

Nomor Urut:

037 A/UN7.F3.6.8 TL/DL/IX/2025

038 A/UN7.F3.6.8 TL/DL/IX/2025

Laporan Tugas Akhir

**PERENCANAAN TEKNIS INSTALASI
PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI
INDUSTRI GARMEN PT X KABUPATEN
SEMARANG**



Disusun Oleh :

AHMAD FAIZ FIKRI

21080122130050

MUHAMMAD BINTANG WAHYUARTA

21080122130079

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Ahmad Faiz Fikri
NIM : 21080122130050
Jurusan/Departemen : Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Undip
Judul Skripsi : Perencanaan Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik
di Industri Garmen PT X Kabupaten Semarang

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Pembimbing I:

Dr. Yustina Metanoia Pusparizkita, S.T., M.T.
H.7. 199203122022022001



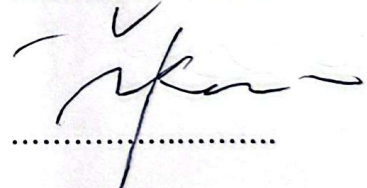
Pembimbing II:

Ir. Pertiwi Andarani, S.T., M.T., M.Eng., Ph.D., IPM
198704202014012001



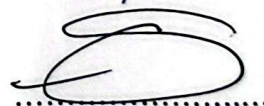
Ketua Penguji:

Dr. Ir. Ika Bagus Priyambada, S.T., M.Eng.
197103011998031001



Anggota Penguji:

Dr. Ing. Ir. Sudarno, S.T., M.Sc., IPU
197401311999031003



Semarang, 26 Januari 2026
Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Undip
Ketua



Prof. Dr. Ir. Badrus Zaman, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.
NIP. 197208302000031001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Muhammad Bintang Wahyuarta
NIM : 21080122130079
Jurusan/Departemen : Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Undip
Judul Skripsi : Perencanaan Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik
di Industri Garmen PT X Kabupaten Semarang

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Pembimbing I:

Ir. Pertiwi Andarani, S.T., M.T., M.Eng., Ph.D., IPM
198704202014012001


.....

Pembimbing II:

Dr. Yustina Metanoia Pusparizkita, S.T., M.T.
H.7. 199203122022022001


.....

Ketua Penguji:

Dr. Ing. Ir. Sudarno, S.T., M.Sc., IPU
197401311999031003


.....

Anggota Penguji:

Dr. Ir. Ika Bagus Priyambada, S.T., M.Eng.
197103011998031001


.....

Semarang, 26 Januari 2026

Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Undip

Ketua



Prof. Dr. Ir. Badras Zaman, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.

