

Nomor Urut: 003 A/UN7.F3.6.8.TL/DL/IX/2024

004 A/UN7.F3.6.8.TL/DL/IX/2024

Laporan Tugas Akhir

***RE-DESIGN* INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH INDUSTRI PENYEDIA MESIN
KONSTRUKSI DAN ALAT BERAT PT X KOTA
SEMARANG**



Disusun oleh:

Sabriansah Arya Pramuditia

21080121120030

Ananda Wijaya Puspita Ningrum

21080121140131

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

2025

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : Sabriansah Arya Pramuditia
NIM : 21080121120030
Jurusan/Program Studi : Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Undip
Judul Skripsi : Re-Design Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Penyedia
Mesin Konstruksi dan Alat Berat PT X Kota Semarang

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

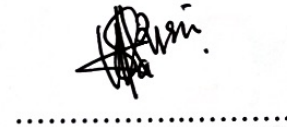
Pembimbing I:
Dr. Ing. Ir. Sudarno, S.T., M.Sc
197401311999031003



Pembimbing II:
Ir. Pertiwi Andarani, S.T., M.T., M.Eng., Ph.D., IPP
198704202014012001



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



Anggota Penguji:
Ir. Titik Istirokhatun, S.T., M.Sc., Ph.D. IPM
197803032010122001



Semarang, 14 Maret 2025
Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Undip



Prof. Dr. Ir. Bambang Zaman, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.
NIP. 197208302000031001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : Ananda Wijaya Puspita Ningrum
NIM : 21080121140131
Jurusan/Program Studi : Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Undip
Judul Skripsi : Re-Design Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Penyedia
Mesin Konstruksi dan Alat Berat PT X Kota Semarang

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

Pembimbing I:
Ir. Pertiwi Andarani, S.T., M.T., M.Eng., Ph.D., IPP
198704202014012001



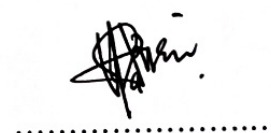
Pembimbing II:
Dr. Ing. Ir. Sudarno, S.T., M.Sc
197401311999031003



Ketua Penguji:
Ir. Titik Istirokhatun, S.T., M.Sc., Ph.D. IPM
197803032010122001



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



Semarang, 14 Maret 2025
Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Undip



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

ABSTRAK

PT X Kota Semarang merupakan salah satu industri penyedia mesin konstruksi dan alat berat yang berlokasi di Provinsi Jawa Tengah. Industri tersebut terletak di Jl. Jend. Urip Sumoharjo No. Km. 12, Kota Semarang. Secara administrasi, industri ini berada di Kelurahan Wonosari, Kecamatan Ngaliyan, Kota Semarang, Jawa Tengah. PT X Kota Semarang memiliki unit *oil trap* yang digunakan sebagai pengolahan air limbahnya. Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi untuk Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri PT X Kota Semarang, dapat diketahui bahwa kondisi IPAL Eksisting masih belum optimal serta dibutuhkan perencanaan ulang. Sebagai penghasil air limbah dari kegiatan *workshop* dan perbengkelan tentunya mengharuskan PT X Kota Semarang untuk mengolah air limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Mengacu pada Permen LH No. 5 Tahun 2014, kualitas air limbah PT X Kota Semarang masih ada yang tidak memenuhi baku mutu yang ditetapkan, diantaranya BOD 177 mg/L; COD 381 mg/L; serta Minyak dan Lemak 758 mg/L. Debit puncak yang dihasilkan PT X Kota Semarang sebesar 6,88 m³/jam dan debit harian yang digunakan dalam perencanaan sebesar 29,496 m³/hari. Dari kualitas dan kuantitas air limbah tersebut Dipilih rangkaian unit IPAL yang sesuai dengan karakteristik air limbah PT X Kota Semarang, diantaranya *oil trap*, bak ekualisasi, *sequencing batch reactor*, karbon filter, tangki produksi. Untuk pengolahan lumpur terdiri dari *sludge holding tank* dan *filter press*. Berdasarkan rangkaian unit yang telah direncanakan didapatkan nilai efisiensi penyisihan sebesar 95% untuk BOD, 95% untuk COD, serta 99% untuk Minyak dan Lemak. Pemanfaatan *effluent* IPAL PT X Kota Semarang akan digunakan untuk penyiraman yaitu sebesar 19,984 m³ dan untuk kegiatan operasional pencucian alat berat sebesar 9,512 m³. Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk perencanaan konstruksi IPAL PT X Kota Semarang sebesar Empat Ratus Lima Puluh Lima Juta Lima Ratus Ribu Rupiah.

