

Pemurnian Air Limbah KPP IPAL Wahana Sejahtera, Dusun Ngebel Gede Menggunakan Teknologi *Microbubble* dan Sinar Ultraviolet dengan Energi Surya yang Ramah Lingkungan dan Berkelanjutan *Wastewater Treatment at KPP IPAL Wahana Sejahtera, Ngebel Gede Distrik, Using Microbubble Technology and Ultraviolet Light with Environmentally Friendly and Sustainable Solar Energy*

Felixtianus Eko Wismo Winarto*, Savitri Citra Budi, Nur Syahrul Anzil Furqoni, Muhammad Rizal
Nur Huda

Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

Diterima: 03 November 2025; Direvisi: 03 Desember 2025; Disetujui: 08 Desember 2025

Abstract

The need for environmentally friendly and sustainable wastewater treatment technology is increasing with industrial growth and urbanization. This service aims to examine the effectiveness of combining water bubble and ultraviolet (UV) light technologies, and also utilizing solar energy as the primary resource in the wastewater purification process. The methods used include wastewater aeration with a micro air bubble system to increase dissolved oxygen and aid in the degradation of organic compounds, followed by UV light exposure for the inactivation of pathogenic microorganisms. Solar energy is used as an alternative resource to operate the aeration system and UV lamps, thus supporting energy efficiency and reducing the carbon footprint. The research results show that this technology combination is capable of significantly reducing Biological Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) levels, while also lowering the number of indicator bacteria to meet the established water quality standards. Thus, the integration of solar energy-based air bubble inside of waste water technology and UV rays has the potential to be an innovative, sustainable, and environmentally friendly solution for treating residential and small-scale industrial wastewater. This service program has been socialized by the Vocational School Health Information Service, UGM, to the user community (KPP Wahana Sejahtera), located at Ngebelgede, Drono RT6, RW33, Sardonoarjo, Ngaglik, Sleman, partners, and the Sleman Environmental Agency, so that the benefits of the program, installed tools, and instruments are realized, and the stakeholder communities understand the importance of the program's sustainability for environmental preservation. With this program, the final result is odour-free water with low turbidity.

Keywords: Wastewater; Environmentally friendly; Sustainability

Abstrak

Kebutuhan akan teknologi pengolahan air limbah yang ramah lingkungan dan berkelanjutan semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan industri dan urbanisasi. Pengabdian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas kombinasi teknologi *air bubble* dan sinar ultraviolet (UV) dengan memanfaatkan energi surya sebagai sumber daya utama dalam proses pemurnian air limbah. Metode yang digunakan meliputi aerasi air limbah dengan sistem *micro air bubble* untuk meningkatkan oksigen terlarut (*Dissolve Oxygen*) dan membantu proses degradasi senyawa organik, diikuti proses selanjutnya dengan paparan sinar UV untuk inaktivasi mikroorganisme patogen

ISSN 3025-633X (print), ISSN 3025-6747 (online)

*Penulis korespondensi: Felixtianus Eko Wismo Winarto

Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Sekip Unit 4, Jl. Yacaranda, Blimbing Sari, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

Email: felix_eko@ugm.ac.id

Copyright © 2025 Jurnal Pengabdian, Riset, Kreativitas, Inovasi, dan Teknologi Tepat Guna (Jurnal Parikesit)
This work is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

