

## Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik PT. B

Berlian Aura Aprilia<sup>1</sup>, Teguh Taruna Utama<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Lingkungan, Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya, Indonesia  
Email: <sup>1</sup>berlian.auraa16@gmail.com, <sup>2</sup>utama.teguh87@uinsby.ac.id

### Abstract

*PT. B is a livestock industry company located in Ngadirenggo Village, Wlingi District, Blitar Regency. The main focus of environmental pollution by PT. B leads to water pollution, especially rivers. Domestic Wastewater Treatment Plant (WWTP) PT. B comes from 4 sources, namely Mess, MCC (Milk Collect Center), Canteen, and Laundry Room which are then discharged into the Genjong River water body. This study aims to determine the characteristics of wastewater in the domestic Wastewater Treatment Plant (WWTP) of PT. B, analyze the effectiveness of the performance of domestic WWTP in treating waste, and evaluate domestic WWTP buildings when compared to the design criteria of water treatment plants in the literature study. The research was carried out for approximately 3 months starting from January 20, 2025 to April 14, 2025. The location of the research of PT. B. Primary and secondary data collection was carried out in this study. The quality of the wastewater produced exceeds the quality standards set by the Regulation of the Minister of Environment and Forestry of the Republic of Indonesia Number 68 of 2016, especially in the parameters of TSS, COD, BOD, and total coliform. Evaluation of the WWTP building showed that some units did not meet the expected design criteria, such as the initial and final reservoirs that had too large a volume and inappropriate residence times. Suggestions for improvement include installation of a mechanical mixer system.*

**Keywords:** WWTP, Domestic Wastewater, Evaluation, Waste Treatment, Farm.

### Abstrak

PT. B merupakan perusahaan industri peternakan lokasi di Desa Ngadirenggo Kecamatan Wlingi Kabupaten Blitar. Fokus utama pencemaran lingkungan hidup oleh PT. B mengarah pada pencemaran air, terutama sungai. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik PT. B berasal dari 4 sumber, yaitu Mess, MCC (Milk Collect Center), Kantin, dan Laundry Room yang kemudian outletnya dibuang ke badan air Sungai Genjong. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik air limbah di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik PT. B, menganalisis efektivitas kinerja IPAL domestik dalam mengolah limbah, dan mengevaluasi bangunan IPAL domestik jika dibandingkan dengan kriteria desain instalasi pengolahan air pada studi literatur. Penelitian dilaksanakan selama kurang lebih 3 bulan dimulai pada tanggal 20 Januari 2025 hingga tanggal 14 April 2025. Lokasi penelitian PT. B. Dilakukan pengumpulan data primer dan sekunder dalam penelitian ini. Kualitas air limbah yang dihasilkan melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016, terutama pada parameter TSS, COD, BOD, dan total coliform. Evaluasi terhadap bangunan IPAL menunjukkan bahwa beberapa unit tidak memenuhi kriteria desain yang diharapkan, seperti bak penampung awal dan akhir yang memiliki volume terlalu besar dan waktu tinggal yang tidak sesuai. Saran perbaikan termasuk pemasangan sistem pengaduk mekanis dan aerasi untuk meningkatkan sirkulasi air dan mencegah pertumbuhan mikroorganisme anaerob.

**Kata Kunci:** IPAL, Air Limbah Domestik, Evaluasi, Pengolahan Limbah, Farm.

## 1. PENDAHULUAN

Limbah merupakan hasil sisa dari aktivitas manusia, seperti limbah sayuran, sampah, kotoran, deterjen, serta lemak dan minyak dari rumah, apartemen, restoran, dan tempat kerja. Limbah tersebut, dikenal sebagai limbah air limbah domestik. Air limbah

ini berdampak negatif pada ekosistem. Air limbah domestik dibedakan menjadi dua, yaitu *black water* dan *grey water*. *Black water* dari aktivitas limbah biologis manusia, seperti kotoran, dan *grey water* dari kegiatan mencuci, mandi, memasak, dan kegiatan lainnya (Nasrullah & Rahmayanti, 2024)

Air limbah, yang juga dikenal sebagai air buangan. Air buangan merupakan sisa air hasil aktivitas rumah tangga, industri, serta berbagai fasilitas umum lainnya. Air ini umumnya mengandung zat-zat yang berpotensi membahayakan kesehatan manusia dan mencemari lingkungan. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 mengenai Baku Mutu Air Limbah Rumah Tangga, air limbah domestik didefinisikan sebagai limbah cair yang berasal dari kegiatan permukiman, rumah makan, perkantoran, perdagangan, apartemen, hingga asrama. Secara umum, limbah domestik ini diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu *black water* dan *grey water*.