Kata Kunci: Air Limbah, Industri Penyedia Mesin Konstruksi dan Alat Berat PT X Kota Semarang, Permen LH No. 5 Tahun 2014

ABSTRACT

PT X Semarang City is one of the construction machinery and heavy equipment providers located in Central Java Province. The industry is located on Jl. Jend. Urip Sumoharjo No. Km. 12, Semarang City. Administratively, this industry is located in Wonosari Village, Ngaliyan District, Semarang City, Central Java. PT X Semarang City has an oil trap unit that is used as wastewater treatment. Based on the results of the analysis and evaluation for the Industrial Wastewater Treatment Plant (IPAL) of PT X Semarang City, it can be seen that the condition of the Existing IPAL is still not optimal and requires re-planning. As a producer of wastewater from workshop and workshop activities, of course, PT X Semarang City requires wastewater to treat before being discharged into the environment. Referring to Regulation of the Minister of Environment No. 5 Years 2014, the quality of PT X Semarang City's wastewater still does not meet the established quality standards, including BOD 177 mg/L; COD 381 mg/L; and Oil and Fat 758 mg/L. The peak discharge produced by PT X Semarang City is 6.88 m³/hour and the daily discharge used in the planning is 29,496 m³/day. From the quality and quantity of wastewater, a series of wastewater treatment units were selected that were in accordance with the characteristics of wastewater from PT X Semarang City, including oil traps, equalization tanks, sequencing batch reactors, carbon filters, and production tanks. For sludge processing, it consists of a sludge holding tank and filter press. Based on the planned series of units, the removal efficiency value was obtained at 95% for BOD, 95% for COD, and 99% for Oil and Fat. The utilization of wastewater treatment effluent from PT X Semarang City will be used for watering, which is 19,984 m³ and for heavy equipment washing operations of 9,512 m³. The Budget Plan (RAB) required for the construction planning of PT X Semarang City's wastewater treatment plant is Four Hundred and Nineteen Million Rupiah.

Keywords: *Wastewater, Construction Machinery and Heavy Equipment Supplier Industry PT X Semarang City, Regulation of the Minister of Environment No. 5 Years 2014*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan zaman erat kaitannya dengan terjadinya perkembangan dalam bidang industri. Teknologi baru yang merevolusi cara manusia dalam bekerja dan memproduksi barang menjadi tanda terjadinya kemajuan di setiap zaman. Hal tersebut mendorong terjadinya transformasi industri dan membawa perubahan besar dalam berbagai aspek kehidupan.

Industri adalah suatu usaha atau kegiatan pengolahan bahan mentah atau barang setengah jadi menjadi barang jadi yang memiliki nilai tambah untuk mendapatkan keuntungan (Zulaeha & Suwardi, 2019). Terjadinya proses pengolahan bahan mentah atau barang setengah jadi menjadi barang jadi dalam proses produksi tentu menghasilkan limbah berupa sisa hasil produksi industri. Tidak hanya dalam proses produksi, limbah industri juga dapat dihasilkan dari kegiatan distribusi dan operasional dari suatu industri. Hal tersebut berpengaruh terhadap aspek kesehatan dan lingkungan hidup di wilayah sekitar industri apabila tidak dikelola dengan baik.

Salah satu kota dengan jumlah industri yang cukup banyak adalah Kota Semarang, Jawa Tengah. Menurut data BPS Provinsi Jawa Tengah, tercatat pada tahun 2022 jumlah total industri yang ada di Kota Semarang berjumlah 4.594 industri. Industri yang ada di Kota Semarang tentunya memiliki jenis yang beragam, salah satunya adalah PT X (nama perusahaan disamarkan) yang bergerak pada bidang penyedia mesin konstruksi dan alat berat.

Pada dasarnya PT X merupakan perusahaan yang berfokus pada bidang penyedia mesin konstruksi dan alat berat dan tidak melakukan kegiatan proses produksi. Namun, dalam keberlangsungannya kegiatan operasional industri tetap menimbulkan limbah, terutama limbah cair. Limbah cair dari kegiatan operasional industri dihasilkan oleh kegiatan *workshop* dan pencucian alat berat sehingga air

yang telah digunakan terkontaminasi oleh biosolar dan oli dari mesin konstruksi serta alat berat yang digunakan.

