

**Nomor Urut: 096 A/UN7.F3.6.8.TL/DL/IX/2025
097 A/UN7.F3.6.8.TL/DL/IX/2025**

Laporan Tugas Akhir

**PERENCANAAN TEKNIS PENYALURAN DAN
PENGOLAHAN AIR LIMBAH FASE II DI KAWASAN
INDUSTRI TERPADU BATANG, JAWA TENGAH**



Disusun oleh:

**Salsabila Yuniar (21080122140102)
Fakhriza Salsabila (21080122140165)**

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

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : Salsabila Yuniar
NIM : 21080122140102
Jurusan/Departemen : Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Undip
Judul Skripsi : Perencanaan Teknis Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah
Fase II di Kawasan Industri Terpadu Batang, Jawa Tengah

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:

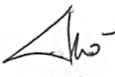
Ir. Ganjar Samudro, S.T., M.T., Ph.D., IPM
198201202008011005



.....

Pembimbing II:


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



.....

Ketua Penguji:

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



.....

Anggota Penguji:

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



.....

Semarang, 17 Juni 2026

Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Undip

Ketua



Dr. Ir. Budi Prasetyo Samadikun, S.T., M.Si., IPU., ASEAN Eng.

NIP. 197805142005011001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Fakhriza Salsabila
NIM : 21080122140165
Jurusan/Departemen : Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Undip
Judul Skripsi : Perencanaan Teknis Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah
Fase II di Kawasan Industri Terpadu Batang, Jawa Tengah

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



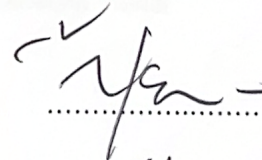
Pembimbing II:

Ir. Ganjar Samudro, S.T., M.T., Ph.D., IPM
198201202008011005



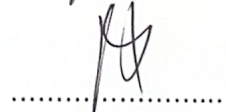
Ketua Penguji:

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



Anggota Penguji:

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



Semarang, 17 Juni 2026

Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Undip

Ketua

Ketua

Ketua

Ketua

Ketua

Ketua

Ketua

Ketua

Ketua

Ketua

Ketua

Ketua

Ketua

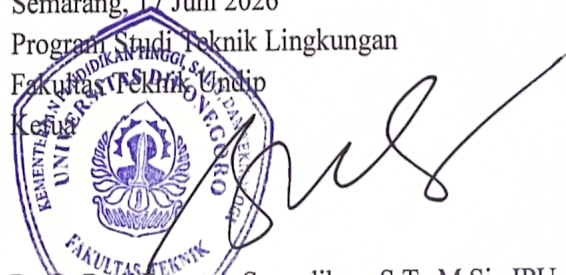
Ketua

Ketua

Ketua

Dr. Ir. Budi Prasetyo Samadikun, S.T., M.Si., IPU., ASEAN Eng.