seperti bakteri koli dan *nitrat bacteri*. Energi surya digunakan sebagai sumber daya alternatif untuk mengoperasikan sistem aerasi dan lampu UV di waktu siang hari dimana sinar matahari sebagai sumber energi dapat dipanen. Pada malam hari sistem akan dijalankan dengan catu daya dari listrik PLN sehingga mendukung efisiensi energi serta mengurangi jejak karbon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi teknologi ini mampu menurunkan kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) secara signifikan, sekaligus menurunkan jumlah bakteri indikator pencemar hingga mencapai standar kualitas air yang ditetapkan. Dengan demikian, integrasi teknologi *air bubble* dan sinar UV berbasis energi surya berpotensi menjadi solusi inovatif, berkelanjutan, dan ramah lingkungan untuk pemurnian air limbah residen dan industri kecil. Program pengabdian ini telah disosialisasikan oleh Layanan Informasi Kesehatan Sekolah Vokasi, UGM, kepada masyarakat pengguna (KPP Wahana Sejahtera) berlokasi di Ngebelgede, Drono RT 6, RW 33, Sardonoarjo, Ngaglik, Sleman, mitra, dan pihak DLH Sleman, agar disadari kebermanfaatan program, alat dan instrumen yang terpasang sehingga masyarakat *stakeholder* menyadari pentingnya keberlanjutan program ini agar lingkungan menjadi lestari. Dengan program ini mendapat hasil akhir berupa bebas bau dan air berturbiditi rendah.

Kata kunci: Air limbah; Ramah lingkungan; Keberlanjutan

1. PENDAHULUAN

Air limbah yang dihasilkan dari aktivitas domestik maupun industri mengandung senyawa organik, anorganik, serta mikroorganisme patogen yang berpotensi mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia (Metcalf & Eddy, 2014). Sistem pengolahan air limbah konvensional umumnya memerlukan energi listrik yang cukup besar sehingga kurang efisien dan tidak ramah lingkungan, khususnya untuk skala komunitas (Lopez, dkk., 2021; Rahman, dkk., 2021).

Pemanfaatan energi terbarukan, khususnya energi surya melalui panel surya, menjadi solusi berkelanjutan untuk mendukung sistem pengolahan air limbah yang hemat energi dan ramah lingkungan (Martínez, dkk., 2020; Ouyang, dkk., 2022; Singh, dkk., 2022). Penambahan teknologi *microbubble* dan sinar ultraviolet (UV) pada *effluent* IPAL KPP Wahana Sejahtera di Dusun Ngebel Gede, Sardonoarjo, Ngaglik, Sleman, diharapkan mampu meningkatkan kualitas air limbah sekaligus meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya pengolahan air limbah domestik yang berkelanjutan.

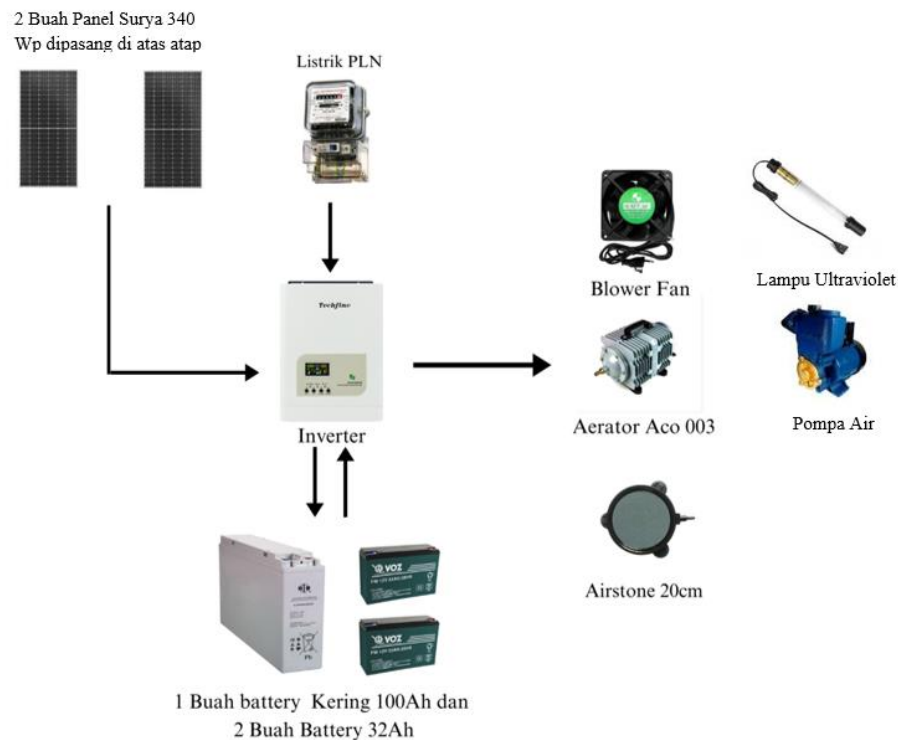
Teknologi *microbubble* terbukti mampu meningkatkan kadar oksigen terlarut (DO) dan menurunkan konsentrasi BOD serta COD secara signifikan (Khan, dkk., 2023; Tanaka, dkk., 2020; Wang, dkk., 2021; Zhang, dkk., 2024). Sementara itu, teknologi sinar ultraviolet efektif dalam menonaktifkan mikroorganisme patogen tanpa menghasilkan residu kimia berbahaya (Singh, dkk., 2022; Zhou, dkk., 2023).