NIP. 197208302000031001

ABSTRAK

PT X Kabupaten Semarang merupakan salah satu industri garmen yang memproduksi pakaian dalam wanita untuk di ekspor maupun impor. PT X ini terletak di Desa Samban, Kecamatan Bawen, Kabupaten Semarang. PT X Kabupaten Semarang ini memiliki unit IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) tetapi karena terdapat pembangunan *mess*/asrama baru, maka IPAL yang lama sudah tidak mampu menampung sehingga direncanakan IPAL baru yang dapat menampung semua air limbah domestik yang dihasilkan dari PT X Kabupaten Semarang. PT X Kabupaten Semarang sendiri tidak menghasilkan air limbah dari proses produksinya karena semua bahan yang telah digunakan di daur ulang untuk menjadi bahan yang dapat digunakan kembali sehingga proses produksi pakaian garmen ini tidak menghasilkan limbah apapun. Mengacu pada Permen LH Nomor 11 Tahun 2025 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik dan Standar Teknologi Pengolahan Air Limbah untuk Air Limbah Domestik, kualitas air limbah PT X Kabupaten Semarang belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan, diantaranya COD 426 mg/L; BOD 225,93 mg/L; TSS 354 mg/L; *Fecal Coliform* 91000 MPN/100 ml; Minyak dan Lemak 66 mg/L. Debit puncak yang dihasilkan PT X Kabupaten Semarang sebesar $15,75 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan debit harian yang digunakan dalam perencanaan sebesar $197,11 \text{ m}^3/\text{hari}$. Dari kualitas dan kuantitas air limbah tersebut, dipilih rangkaian unit IPAL yang sesuai dengan karakteristik air limbah PT X Kabupaten Semarang, diantaranya *grease trap*, bak ekualisasi, bak MBBR, bak sedimentasi, bak klorinasi, *sludge drying bed*, dan tangki produksi. Berdasarkan rangkaian unit yang telah direncanakan didapatkan nilai efisiensi penyisihan COD sebesar 95,5%, BOD sebesar 95,48%, TSS sebesar 96%, *Fecal Coliform* sebesar 99,78%, dan Minyak Lemak sebesar 95%. Pemanfaatan *effluent* IPAL PT X Kabupaten Semarang akan digunakan untuk penyiraman ke RTH (Ruang Terbuka Hijau). Dalam perencanaannya dilakukan penyiraman RTH sebanyak 2x yang dilakukan pada pagi dan sore hari untuk memastikan 100% hasil pengolahan IPAL Domestik perusahaan. Dalam peraturan perizinan yang ada, perusahaan juga perlu melakukan penapisan terhadap izin operasi dari IPAL perusahaan. Hal ini ditegaskan dalam Undang – Undang No 32 Tahun 2009 mengenai Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (PPLH) yang mengisyaratkan mengenai PerTek (Persetujuan Teknis) dan diperinci dalam aturan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 5 Tahun 2021 untuk memperjelas prosedur dari instrument PerTek. Terdapat aturan dalam PerMen LHK untuk melakukan *self-screening*, kemudian didapatkanlah aturan jika IPAL domestik yang diresapkan dalam tanah, perusahaan yang berkepentingan hanya perlu melakukan izin dokumen standar teknis. Juga dari perencanaan ini mendapatkan nilai biaya konstruksi sebesar Rp1.301.000,00 dan biaya operasional yang dibebankan per bulan sebesar Rp9.700.000,00. Selain itu juga dihitung biaya internalisasi lingkungan untuk menghitung biaya dampak lingkungan. Didapatkan biaya internalisasi lingkungan sebesar 37,9%.

Kata Kunci: Air Limbah Domestik, IPAL, Permen LH Nomor 11 Tahun 2025, Industri Garmen, Standar Teknis

ABSTRACT

PT X Semarang Regency is a garment industry that produces women's underwear for export and import. PT X is located in Samban Village, Bawen District, Semarang Regency. PT X Semarang Regency has an IPAL (Wastewater Treatment Plant) unit, but due to the construction of a new mess/dormitory, the old IPAL is no longer able to accommodate it, so a new IPAL is planned that can accommodate all domestic wastewater produced by PT X Semarang Regency. PT X Semarang Regency itself does not produce wastewater from its production process because all materials that have been used are recycled to become reusable materials so that the garment production process does not produce any waste. Referring to the Minister of Environment Regulation Number 11 of 2025 concerning Domestic Wastewater Quality Standards and Wastewater Treatment Technology Standards for Domestic Wastewater, the quality of PT X Semarang Regency's wastewater has not met the established quality standards, including COD 426 mg/L; BOD 225.93 mg/L; TSS 354mg/L; Fecal coliform 91000 MPN/100 ml; Oil and Fat 66 mg/L. The peak discharge produced by PT X Semarang Regency is 15.75 m³/hour and the daily discharge used in the planning is 197.11 m³/day. From the quality and quantity of waste air, a series of WWTP units are selected that are in accordance with the characteristics of PT X Semarang Regency's wastewater, including Grease Trap, Equalization Tank, MBBR Tank, Sedimentation Tank, Chlorination Tank, Sludge Drying Bed, and Production Tank. Based on the planned circuit unit, the COD removal efficiency value is 95.5%, BOD is 95.48%, TSS is 96%, Fecal Coliform is 99.78%, and Oil and Fat is 95%. The utilization of WWTP waste from PT X Semarang Regency will be used for watering the RTH (Green Open Space). In the planning, green open space watering was carried out twice, in the morning and evening to ensure 100% processing results from the company's Domestic Wastewater Treatment Plant (WWTP). In existing licensing regulations, companies also need to interpret the operating permits of the company's WWTP. This is emphasized in Law No. 32 of 2009 concerning Environmental Protection and Management (PPLH), which indicates PerTek (Technical Approval) and is detailed in the Regulation of the Minister of Environment and Forestry No. 5 of 2021 to improve the procedures of the PerTek instrument. There are regulations in the Regulation of the Minister of Environment and Forestry for self-screening, then the regulation is obtained if the domestic WWTP is infiltrated into the ground, the company concerned only needs to obtain a permit for technical standard documents. Also from this planning, the construction cost value is Rp1,301,000.00 and the operational costs charged per month are Rp9,700,000.00. In addition, environmental internalization costs are also calculated to calculate environmental impact costs. The environmental internalization cost is obtained at 37.9%.

