

**PERENCANAAN SISTEM PENGELOLAAN AIR LIMBAH INDUSTRI TEKSTIL MENGGUNAKAN PENDEKATAN DESAIN KONSEPTUAL DAN SIMULASI PERHITUNGAN****Edison Hatoguan Manurung¹, Roby Syafi'i²**^{1,2}Teknik Sipil Universitas Mpu Tantular Jakarta

Email: 1edisonmanurung2010@yahoo.com, 2robysyafii9@gmail.com

Abstrak

Industri tekstil merupakan salah satu sektor industri yang menghasilkan air limbah dengan kandungan bahan organik dan zat pencemar yang cukup tinggi, sehingga memerlukan perencanaan sistem pengolahan yang tepat agar memenuhi baku mutu lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menyusun perencanaan sistem pengolahan air limbah industri tekstil menggunakan pendekatan desain konseptual dan simulasi perhitungan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kualitatif deskriptif dengan pendekatan studi literatur dan analisis dokumen terhadap jurnal ilmiah, standar perencanaan, serta peraturan terkait pengolahan air limbah industri. Analisis dilakukan dengan menyusun skema sistem pengolahan air limbah dan melakukan simulasi perhitungan dimensi unit pengolahan berdasarkan parameter desain yang direkomendasikan dalam literatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pengolahan air limbah industri tekstil secara konseptual dapat direncanakan melalui beberapa tahapan pengolahan, meliputi prapengolahan, pengolahan primer, dan pengolahan sekunder, dengan dimensi unit yang disesuaikan terhadap debit dan karakteristik limbah. Perencanaan yang disusun secara teoritis ini dapat dijadikan sebagai acuan awal dalam perencanaan instalasi pengolahan air limbah industri tekstil sebelum dilakukan analisis teknis lanjutan dan validasi lapangan.

Kata Kunci: pengolahan air limbah, industri tekstil, desain konseptual, simulasi perhitungan, IPAL

Abstract

The textile industry is one of the industrial sectors that generates wastewater containing relatively high concentrations of organic matter and pollutants, which requires proper planning of a wastewater treatment system to comply with environmental standards. This study aims to develop a conceptual plan for a textile industrial wastewater treatment system using a conceptual design approach and calculation simulation. The research employs a qualitative descriptive method through literature review and document analysis of scientific journals, design standards, and regulations related to industrial wastewater treatment. The analysis is conducted by developing a treatment process scheme and performing simulation-based calculations to determine the dimensions of the treatment units based on design parameters recommended in the literature. The results indicate that the textile wastewater treatment system can be conceptually planned through several treatment stages, including preliminary treatment, primary treatment, and secondary treatment, with unit dimensions adjusted to the assumed wastewater flow rate and characteristics. This theoretical planning can serve as an initial reference for the design

Article History

Received: Januari 2026

Reviewed: Januari 2026

Published: Januari 2026

Plagiarism Checker No
235

Prefix DOI :

[10.8734/Kohesi.v1i2.365](https://doi.org/10.8734/Kohesi.v1i2.365)

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed
under a [Creative
Commons Attribution-
NonCommercial 4.0
International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



of textile industrial wastewater treatment plants prior to further technical analysis and field validation.

Keyword: *wastewater treatment, textile industry, conceptual design, calculation simulation, WWTP*

1. Pendahuluan

Industri tekstil merupakan salah satu sektor industri yang menghasilkan air limbah dalam jumlah besar selama proses produksinya. Air limbah tersebut berasal dari berbagai tahapan proses, seperti pencucian, pewarnaan, dan penyempurnaan kain, yang menghasilkan limbah cair dengan kandungan bahan organik dan senyawa kimia tertentu. Limbah cair industri tekstil umumnya memiliki nilai BOD dan COD yang relatif tinggi serta mengandung zat warna yang sulit terurai secara alami ¹(Bisschops & Spanjers, 2003).

Untuk mengurangi dampak pencemaran tersebut, diperlukan sistem pengolahan air limbah yang direncanakan secara tepat dan sesuai dengan karakteristik limbah yang dihasilkan. Perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) menjadi tahap penting sebelum sistem pengolahan dibangun dan dioperasikan.

