

**Nomor Urut: 118 A/UN7.F3.6.8.TL/DL/XI/2025**

**119 A/UN7.F3.6.8.TL/DL/XI/2025**

**Laporan Tugas Akhir**

**PERENCANAAN SISTEM PENGELOLAAN DAN  
PEMANFAATAN AIR LIMBAH UMKM INDUSTRI  
ALKOHOL DI DESA BANJARDOWO, KECAMATAN  
KRADENAN, KABUPATEN GROBOGAN**



**Disusun Oleh:**

**Aisyah Rahmawati Rous 21080122120026**

**Bintang Jamael Halidi 21080122140150**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG**

**2026**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Aisyah Rahmawati Rous  
 NIM : 21080122120026  
 Jurusan/Departemen : Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Undip  
 Judul Skripsi : Perencanaan Sistem Pengelolaan dan Pemanfaatan Air Limbah  
 UMKM Industri Alkohol di Desa Banjardowo, Kecamatan  
 Kradenan, Kabupaten Grobogan

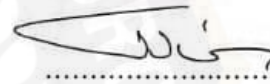
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Pembimbing I:  
 Dr.Eng. Ir. Bimastyaji Surya Ramadan, S.T., M.T., IPM  
 199203242019031016



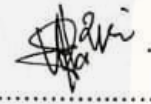
.....

Pembimbing II:  
 Ir. Wiharyanto Oktiawan, S.T., M.T., IPU  
 197310242000031001



.....

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



.....

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



.....

Semarang, 17 Juni 2026

Program Studi Teknik Lingkungan  
 Fakultas Teknik Undip



Dr. Ir. Budi Prasetyo Samadikun, S.T., M.Si., IPU., ASEAN Eng.  
 NIP. 197805142005011001

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
 NAMA : Bintang Jamael Halidi  
 NIM : 21080122140150  
 Jurusan/Departemen : Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Undip  
 Judul Skripsi : Perencanaan Sistem Pengelolaan dan Pemanfaatan Air Limbah  
 UMKM Industri Alkohol di Desa Banjardowo, Kecamatan  
 Kradenan, Kabupaten Grobogan

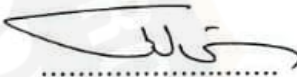
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Pembimbing I:  
 Dr.Eng. Ir. Bimastyaji Surya Ramadan, S.T., M.T., IPM  
 199203242019031016



.....

Pembimbing II:  
 Ir. Wiharyanto Oktiawan, S.T., M.T., IPU  
 197310242000031001



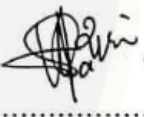
.....

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



.....

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



.....

Semarang, 17 Juni 2026  
 Program Studi Teknik Lingkungan  
 Fakultas Teknik Undip