Keywords: Domestic Wastewater, Wastewater Treatment Plant (WWTP), Minister of Environment Regulation Number 11 of 2025, Garmen Industry, Technical Standard

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring perkembangan zaman, bidang industri juga mengalami kemajuan pesat. Munculnya teknologi baru yang mengubah cara manusia bekerja dan memproduksi barang menjadi indikator penting kemajuan setiap era. Perkembangan ini memicu transformasi industri dan memberikan dampak besar pada berbagai aspek kehidupan.

Menurut Undang-Undang No 3 Tahun (2014) tentang perindustrian yang disebut industri adalah seluruh bentuk kegiatan ekonomi yang mengolah bahan baku dan memanfaatkan sumber daya industri sehingga menghasilkan barang yang mempunyai nilai tambah atau manfaat lebih tinggi, termasuk jasa industri. Terjadinya proses pengolahan bahan baku menjadi barang jadi dalam prosesnya tentu menghasilkan limbah sisa hasil produksi industri. Tidak hanya dari proses produksi, limbah juga bisa dihasilkan dari kegiatan distribusi, operasional dan domestik dari suatu industri. Hal ini dapat berpengaruh terhadap kesehatan lingkungan yang ada di sekitar industri jika tidak dikelola dengan baik.

Berdasarkan BPS Kabupaten Semarang dalam angka tahun (2025), Kabupaten Semarang termasuk wilayah yang memiliki perusahaan industri besar dan sedang yang tidak sedikit. Wilayah konsentrasi industri berada pada Kecamatan Bergas, Tengaran, Bawen, Ungaran Timur dan Pringapus. Jumlah perusahaan industri besar dan sedang di Kabupaten Semarang pada Tahun 2024 tercatat sebanyak 188 industri, meningkat dibandingkan tahun yang lalu. Perusahaan industri besar dan sedang didominasi oleh jenis klasifikasi industri pakaian jadi, yakni sebanyak 47 industri (25%) salah satunya merupakan PT X (nama perusahaan disamarkan) yang bergerak dalam bidang industri garmen.

PT X berlokasi di Desa Samban, Kecamatan Bawen, Kabupaten Semarang ini merupakan sebuah perusahaan yang berfokus pada pembuatan pakaian dalam wanita (garmen) yang dimana hasil produksinya dikirim ke berbagai tempat bahan di ekspor ke luar negeri. Dalam proses produksinya industri ini menggunakan

kembali semua kain yang dipakai dalam proses produksi sehingga dari proses produksinya tidak terdapat limbah. Namun, limbah tetap dihasilkan dari kegiatan domestik seperti dari fasilitas mandi, cuci, dan kakus (MCK). Menurut sumber data dari Berita Acara Verifikasi Izin Pembuangan Air Limbah DLH Kabupaten Semarang, jumlah karyawan dari PT X Kabupaten Semarang mencapai 3.889 orang.

Menurut UU Nomor 18 Tahun 2008 Air limbah domestik dibedakan menjadi dua jenis. Jenis air limbah domestik *black water* dari kegiatan buangan biologis manusia berupa feses dan *gray water* yang merupakan air limbah yang dari dapur, air bekas cuci pakaian, dan air mandi (Purwatiningrum, 2018). Adapun air limbah dengan kualitas yang melampaui baku mutu memiliki dampak negatif terhadap ekonomi dan Kesehatan. Dampak negatif air limbah terhadap nilai ekonomi dan kesehatan apabila air limbah setelah diolah lalu dibuang ke badan air karena tidak ada nilai tambah pada air limbah tersebut dan menimbulkan penyakit pada manusia contohnya penyakit diare dan kholera yang berakibat pada kematian, selain itu menyebabkan oksigen terlarut serta suplai oksigen yang masuk kedalam air berkurang sehingga dapat menimbulkan organisme air akan mati). Maka, keberlanjutan untuk instalasi pengolahan air limbah yang dapat mengolah air limbah agar keluaran yang dibuang ke lingkungan tidak menjadi pencemar) (Nasrullah & Rahmayanti, 2024).