NIP. 197805142005011001



ABSTRAK

Perkembangan Kawasan Industri Terpadu Batang (KITB) merupakan kawasan industri strategis nasional yang mengalami perkembangan pesat seiring meningkatnya jumlah *tenant* pada setiap fase pengembangan. Peningkatan aktivitas industri tersebut berpotensi meningkatkan kuantitas dan beban pencemar air limbah, sehingga diperlukan sistem pengelolaan yang memadai. Pada kondisi eksisting, pengolahan air limbah masih terpusat pada satu Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Namun, keterbatasan kapasitas serta kondisi elevasi kawasan menyebabkan tidak seluruh aliran air limbah dapat dilayani secara optimal oleh IPAL eksisting. Oleh karena itu, direncanakan pembangunan IPAL Fase II pada Cluster I untuk memenuhi kebutuhan pengolahan air limbah secara lebih optimal sesuai dengan kondisi topografi dan pengembangan kawasan. Perencanaan dilakukan pada area seluas 555,78 ha yang melayani 40 *tenant* industri di KITB, Jawa Tengah. Berdasarkan karakteristik air limbah hasil kajian literatur, diperoleh konsentrasi awal antara lain BOD 220 mg/L, COD 480 mg/L, TSS 550 mg/L, minyak dan lemak 28 mg/L, amonia 54 mg/L, fosfat 2,8 mg/L, sulfida 1 mg/L, serta total coliform 100.000 MPN/100 mL. Mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2025 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik dan Standar Teknologi Pengolahan Air Limbah Domestik serta Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Kawasan Industri, kualitas air limbah tersebut belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Debit puncak air limbah sebesar 0,94 m³/detik dan debit harian sebesar 81.385,32 m³/hari. Sistem penyaluran direncanakan menggunakan jaringan perpipaan semi tertutup sebanyak 97 pipa dengan diameter 225–710 mm, dilengkapi 93 manhole dan 17 pompa tipe *end suction close coupled single stage*. Alternatif pengolahan yang dipilih adalah rangkaian unit: bak penampung awal, *bar screen*, *grease trap*, bak ekualisasi, *primary clarifier*, unit *Integrated Fixed Film Activated Sludge* (IFAS), *secondary clarifier*, desinfeksi (*chlorination*), unit pengolahan lumpur (*filter press*), dan bak effluen. Berdasarkan hasil perencanaan, sistem IPAL mampu menurunkan konsentrasi pencemar secara signifikan, yaitu BOD menjadi 6,60 mg/L (95%), COD menjadi 17,28 mg/L (94%), TSS menjadi 2,41 mg/L (75%), amonia menjadi 8,10 mg/L (85%), sulfida menjadi 0,35 mg/L (66%), fosfat menjadi 2,24 mg/L (20%), serta total coliform menjadi 1.000 MPN/100 mL (99%). Hasil effluent telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan dan direncanakan untuk dimanfaatkan kembali sebagai air non-potable, yaitu untuk kebutuhan *water sprinkle truck*.

berkelanjutan.

Kata Kunci: Kawasan Industri Terpadu Batang; Sistem penyaluran air limbah (SPAB); Air limbah industri; *Integrated Fixed Film Activated Sludge* (IFAS); Instalasi Pengolahan Air Limbah; *Detail Engineering Design* (DED); Rencana Anggaran Biaya (RAB); Pengelolaan air limbah berkelanjutan.

ABSTRACT

The development of the Batang Integrated Industrial Estate (KITB) as a national strategic industrial area has shown significant growth, marked by the increasing number of tenants in each development phase. This growth leads to an increase in both the quantity and pollutant load of wastewater, necessitating an adequate wastewater management system. Currently, wastewater treatment is still centralized in a single Wastewater Treatment Plant (WWTP). However, limitations in capacity and site elevation conditions prevent the existing WWTP from optimally serving all wastewater flows. Therefore, the development of a Phase II WWTP in Cluster I is planned to meet wastewater treatment demands more effectively in accordance with the area's topography and development. The planning covers an area of 555.78 ha, serving 40 industrial tenants in KITB, Central Java. Based on wastewater characteristics obtained from literature studies, the influent concentrations include BOD of 220 mg/L, COD of 480 mg/L, TSS of 550 mg/L, oil and grease of 28 mg/L, ammonia of 54 mg/L, phosphate of 2.8 mg/L, sulfide of 1 mg/L, and total coliform of 100,000 MPN/100 mL. Referring to the Regulation of the Minister of Environment and Forestry of the Republic of Indonesia Number 11 of 2025 concerning Domestic Wastewater Quality Standards and Treatment Technology Standards, as well as the Regulation of the Minister of Environment Number 3 of 2010 concerning Wastewater Quality Standards for Industrial Estates, the wastewater quality does not meet the required standards. The peak discharge is 0.94 m³/s, with an average daily flow of 81,385.32 m³/day. The wastewater conveyance system is designed as a semi-closed piping network consisting of 97 pipelines with diameters ranging from 225 to 710 mm, supported by 93 manholes and 17 pumps of the end suction close-coupled single-stage type. The selected treatment alternative consists of the following units: inlet tank, bar screen, grease trap, equalization tank, primary clarifier, Integrated Fixed Film Activated Sludge (IFAS), secondary clarifier, chlorination unit, sludge treatment unit (filter press), and effluent tank. Based on the design results, the WWTP is capable of significantly reducing pollutant concentrations, achieving effluent levels of BOD 6.60 mg/L (95%), COD 17.28 mg/L (94%), TSS 2.41 mg/L (75%), ammonia 8.10 mg/L (85%), sulfide 0.35 mg/L (66%), phosphate 2.24 mg/L (20%), and total coliform 1,000 MPN/100 mL (99%). The treated effluent complies with the applicable standards and is planned to be reused for non-potable purposes, specifically for water supply to water sprinkler trucks, supporting sustainable industrial development.