Oleh karena itu, kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk merancang dan menguji sistem pemurnian air limbah menggunakan teknologi *microbubble* dan sinar ultraviolet berbasis energi surya, serta mengevaluasi efektivitasnya dalam meningkatkan kualitas air limbah sesuai baku mutu yang ditetapkan pemerintah (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014).

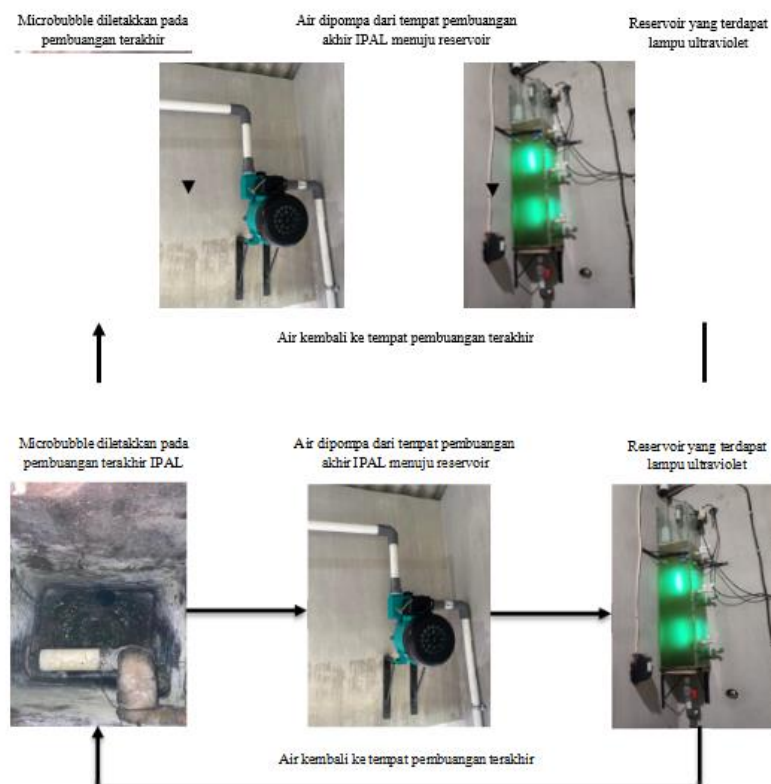
2. METODE PELAKSANAAN

Pembuatan unit *Microbubble* Generator dan sistem sinar ultraviolet (UV) berbasis tenaga surya dilakukan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Wahana Sejahtera yang berlokasi di Sardonoarjo, Ngaglik, Sleman. Penerapan teknologi *microbubble* dan UV dalam pengolahan air limbah telah terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas air, baik melalui peningkatan oksigen terlarut maupun inaktivasi mikroorganisme patogen (Tanaka, dkk., 2020; Wang, dkk., 2021; Zhou, dkk., 2023). Pembuatan *microbubble* memerlukan beberapa komponen seperti **Gambar 1**. Sistem *microbubble* dirancang menggunakan dua panel surya berkapasitas 340 Wp, inverter, baterai kering 100 Ah dan 32 Ah, aerator berdaya 35 W, *airstone* berdiameter 20 cm, pompa air berdaya 350 W, serta dua lampu

ultraviolet berdaya 11 W. Pemanfaatan panel surya sebagai sumber energi utama bertujuan untuk mendukung sistem pengolahan air limbah yang berkelanjutan dan hemat energi (Lopez, dkk., 2021; Rahman, dkk., 2021; Singh, dkk., 2022).