Kegiatan pencucian alat berat merupakan salah satu aktivitas berkala yang dilakukan dengan tujuan membersihkan alat berat dari kotoran, lumpur, oli, dan bahan-bahan lain yang melekat setelah alat berat digunakan. Pencucian alat berat secara rutin merupakan bagian dari perawatan alat sehingga dapat meningkatkan umur pakai alat, mengurangi risiko kerusakan dan menjaga kebersihan lingkungan kerja. Pada tahap pencucian alat berat membutuhkan air, deterjen, dan energi dari genset yang akan menghasilkan output berupa air, deterjen, oli, dan emisi gas CO₂ (P. Khansa, 2014).

Berdasarkan kriteria limbah yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup, oli termasuk kategori limbah B3 karena mengandung bahan berbahaya dan beracun yang berupa logam berat seperti belerang, kromium, *sulphur*, nitrogen, *chlorine*, *bromine* dan senyawa teroksidasi (Roto *et al.*, 2022). Air limbah berupa biosolar dan oli dari kegiatan operasional industri dapat menimbulkan kerusakan terhadap lingkungan apabila dibuang langsung ke badan air. Limbah oli mengandung senyawa *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* (PAH) bersifat mutagenik sehingga dapat membahayakan ekosistem, mencemari air, tanah dan kesehatan manusia (Buana *et al.*, 2021).

Dengan demikian, dibutuhkan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang dapat menampung dan mengolah air limbah pada industri tersebut untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan dengan biaya rendah. Selain itu, dengan adanya IPAL di industri tersebut, diharapkan air limbah yang dihasilkan dapat diolah dan disalurkan menjadi air penyiraman Ruang Terbuka Hijau (RTH) dan pencucian alat berat kembali dengan kriteria tertentu pada wilayah industri untuk meminimalisir adanya pencemaran lingkungan dan berkontribusi dalam mewujudkan *green industry* di Indonesia.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disusun, maka identifikasi masalah pada perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Air limbah yang dihasilkan dalam kegiatan operasional PT X Kota Semarang mengandung beban pencemar yang dapat mencemari lingkungan.
2. Diperlukan adanya analisis dan evaluasi terhadap kondisi eksisting IPAL PT X Kota Semarang
3. Diperlukan desain baru Instalasi Pengolahan Air limbah (IPAL) yang dapat mengolah air limbah industri sehingga dapat meminimalisir pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh air limbah.
4. Belum adanya pemanfaatan *effluent* dari IPAL pengolahan air limbah yang dihasilkan oleh kegiatan operasional PT X Kota Semarang.
5. Diperlukan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dalam kegiatan operasional dan pemeliharaan IPAL PT X Kota Semarang.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dirumuskan, maka dapat diketahui rumusan masalah pada perencanaan ini adalah sebagai berikut:

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

1.4 Rumusan Tujuan

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

1. Untuk menganalisis karakteristik air limbah yang dihasilkan oleh PT X Kota Semarang.
2. Untuk menganalisis dan mengevaluasi kondisi eksisting Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT X Kota Semarang yang sudah ada mengacu pada segi kapasitas dan efisiensi pengolahan.
3. Untuk mendesain perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT X Kota Semarang yang tepat sehingga dapat efektif dan efisien.
4. Untuk menganalisis dan menentukan pemanfaatan dari efluen yang dihasilkan oleh PT X Kota Semarang.
5. Untuk menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk operasional dan pemeliharaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT X Kota Semarang.

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 Kota Semarang difokuskan untuk mengkaji hal-hal berikut, diantaranya:
 - a. Kajian terkait dengan karakteristik air limbah yang dihasilkan oleh PT X Kota Semarang.
 - b. Kajian terkait dengan kondisi eksisting PT X Kota Semarang.
 - c. Kajian terkait dengan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang sesuai dengan karakteristik air limbah yang dihasilkan oleh PT X Kota Semarang.
 - d. Kajian terkait dengan air limbah yang dihasilkan oleh operasional industri non domestik.