Perencanaan sistem pengolahan air limbah pada umumnya dilakukan dengan mempertimbangkan debit air limbah, karakteristik pencemar, serta tahapan proses pengolahan yang diperlukan.² Pemilihan unit pengolahan dan penentuan dimensi unit biasanya mengacu pada standar perencanaan dan rekomendasi dari berbagai literatur teknis yang telah banyak digunakan dalam praktik perencanaan IPAL (Metcalf & Eddy, 2014). Oleh karena itu, pendekatan desain konseptual dengan dukungan simulasi perhitungan teoritis dapat digunakan sebagai langkah awal untuk menggambarkan sistem pengolahan yang direncanakan.

Penelitian ini menyusun perencanaan sistem pengolahan air limbah industri tekstil menggunakan pendekatan desain konseptual dan simulasi perhitungan. Pendekatan ini difokuskan pada penyusunan alur proses pengolahan serta perhitungan dimensi unit pengolahan berdasarkan asumsi dan parameter desain yang bersumber dari literatur, tanpa melibatkan pengujian atau pengukuran langsung di lapangan. Dengan demikian, hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran awal yang sistematis mengenai perencanaan IPAL industri tekstil.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif-kualitatif dengan studi literatur sebagai teknik pengumpulan data.² Pendekatan kualitatif dipilih karena penelitian ini tidak bertujuan untuk mengevaluasi kinerja aktual instalasi pengolahan air limbah, melainkan untuk menyusun konsep perencanaan sistem pengolahan air limbah industri tekstil berdasarkan kajian literatur dan simulasi perhitungan teoritis. Dengan pendekatan ini, penelitian difokuskan pada pemahaman konsep, penalaran teknis, serta penyusunan rancangan awal sistem pengolahan air limbah.

Tahapan penelitian diawali dengan identifikasi karakteristik umum air limbah industri tekstil berdasarkan literatur, meliputi debit air limbah dan parameter pencemar utama yang sering digunakan dalam perencanaan, seperti BOD dan COD. Selanjutnya, dilakukan penyusunan konsep sistem pengolahan air limbah yang mencakup tahapan prapengolahan, pengolahan primer, dan pengolahan sekunder. Penyusunan alur proses ini dilakukan dengan mempertimbangkan prinsip dasar pengolahan air limbah serta praktik perencanaan yang umum diterapkan pada industri tekstil.

Dalam penelitian ini, beberapa asumsi perencanaan diterapkan untuk menyederhanakan analisis. Oleh karena itu, hasil perencanaan yang diperoleh bersifat konseptual dan teoritis,

¹ Bisschops, I., dan H. Spanjers, "Literature review on textile wastewater characterisation," *Environmental Technology* 24, no. 11 (2003): 1399–1411.

² Bagus Nugroho Prasetyo dan Edison H. Manurung, "Tinjauan Etika Profesi Engineer terhadap Penggunaan Material Tidak Sesuai Spesifikasi pada Pekerjaan Bored Pile"



sehingga dapat dijadikan sebagai acuan awal dalam perencanaan sistem pengolahan air limbah industri tekstil.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Konsep Perencanaan Sistem Pengelolaan Air Limbah Industri Tekstil

Perencanaan adalah proses yang mendefinisikan tujuan dari organisasi, membuat strategi digunakan untuk mencapai tujuan dari organisasi, serta mengembangkan rencana aktivitas organisasi.³ Konsep perencanaan sistem pengolahan air limbah industri tekstil dalam penelitian ini disusun berdasarkan karakteristik umum air limbah yang dihasilkan dari proses produksi tekstil serta prinsip dasar pengolahan air limbah. Industri tekstil umumnya menghasilkan air limbah dengan kandungan bahan organik, zat warna, dan padatan tersuspensi yang relatif tinggi, sehingga diperlukan sistem pengolahan yang mampu menurunkan konsentrasi pencemar tersebut sebelum dibuang ke badan air.

Perencanaan sistem pengolahan air limbah dilakukan dengan pendekatan bertahap, dimulai dari unit prapengolahan hingga unit pengolahan utama.⁴ Unit prapengolahan direncanakan untuk menghilangkan material kasar dan menstabilkan debit serta karakteristik air limbah yang masuk ke unit berikutnya. Tahapan ini penting untuk menjaga kestabilan proses pengolahan dan mencegah gangguan operasional pada unit pengolahan selanjutnya.