Keywords: Batang Integrated Industrial Estate (KITB); Wastewater Conveyance System (SPAB); Industrial Wastewater; Integrated Fixed Film Activated Sludge (IFAS); Wastewater Treatment Plant (WWTP); Detail Engineering Design (DED); Cost Estimate (RAB); Sustainable Wastewater Management

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan sektor industri di Indonesia mengalami peningkatan signifikan dari tahun ke tahun, didorong oleh kebijakan pemerintah yang mendukung investasi dan ekspansi manufaktur (Susanto, 2020). Pertumbuhan ini tidak hanya menciptakan lapangan kerja dan kontribusi ekonomi, tetapi juga menghasilkan volume limbah yang semakin besar sebagai konsekuensi dari proses produksi (Pratiwi et al., 2019). Limbah cair industri didefinisikan sebagai air sisa yang tercemar dari aktivitas operasional pabrik, mengandung zat organik, logam berat, dan senyawa kimia yang berasal dari pencucian peralatan atau proses kimiawi (Hidayat & Santoso, 2021).

Pembuangan limbah cair secara langsung ke lingkungan tanpa pengolahan dapat menyebabkan kontaminasi sumber air permukaan, sehingga mengurangi kualitas air dan mengancam ekosistem akuatik (Nugroho et al., 2018). Selain itu, paparan limbah tersebut berpotensi menimbulkan masalah kesehatan masyarakat, seperti penyakit pencernaan dan keracunan kronis akibat akumulasi polutan di rantai makanan (Rahayu & Setiawan, 2022). Dampak lingkungan jangka panjang termasuk degradasi tanah dan hilangnya keanekaragaman hayati, yang memperburuk kerusakan ekosistem secara keseluruhan (Kurniawan et al., 2020).

Kawasan Industri Terpadu Batang (KITB) terus mengalami perkembangan yang ditandai dengan meningkatnya jumlah tenant industri yang beroperasi. Berdasarkan dokumen Persetujuan Teknis (Pertek), pengembangan kawasan Fase II mencakup beberapa kelompok kegiatan industri, yaitu Logam Dasar, Kimia Dasar, Aneka Industri, serta Sub Assembly dan Otomotif. Jenis industri yang digunakan dalam perencanaan ini disinkronkan dengan kategori industri pada dokumen Pertek. Industri logam dasar termasuk dalam kelompok Logam Dasar, sedangkan industri pipa PVC dan komponen karet/plastik termasuk dalam kelompok Kimia Dasar karena berkaitan dengan produk plastik dan bahan polimer. Sementara itu, industri sepatu, pakaian jadi, keramik, penyamakan kulit, dan wood

pellet dapat dikelompokkan ke dalam Aneka Industri karena merupakan kegiatan manufaktur dan pengolahan berbagai produk non-logam. Adapun industri alat kesehatan dapat dikaitkan dengan kelompok Kimia Dasar apabila menghasilkan produk berbahan plastik atau farmasi, serta dapat pula dikategorikan sebagai kegiatan manufaktur ringan dalam kelompok Aneka Industri. Dengan demikian, jenis industri yang direncanakan pada Fase II masih selaras dengan cakupan kegiatan industri yang tercantum dalam dokumen Pertek. Pertumbuhan aktivitas industri tersebut berpotensi meningkatkan kuantitas air limbah yang dihasilkan sehingga diperlukan sistem pengelolaan air limbah yang memadai untuk menjaga kualitas lingkungan dan memenuhi ketentuan baku mutu yang berlaku. Saat ini, setiap fase pengembangan di KITB belum memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) tersendiri dan masih mengandalkan IPAL terpusat. Kondisi tersebut menyebabkan seluruh beban air limbah dari berbagai fase kawasan terkonsentrasi pada satu fasilitas pengolahan sehingga berpotensi meningkatkan beban operasional dan kapasitas pengolahan IPAL eksisting.

