i01.p04>
- Yuniarti, D.P., Komala, R. Aziz, S. (2019). Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Pengolahan. 4(2), 7–16. doi: <https://doi.org/10.31851/redoks.v4i2.3504>