Setelah tahap prapengolahan, sistem direncanakan dilengkapi dengan unit pengolahan primer yang berfungsi untuk mengurangi beban pencemar melalui proses fisik. Unit ini dirancang untuk memisahkan padatan tersuspensi dan sebagian bahan organik sehingga beban yang masuk ke unit pengolahan biologis dapat berkurang. Pengurangan beban pencemar pada tahap awal diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengolahan pada tahap berikutnya.

Unit pengolahan sekunder direncanakan sebagai bagian utama dari sistem pengolahan air limbah, dengan tujuan menurunkan kandungan bahan organik terlarut secara biologis. Proses pengolahan biologis dipilih karena efektif dalam mengolah limbah cair industri tekstil dengan kandungan bahan organik yang cukup tinggi.

3.2 Penentuan Parameter dan Asumsi Perencanaan

Penentuan parameter dan asumsi perencanaan merupakan tahapan penting dalam penyusunan desain konseptual sistem pengolahan air limbah industri tekstil. Pada penelitian ini, parameter perencanaan tidak diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan, melainkan ditentukan berdasarkan nilai tipikal yang banyak digunakan dalam literatur perencanaan dan penelitian terdahulu.

Karakteristik air limbah industri tekstil dalam perencanaan ini ditentukan berdasarkan parameter pencemar utama yang umum digunakan dalam perencanaan instalasi pengolahan air limbah, yaitu Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), dan Total Suspended Solids (TSS). Nilai konsentrasi awal parameter tersebut mengacu pada kisaran nilai tipikal air limbah industri tekstil yang dilaporkan dalam literatur perencanaan pengolahan air limbah (Tchobanoglous et al., 2014). Penggunaan nilai tipikal ini bertujuan untuk memberikan gambaran kondisi limbah yang umum dijumpai pada industri tekstil.

Selain karakteristik limbah, target kualitas efluen juga ditetapkan sebagai bagian dari asumsi perencanaan. Target efluen ditentukan dengan mengacu pada baku mutu air limbah industri yang berlaku, sehingga sistem pengolahan yang direncanakan secara konseptual diharapkan mampu menurunkan konsentrasi pencemar hingga memenuhi persyaratan

³ Edison Hatoguan Manurung, "Perencanaan K3 Pekerjaan Bidang Konstruksi," *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, Vol. 3, No. 1 (April 2020): 1–7.

⁴ Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* (New York: McGraw-Hill Education, 2014), 36–40.



lingkungan. Penetapan target efluen ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan pengolahan dan parameter desain pada setiap unit.

Parameter desain yang digunakan dalam simulasi perhitungan, seperti waktu tinggal hidraulik dan beban organik, ditetapkan berdasarkan rekomendasi yang umum digunakan dalam perencanaan instalasi pengolahan air limbah. Nilai-nilai parameter tersebut diambil dari rentang yang direkomendasikan dalam literatur untuk memastikan bahwa hasil perencanaan tetap realistis dan dapat diaplikasikan secara teoritis. Dengan adanya asumsi-asumsi tersebut, perhitungan yang dilakukan diharapkan dapat merepresentasikan kondisi perencanaan awal yang rasional dan konsisten.

Secara keseluruhan, parameter dan asumsi yang digunakan dalam penelitian ini disusun untuk mendukung tujuan penelitian, yaitu menghasilkan rancangan konseptual sistem pengolahan air limbah industri tekstil. Oleh karena itu, hasil perencanaan yang diperoleh bersifat teoritis dan memiliki keterbatasan dalam menggambarkan kondisi aktual di lapangan, sehingga diperlukan penyesuaian lebih lanjut apabila desain ini akan diterapkan secara nyata.

3.3 Perhitungan Debit dan Beban Pencemar

Dalam penelitian ini, debit air limbah diasumsikan sebesar $Q = 500 \text{ m}^3/\text{hari}$, yang merepresentasikan industri tekstil skala menengah berdasarkan nilai tipikal yang umum digunakan dalam perencanaan konseptual.⁵ Debit tersebut diasumsikan konstan untuk menyederhanakan simulasi perhitungan dan memudahkan analisis pada setiap unit pengolahan. Karakteristik air limbah ditentukan berdasarkan parameter pencemar utama, yaitu Biological Oxygen Demand (BOD). Konsentrasi awal BOD air limbah industri tekstil diasumsikan sebesar $C_{\text{BOD}} = 300 \text{ mg/L}$, sesuai dengan kisaran nilai yang banyak dilaporkan dalam literatur perencanaan instalasi pengolahan air limbah industri tekstil.⁶