PT X sendiri di tahun 2025 sedang melakukan konstruksi baru yaitu penambahan *mess*/tempat tinggal untuk pekerjanya. Hal ini membuat terjadinya kenaikan kebutuhan air sekaligus kenaikan debit air buangan domestik PT X. Dengan demikian, dibutuhkan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) baru yang dapat menampung dan mengolah air limbah domestik pada industri tersebut untuk mencegah pencemaran lingkungan. Dengan adanya IPAL Domestik di industri tersebut, diharapkan juga air limbah yang dihasilkan dapat diolah dan digunakan kembali menjadi air penyiraman Ruang Terbuka Hijau (RTH) untuk meminimalisir adanya pencemaran lingkungan dan berkontribusi dalam mewujudkan *green industry* di Indonesia.

1.2 Identifikasi Masalah

Berikut identifikasi masalah yang menjadi bahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini yaitu :

1. Air limbah domestik yang dihasilkan dalam kegiatan operasional PT X Kabupaten Semarang mengandung beban pencemar yang dapat mencemari lingkungan.
2. Diperlukan desain baru Instalasi Pengolahan Air limbah (IPAL) yang dapat mengolah air limbah domestik yang lebih besar, dikarenakan terdapat pembangunan asrama/*mess* yang baru sehingga disinyalir debit air buangan makin bertambah.
3. Belum adanya pemanfaatan *effluent* dari IPAL pengolahan air limbah yang dihasilkan oleh kegiatan operasional PT X Kabupaten Semarang.
4. Diperlukan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dalam kegiatan operasional dan pemeliharaan IPAL PT X Kabupaten Semarang.
5. Diperlukan sistem Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) yang diterapkan pada operasional IPAL PT X.

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam perencanaan Tugas Akhir ini yaitu:

1. Bagaimana karakteristik air limbah yang dihasilkan oleh kegiatan operasional dan asrama PT X Kabupaten Semarang?
2. Bagaimana desain baru sistem IPAL yang tepat untuk mengolah air limbah domestik yang dihasilkan oleh kegiatan operasional PT X Kabupaten Semarang?
3. Bagaimana pemanfaatan *effluent* IPAL yang tepat untuk mengolah air limbah yang dihasilkan oleh kegiatan operasional PT X Kabupaten Semarang?
4. Bagaimana perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang diperlukan untuk operasional dan pemeliharaan IPAL PT X Kabupaten Semarang?

5. Bagaimana sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada operasional IPAL PT X?

1.4 Rumusan Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka dirumuskan tujuan sebagai berikut, diantaranya:

1. Untuk menganalisis karakteristik air limbah domestik yang dihasilkan oleh PT X Kabupaten Semarang.
2. Untuk mendesain perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT X Kabupaten Semarang yang tepat sehingga dapat efektif dan efisien.
3. Untuk menganalisis dan menentukan pemanfaatan dari *effluent* yang dihasilkan oleh PT X Kabupaten Semarang.
4. Untuk menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk operasional dan pemeliharaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT X Kabupaten Semarang.
5. Untuk mengetahui bagaimana sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada operasional IPAL PT X

1.5 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada tugas akhir ini bertujuan agar perencanaan yang dibahas dapat fokus pada bahasan tertentu sehingga tidak melampaui ruang lingkup pembahasan. Berikut merupakan pembatasan masalah pada perencanaan ini, antara lain:

1. Ruang Lingkup Kajian
Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT X Kabupaten Semarang difokuskan untuk mengkaji hal-hal berikut, diantaranya:
 - a. Kajian terkait dengan karakteristik air limbah yang dihasilkan oleh PT X Kabupaten Semarang.
 - b. Kajian terkait dengan kondisi eksisting perusahaan PT X Kabupaten Semarang.