Ekonomi dan kesehatan masyarakat terkena dampak negatif ketika kualitas air limbah melampaui baku mutu. Air limbah memiliki efek yang merugikan pada nilai ekonomi dan kesehatan manusia jika tidak diolah dan kemudian dibuang ke badan air karena tidak memiliki nilai ekonomi dan. Air limbah yang tidak diolah, dapat menyebabkan penyakit. pH, suhu, konsentrasi padatan terlarut total, kebutuhan oksigen kimiawi dan biologis (Dr. Amit Krishan et al., 2023).

PT. B merupakan perusahaan industri peternakan sapi perah dan pengolahan susu yang berlokasi di Desa Ngadirenggo Kecamatan Wlingi Kabupaten Blitar. PT. B memiliki luas area sebesar 172,2 Ha dan memiliki  $\pm 7.000$  (tujuh ribu) ekor sapi. Jenis sapi di PT. B sebagian besar adalah sapi produksi sebagian yang lain adalah heifer (sapi betina) atau pedet (sapi muda). PT. B berfokus pada pencemaran air yang berada di Sungai. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik PT. B berasal dari 4 sumber, yaitu Mess, MCC (*Milk Collect Center*), Kantin, dan Laundry Room yang kemudian outletnya dibuang ke badan air Sungai Genjong. Keempat sumber ini, menghasilkan limbah domestik yang masih melebihi baku mutu, sehingga diperlukan studi evaluasi terkait pengolahan limbah domestik di PT. B.

Sungai Genjong mengalami pencemaran akibat tingginya berbagai parameter kualitas air limbah. Nilai TSS yang tinggi menyebabkan kekeruhan serta mengganggu kehidupan organisme perairan. Nilai COD dan BOD yang tinggi dapat mengurangi kadar oksigen terlarut dan membahayakan biota air. Kandungan minyak dan lemak yang tinggi dapat memperburuk kondisi sungai karena membentuk lapisan di permukaan air serta menimbulkan bau. Selain itu, tingginya Amonia dan Total Coliform bersifat toksik bagi organisme perairan dan menyebabkan pencemaran mikrobiologis dari limbah manusia, sehingga meningkatkan risiko penyebaran penyakit berbasis air. Air limbah tersebut harus dikelola dengan baik untuk mencegah pencemaran lingkungan dan kondisi kumuh yang disebabkan oleh sanitasi yang tidak memadai. Air limbah yang melebihi baku mutu dapat menyebabkan penyakit. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan yang tepat dengan mempertimbangkan karakteristik air limbah

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan terkait pengolahan air limbah domestik. (Dayanti & Dj, 2025) menekankan pemilihan media biofilter anaerob dan mikroorganisme, namun penelitian tersebut masih berbasis kajian literatur (sekunder) tanpa pengujian langsung (primer) pada unit IPAL eksisting dan lebih mendalami penggunaan media atau mikroorganisme spesifik untuk meningkatkan efisiensi biologis. Sementara itu, penelitian ini melakukan evaluasi teknis dimensi dan kinerja IPAL domestik berdasarkan kriteria desain literatur dan data yang diambil merupakan data eksisting (primer). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi kesesuaian dimensi serta kinerja unit-unit IPAL domestik PT. B terhadap kriteria desain literatur (Qasim, Metcalf & Eddy, dll.) dan memberikan rekomendasi teknis perbaikan

agar efektivitas pengolahan sesuai dengan PERMEN LHK No. 68 Tahun 2016. Evaluasi ini diharapkan dapat menjadi dasar pengendalian dampak lingkungan serta pemenuhan regulasi yang berlaku.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan selama kurang lebih 3 bulan dimulai pada tanggal 20 Januari 2025 hingga tanggal 14 April 2025. Lokasi penelitian PT. B yang berlokasi di Pkb. Sirahkencong, Ngadirenggo, Kec. Wlingi, Kabupaten Blitar, Jawa Timur.