Beban pencemar BOD harian dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$L_{\text{BOD}} = Q \times C_{\text{BOD}}$$

dengan:

L_{BOD} = beban BOD (kg/hari)

Q = debit air limbah (m^3/hari)

C_{BOD} = konsentrasi BOD (mg/L)

$L_{\text{BOD}} = 500 \times 300 \times 10^{-3} = 150 \text{ kg BOD/hari}$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa beban organik yang harus diolah oleh sistem pengolahan air limbah sebesar **150 kg BOD per hari**. Nilai ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan kapasitas dan dimensi unit pengolahan biologis pada tahap perencanaan selanjutnya.

3.4 Perhitungan Unit Prapengolahan (Bak Ekualisasi)

Perencanaan bak ekualisasi dilakukan dengan menggunakan pendekatan waktu tinggal hidraulik (*hydraulic retention time*). Waktu tinggal ditentukan berdasarkan nilai yang umum digunakan dalam perencanaan instalasi pengolahan air limbah industri, yaitu antara 6-12 jam. Dalam simulasi perhitungan ini, waktu tinggal hidraulik diasumsikan sebesar **8 jam**, yang dianggap cukup untuk meredam fluktuasi debit dan karakteristik air limbah secara konseptual.

Debit air limbah yang digunakan mengacu pada hasil perhitungan sebelumnya, yaitu sebesar **500 m^3/hari** . Untuk keperluan perhitungan volume bak ekualisasi, debit harian dikonversi ke dalam satuan debit per jam sebagai berikut:

$$Q_{\text{jam}} = \frac{500}{24} = 20,83 \text{ m}^3/\text{jam}$$

⁵ Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* (New York: McGraw-Hill Education, 2014), 706–708.

⁶ Bisschops, I., dan H. Spanjers, "Literature review on textile wastewater characterisation," *Environmental Technology* 24, no. 11 (2003): 1399–1411.



Volume Bak ekualisasi dihitung dengan rumus:

$$V = Q_{jam} \times t$$

dengan:

V = volume bak ekualisasi (m^3)

Q_{jam} = debit air limbah (m^3/jam)

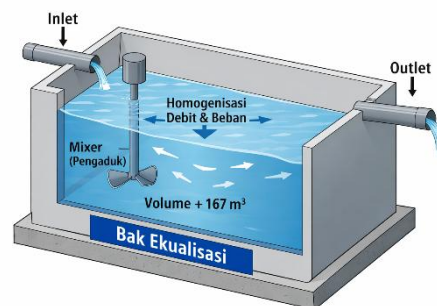
t = waktu tinggal hidraulik (jam)

Substitusikan nilai ke dalam rumus sehingga menghasilkan :

$$V = 20,83 \times 8 = 166,64 m^3$$

Berdasarkan hasil perhitungan, volume bak ekualisasi yang dibutuhkan secara teoritis adalah sekitar **167 m^3** . Volume ini merupakan volume efektif yang digunakan dalam perencanaan konseptual, belum termasuk volume cadangan (*freeboard*) yang umumnya ditambahkan pada tahap perencanaan teknis lanjutan.⁷

Secara konseptual, bak ekualisasi direncanakan berbentuk persegi panjang dengan sistem aliran masuk dan keluar yang sederhana. Bentuk ini dipilih karena mudah dalam pelaksanaan konstruksi dan umum digunakan dalam instalasi pengolahan air limbah industri.



Gambar 1. Konsep Bak Ekualisasi

Berdasarkan volume bak ekualisasi sebesar $167 m^3$ dan asumsi tinggi air efektif 4 m, bak direncanakan berbentuk persegi panjang dengan dimensi panjang 9,3 m, lebar 4,5 m, dan tinggi air 4,0 m. Freeboard setinggi 0,5 m disediakan untuk mengantisipasi fluktuasi muka air dan kondisi operasional.

3.5 Perhitungan Unit Pengolahan Sekunder (Bak Aerasi dan Bak Pengendap Akhir)

a. Perhitungan Bak Aerasi

Perencanaan bak aerasi dilakukan berdasarkan beban organik yang masuk ke unit pengolahan biologis. Beban BOD yang digunakan mengacu pada hasil perhitungan sebelumnya, yaitu sebesar **150 kg BOD/hari**. Dalam simulasi ini, efisiensi pengolahan biologis diasumsikan cukup untuk memenuhi target baku mutu efluen, sehingga seluruh beban BOD dianggap masuk ke bak aerasi sebagai beban desain.