- c. Kajian terkait dengan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik yang sesuai dengan karakteristik air limbah yang dihasilkan oleh PT X Kabupaten Semarang.
- d. Kajian terkait dengan perencanaan pemanfaatan *effluent* Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT X Kabupaten Semarang.
- e. Kajian terkait dengan parameter karakteristik yang ada pada effluent Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT X Kabupaten Semarang sesuai Peraturan Menteri LH Nomor 11 Tahun 2025 khususnya untuk pemanfaatan.
- f. Kajian terkait sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik industri Garmen

2. Ruang Lingkup Wilayah

Ruang lingkup wilayah perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada tugas akhir ini adalah kantor dan bangunan yang menghasilkan air limbah domestik di PT X Kabupaten Semarang.

3. Ruang Lingkup Kegiatan

Ruang lingkup kegiatan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) adalah sebagai berikut, diantaranya:

- a. Mengumpulkan data primer dan data sekunder.
- b. Mengolah data yang telah didapatkan dari hasil pengambilan sampel melalui uji laboratorium untuk menganalisis data-data tersebut.
- c. Merencanakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT X Kabupaten Semarang yang efektif dan efisien sehingga *effluent* IPAL dapat dimanfaatkan kembali sebagai penyiraman Ruang Terbuka Hijau (RTH).
- d. Merencanakan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk operasional dan pemeliharaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).
- e. Merencanakan sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) untuk operasional dan pemeliharaan pemeliharaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

1.6 Manfaat Perencanaan

Berikut merupakan beberapa manfaat yang diperoleh dari perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT X Kabupaten Semarang, diantaranya:

1. Bagi Penulis

Perencanaan ini berguna untuk menambah wawasan penulis mengenai perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sehingga dapat diterapkan di masa yang akan datang dan sebagai penerapan ilmu yang telah dipelajari selama berkuliah di Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro serta menyelesaikan tugas akhir sebagai syarat kelulusan..

2. Bagi Perusahaan

Perencanaan ini dapat menjadi masukan dan pertimbangan bagi perusahaan dalam melakukan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) hingga air limbah dapat dimanfaatkan kembali.

3. Bagi Departemen Teknik Lingkungan

Perencanaan ini dapat dijadikan sebagai tambahan referensi terkait dengan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik industri garmen.

DAFTAR PUSTAKA

- Angst, U. M. (2018). Challenges and opportunities in corrosion of steel in concrete. *Materials and Structures*, 51(1), 1–20. <https://doi.org/10.1617/s11527-017-1131-6>
- Bartula, M. (2024). *DECENTRALIZED WASTEWATER TREATMENT: AN INNOVATIVE*. 441–454. <https://doi.org/10.59267/ekoPolj2502441J>
- Bassin, J., Dezotti, M., & Sant’anna, G. (2011). Nitrification of industrial and domestic saline wastewaters in moving bed biofilm reactor and sequencing batch reactor. *Journal of Hazardous Materials*, 185 1, 242–248. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.09.024>
- BPS Kabupaten Semarang. (2025). *Kabupaten Semarang Dalam Angka 2025*. 15.
- Chang, M., Liang, B., Zhang, K., Wang, Y., Jin, D., Zhang, Q., Hao, L., & Zhu, T. (2021). Simultaneous shortcut nitrification and denitrification in a hybrid membrane aerated biofilms reactor (H-MBfR) for nitrogen removal from low COD/N wastewater. *Water Research*, 211, 118027. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.118027>
- Characteristics of Wastewater. (2019). *Advances in Environmental Engineering and Green Technologies*, 1–28. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-9441-3.ch001>
- Chen, N., Wang, X., Huang, M.-L., Maletskyi, Z., Ratnaweera, H., & Bi, X. (2023). Quantitative Study of Biofilm Yield and Biomass Distribution of a Multi-Stage Moving Bed Biofilm System. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4303102>
- Damayanti, S., & Mualim, M. (2024). PENGARUH BIOFILTER BATU SPLIT TERHADAP PENURUNAN KADAR MINYAK DAN LEMAK LIMBAH CAIR DOMESTIK. *Journal of Nursing and Public Health*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:271207223>
- Dutt, S., Singh, S., Dhar, A., & Powar, S. (2022). Multi-attribute sustainability assessment of wastewater treatment technologies using combined fuzzy multi-