Oleh karena itu, direncanakan pembangunan IPAL Fase II pada Cluster I sebagai bagian dari sistem pengolahan air limbah yang direncanakan pada setiap cluster pengembangan kawasan. Pembangunan IPAL ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan air limbah, serta mendukung pengembangan kawasan industri yang berkelanjutan di KITB.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang yang mendasari penyusunan Tugas Akhir mengenai Perencanaan Teknis Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah Fase II di Kawasan Industri Terpadu Batang, Jawa Tengah, maka dapat diidentifikasi masalah-masalah sebagai berikut:

1. Pertumbuhan jumlah dan skala industri di KITB yang berpotensi meningkatkan volume maupun beban pencemar air limbah di masa mendatang.

2. Keterbatasan data teknis mengenai sistem penyaluran air limbah, seperti peta jaringan saluran, kapasitas pipa, dan titik sambungan dari masing-masing industri.
3. Kebutuhan penyusunan *Detail Engineering Design* (DED) untuk sistem penyaluran dan unit-unit IPAL sebagai acuan teknis dalam pengembangan sarana pengolahan air limbah.
4. Belum adanya perencanaan yang komprehensif terkait penerapan prinsip Keamanan, Keselamatan, Kesehatan, dan Lingkungan (K3L) dalam sistem penyaluran dan pengolahan air limbah.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang menjadi dasar penyusunan Tugas Akhir mengenai Perencanaan Teknis Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah Fase II di Kawasan Industri Terpadu Batang, Jawa Tengah, maka rumusan masalah yang dapat disusun adalah:

1. Bagaimana kondisi eksisting sistem pengelolaan serta penyaluran air limbah yang ada di Kawasan Industri Terpadu Batang?
2. Bagaimana perencanaan teknis penyaluran dan pengolahan air limbah fase II di Kawasan Industri Terpadu Batang?
3. Bagaimana penyusunan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) untuk perencanaan teknis penyaluran dan pengolahan air limbah fase II di Kawasan Industri Terpadu Batang?
4. Bagaimana penerapan prinsip Keamanan, Keselamatan, Kesehatan, dan Lingkungan (K3L) dapat diintegrasikan ke dalam perencanaan teknis sistem penyaluran dan pengolahan air limbah untuk menjamin keselamatan pekerja?

1.4 Rumusan Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang telah dirumuskan dalam penyusunan Tugas Akhir mengenai Perencanaan Teknis Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah Fase II di Kawasan Industri Terpadu Batang, maka tujuan penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Menganalisis kondisi eksisting sistem pengelolaan dan penyaluran air limbah di Kawasan Industri Terpadu Batang (KITB).
2. Merencanakan sistem penyaluran air limbah serta menyusun teknis penyaluran dan pengolahan air limbah fase II di Kawasan Industri Terpadu Batang, Jawa Tengah.
3. Menyusun Rancangan Anggaran Biaya (RAB) dari perencanaan teknis penyaluran dan pengolahan air limbah fase II di Kawasan Industri Terpadu Batang.
4. Merancang penerapan prinsip Keamanan, Keselamatan, Kesehatan, dan Lingkungan (K3L) dalam perencanaan sistem penyaluran dan pengolahan air limbah untuk mendukung operasional yang aman, efisien, dan sesuai ketentuan perundang-undangan yang berlaku.

1.5 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah dibuat untuk memastikan perencanaan terarah dan tetap fokus pada pokok pembahasan, sehingga tujuan yang telah ditetapkan dapat dicapai dengan jelas. Adapun berikut ini merupakan batasan masalah yang telah ditentukan.”

1. Lokasi perencanaan terletak di Kawasan Industri Terpadu Batang (KITB), Kabupaten Batang, Provinsi Jawa Tengah.
2. Jenis air limbah yang diolah adalah limbah domestik meliputi *grey water* dan *black water* serta limbah industri yang berasal dari kegiatan industri perkantoran di kawasan KITB.
3. Karakteristik air limbah yang diukur di antaranya BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak, Amoniak, pH, suhu, serta *Total Coliform*, mengacu pada Peraturan Menteri LH BPLH No. 11 Tahun 2025 tentang Baku Mutu Air Limbah dan Standar teknologi Pengolahan Air Limbah Untuk Air Limbah Domestik, dan sulfida, nitrat, dan sulfat yang mengacu pada Permen LH No. 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri.