- e. Kajian terkait dengan perencanaan pemanfaatan *effluent* Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT X Kota Semarang.
 - f. Kajian terkait dengan parameter karakteristik yang ada pada *effluent* Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT X Kota Semarang berupa BOD, COD, TSS, minyak dan lemak, pH, serta temperatur.
2. Ruang Lingkup Wilayah
- Ruang lingkup wilayah perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada tugas akhir ini adalah *workshop* dan pencucian alat berat yang menghasilkan air limbah yang terkontaminasi oleh biosolar dan oli dari mesin serta alat berat.
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 Kota Semarang yang efektif dan efisien sehingga efluen 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).

1.6 Rumusan Manfaat

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

1. Bagi Perusahaan
- Perencanaan ini dapat menjadi masukan dan pertimbangan bagi perusahaan dalam melakukan optimalisasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sehingga air limbah dapat dimanfaatkan kembali.

DAFTAR PUSTAKA

- Abass O, A., Jameel, A. T., Muyubi, S. A., Abdul Karim, M. I., & Alam, A. M. Z. (2011). Removal of Oil and Grease as Emerging Pollutants of Concern (EPC) in Wastewater Stream. *IIUM Engineering Journal*, 12(4), 161–169. <https://doi.org/10.31436/iiumej.v12i4.218>
- AED. (2009). *Design Requirements: Grease Trap Design*. September.
- Amalia, S. (2024). *Detail Engineering Design Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil PT Z Kabupaten Semarang*. Diponegoro University.
- Anderson, K., Sallis, P., & Uyanik, S. (2003). Anaerobic treatment processes. *Handbook of Water and Wastewater Microbiology*, 391–426. <https://doi.org/10.1016/B978-012470100-7/50025-X>
- Anggraini, A. N., & Sugito, S. (2019). Peningkatan Kualitas Olahan Air Limbah Kawasan Industri Menggunakan Dual Filtrasi Membran Keramik. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 17(2), 6–18. <https://doi.org/10.36456/waktu.v17i2.2132>
- Azizid Daroini, T., Apri Arisandi Program Studi Ilmu Kelautan, dan, Pertanian, F., Trunojoyo Madura Jl Raya Telang, U., Kamal, K., & Madura, B. (2020). Analisis Bod (Biological Oxygen Demand) Di Perairan Desa Prancak Kecamatan Sepulu, Bangkalan. *Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 1(4), 558–556. <http://doi.org/10.21107/juvenil.v1i4.9037ABSTRAK>
- Biosamtung. (2025). *Roof Tank*. <https://biosamtung.com/product/roof-tank/>
- Buana, R. A. D. L. L., Winardi, & Sulastris, A. (2021). Bioremediasi Lahan Tercemar Limbah Oli Bekas Menggunakan Biokomposting. *Jurnal Rekayasa Lingkungan Tropis*, 2(1), 1–10.
- Bumiwirasta.com. (2025). *Root Blower Goldentech Gt 050 2hp*. <https://bumiwirasta.com/produk/68/root-blower-goldentech-gt-050-2hp>
- Ecorator.co.id. (2025). *Ecorator Jr*. <https://ecorator.co.id/#services>
- Environment Agency. (2000). Wastewater Technology Fact Sheet Dechlorination. *Environmental Protection Agency*, 2, 1–7.
- Fantasirekasembada.com. (2025). *Filter Press KLINKAU*.
- Faradila, R., Huboyo, H. S., & Syakur, A. (2023). Rekayasa Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Metode Kombinasi Filtrasi Untuk Menurunkan Tingkat Polutan Air. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 22(3), 342–350. <https://doi.org/10.14710/jkli.22.3.342-350>
- Fernando, M. . (2015). Penggunaan Air Limbah Industri. *Industrial Water Reuse*, December, 1–9.
- Foxon, K. M., Pillay, S., Lalbahadur, T., Rodda, N., Holder, F., & Buckley, C. A. (2004). The anaerobic baffled reactor (ABR): An appropriate technology for