- criteria decision-making techniques. *Journal of Cleaner Production*, 357(March), 131849. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131849>
- Harahap, M. R., Amanda, L. D., & Matondang, A. H. (2020). Analisis kadar COD (Chemical Oxygen Demand) dan TSS (Total Suspended Solid) pada limbah cair dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. *Amina*, 2(2), 79–83.
- Hoang, M., Nguyen, T., Tran, C., Tran, P., Nguyen, P., Pham, M. T., Hoang, Q., Vo, T., Hoang, N. T., Du, M., & Bui, X. (2025). *Performance comparison of conventional biological treatment process and membrane bioreactor treating common industrial*. 9(1), 1059–1066.
- Hussin, M., Shamsuddin, M., Jumaidin, R., Zakaria, A., & Jenal, N. (2018). *Portable grease trap for wastewater management system: A conceptual design approach*. 49, 18–24. <https://consensus.app/papers/portable-grease-trap-for-wastewater-management-system-a-hussin-shamsuddin/7246435588075dd7a47b14882aeb3c61/>
- INDONESIA, P. R. (2014). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2014 Tentang Perindustrian*.
- Jaisingh, S., Anju, K., Manoj, S., & Kharat, G. (2017). A hybrid life cycle assessment based fuzzy multi-criteria decision making approach for evaluation and selection of an appropriate municipal wastewater treatment technology. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 2(1), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s41207-017-0019-8>
- Jasem, Y., Jumaha, G., & Ghawi, A. (2018). Treatment of Medical Wastewater by Moving Bed Bioreactor System. *Journal of Ecological Engineering*, 19, 135–140. <https://doi.org/10.12911/22998993/86152>
- Javid, A., Hassani, A., Ghanbari, B., & Yaghmaeian, K. (2013). Feasibility of Utilizing Moving Bed Biofilm Reactor to Upgrade and Retrofit Municipal Wastewater Treatment Plants. *International Journal of Environmental Research*, 7, 963–972. <https://doi.org/10.22059/ijer.2013.679>
- Junaidi, A., & Hindardi, H. (2021). *MONITORING LEVEL NILAI PH HASIL OLAHAN AIR LIMBAH SECARA CEPAT MENGGUNAKAN SMS BERBASIS*

ARDUINO. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:244248327>

- Kamble, S. J., Singh, A., & Kharat, M. G. (2017). A hybrid life cycle assessment based fuzzy multi-criteria decision making approach for evaluation and selection of an appropriate municipal wastewater treatment technology. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 2(1), 9.
- Kamstra, A., Blom, E., & Terjesen, B. (2017). Mixing and scale affect moving bed biofilm reactor (MBBR) performance. *Aquacultural Engineering*, 78, 9–17. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.04.004>
- Koçyiğit, B., Koçyiğit, O., & Şafak, A. (2015). *Abrasion effect of flow on pipes*. 7(1), 9–24.
- Leyva-Díaz, J., Martín-Pascual, J., & Poyatos, J. (2017). Moving bed biofilm reactor to treat wastewater. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 14, 881–910. <https://doi.org/10.1007/s13762-016-1169-y>
- Li, M., Liu, Y., Zhou, X., Wang, N., & Yuan, B. (2023). *A Study on The Carriers Compound Multi-Stage MBBR Biological Treatment Process for Domestic Sewage*.
- Liu, X., Kim, M., Nakhla, G., Andalib, M., & Fang, Y. (2020). Partial nitrification-reactor configurations, and operational conditions: Performance analysis. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8, 103984. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.103984>
- Loganathan, R., Rasappan, K., Jebamani, M. I. S., & Kumar, M. J. N. (2012). Biological treatment of domestic wastewater using sequential batch reactor (SBR). *Indian Journal of Environmental Protection*, 32(7), 554–559. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84873433716&partnerID=40&md5=979fb1e18babfeffcce032bf739c804c>
- Madan, S., Madan, R., & Hussain, A. (2022). Advancement in biological wastewater treatment using hybrid moving bed biofilm reactor (MBBR): a review. *Applied Water Science*, 12(6), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01662-y>
- Metcalf, L. (2003). Wastewater engineering: treatment and reuse. Metcalf & Eddy