### 2.2 Pengumpulan Data

Dilakukan pengumpulan data primer dan sekunder. Data primer meliputi kualitas air limbah domestik (BOD, COD, TSS, pH, minyak dan lemak, amoniak, dan total coliform) yang diperoleh dari pengambilan sampel dan analisis laboratorium, data debit air limbah yang diukur menggunakan *flow meter*, dan data sumber air limbah berasal. Data sekunder berupa dimensi bangunan IPAL yang berbentuk tandon, kriteria desain dan perhitungan setiap unit Instalasi Pengolahan Air Limbah

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

IPAL Domestik berasal dari air limbah mess karyawan, kantin, laundry, dan MCC. Air limbah mess karyawan berupa grey water (air bekas mandi, cuci baju, dan aktivitas lain selain saluran toilet). Air limbah kantin berasal dari kegiatan cuci tangan maupun memasak di kantin. Air limbah laundry berasal dari kegiatan laundry pakaian seragam dan Sepatu PT. B yang rutin dilakukan. Sedangkan untuk MCC (*Milk Collect Center*) merupakan suatu tempat untuk penjualan susu sapi yang berasal dari warga setempat yang kemudian di jual ke pihak Nestle, Frisian Flag maupun produk lain. Air limbah yang berasal dari Milk Collect Center berupa air bekas cuci kemasan/tempat susu dari warga setempat yang menjual susu nya ke MCC. Air limbah yang berasal dari 4 tempat tersebut masuk ke dalam inlet IPAL domestik.

Parameter baku mutu badan air yang digunakan merupakan Baku Mutu Air Limbah Domestik menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 untuk TSS, BOD, COD, Amonia dan Total Coliform. Berikut kualitas air buangan/ limbah di IPAL Domestik disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Hasil Uji Limbah Domestik PT. B Dengan Baku Mutu PERMEN LHK 68 Tahun 2016

No	Parameter	Baku Mutu	Satuan	Hasil Uji	Selisih	Keterangan
1	pH	6-9	pH	7,71	0	Memenuhi
2	TSS	30	mg/L	52	22	Tidak Memenuhi
3	Minyak dan lemak	5	mg/L	11	6	Tidak Memenuhi
4	COD	100	mg/L	568	468	Tidak Memenuhi
5	BOD	30	mg/L	252	222	Tidak Memenuhi
6	Amonia	10	mg/L	23	13	Tidak Memenuhi
7	Total Coliform	3000	jml/100 mL	4600	1600	Tidak Memenuhi

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Tabel diatas merupakan perbandingan hasil uji limbah domestik di PT.B dengan baku mutu PERMEN LHK 68 Tahun 2016. Parameter TSS, Minyak dan lemak, COD, BOD, Amonia, dan Total Coliform tidak memenuhi baku mutu dikarenakan;

- Nilai TSS tinggi berasal dari kantin yang menghasilkan sisa makanan, sayuran, tepung, serta minyak, laundry yang menghasilkan limbah berupa detergen dan partikel kain, sedangkan MCC menghasilkan limbah dari kegiatan perawatan dan operasional
- Nilai COD & BOD tinggi berasal dari kantin yang umumnya berupa sisa makanan yang mengandung lemak, sayuran, nasi, serta minyak. Sementara itu, limbah dari MCC berasal dari aktivitas pekerja yang juga menghasilkan bahan organik. Tingginya kadar limbah ini disebabkan oleh kandungan organik yang mudah terurai. Proses penguraian tersebut meningkatkan kebutuhan oksigen mikroba (BOD) serta kebutuhan oksidasi kimia (COD)
- Nilai Minyak dan lemak tinggi berasal dari kantin, seperti proses penggorengan dan sisa minyak masak, serta dari aktivitas laundry yang menggunakan sabun atau deterjen dengan kandungan surfaktan berminyak. Kadar minyak dan lemak dapat menjadi tinggi karena adanya pencucian peralatan masak maupun proses pengolahan makanan yang melepaskan sisa minyak dan lemak
- Nilai Amonia tinggi berasal dari mess, seperti limbah toilet yang mengandung urea. Urea tersebut kemudian mengalami proses hidrolisis sehingga berubah menjadi ammonia. Serta dari kegiatan laundry karena deterjen mengandung senyawa nitrogen.
- Nilai Total Coliform tinggi berasal dari mess, terutama limbah toilet akteri indikator pencemaran yang biasanya berasal dari limbah manusia, terutama dari toilet yang mengandung fases dan urine