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

NIP. 197805142005011001

## ABSTRAK

Air limbah yang dihasilkan dari proses produksi UMKM Industri Alkohol di Desa Banjardowo, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan memiliki beban pencemar organik yang sangat tinggi sehingga berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak diolah dengan benar. Di balik peningkatan ekonomi yang signifikan, kegiatan produksi alkohol ini menghasilkan limbah cair yang sangat di perparah dengan kondisi lokasi saat ini belum mempunyai Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), sehingga air limbah di tampung sementara pada bak penampung yang nantinya akan di angkut ke fasilitas pengolahan di Kota Mojokerto, Jawa Timur, yang pada akhirnya memicu lonjakan biaya operasional tinggi bagi para pelaku usaha. Perencanaan tugas akhir ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik air limbah yang dihasilkan, dengan merancang sistem pengelolaan dan pemanfaatan air limbah yang tepat, serta menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB) pembangunan IPAL. Berdasarkan hasil perhitungan dari 200 unit UMKM aktif, didapatkan debit air limbah harian mencapai 50 m<sup>3</sup>/hari. Debit rencana ini selanjutnya akan digunakan sebagai penentuan kapasitas dan dimensi unit-unit pengolahan pada sistem IPAL. Hasil analisis kualitas air limbah menunjukkan konsentrasi, yakni TSS sebesar 25.760 mg/L, BOD sebesar 68.000 mg/L, dan COD sebesar 221.200 mg/L, yang berarti bahwa konsentrasi melampaui baku mutu air limbah industri etanol berdasarkan Peraturan Menteri LHK Nomor 5 Tahun 2014. Berdasarkan kondisi tersebut, dilakukan perencanaan sistem IPAL komunal dengan penentuan alternatif teknologi menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) yang melibatkan tiga responden dari sisi akademis, pemerintah, dan praktisi bisnis. Berdasarkan hasil pembobotan AHP didapatkan teknologi pengolahan terbaik *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) dengan skor tertinggi, yaitu 0,57. Rangkaian unit pengolahan yang di desain secara berurutan meliputi *Bar Screen*, Bak Ekualisasi, Bak Sedimentasi Awal, *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR), *Completely Mixed Activated Sludge* (CMAS), Bak Sedimentasi Akhir, *Sludge Drying Bed* (SDB). Dengan kombinasi pengolahan fisik dan biologis tersebut, sistem IPAL ini diproyeksikan memiliki efisiensi penyisihan (*removal efficiency*) secara kumulatif mencapai 99%. Hasil *efluen* menunjukkan penurunan konsentrasi polutan yang sangat signifikan, ditandai dengan nilai BOD akhir sebesar 23,2 mg/L yang telah memenuhi standar baku mutu. Perencanaan ini juga memanfaatkan kembali *efluen* yang dihasilkan berupa biogas dari proses *anaerobik* pada unit MBBR sebesar 3,71 m<sup>3</sup>/hari setara 1,7 kg LPG/hari dan lumpur yang digunakan sebagai pupuk setelah dilakukan penambahan unsur hara Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K). Luas lahan yang diperlukan untuk pembangunan IPAL sebesar 4.960 m<sup>2</sup> dengan total biaya investasi sebesar Rp6.000.000.000,00.

**Kata kunci:** Air Limbah Alkohol, IPAL, Desa Banjardowo

## ABSTRACT

*The wastewater generated from the production processes of alcohol industry Small and Medium Enterprises (SMEs) in Banjardowo Village, Kradenan Subdistrict, Grobogan Regency, contains a significantly high organic pollutant load, posing a potential threat of environmental pollution if not properly treated. Despite the significant economic growth it brings, this alcohol production generates liquid waste, a problem exacerbated by the current lack of a Wastewater Treatment Plant (WWTP) at the location. Consequently, the wastewater is temporarily stored in holding tanks before being transported to a treatment facility in Mojokerto City, East Java, ultimately leading to a surge in operational costs for the business owners. This final project aims to analyze the characteristics of the generated wastewater, design an appropriate wastewater management and utilization system, and formulate the Budget Plan (RAB) for the WWTP construction. Based on calculations from 200 active SME units, the daily wastewater discharge is estimated to reach 50 m<sup>3</sup>/day. This planned discharge is subsequently utilized to determine the capacity and dimensions of the treatment units within the WWTP system. Laboratory analysis of the wastewater quality revealed concentrations of Total Suspended Solids (TSS) at 25,760 mg/L, Biochemical Oxygen Demand (BOD) at 68,000 mg/L, and Chemical Oxygen Demand (COD) at 221,200 mg/L. These values significantly exceed the quality standards for ethanol industry wastewater as stipulated by the Minister of Environment and Forestry Regulation No. 5 of 2014. To address this issue, a communal WWTP system was designed, with the selection of alternative technologies determined using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method. This process involved three expert respondents representing academia, government, and industry practitioners. Based on the AHP weighting results, the Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) emerged as the most optimal treatment technology, achieving the highest score of 0.57. The sequentially designed treatment units comprise a Bar Screen, Equalization Tank, Primary Sedimentation Tank, Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR), Completely Mixed Activated Sludge (CMAS), Secondary Sedimentation Tank, and a Sludge Drying Bed (SDB). Through this combination of physical and biological treatments, the proposed WWTP system is projected to achieve a cumulative removal efficiency of 99%. The projected effluent demonstrates a highly significant reduction in pollutant concentrations, characterized by a final BOD value of 23.2 mg/L, which successfully complies with environmental quality standards. Furthermore, this design incorporates resource recovery by utilizing the generated by-products: biogas produced from the anaerobic process in the MBBR unit amounting to 3.71 m<sup>3</sup>/day (equivalent to 1.7 kg of LPG/day), and sludge intended for use as fertilizer following the fortification of Nitrogen (N), Phosphorus (P), and Potassium (K) nutrients. The land area required for the construction of this WWTP is 4,960 m<sup>2</sup>, with a total estimated investment cost of Rp6,000,000,000.00.*