Pendekatan perencanaan bak aerasi dilakukan dengan menggunakan parameter waktu tinggal hidraulik (*hydraulic retention time*). Untuk sistem lumpur aktif konvensional, waktu tinggal hidraulik umumnya berada pada kisaran 6-10 jam. Dalam simulasi perhitungan ini, waktu tinggal hidraulik diasumsikan sebesar **8 jam**.

Debit air limbah per jam yang digunakan adalah:

$$Q_{jam} = 20,83 m^3/jam$$

Volume bak aerasi dihitung dengan rumus :

$$V = Q_{jam} \times t$$

dengan:

V = volume bak aerasi (m^3)

⁷ Qasim, S. R., Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation (Boca Raton: CRC Press, 1999), 102–104.



Q_{jam} = debit air limbah (m^3/jam)

t = waktu tinggal hidraulik (jam)

Substitusikan nilai ke dalam rumus sehingga menghasilkan :

$$V = 20,83 \times 8 = 166,64 m^3$$

Berdasarkan hasil perhitungan, volume bak aerasi yang dibutuhkan secara teoritis adalah sekitar **167 m³**.

b. Perhitungan Bak Pengendap Akhir

Bak pengendap akhir direncanakan untuk memisahkan lumpur aktif dari air olahan yang keluar dari bak aerasi⁸. Waktu tinggal hidraulik bak pengendap akhir pada perencanaan konseptual umumnya berada pada kisaran 2-4 jam. Dalam simulasi ini, waktu tinggal diasumsikan sebesar **3 jam**, yang dianggap cukup untuk proses pengendapan lumpur secara gravitasi.

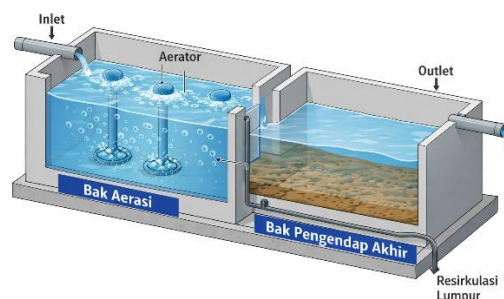
Volume bak pengendap akhir dihitung menggunakan rumus:

$$V = Q_{jam} \times t$$

Sehingga hasil dari perhitungannya :

$$V = 20,83 \times 3 = 62,49 m^3$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa volume bak pengendap akhir yang dibutuhkan secara teoritis adalah sekitar **63 m³**. Bak ini direncanakan sebagai unit pemisah akhir sebelum air olahan dialirkan ke badan air penerima atau unit pengolahan lanjutan.



Gambar 2. Konsep bak Aerasi dan Bak Pengendap Akhir

Bak aerasi direncanakan berbentuk persegi panjang dengan volume 167 m³ dan dimensi panjang 10,5 m, lebar 4,0 m, serta tinggi air efektif 4,0 m. Bak pengendap akhir direncanakan dengan volume 63 m³ dan dimensi panjang 7,0 m, lebar 3,0 m, serta tinggi air efektif 3,0 m. Freeboard setinggi 0,5 m disediakan pada masing-masing unit untuk kebutuhan operasional.

4. Rekapitulasi Hasil Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah

Rekapitulasi hasil perencanaan disusun untuk memberikan gambaran ringkas mengenai hasil simulasi perhitungan dan dimensi unit pengolahan air limbah⁹ industri tekstil yang telah direncanakan secara konseptual. Rekapitulasi ini mencakup parameter utama perencanaan, volume unit pengolahan, serta dimensi geometrik masing-masing unit yang diperoleh dari hasil simulasi perhitungan.

Berdasarkan hasil perhitungan debit dan beban pencemar, sistem pengolahan air limbah industri tekstil direncanakan terdiri dari tiga unit utama, yaitu bak ekualisasi sebagai unit prapengolahan, bak aerasi sebagai unit pengolahan biologis, dan bak pengendap akhir sebagai unit pemisahan lumpur. Setiap unit direncanakan dengan mempertimbangkan volume efektif, proporsi dimensi yang umum digunakan, serta kemudahan konstruksi pada tahap perencanaan konseptual.