Didapatkan data eksisting yang disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data Eksisting

Debit			
23148 x 10 <sup>-8</sup>	m <sup>3</sup> /detik	0,23148	Liter/detik
0,833	m <sup>3</sup> /jam	833,333	Liter/jam
20	m <sup>3</sup> /hari	20000	Liter/hari

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Pengolahan limbah cair dapat dilakukan secara fisika, kimia, dan biologis. Pada pengolahan secara kimia, terjadi perubahan kimia dari suatu zat menjadi zat lain yang berbeda. Hanya bentuk fisik yang diubah selama pemrosesan fisik, substansinya tetap tidak berubah. Melalui aktivitas biologis, khususnya penggunaan mikroorganisme, bahan kimia yang mencemari dihilangkan selama terapi biologis. Pengolahan fisik biasanya disebut sebagai unit operasi. Sebaliknya, istilah "unit proses" digunakan untuk proses biologis dan kimiawi (Hatina, 2020) maka diperoleh hasil analisis perhitungan unit IPAL Domestik sebagai berikut:

#### 1. Bak Penampung Awal

Bak penampung awal berfungsi sebagai unit penyeimbang untuk memastikan aliran dan kualitas limbah cair yang diteruskan ke unit berikutnya tetap konsisten. Bak penampung awal mengalirkan air dari bangunan ke fasilitas pengolahan limbah cair lainnya dan menyimpan limbah cair sementara untuk jangka waktu yang telah ditentukan atau memerlukan penghentian proses pengolahan limbah cair (Temesgen, 2018). Gambar bak penampung awal disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Bak Penampung Awal  
Sumber: Dokumentasi pribadi, 2025

Volume bak penampung di kondisi eksisting adalah 1000 liter atau 1 m<sup>3</sup>. Di dalam bak penampung awal, waktu detensi harus <10 menit. Bak penampung awal menghitung waktu tinggal dan volume bak eksisting, kemudian membandingkan dengan sumber literatur yang digunakan untuk mengevaluasi bangunan bak penampung awal, maka didapatkan perbandingan hasil perhitungan yang disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Evaluasi Bak Penampung Awal

No	Detail Spesifikasi	Unit	Qasim, 1986	IPAL Eksisting	Evaluasi
1.	Waktu Tinggal	Detik	600	4230	<b>X</b>
		Menit	<10	72	
2.	Volume	Liter	Jika waktu detensi <10 menit maka volume <b>140 Liter</b>	1000 Liter	<b>X</b>

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Dari hasil perhitungan dan analisis di atas, terdapat kriteria desain yang tidak memenuhi detail spesifikasi dari studi literatur. Volume bak penampung awal tidak memenuhi, karena jika debit air limbah yang masuk 20 m<sup>3</sup>/hari, maka volume bak penampung awal yang dibutuhkan Adalah 138 liter atau 140 liter. Sedangkan kondisi eksisting volume bak penampung awal adalah 1000 liter (terlalu besar).

Waktu detensi tidak memenuhi, karena jika volume eksisting bak penampung awal adalah 1000 Liter, maka waktu detensi yang dibutuhkan dengan debit 20 m<sup>3</sup>/hari adalah 72 menit, waktu tersebut sangat lama dan tidak sesuai dengan kriteria desain dari sumber literatur.

Volume bak penampung awal yang terlalu besar dapat menimbulkan beberapa konsekuensi operasional dan efisiensi sistem pengolahan. Akibatnya adalah waktu tinggal air di dalam bak menjadi terlalu lama, yang dapat menyebabkan terjadinya pengendapan berlebih, pertumbuhan mikroorganisme anaerob, serta potensi pembusukan yang menghasilkan bau tidak sedap karena bahan organik yang terurai tidak sempurna dan menghasilkan senyawa berbau menyengat seperti amonia (NH<sub>3</sub>) dari hidrolisis urea serta hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) dari reduksi sulfat. Selain menimbulkan bau, akumulasi senyawa tersebut juga meningkatkan nilai BOD dan COD, sehingga memperberat beban pencemaran pada tahap pengolahan berikutnya (Al Kholif, 2020).