**Keyword:** Alcohol Wastewater, WWTP, Banjardowo Village

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Sektor Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) memiliki peranan yang besar dalam mendorong pembangunan ekonomi lokal, terutama di daerah pedesaan yang ada di Indonesia. UMKM tidak hanya menarik tenaga kerja lokal, tetapi menarik penggunaan bahan baku dari lingkungan sekitar. Berdasarkan Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Grobogan tahun 2018 terdapat 32.055 UMKM yang tersebar di 19 Kecamatan dengan 30.565 Usaha Mikro, 1.344 Usaha Kecil, dan 156 Usaha Menengah.

Berdasarkan lokasi studi yang berada di Desa Banjardowo, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Kradenan yang dikenal sebagai salah satu desa penghasil alkohol tradisional sejak dahulu kala dan diturunkan secara turun-temurun antar generasi. Desa Banjardowo ini memiliki sekitar 200 pelaku usaha rumah tangga atau UMKM industri yang aktif memproduksi alkohol. UMKM ini memiliki nilai ekonomi yang signifikan, namun di balik kontribusinya terhadap ekonomi masyarakat, UMKM ini juga berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan yang serius apabila limbah yang dihasilkan tidak dikelola dengan baik.

Menurut Kusrini tahun 2004, produksi alkohol di Desa Bekonang menghasilkan limbah cair yang memiliki rata-rata 44,2 liter per hari, dengan kadar polutan sangat tinggi yaitu, BO5 = 22.000 mg/L, COD = 170.316 mg/L, TSS = 5.640 mg/L. Dari nilai tersebut dapat diketahui bahwasanya kadar polutannya jauh melampaui baku mutu yang diperbolehkan. (Nurchayani & Utami, 2015) dalam Penelitian “Pengolahan Limbah Cair Industri Alkohol Bekonang” juga menjelaskan bahwa limbah cair yang berasal dari industri alkohol memiliki warna pekat, pH asam, bau kuat, dan kandungan bahan organik tinggi, sehingga memerlukan teknologi pengolahan yang sesuai agar tidak mencemari lingkungan sekitar.

Dengan kondisi eksisting yang ada di lapangan, sebahagian pelaku UMKM masih membuang air limbah secara langsung ke lingkungan dan juga melakukan

penampungan sementara menggunakan tog air. Selanjutnya, terdapat mekanisme pengangkutan air limbah oleh petugas dari pelaku UMKM menuju bak penampungan sementara. Apabila kapasitas bak telah penuh, petugas akan menghubungi pihak ketiga untuk mengangkut limbah menuju fasilitas pengolahan yang berada di Kota Mojokerto, Jawa Timur. Sistem ini dinilai kurang efisien karena menimbulkan biaya pengangkutan dan pengolahan yang cukup tinggi bagi pelaku UMKM. Kondisi tersebut membuat kebutuhan akan suatu perencanaan sistem pengelolaan dan pemanfaatan air limbah yang efektif, efisien, serta berkelanjutan.

Berdasarkan kondisi tersebut menunjukkan urgensi untuk melakukan perancangan sistem pengelolaan dan pemanfaatan air limbah yang optimal agar dampak negatif terhadap lingkungan dapat diminimalkan dengan membuka peluang pemanfaatan kembali air limbah tersebut. Perancangan ini juga bertujuan untuk sebagai dokumen yang komprehensif, mencakup teknologi pengolahan, estimasi biaya dengan perhitungan kapasitas yang akurat, dan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Berikut identifikasi masalah berdasarkan latar belakang yang di atas yang menjadi bahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

1. Karakteristik air limbah dari kegiatan UMKM Industri Alkohol yang berbahaya dan mengandung beban pencemaran yang tinggi sehingga dapat merusak lingkungan
2. Belum adanya fasilitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk UMKM Industri Alkohol yang berada di Desa Banjardowo, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan, sehingga memiliki risiko pencemaran lingkungan.
3. Beban biaya operasional tinggi yang dikeluarkan oleh pelaku UMKM tiap bulannya untuk membayar jasa pihak ketiga dalam mengolah air limbah.