- Inc. McGraw-Hill Inc., New York. Mohammed, AN and ElBably, MA (2016). *Technologies of Domestic Wastewater Treatment and Reuse: Options of Application in Developing Countries. JSM Environ Sci Ecol*, 4(3), 1033.
- Mitra, P., Sharma, U., Kumar, M., & Samdavid, S. (2021). Hydrodynamics and mixing characteristics of packed bed biofilm reactor with varying voidage. *Journal of Physics: Conference Series*, 1979. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1979/1/012008>
- Nasional, B. S. (2008). Air dan air limbah - Bagian 59: Metoda Pengambilan Contoh Air limbah. *Sni 6989.59:2008*, 59, 19. http://ciptakarya.pu.go.id/plp/upload/peraturan/SNI_-6989-59-2008-_Metoda-Pengambilan-Contoh-Air-Limbah.pdf
- Nasrullah, Z., & Rahmayanti, A. (2024). Eksploitasi Efektivitas Pengolahan Air Limbah Domestik: Pendekatan Teknologi Ramah Lingkungan. *Kerja Praktek Teknik Lingkungan*, 1(1), 36–45.
- Ng, J., Wong, D., Kutty, S., & Jagaba, A. (2021). *Organic and nutrient removal for domestic wastewater treatment using bench-scale sequencing batch reactor*. 2339, 20139. <https://doi.org/10.1063/5.0045224>
- Olabode, G. S., Olorundare, O. F., & Somerset, V. S. (2020). Physicochemical properties of wastewater effluent from two selected wastewater treatment plants (Cape Town) for water quality improvement. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(12), 4745–4758. <https://doi.org/10.1007/s13762-020-02788-9>
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup/Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2025, 11 Jakarta 1 (2025). <https://paralegal.id/downloads/?url=aHR0cHM6Ly9kb2NzLnBhcmFsZWdhbC5pZC9QRVJNRU4vUEVSTUVOTEgtQ1BMS08yMDI1L1BFUk1FTkxILUJQTEgtMTEtMjAyNS5wZGY=&text=Download> Peraturan Menteri Lingkungan Hidup%2FBadan Pengendalian Lingkungan Hidup Nomor 11 Tahun 2025
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor

- 04/PRT/M/2017 Tahun 2017 Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik (2017).
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 04 Tahun 2017 Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik. (2017).
- Pervez, N., Balakrishnan, M., Hasan, S. W., & Choo, K. (2020). OPEN A critical review on nanomaterials membrane bioreactor (NMs-MBR) for wastewater treatment. *Npj Clean Water*. <https://doi.org/10.1038/s41545-020-00090-2>
- Pham, A., Moussavi, S., Thompson, M., & Dvorak, B. (2021). Environmental life cycle impacts of small wastewater treatment plants: Design recommendations for impact mitigation. *Water Research*, 207, 117758. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117758>
- Phan, N. N., Dang, N. H. T., Le, K. H., Duong, Y. H., & Pham, L. P. T. (2024). Performance evaluation of MBR-RO technology for domestic wastewater treatment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1383(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1383/1/012009>
- PLPP, D. (2018). Detailed Engineering Planning Guidelines for Off-Site Domestic Wastewater Treatment System (BOOK A). *Director General of Cipta Karya Ministry of Public Works and Public Housing*, 53(9), 1689–1699.
- Purwatiningrum, O. (2018). Description of communal domestic wastewater treatment plant in Kelurahan Simokerto, Kecamatan Simokerto, Kota Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(2), 211.
- Putri, M., & Purnomo, Y. (2024). *Sistem Pengolahan dan Aplikasi Pemanfaatan Air Limbah Kegiatan Industri dan Kegiatan Domestik di PT. XX Kabupaten Sidoarjo*. 4(2), 5–10.
- Qasim, S., & Zhu, G. (2018). *Wastewater Treatment and Reuse Theory and Design Examples*.
- Raishsha, R., & Mardyanto, M. A. (2017). *Design of the wastewater treatment system of an office building*. 1, 48–62. <https://doi.org/10.22515/sustinere.jes.v1i2.15>