Maka saran yang tepat adalah memasang sistem pengaduk mekanis atau aerasi (blower) untuk menjaga sirkulasi air dalam bak agar mencegah pengendapan dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme anaerob penyebab bau. Bisa juga dengan menambahkan sekat atau pembatas di dalam bak untuk mengatur aliran dan mengurangi waktu tinggal yang terlalu lama serta dapat memanfaatkan ruang sisa apabila terjadi kenaikan debit yang tinggi.

## 2. Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi adalah langkah awal untuk menampung air limbah sementara dan mengelola debit air ke IPAL (Palevi et al., 2024). Untuk mengolah limbah domestik dengan aliran yang relatif lebih konsisten pada tahap berikutnya, bak ekualisasi membantu menstandarkan aliran limbah domestik baik dari segi volume (aliran) maupun kualitas. Perencanaan bak ekualisasi dianggap penting untuk mencegah beban yang dapat mengganggu proses biologis pada tahap kedua pengolahan (KEMENPUPR, 2018). Gambar bak ekualisasi disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Bak Ekualisasi  
Sumber: Dokumentasi pribadi, 2025

Diketahui bahwa volume eksisting bak penampung awal adalah 5300 liter atau 5,3 m<sup>3</sup>. Dari tabel pendekatan diferensiasi kumulatif debit air limbah maka didapatkan surplus max sebesar 2,6 m<sup>3</sup> dan defisit max sebesar -1,73 m<sup>3</sup>. Surplus max berarti input lebih besar daripada output dan defisit max berarti output lebih besar daripada input.

Di dalam bak ekualisasi nilai yang dihitung adalah waktu tinggal, laju pemompaan udara, dan volume bak eksisting, kemudian membandingkan dengan sumber literatur yang digunakan untuk mengevaluasi bangunan bak ekualisasi, didapatkan perbandingan hasil perhitungan yang disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Evaluasi Bak Ekualisasi

No	Detail Spesifikasi	Unit	Said, 2008	IPAL Eksisting	Evaluasi
1.	Waktu Tinggal	Jam	4-8	3,12 jam	✓
2.	Volume	Liter	Jika waktu detensi 3,12 jam maka volume <b>2600 liter</b>	5300 Liter	<b>X</b>
3.	Laju Pemompaan Udara	m <sup>3</sup> /menit	0,01 – 0,015 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> - menit	laju pemompaan udara yang dibutuhkan untuk volume bak kondisi eksisting 5,3 m <sup>3</sup> adalah <b>0,053 m<sup>3</sup>/menit</b>	<b>X</b>

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Volume bak penampung awal tidak memenuhi, karena jika surplus max yang masuk 2,6 m<sup>3</sup>, maka volume bak penampung awal yang dibutuhkan adalah 2600 liter atau 3000 liter. Sedangkan kondisi eksisting volume bak penampung awal adalah 5300 liter (terlalu besar).

Nilai standar baku mutu laju pemompaan udara sebesar 0,01 – 0,015 m<sup>3</sup>/menit. Laju pemompaan udara tidak memenuhi, karena jika volume eksisting 5,3 m<sup>3</sup>, maka Laju pemompaan udara yang dibutuhkan adalah 0,053 m<sup>3</sup>/menit (terlalu cepat).

Volume wadah bak ekualisasi yang terlalu besar dapat menimbulkan beberapa dampak yang kurang menguntungkan terhadap efisiensi dan efektivitas sistem pengolahan air limbah. waktu detensi air yang terlalu lama, dapat menyebabkan

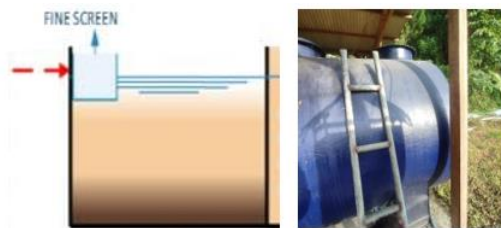
terjadinya pengendapan partikel padat di dasar bak. Jika tidak disertai dengan sistem pengadukan atau aerasi yang memadai, kondisi tersebut dapat menciptakan lingkungan anaerob yang memicu pertumbuhan bakteri penghasil gas berbau tidak sedap, seperti hidrogen sulfida (Daigger, 2020).