- on-site sanitation. *Water SA*, 30(5), 592–598.
<https://doi.org/10.4314/wsa.v30i5.5165>
- Grundfos. (2025). *Product Selection*. <https://product-selection.grundfos.com/id/products/ns/ns-4-23-98904964?pumpsystemid=2618633175&tab=variant-curves>
- Handayani, D. S. (2014). KAJIAN PUSTAKA POTENSI PEMANFAATAN GREYWATER SEBAGAI AIR SIRAM WC DAN AIR SIRAM TANAMAN DI RUMAH TANGGA. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan; Vol 10, No 1 (2013): Vol. 10 No. 1 (2013)DO* - 10.14710/Presipitasi.V10i1.41-50 .
<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/presipitasi/article/view/7227>
- Hapsari, D. ., Haqq, E. F. ., & Pradana, V. R. (2022). *Bangunan Pengolahan Lumpur Tinja Kecamatan Rungkut Kota Surabaya*.
- 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. *Jurnal Amina*, 2(2), 79–83.
- Hartaja, D. R. K., & Setiadi, I. (2016). Perencanaan desain instalasi pengolahan limbah industri nata de coco dengan proses lumpur aktif. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 9(2), 97–112.
- Irvine, R. L., & Ketchum, L. H. (1989). Sequencing batch reactors for biological wastewater treatment. *Critical Reviews in Environmental Control*, 18(4), 255–294. <https://doi.org/10.1080/10643388909388350>
- Junaidi, Sudarno, & Santoso, R. (2023). Physical and Chemical Treatability Study in Wastewater Treatment Plant Design (Case Study: Leather Tanning Industry). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1268(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1268/1/012025>
- Kustiyaningsih, E., & Irawanto, R. (2020). PENGUKURAN TOTAL DISSOLVED SOLID (TDS) DALAM FITOREMEDIASI DETERJEN DENGAN TUMBUHAN *Sagittaria lancifolia*. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 7(1), 143–148. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2020.007.1.18>
- Muga, H., & Mihelcic, J. (2008). Sustainability of Wastewater Treatment Technologies. *Journal of Environmental Management*, 88, 437–447. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.03.008>
- Muhammad, F. (2018). Perencanaan Pengelolaan Air Limbah Domestik Kelurahan Kali Rungkut dan Kedungbaruk Kecamatan Rungkut Kota Surabaya. *Repository ITS*.
- P. Khansa, N. K. K. D. U. K. (2014). ALAT BERAT UNTUK INDUSTRI TAMBANG BATUBARA *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*. 2089(1), 20–25.

- Qasim, S. (2017). *Wastewater treatment plants: Planning, design, and operation, second edition*. <https://doi.org/10.1201/9780203734209>
- Rachmawati, S., Irmawartini, & Kahar. (2021). Penurunan Kadar Minyak Dan Lemak Limbah Cair Penyamakan Kulit Menggunakan Media Saring Karbon Aktif. *Jurnal Kesehatan Siliwangi*, 2(2), 431–439. <https://jurnal.polkesban.ac.id/index.php/jks/article/view/722>
- Ratnawati, R., Al Kholif, M., & Sugito, S. (2014). Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Biofilter Untuk Mengolah Air Limbah Poliklinik Unipa Surabaya. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 12(2), 73–82. <https://doi.org/10.36456/waktu.v12i2.915>
- Ronald L, D. (1997). Theory and practice of water and wastewater treatment. *Choice Reviews Online*, 34(08), 34-4491-34-4491. <https://doi.org/10.5860/choice.34-4491>
- Roto, M. R. D., Rupiwardani, I., & Yohanani, A. (2022). Pengelolaan Limbah Oli Bekas pada Bengkel Motor di Kota Malang. *Environment Science*, 6(2), 160–174.
- Royani, S. (2021). Kajian Cod Dan Bod Dalam Air Di Lingkungan Tempat Pemrosesan Akhir (Tpa) Sampah Kaliori Kabupaten Banyumas. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(1), 40–49. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol13.iss1.art4>
- Said, N. I. (2017). *Teknologi Pengolahan Air Limbah: Teori dan Aplikasi*. Erlangga.
- Said, N. I. (2018). Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem Reaktor Biologis Putar (Rotating Biological Contactor) Dan Parameter Disain. *Jurnal Air Indonesia*, 1(2), 178–188. <https://doi.org/10.29122/jai.v1i2.2345>
- Said, N. I., & Sya, M. R. (2014). Removal Ammonia in Domestic Wastewater Using Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) Process. *Jurnal Air Indonesia*, 7(1).
- Sakinah, D. S., & Purwanti, I. F. (2018). Perencanaan IPAL Pengolahan Limbah Cair Industri Pangan Skala Rumah Tangga. *Jurnal Teknik ITS*, 7(1), 1–6. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i1.29178>
- Saminem, F. (2021). Increasing Teachers' Ability Using Zoom Meeting Applications in the Distance Learning Process Through Collaborative Assistance in Sd Negeri Bendo Kapanewon Samigaluh Kulon Progo Academic Year 2020/2021. *IJCER (International Journal of Chemistry Education Research)*, 5(2), 78–83. <https://doi.org/10.20885/ijcer.vol5.iss2.art5>
- Sari, P. A., Nurhidayanti, N., & ... (2022). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Teknologi Anaerobic Filter Di Pondok Pesantren. *Jurnal Teknologi Dan ...*, 9(1), 11–25.