⁸ Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* (New York: McGraw-Hill Education, 2014), 645–647.

⁹ Creswell, J. W., *Research Design* (Thousand Oaks: Sage Publications, 2014), 189–190.



Tabel berikut menyajikan rekapitulasi hasil perencanaan sistem pengolahan air limbah industri tekstil:

Unit Pengolahan	Volume Efektif(m ³)	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi Air(m)	Tinggi Total
Bak Ekualisasi	167	9,3	4,5	4,0	4,5
Bak Aerasi	167	10,5	4,0	4,0	4,5
Bak Pengendap Akhir	63	7,0	3,0	3,0	3,5

Tabel 1. Konsep bak Aerasi dan Bak Pengendap Akhir

5. Kesimpulan

Perencanaan sistem pengolahan air limbah industri tekstil yang disusun dalam penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan desain konseptual dan simulasi perhitungan. Sistem pengolahan yang direncanakan terdiri dari bak ekualisasi, bak aerasi, dan bak pengendap akhir yang masing-masing memiliki fungsi utama dalam menstabilkan debit dan beban pencemar, mengolah senyawa organik secara biologis, serta memisahkan lumpur dari air olahan.

Hasil simulasi perhitungan menunjukkan bahwa volume bak ekualisasi dan bak aerasi masing-masing sebesar 167 m³, sedangkan bak pengendap akhir memiliki volume sebesar 63 m³. Dimensi geometrik yang diperoleh dari hasil perencanaan berada dalam rentang yang umum digunakan pada instalasi pengolahan air limbah industri, sehingga secara konseptual dapat mendukung proses pengolahan air limbah secara efektif.

Perencanaan yang dihasilkan dalam penelitian ini memberikan gambaran awal mengenai kebutuhan kapasitas dan dimensi unit pengolahan air limbah industri tekstil. Hasil perencanaan tersebut dapat dijadikan sebagai acuan awal dalam tahap perencanaan lanjutan, khususnya untuk perancangan detail dan evaluasi teknis yang lebih mendalam.

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena perencanaan dilakukan berdasarkan asumsi parameter desain dan belum mempertimbangkan data kualitas air limbah aktual serta aspek operasional secara rinci. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya diperlukan untuk mengkaji kinerja sistem berdasarkan kondisi lapangan dan melakukan pengembangan desain yang lebih komprehensif.

6. Daftar Pustaka

- Aziz, H. A., Alias, S., Adlan, M. N., Asaari, F. A. H., & Zahari, M. S. M. (2007). Colour removal from landfill leachate by coagulation and flocculation processes. *Bioresource Technology*, 98(1), 218-220.
- Bagus Nugroho Prasetyo dan Edison H. Manurung, "Tinjauan Etika Profesi Engineer terhadap Penggunaan Material Tidak Sesuai Spesifikasi pada Pekerjaan Bored Pile", *SINERGI: Jurnal Riset Ilmiah*, Vol. 2, No. 7, Juli 2025.
- Bisschops, I., & Spanjers, H. (2003). Literature review on textile wastewater characterisation. *Environmental Technology*, 24(11), 1399-1411.
- Manurung, Edison Hatoguan. "Perencanaan K3 Pekerjaan Bidang Konstruksi." *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, Vol. 3, No. 1, April 2020.
- Metcalf & Eddy, Inc. (2014). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* (5th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.



- Qasim, S. R. (1999). *Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation*. Boca Raton: CRC Press.
- Rachmawati, R., & Nugroho, S. (2016). Evaluasi kinerja instalasi pengolahan air limbah industri tekstil. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 14(2), 89-98.
- Said, N. I. (2017). Teknologi pengolahan air limbah industri. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(2), 123-132.
- Soeparman, S., & Suparmin. (2002). *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Sugiharto. (2008). *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Sutapa, I. W., & Widiassa, I. N. (2015). Perencanaan instalasi pengolahan air limbah industri tekstil dengan sistem lumpur aktif. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 21(1), 45-54.
- Sutrisno, T., & Hamid, A. (2014). *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. New York: McGraw-Hill.
- Wahyudi, A., & Prasetyo, D. (2018). Perencanaan sistem pengolahan air limbah industri berbasis karakteristik limbah. *Jurnal Teknik Sipil*, 25(3), 201-210.