Gambar 1. Rangkaian panel surya



Gambar 2. Siklus pemurnian air limbah

Dari **Gambar 2**, unit *microbubble* generator ditempatkan pada saluran pembuangan terakhir (*effluent*) IPAL dengan ukuran bak 60 cm × 60 cm dan kedalaman air rata-rata 22 cm. Aerator tipe ACO 003 dengan tekanan kerja 0,027 bar dihubungkan dengan airstone menggunakan selang sepanjang 3,5 meter untuk menghasilkan gelembung mikro yang efisien dalam meningkatkan transfer oksigen terlarut (Khan, dkk., 2023; Zhang, dkk., 2024). Air hasil aerasi kemudian dipompa menuju bak penampungan yang dilengkapi dengan lampu UV untuk proses desinfeksi mikroorganisme patogen (Martínez, dkk., 2020; Ouyang, dkk., 2022). Untuk mencegah terjadinya luapan air, sistem dilengkapi dengan sakelar pelampung otomatis pada bak penampungan. Seluruh kebutuhan daya listrik aerator, pompa, dan lampu UV disuplai dari panel surya yang dipasang di atas bilik IPAL dan dihubungkan melalui inverter, sebagaimana direkomendasikan dalam sistem pengolahan air limbah berbasis energi terbarukan (Rahman, dkk., 2021; Singh, dkk., 2022).

Setelah tahap perakitan selesai, dilakukan uji coba sistem dengan mengoperasikan aerator selama 24 jam menggunakan suplai listrik dari inverter. Pengambilan sampel air limbah dilakukan sebanyak tiga kali dalam sehari, yaitu pukul 06.00, 12.00, dan 17.00 WIB. Sampel air kemudian dianalisis di laboratorium untuk mengetahui nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), dan *Total Dissolved Solids* (TDS) sebagai indikator kualitas air limbah (Metcalf & Eddy, 2014).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil uji laboratorium

Keberhasilan sistem pemurnian air limbah dievaluasi berdasarkan penurunan nilai COD, BOD, dan TDS. Penurunan COD merupakan indikator utama yang menunjukkan kemampuan sistem dalam mengoksidasi dan mengurangi kandungan bahan organik dalam air limbah. Peningkatan suplai oksigen terlarut melalui teknologi *microbubble* memungkinkan mikroorganisme aerobik bekerja lebih efektif dalam mendegradasi bahan organik sehingga menurunkan nilai COD secara signifikan (Khan, dkk., 2023; Metcalf & Eddy, 2014; Tanaka, dkk., 2020).

Selain COD, penurunan nilai BOD juga menjadi parameter penting karena mencerminkan berkurangnya kebutuhan oksigen untuk proses dekomposisi biologis bahan organik. Penurunan signifikan pada parameter COD dan BOD menunjukkan bahwa *microbubble* generator berfungsi secara efektif dalam meningkatkan proses pengolahan biologis air limbah (Wang, dkk., 2021; Zhang, dkk., 2024).

Parameter *Total Dissolved Solids* (TDS) turut diamati untuk menilai perubahan karakteristik fisik air limbah. Meskipun teknologi *microbubble* lebih berfokus pada pengurangan bahan organik, penurunan TDS dapat mengindikasikan peningkatan proses flokulasi dan pengendapan partikel terlarut, yang berkontribusi terhadap klarifikasi air secara keseluruhan (Zhou, dkk., 2023). Hasil akhir pengolahan kemudian dibandingkan dengan baku mutu air limbah sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2014).