- Sasse, L. (1998). *DEWATS Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries. Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA)*.
- Sentralpompa.com. (2025). *Pompa Celup Air Kotor 200 Watt Yamamax SRX 200 AUTO*. Sentralpompa.Com. <https://sentralpompa.com/produk-3504-Pompa-Celup-Air-Kotor-200-Watt-Yamamax-SRX-200-AUTO.html>
- Setyani hardiana. (2014). *MEtode PEmbelajaran Dan PEngembangan KEmampuan*. 1–6.
- Supardi, S., Syafei, I., & Hamsir. (2020). Evaluasi Sistem Perencanaan Pengolahan Limbah Cair Domestik Pada Vidaview Apartemen Dengan Sistem Extended Aeration. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 5(3), 242–251. <https://doi.org/10.33096/jtsm.v5i3.200>
- Tama, M. A. D., Kokoh, R., Putro, H., Reinelda, E., Studi, P., Lingkungan, T., & Lemak, M. (2024). Pemanfaatan Air Limbah Domestik Effluent Sewage Treatment Plant (STP) Untuk Penyiraman Ruang Terbuka Hijau (RTH) City Plaza Provinsi Jawa Timur. *EnviroUS Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Jawa Timur*, 4(2), 45–51.
- Tanriono, L. (2024). *Detail Engineering Design Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Makanan PT X Daerah Istimewa Yogyakarta*. Diponegoro University.
- Tchobagnolous, G., Theisen, H., & Vigil, S. A. (1993). *Integrated Solid Waste Management* (Issue Engineering Principle and Management). McGraw Hill Inc.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. . (2003). *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse*. (4th Editio).
- Tokopedia. (2025). *Frp Tank 2472 - Tangki Filter Media 2472-Tanki Fiber Multimedia Filter*. https://www.tokopedia.com/diamond87/frp-tank-2472-tangki-filter-media-2472-tanki-fiber-multimedia-filter?extParam=src%3Dshop%26whid%3D90064&aff_unique_id=&channel=others&chain_key=
- Von Sperling, M. (2007). *Biological Wastewater Treatment Series* (Vol. 5, Issue Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactors). IWA Publishing.
- Wayan Budiarsa Suyasa. (2015). *Pencemaran Air & Pengolahan Air Limbah*. Udayana University Press, 1–153. <http://penerbit.unud.ac.id>
- Wei, G., Wei, T., Li, Z., Wei, C., Kong, Q., Guan, X., Qiu, G., Hu, Y., Wei, C., Zhu, S., Liu, Y., & Preis, S. (2023). BOD/COD ratio as a probing index in the O/H/O process for coking wastewater treatment. *Chemical Engineering Journal*, 466(April), 143257. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.143257>
- Widyaningsih, V. (2011). *Pengolahan Limbah Cair Kantin Yongma Fisip UI*. *Teknik Lingkungan Universitas Indonesia*, 179.

- Wun, J. N. (2006). *Industrial Wastewater Treatment* (illustrate). Imperial College Press.
- Yudistira, N. A., Asmura, J. ', & Andrio, D. '. (2016). Pemilihan Teknologi Daur Ulang Effluent Limbah Cair Rumah Sakit untuk Memenuhi Kebutuhan Air Bersih Pertamanan dan Kegiatan Non-Potable. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 3(1), 1–8.
- Zakaria, A., Sauri, S., Fadela, D. M., & Wardhani, P. S. A. (2021). Efisiensi Penurunan Kadar COD, TSS, dan TDS pada Air Limbah Industri Pangan menggunakan Koagulan Poly Alumunium Chloride dengan metode Jar Test. *Warta Akab*, 45(2), 98–104. <https://doi.org/10.55075/wa.v45i2.60>
- Zulaeha, W., & Suwardi. (2019). Dampak Industri Nikel Terhadap Peningkatan Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat Di Desa Papanloe, Kecamatan Pa'Jukukang, Kabupaten Bantaeng. *Jurnal Mirai Management*, 4(2), 122–136. <https://journal.sticamkop.ac.id/index.php/mirai>