4. Perencanaan *Detail Engineering Design* (DED) meliputi perhitungan dimensi dan penyusunan gambar teknis setiap unit pengolahan IPAL, serta sistem penyaluran air limbah di kawasan KITB.
5. *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) mengacu pada Harga Pokok Satuan Kegiatan Provinsi Jawa Tengah yang difungsikan sebagai dasar perhitungan kebutuhan prasarana sistem penyaluran air limbah dan IPAL kawasan KITB.
6. Kajian Keamanan, Keselamatan, Kesehatan, dan Lingkungan (K3L) dalam penelitian ini difokuskan pada integrasi prinsip-prinsip K3L ke dalam tahap perencanaan sistem penyaluran dan pengolahan air limbah. Ruang lingkupnya meliputi identifikasi potensi bahaya, pengendalian risiko dasar pada aktivitas konstruksi dan operasional awal, serta penerapan standar keselamatan yang relevan dengan regulasi ketenagakerjaan dan lingkungan.
7. IPAL yang dikaji dalam penelitian ini merupakan IPAL Fase II, yaitu sistem IPAL per klaster (*cluster*) di Kawasan Industri Terpadu Batang (KITB) yang dirancang untuk menampung dan mengolah air limbah di masing-masing klaster industri sebelum dialirkan ke IPAL terpusat untuk dilakukan pengolahan lanjutan. Serta, Sistem penyaluran yang dikaji dalam penelitian ini adalah penyaluran limbah dari sumber *tenant* ke IPAL Fase II.

1.6 Rumusan Manfaat

1.6.1 Manfaat Bagi Mahasiswa

Manfaat dari penyusunan Tugas Akhir ini bagi mahasiswa, yaitu:

1. Menambah wawasan dan pengalaman mahasiswa dalam melakukan perencanaan sistem penyaluran dan pengolahan air limbah di kawasan industri.
2. Mengasah kemampuan mahasiswa dalam mengimplementasikan ilmu pengetahuan dan teori yang diperoleh selama perkuliahan ke dalam studi kasus nyata di lapangan.

3. Memberikan pengalaman dalam penyusunan perencanaan teknis, mulai dari analisis kondisi eksisting, perencanaan sistem penyaluran, perancangan IPAL, hingga penyusunan Rancangan Anggaran Biaya (RAB).

1.6.2 Manfaat Bagi Universitas

Manfaat dari penyusunan Tugas Akhir ini bagi Universitas, yaitu:

1. Hasil penelitian dapat dijadikan referensi akademik dalam bidang perencanaan sistem penyaluran dan pengolahan air limbah di kawasan industri.
2. Mendukung pengembangan kurikulum serta penelitian di bidang teknik lingkungan, khususnya terkait sistem sanitasi dan pengolahan air limbah.
3. Meningkatkan kontribusi universitas dalam penyediaan solusi nyata terhadap permasalahan lingkungan di kawasan industri.
4. Memperkuat peran universitas sebagai institusi pendidikan yang mendukung konsep pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*).

1.6.3 Manfaat Bagi Perusahaan

Manfaat dari penyusunan Tugas Akhir ini bagi Perusahaan, yaitu:

1. Memberikan gambar teknis yang dapat dijadikan acuan dalam pembangunan sistem penyaluran dan IPAL di kawasan industri.
2. Membantu pihak pengelola kawasan industri dalam menyiapkan sistem pengelolaan air limbah yang sesuai dengan regulasi dan standar lingkungan yang berlaku.
3. Mendukung terciptanya lingkungan industri yang lebih bersih, tertata, dan ramah lingkungan, sehingga meningkatkan daya tarik investasi di KITB.
4. Menjadi dasar bagi perusahaan dalam menyusun kebijakan lingkungan serta memperkuat citra positif sebagai kawasan industri yang berwawasan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdalla, K. Z., El-Gohary, F. A., & Farag, S. (2019). Treatment of oily wastewater using dissolved air flotation technique. *Environmental Technology & Innovation*, 13, 303–311.
- Al-Badaii, F., & Shuhaimi-Othman, M. (2015). Water quality assessment of the Semenyih River, Selangor, Malaysia. *Journal of Chemistry*, 2015, 1–10.
- Al-Layla, M. A. (1977). *Water Supply Engineering Design*. Ann Arbor, Michigan: Ann Arbor Science Publishers.
- Andreottola, G., Foladori, P., & Zigliio, G. (2000). Moving bed *biofilm* reactor for wastewater treatment: A review. *Water Science and Technology*, 41(4-5), 1-8.
- Ashbolt, N. J. (2004). Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions. *Toxicology*, 198(1–3), 229–238.
- Bhave, P. R., & Gupta, R. (2017). *Analysis and Design of Flow in Pipe Networks*. New Delhi: CRC Press.
- Bitton, G. (2005). *Wastewater microbiology* (3rd ed.). Hoboken, NJ: Wiley-Liss.
- Bourrier, F., Lacroix, P., Eckert, N., & Nicot, F. (2019). Velocity fields in gravity-driven flows: A review and new experimental data. *Earth Surface Processes and Landforms*, 44(2), 399–417.
- Bourrier, P., Rodriguez, J., et al. (2019). Hydraulic design of gravity sewers: A review. *Water Science & Technology*, 79(1), 1-12.
- Brouwer, C., Prins, K., Kay, M., & Heibloem, M. (1989). *Irrigation Water Management: Irrigation Methods*. Food and Agriculture Organization (FAO).
- Camargo, J. A., & Alonso, Á. (2006). Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. *Environment International*, 32(6), 831–849.

- Characterization of Domestic Wastewater. 2024. *Characteristics of domestic wastewater from shopping centres, office buildings, and hospitals in Jakarta, Indonesia*.
- Chaubey, P. 2021. *Wastewater characteristics and treatment*. Springer.
- Chaudhry, M. H. (2008). *Applied Hydraulic Transients*. Springer Science & Business Media.
- Correll, D. L. (1998). The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: A review. *Journal of Environmental Quality*, 27(2), 261–266.
- Czarnota, J., Milczarek, M., & Walega, A. (2023). Wastewater Treatment Plants as a Source of Malodorous Substances. *Sustainability*, 15(5), 4387.
- Di Bella, G., Torregrossa, M., & Viviani, G. (2013). Performance of a MBBR pilot plant for the treatment of olive mill wastewater. *Desalination and Water Treatment*, 51(28-30), 5678-5686.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). *Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T)*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Dutta, S., Dutta, A., & Baruah, R. (2018). Physicochemical characterization of textile wastewater and its treatment using aquatic macrophytes. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(9), 565.
- Ellis, J. B., & Bertrand-Krajewski, J.-L. (2010). *Urban drainage*. IWA Publishing.
- Emerson, K., Russo, R. C., Lund, R. E., & Thurston, R. V. (1975). Aqueous ammonia equilibrium calculations: Effect of pH and temperature. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 32(12), 2379–2383.
- Frida, J. N., Kiki Prio Utomo, & Yulisa Fitrianiingsih. (2023). Perencanaan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALDT) di Perumahan Graha Kirana 11, Kota Pontianak. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 12(2)

- Gerbens-Leenes, W., Hoekstra, A. Y., & Van der Meer, T. H. (2009). *The water footprint of energy from biomass: A quantitative assessment and consequences of an increasing share of bioenergy supply*. *Ecological Economics*, 68(4), 1052–1060.
- Gerbers-Leenes, P. W., Nonhebel, S., & Krol, M. S. (2010). Food consumption patterns and water use. *Ecological Economics*, 69(2), 379–390.
- Goblin. (2001). *Wastewater Treatment Technologies*. Environmental Engineering Press.
- Handayani, A., & Nugraha, I. (2021). *Desain Sistem Pengolahan Air Limbah Industri di Kawasan Industri Terpadu Batang untuk Efisiensi Optimal*. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 10(2), 45-60.
- Harleman, D. R. F., & Murcott, S. (2010). *Water and Wastewater Engineering: Principles and Practice*. McGraw-Hill.
- Hidayat & Santoso. (2021). Pengelolaan Limbah Cair Industri: Kajian Komposisi dan Dampak Lingkungan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 12(2), 78-95.
- Hidayat, R., Santosa, P., & Lestari, F. (2023). Analisis Risiko K3 pada Area IPAL Industri Tekstil Menggunakan Metode HIRARC. *Jurnal Sistemik*, 5(1), 45–56.
- Judd, S., & Jefferson, B. (2003). *Membrane Bioreactors for Wastewater Treatment*. IWA Publishing.
- Jurado, E., Luz, S., Luz, R., & Ferreira, E. (2017). Evaluation of coarse and fine screening in wastewater treatment plants: Operational and environmental aspects. *Water Science and Technology*, 75(2), 325–334.
- Kanu, I., & Achi, O. K. (2011). Industrial effluents and their impact on water quality of receiving rivers in Nigeria. *Journal of Applied Technology in Environmental Sanitation*, 1(1), 75–86.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2021 tentang Tata Cara Penerbitan Persetujuan Teknis dan Surat Kelayakan*