### **1.3 Rumusan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, rumusan masalah yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik air limbah yang dihasilkan oleh UMKM Industri Alkohol di Desa Banjardowo, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan.
2. Bagaimana perencanaan sistem pengangkutan, pengelolaan, dan pemanfaatan air limbah yang tepat untuk mengelola limbah cair kegiatan UMKM Industri Alkohol di Desa Banjardowo, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan.
3. Berapa Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari sistem pengangkutan, Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), dan pemanfaatan air limbah UMKM Industri Alkohol di Desa Banjardowo, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan.

### **1.4 Tujuan**

Dengan rumusan masalah tersebut, dapat ditarik tujuan dari perencanaan Tugas Besar sebagai berikut

1. Menganalisis karakteristik air limbah yang dihasilkan oleh UMKM Industri Alkohol di Desa Banjardowo, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan.
2. Merencanakan sistem pengangkutan, pengelolaan, dan pemanfaatan air limbah yang tepat untuk mengelola limbah cair kegiatan UMKM Industri Alkohol di Desa Banjardowo, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan.
3. Menentukan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari sistem pengangkutan air limbah, Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), dan pemanfaatan air limbah UMKM Industri Alkohol di Desa Banjardowo, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan.

### **1.5 Manfaat**

Untuk Penulis

1. Mengetahui jenis pengolahan air limbah alkohol di Desa Banjardowo, Kelurahan Kradenan, Kabupaten Grobogan yang tepat sesuai karakteristik air limbah yang diuji.
2. Memanfaatkan limbah tersebut menjadi produk olahan berupa pupuk organik cair.

3. Mengatasi permasalahan lingkungan berupa pencemaran lingkungan terutama pencemaran air dan tanah di Desa Banjardowo, Kelurahan Kradenan, Kabupaten Grobogan.
4. Sebagai salah satu sarana dalam mengaplikasikan disiplin ilmu Teknik Lingkungan di kehidupan sehari-hari, menyelesaikan Tugas Akhir (TA) penulis, dan menambah wawasan mengenai perencanaan sistem pengelolaan air limbah yang baik dan berguna di masa yang akan datang.

Untuk Masyarakat di Desa Banjardowo, Kelurahan Kradenan, Kabupaten Grobogan

1. Mendapatkan fasilitas pengolahan air limbah dari UMKM Industri Alkohol
2. Mendapatkan produk samping dari pemanfaatan limbah UMKM Industri Alkohol
3. Mendapatkan solusi permasalahan limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan UMKM Industri Alkohol sehingga tidak lagi membebankan pelaku UMKM dalam biaya operasional pengelolaan limbah cair dari usahanya

#### **1.6 Pembatasan Masalah**

Adapun pembatasan masalah dalam perencanaan Tugas Akhir ini adalah:

1. Objek perencanaan adalah sistem penyaluran air limbah alkohol dari masing-masing UMKM menuju lokasi IPAL dan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal UMKM Alkohol Desa Banjardowo, Kelurahan Kradenan, Kabupaten Grobogan.
2. UMKM Industri Alkohol yang termasuk dalam perencanaan berada di Desa Banjardowo, Kelurahan Kradenan, Kabupaten Grobogan.
3. Parameter kualitas air limbah alkohol yang dilakukan pengolahan adalah BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, pH, serta C, N, P, dan K untuk pemanfaatan dan parameter kuantitas air limbah alkohol berupa debit dan volume sesuai dengan Peraturan Pemerintah yang berlaku.

## DAFTAR PUSTAKA

- ARIF GEMARDI. (2018). *PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH DOMESTIK DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU DI KOTA PROBOLINGGO*.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Grobogan. (2024). *Kecamatan Kradenan Dalam Angka 2024*.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Grobogan. (2025). *Kecamatan Kradenan Dalam Angka 2025*.
- Badan Standardisasi Nasional. (n.d.). *Air dan air limbah - Bagian 72: Cara uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/ BOD) - SNI 6989.72:2009*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). *Tata cara pengambilan contoh dalam rangka pemantauan kualitas air pada suatu daerah pengaliran sungai Badan Standardisasi Nasional*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008a). *Air dan air limbah – Bagian 59: Metoda pengambilan contoh air limbah - SNI 6989.59-2008*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008b). *Air dan air limbah – Bagian 59: Metoda pengambilan contoh air limbah SNI 6989.59:2008*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019a). *Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (chemical oxygen demand /COD) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri SNI 6989.02-2019*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019b). *Air dan air limbah - Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (total suspended solids/TSS) secara gravimetri - SNI 6989.3-2019*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019c). *Air dan air limbah – Bagian 11: Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan pH meter*.
- Bimanto, A. N., & Sa'diyah, K. (2023). *PENGOLAHAN LIMBAH SPENT WASH DENGAN METODE ANAEROBIC DIGESTION DI PT ENERGI AGRO NUSA*.