- Said, N. I. (2015). *PENGHILANGAN POLUTAN ORGANIK DAN PADATAN TERRSUSPENSI DI DALAM AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN PROSES MOVING BED BIOFILM REACTOR (MBBR)*. 8(1), 33–46.
- Sandanam, S., & Ratnayake, N. (1985). Some characteristics of domestic wastewater. *Institute of Engineers of Sri Lanka: Colombo, 1985*.
- Saputri, I., Fatimatuzzahra, F., & Lestari, Y. (2023). Analisa Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) Pada Limbah Cair Disekitar Kawasan Penambangan Batubara Kabupaten Bengkulu Utara. *Organisms: Journal of Biosciences*, 3(2), 63–69.
- Shamsabadizadeh, M., Mehrdadi, N., & Baghvand, A. (2025). Enhancing Wastewater Treatment Efficiency Using MBBR: A Media Selection Approach. *Journal of Advances in Environmental Health Research*. <https://doi.org/10.34172/jaehr.1371>
- Soewondo, P., Fauzi, M., Gumilar, A., Hastuti, E., Darwati, S., & Ebie, Y. (2025). Evaluating Performance Testing for Fabricated Wastewater Treatment Plant in Indonesia. *Future Cities and Environment*. <https://doi.org/10.70917/fce-2025-010>
- Solichin, M. (2012). Pengelolaan Limbah Cair Proses Biofilm Tercelup (Submerged Biofilter). *Universitas Brawijaya*.
- Sollfrank, U., Kappeler, J., & Gujer, W. (1992). Temperature Effects on Wastewater Characterization and the Release of Soluble Inert Organic Material. *Water Science and Technology*, 25(6), 33–41. <https://doi.org/10.2166/wst.1992.0112>
- Sulaeman, Darmawan, A. R. B., Siagian, R. A., Suyanto, Riyadi, S., & Wakidah, R. N. (2023). Simulasi Software PLC Dan HMI SIEMENS TIA Portal Pada Proses Netralisasi pH Air Limbah. *JURNAL TECNOSCIENZA*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:273812905>
- Sultana, N., Roddick, F., Jefferson, B., Gao, L., Bergmann, D., Papalois, J., Guo, M., Tzimourtas, K., & Pramanik, B. (2023). Effectiveness of grease interceptors in food service establishments for controlling fat, oil and grease

- deposition in the sewer system. *The Science of the Total Environment*, 169441. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169441>
- Temesgen, G., Lelago, A., Assefa, E., & Admasie, A. (2023). Evaluation of chlorination efficiency on improving microbiological and physicochemical parameters in water samples available in Sheble Berenta district Amhara region, Ethiopia. *Applied Water Science*, 13(5). <https://doi.org/10.1007/s13201-023-01922-5>
- Widyayanti, O. A., Inayah, M. N., Marwati, E., & Pratiwi, M. I. N. (2023). Deteksi Kadar Amonia (NH₃) pada Air Limbah Domestik di Rumah Makan Ajibarang Purwokerto. *Corona: Jurnal Ilmu Kesehatan Umum, Psikolog, Keperawatan Dan Kebidanan*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:272007253>
- Wijaya, S. A. dan A. (2025). *RE-DESIGN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI PENYEDIA MESIN KONSTRUKSI DAN ALAT BERAT PT X*.
- Wongthanate, J., Mapracha, N., & Prapagdee, B. (2014). *Efficiency of Modified Grease Trap for Domestic Wastewater Treatment*. 10(2).
- Xing, X., Yuan, X., Zhang, Y., Men, C., Zhang, Z., Zheng, X., Ni, D., Xi, H., & Zuo, J. (2023). Enhanced denitrification of the AO-MBBR system used for expressway service area sewage treatment: A new perspective on decentralized wastewater treatment. *Journal of Environmental Management*, 345, 118763. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118763>
- Yulintin, G. (2025). Pengaruh Fitoremediasi Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica* Forsk) dalam Meningkatkan Nilai DO (Dissolved Oxygen) dan Menurunkan kadar COD (Chemical Oxygen Demand) Air Limbah Domestik di IPAL UPTD Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sulawesi. *Cerdika: Jurnal Ilmiah Indonesia*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:279831523>
- Zaharah, T. A., Nurlina, N., & Moelyani, R. R. (2018). *Reduksi minyak, lemak, dan bahan organik limbah rumah makan menggunakan grease trap termodifikasi karbon aktif*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:104447411>

Zulkarnain, M. R., & Suwito, T. (2015). Sistem Monitoring Kualitas Air Sungai Yang Dilengkapi Dengan Data Logger Dan Komunikasi Wireless Sebagai Media Pengawasan Pencemaran Limbah Cair. *Undergrad. Theses Electr. Eng. RSE*, 621.