- Operasional Bidang Pengendalian Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2021. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun dari Fasilitas Pelayanan Kesehatan*. Jakarta: KLHK.
- Kementerian Lingkungan Hidup/Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2026). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup/Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Nomor 11 Tahun 2026 tentang Baku Mutu Air Limbah dan Standar Teknologi Pengolahan Air Limbah untuk Air Limbah Domestik*. Jakarta.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (1995). *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri*. Jakarta.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2010). *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 03 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Kawasan Industri*. Jakarta.
- Khakim, M., Hadihardaja, I. K., & Sumi, T. (2011). Application of analytic hierarchy process for selection of wastewater treatment alternative: A case study. *Journal of Environmental Engineering*, 137(6), 505–512.
- Kumar, R., Singh, A. & Patel, S. 2023. *Industrial wastewater characteristics and treatment technologies: A review*. *Journal of Environmental Management*, 345: 118–129.
- Kurniawan (2020). Degradasi Ekosistem Akibat Limbah Cair Industri: Analisis Jangka Panjang di Kawasan Industri Jababeka. *Jurnal Ekologi dan Lingkungan*, 8(4), 200-218.
- Kusumadewi, S. (2005). Pencarian bobot atribut pada Multiple Attribute Decision Making (MADM) dengan pendekatan obyektif menggunakan algoritma genetika. *Gematika: Jurnal Manajemen Informatika*, 7(1).

- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2006). *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Le-Clech, P., Chen, V., & Fane, T. (2005). Membrane bioreactors and their uses in wastewater treatments. In C. R. Bartels (Ed.), *Microfiltration and Ultrafiltration: Principles and Applications* (pp. 319-348). Marcel Dekker.
- Ma, X., Li, Y., & Zhang, Z. (2018). *Biodegradation and nutrients removal from greywater by an Integrated Fixed-Film Activated Sludge (IFAS) in different organic loadings rates*. *AMB Express*, 8(1), Article 3.
- Maria, R., & Hana, S. (2019). Effect of agitation on oil and grease removal in *grease trap* unit. *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology*, 6(2), 55–62.
- Mays, L. W., & Tung, Y. K. (2002). *Hydraulics of Pipeline Systems*. CRC Press.
- Metcalf & Eddy. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 4th Edition. McGraw-Hill.
- Metcalf, & Eddy, I. 2014. *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* (5th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Momba, M. N. B., Osode, A. N., & Sibewu, M. 2009. The impact of inadequate wastewater treatment on the receiving water bodies – Case study: Buffalo City and Nkokonbe Municipalities of the Eastern Cape Province. *Environmental Monitoring and Assessment*, 154(1–4), 291–297.
- Muloiwa, M., Ndambuki, J.M., Zvinowanda, C. & Sibiya, I.V. 2026. *Climate temperature changes and excessive airflow rate effect on two key parameters: dissolved oxygen and microbes in the biological treatment process – aerobic bioreactor*. *South African Journal of Chemical Engineering*.
- Nasrabadi, M., Yeganeh-Bakhtiary, A., & Bonakdari, H. (2016). Velocity profiles in partially full sewer pipes using entropy concept. *Water Science and Technology*, 74(1), 67–74.