*DISTILAT: JURNAL TEKNOLOGI SEPARASI, Politeknik Negeri Malang, 354-361.*

Dasgupta, M., & Yildiz, Y. (2016). Assessment of biochemical oxygen demand as indicator of organic load in wastewaters of Morris County, New Jersey, USA. *Journal of Environmental & Analytical Toxicology*, 6 (3), 378.

Eckenfelder Jr, W. W., & Staff, U. by. (2000). Wastewater treatment. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*.

Eddy, M. &, Abu-Orf, M., Bowden, G., Burton, F. L., Pfrang, W., Stensel, H. D., Tchobanoglous, G., Tsuchihashi, R., & (Firm), A. (2014). *Wastewater engineering: treatment and resource recovery*. McGraw Hill Education.

Gita, K., & Ika, R. (2013). Pengaruh ph dan rasio cod: n terhadap produksi biogas dengan bahan baku limbah industri alkohol (vinasse). *Pengaruh ph dan rasio cod: n terhadap produksi biogas dengan bahan baku limbah industri alkohol (vinasse).*, 1-7

Jayanti, U., Dasir, & Idealistuti. (2017). Kajian penggunaan tepung tapioka dari berbagai varietas ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz.) dan jenis ikan terhadap sifat sensoris pempek. *Edible: Jurnal Penelitian Ilmu-ilmu Teknologi Pangan 6.1*, 59-62.

Karya, D. C. (2018). Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT). *Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat*.

Kawamura, Susumu. 1991. *INTEGRATED DESIGN AND OPERATION OF WATER TREATMENT*

Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2014). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). *Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T), Buku B: Panduan Perencanaan Teknik Terinci Sub-Sistem Pengolahan Terpusat*. Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya.

- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2017). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 04/PRT/M/2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik*. Kementerian PUPR. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2019). *Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT), Buku E: Panduan Perencanaan Pelayanan Lumpur Tinja*. Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2019). *Keputusan Menteri Pertanian Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh Tanah*. Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Li, J. P., Healy, M. G., Zhan, X. M., & Rodgers, M. (2008). *Nutrient removal from slaughterhouse wastewater in an intermittently aerated sequencing batch reactor*. *Bioresource Technology*, 99(16), 7644–7650. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.02.001>
- Limbah Cair Industri Alkohol Bekonang, P., Nurcahyani, K. A., & Utami, B. (n.d.). *Pengolahan Limbah Cair Industri Alkohol Bekonang Menggunakan Proses Fermentasi Industrial Wastewater Treatment Using The Process of Fermentation Alcohol Bekonang*.
- McQuarrie, J., & Boltz, J. (2011). Moving bed biofilm reactor technology: process applications, design, and performance. *Water environment research* 83.6, 560-575.
- Metcalf & Eddy, Inc. (1991). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse (3rd ed.)*. McGraw-Hill, Inc.
- Metcalf, Eddy, Tchobanoglous, G., Stensel, D., Tsuchihashi, R., & Burto, F. (2014). *WASTEWATER ENGINEERING: TREATMENT AND RESOURCE RECOVERY, FIFTH EDITION*. New Work: McGraw-Hill Education.
- Moraes, B. S., Zaiat, M., & Bonomi, A. (2015). Anaerobic digestion of vinasse from sugarcane ethanol production in Brazil: Challenges and perspectives. In *Renewable*

*and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 44, pp. 888–903). Elsevier Ltd.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.023>

Mustofa, A., Hendriarianti, E., Program, A. A., & Lingkungan, S. T. (n.d.). *EVALUASI KINERJA IPAL KOMUNAL RW 07 TLOGOMAS UNIT ANAEROBIC DIGESTER TANK PERFORMANCE EVALUATION OF COMMUNAL WWTP RW 07 TLOGOMAS ANAEROBIC DIGESTER TANK UNIT.*

Nurchayani, K., & Utami, B. (2015). Pengolahan Limbah Cair Industri Alkohol Bekonang Menggunakan Proses Fermentasi Industrial Wastewater Treatment Using The Process of Fermentation Alcohol Bekonang. *Seminar Nasional Konservasi Dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam*, 113.