Tabel 1. Hasil COD, BOD, dan TDS

No.	Parameter	Satuan	Sebelum Pemasangan	Setelah Pemasangan		
			<i>Microbubble</i>	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3
1	TDS	mg/L	411	582	544	558
2	BOD	mg/L	88	112	138	119
3	COD	mg/L	313	276	334	261

Dari **Tabel 1** di atas dapat dilihat bahwa penurunan dapat terjadi pada COD setelah pemasangan *Microbubble Generator*, nilai penurunannya berbeda-beda setiap pengujian. Perbedaan nilai penurunannya ini dipengaruhi oleh aktivitas warga dalam penggunaan toilet setiap waktu pengambilan sampel berbeda-beda. Variasi pengambilan sampel ini dilakukan 3 kali yaitu pada pukul 12.00, 17.00, dan 06.00 WIB. Penurunan nilai COD ini membuktikan bahwa pemasangan *Microbubble Generator* ini efektif digunakan pada IPAL Wahana Sejahtera. Namun, untuk *Total Dissolved Solids* (TDS) dan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dari pengambilan 3 sampel yang sama, pemasangan *Microbubble Generator* belum bisa menurunkan kadar nilainya.

4. KESIMPULAN

Penggunaan *Microbubble Generator* terbukti dapat menurunkan *Chemical Oxygen Demand* (COD), sehingga air limbah yang dibuang ke sungai aman tidak mencemari air sungai. *Generator Microbubble* belum bisa menurunkan kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Total Dissolved Solid* (TDS). Seluruh sistem pengolahan air limbah ini menghilangkan bau dan *effluent* yang jernih (*low turbidity*), protes warga karena bau yang kurang sedap dari air buangan yang keruh dapat dinetralisir. Keberlanjutan program ini, agar dapat diteruskan oleh semua pengguna agar manfaatnya dapat terus dinikmati secara berkesinambungan. Sebaiknya ketertiban adanya iuran bagi pengguna agar diteruskan supaya dapat membiayai perbaikan yang diperlukan di kemudian hari

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada UGM, pihak mitra, serta DLH Sleman yang telah memberi fasilitas dan kerja sama yang baik sehingga program ini bisa berjalan dengan baik dan terukur.

DAFTAR PUSTAKA

- Khan, M., dkk. (2023) Integrated microbubble–oxidation systems for removing organic pollutants from wastewater. *Separation and Purification Technology*, 313, 123456.
- Lopez, A., dkk. (2021) Solar-driven advanced oxidation processes in decentralized wastewater treatment. *Renewable Energy*, 175, 1020–1032.
- Martínez, M., dkk. (2020) Solar uv disinfection efficiency for pathogen reduction in wastewater reuse systems. *Science of the Total Environment*, 728, 138808.
- Metcalf & Eddy. (2014). *Treatment and resource recovery*. 5th ed. Wastewater Engineering New York: McGraw-Hill Education.
- Ouyang, J., dkk. (2022) Photocatalytic & uv disinfection of domestic wastewater using solar energy. *Journal of Cleaner Production*, 352, 131607.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Rahman, A., dkk. (2021) Solar-assisted uv treatment for community-scale wastewater plants water. *Science and Technology*, 83(4), 908–919.
- Singh, R., dkk. (2022). Solar-powered uv disinfection for domestic wastewater treatment. *Journal of Water Process Engineering*, 49, 103077.
- Tanaka, S., dkk. (2020) Application of microbubble aeration to improve domestic wastewater treatment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(5), 104351.
- Wang, H., dkk. (2021). Microbubble technology for removal of pathogenic bacteria. *Wastewater Chemosphere*, 273, 129632.
- Zhou, Y., dkk. (2023) Hybrid microbubble–uv system for enhanced municipal wastewater disinfection. *Water Research*, 237, 119982.
- Zhang, L., dkk. (2024) Energy-efficient wastewater sterilization using micro-nano bubbles. *Environmental Technology & Innovation*, 35, 103220.