- Nugraha, A., et al. (2021). Integrasi Keamanan dan K3L dalam Sistem Manajemen Industri. *Jurnal Keselamatan dan Lingkungan*, 8(4), 155–164.
- Nugroho. (2018). Dampak Pembuangan Limbah Cair Industri terhadap Kualitas Air Permukaan di Sungai Citarum. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 10(3), 112-130.
- Ødegaard, H. (2006). Innovations in wastewater treatment: The moving bed *biofilm* process. *Water Science and Technology*, 53(9), 17-33.
- Prapasongsa, T., Sukkasi, S., & Gheewala, S. H. (2016). Environmental impact assessment of centralized municipal wastewater management in Thailand. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(12), 1761–1774.
- Pratiwi, R. S. dan Purwanti, I. F. 2015. *Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik di Kelurahan Keputih Surabaya*. Jurnal Teknik ITS, Vol. 4, No. 1.
- Qasim, S. R. (2018). *Wastewater treatment plants: Planning, design, and operation* (2nd ed.). CRC Press.
- Rahayu, Setiawan. (2022). Risiko Kesehatan dari Paparan Limbah Cair Industri: Studi Kasus di Wilayah Industri Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 14(1), 45-62.
- Reynolds, T. D., & Richards, P. A. (1996). Unit operations and processes in environmental engineering (Vol. 20): PWS Publishing Company Boston, MA
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9–26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process (2nd ed.). New York: Springer.
- Sahu, O., Mazumdar, B., & Chaudhari, P. K. (2017). Treatment of wastewater by electrocoagulation: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(31), 24705–24724.

- Samer, M. (2015). Biological and chemical wastewater treatment processes. In *Wastewater Treatment Engineering* (pp. 1–44). IntechOpen.
- Singh, R., & Sharma, S. (2019). Characterization of tannery wastewater and its treatment by aquatic plants. *Applied Water Science*, 9(4), 93.
- Smith, V. H., Tilman, G. D., & Nekola, J. C. (1999). Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, 100(1–3), 179–196.
- Susanto, D. (2020). Pengaruh Kebijakan Pemerintah terhadap Pertumbuhan Industri Manufaktur di Indonesia. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan*, 28(1), 45-62.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., Tsuchihashi, R., & Burton, F. L. (2014). *Wastewater Engineering: Treatment and resource recovery* (5th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Tyagi, S., Sharma, B., Singh, P., & Dobhal, R. (2013). Water quality assessment in terms of water quality index. *American Journal of Water Resources*, 1(3), 34–38.
- U, F., & Utomo, K. P. (2018). Analisis Sistem Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Proses Biologis. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(2), 123–132.
- Umroningsih, F. 2022. *Pengelolaan air limbah domestik di permukiman*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). 2012. *Method 1664, Revision B: N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry*. Washington, DC: Office of Water.

- Van Der Hoek, J. P., De Fooij, H., & Struker, A. (2016). Wastewater as a resource: Strategies to recover resources from Amsterdam's wastewater. *Resources, Conservation and Recycling*, 113, 53–64.
- Wang, J., & Mao, Z. 2026. Well-balanced finite volume model for transient mixed flow in sewer pipe network. *Journal of Hydroinformatics*, 27(3), 456–470
- Widodo, A., & Darmawan, T. (2022). Perancangan IPAL Kawasan Industri Berbasis K3L. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 12(3), 89–97.
- Withers, P. J. A., & Jarvie, H. P. 2008. Delivery and cycling of phosphorus in rivers: A review. *Science of the Total Environment*, 400(1–3), 379–395.
- Yaseen, D. A., & Scholz, M. (2018). Textile dye wastewater characteristics and constituents of synthetic effluents: A critical review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(2), 1193–1226.
- Zainuddin, A. (2020). The effect of detention time on the efficiency of grease trap in reducing oil and grease content in wastewater. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 479(1), 012001.
- Zhang, L., Chen, Y., & Xu, M. (2023). Performance evaluation and design improvement of wastewater pump stations under fluctuating inflow conditions. *Water Science and Technology*, 87(4), 915–927.
- Zhao, W., Zhang, Y., & Wang, H. (2019). Hydraulic analysis of pressure pipeline network for sewage treatment systems. *Water Science and Technology*, 79(7), 1310–1320.
- Zhou, L., Li, J., Chen, Z., & Zhang, H. (2021). Impact of pH on wastewater treatment processes: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(17), 21085–21099.