Pardomuan Robinson Sihombing, SST, M.Stat, A. R., & Dr. Ir. Hanny Wahidin Wiranegara, MT Wi. (2024). *Analytic Hierarchy Process (AHP) dalam Berbagai Software*. Banten: Minhaj Pustaka.

Pandu Wijaya, & Alfian Purnomo. (2022). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Alkohol di Desa Bekonang. *JURNAL TEKNIK ITS, Vol. 11, No. 3*.

Peraturan Bupati Kabupaten Grobogan. (2026). *Peraturan Bupati (Perbup) Kabupaten Grobogan Nomor 14 Tahun 2025 tentang Standar Harga Satuan Tahun Anggaran 2026*.

Peraturan Bupati Grobogan. (2025). *Peraturan Bupati Grobogan Nomor 21 Tahun 2025 Tentang Perubahan Atas Peraturan Bupati Nomor 40 Tahun 2024 Tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Tahun Anggaran 2025 Di Lingkungan Pemerintah Daerah*.

Peraturan Daerah Kabupaten Grobogan. (2024). *Peraturan Daerah (Perda) Kabupaten Grobogan Nomor 6 Tahun 2024 : Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah Tahun 2025-2045*.

Pemerintah Kabupaten Grobogan. (2022). *Profil Perkembangan Kependudukan Kabupaten Grobogan Tahun 2022*.

- Sari, S. P., Gunawan, Permana, I., Hutabarat, A. L. R., Sari, D., Nurtanti, I., Azis, A. R., Wijayanti, D. A., & Vertygo, S. (2024). *Pengelolaan limbah peternakan*. Get Press Indonesia.
- SNI. (2005). *Air dan Air Limbah - Bagian 23: Cara Uji Suhu dengan Termometer*.
- SNI. (2009). *Air dan Air Limbah - Bagian 70: Cara Uji Sulfida dengan Biru Metilen Secara Spektrofotometri*.
- SNI. (2009). *Air dan air limbah - Bagian 72: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/BOD)*.
- SNI. (2019). *Air dan Air Limbah - Bagian 11: Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan menggunakan pH Meter*.
- SNI. (2019). *Air dan air limbah - Bagian 2: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/COD) dengan Refluks Tertutup Secara Spektrofotometri*.
- SNI. (2019). *Air dan Air Limbah - Bagian 3 : Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solids/TSS) secara Gravimetri*.
- Qasim, S. R. (1999). *Wastewater treatment plants: planning, design, and operation* Routledge.
- Qasim, S. R., Motley, E. M., & Zhu, G. (2000). *Water works engineering: Planning, design, and operation*. Prentice Hall.
- Qasim, S., & Zhu, G. (2018). *Wastewater Treatment and Reuse Theory and Design*
- Quan, T. H., Gogina, E., Makisha, N., Gulshin, I., & Makisha, E. (2023). Improving Nitrogen Removal Efficiency in SBR Reactors by Controlling Operational Phases. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/app131910906>
- Reynolds, T. D., & Richards, P. A. (1996). *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering* (Vol. 2nd). PWS Publishing Company.

- Said, N. I., & Eng, M. (2017). Teknologi Pengolahan Air Limbah. *Jakarta: Erlangga*, 228–230.
- Tchobanoglous, George, Franklin L. Burton, dan David H. Stensel. 2003. “Metcalf & Eddy : Wastewater Engineering: Treatment and Reuse.” *McGraw Hill Companies, Inc*
- Tilley, Elizabeth, Lukas Ulrich, Christoph Lüthi, Philippe Reymond, dan Christian Zurbrügg. (2014). “*Compendium of sanitation systems and technologies.*”
- Wang, F., Lu, S., Wei, Y., & Ji, M. (2009). Characteristics of aerobic granule and nitrogen and phosphorus removal in a SBR. *Journal of Hazardous Materials*, 164(2–3), 1223–1227.
- Wijaya, P., & Purnomo, A. (2022). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Alkohol di Desa Bekonang. *Jurnal Teknik ITS 11.3*, D82-D78.
- Zhu, G., & Qasim, S. (2018). *Wastewater Treatment and Reuse.*