Laju udara yang terlalu tinggi akan menghasilkan gelembung udara berlebih yang tidak hanya meningkatkan konsumsi energi secara signifikan, sehingga menimbulkan pemborosan energi operasional. Kondisi ini terjadi karena sebagian oksigen tidak larut sempurna ke dalam air dan terlepas kembali ke atmosfer. Selain itu, pencampuran turbulen berlebihan dapat mengganggu kestabilan partikel tersuspensi yang menyebabkan partikel halus yang seharusnya mengendap melalui mekanisme gravitasi tetap terdispersi dalam fase cair akibat gaya geser (*shear force*) dari turbulensi, sehingga mempersulit proses pengolahan selanjutnya (Liu et al., 2023)

Maka saran yang tepat adalah menambahkan sekat atau pembatas di dalam bak untuk mengatur aliran dan mengurangi waktu tinggal yang terlalu lama serta dapat memanfaatkan ruang sisa apabila terjadi kenaikan debit yang tinggi.

### 3. Anoxic

Zona anoksik dalam pengolahan air limbah mengacu pada area yang tidak mengandung oksigen terlarut, tetapi nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) dan/atau nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) mungkin ada. Dalam lingkungan ini, bakteri anaerobik tumbuh subur dan memanfaatkan senyawa nitrogen ini untuk respirasi, yang mengarah pada proses denitrifikasi, yang mengubah nitrat menjadi gas nitrogen ( $\text{N}_2$ ) atau nitrogen oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ), sehingga menghilangkan nitrogen dari air limbah (Sapalina et al., 2022). Gambar anoxic disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Bak Anoxic  
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2025)

Volume eksisting bak penampung awal adalah 2200 liter atau  $2,2 \text{ m}^3$ , BOD influent 252 mg/L, dan Beban BOD standar yang digunakan 1 kg BOD/ $\text{m}^3$ /hari. Di dalam anoxic, nilai yang dihitung adalah waktu tinggal, Standar high rate trickling filter, dan volume bak eksisting, kemudian membandingkan dengan sumber literatur yang digunakan untuk mengevaluasi bangunan anoxic, didapatkan perbandingan hasil perhitungan yang disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Evaluasi Bak Anaerob

No	Detail Spesifikasi	Unit	Kementrian PUPR, 2018, Metcalf & Eddy 2014 ,dan (Ebie Kunio, 1995)	IPAL Eksisting	Evaluasi
1.	Waktu Tinggal	Menit	30-180	158,4	✓
		Jam	0,5-3	2,64	
2.	Volume	$\text{m}^3$	Jika debit air limbah yang masuk sebesar 20 $\text{m}^3$ /hari dan beban BOD air limbah sebesar 252 mg/l maka volume media diperlukan adalah <b>6,72 <math>\text{m}^3</math></b>	<b>2,2 <math>\text{m}^3</math></b>	<b>X</b>



No	Detail Spesifikasi	Unit	Kementrian PUPR, 2018, Metcalf & Eddy 2014 ,dan (Ebie Kunio, 1995)	IPAL Eksisting	Evaluasi
3.	Standar high rate tricliling filter	Kg BOD /m3	0,4 - 4,7	1	√

(Sumber: Hasil Analisis, 2025)

Bak anaerob dengan volume terlalu kecil dapat mengganggu proses utama dalam pengolahan biologis, yaitu fermentasi dan metanogenesis. Mikroorganisme anaerob membutuhkan waktu yang cukup untuk menguraikan senyawa organik kompleks menjadi bentuk sederhana, kemudian mengubahnya menjadi metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang stabil. Jika volume terlalu kecil, waktu tinggal air limbah menjadi tidak cukup sehingga senyawa organik hanya terurai sebagian yang menyebabkan terbentuknya asam organik berlebih, penurunan pH, dan terganggunya keseimbangan mikroorganisme, terutama bakteri metanogenik yang sensitif. Akibatnya, efisiensi fermentasi dan produksi metana menurun, sementara bau dan pencemar organik meningkat. Selain itu, bak yang terlalu sempit juga meningkatkan risiko masuknya oksigen secara tidak sengaja, yang dapat merusak kondisi anaerob/anoksik yang dibutuhkan. Keterbatasan volume dapat mengurangi waktu yang diperlukan untuk fermentasi dan denitrifikasi. Dampaknya, proses penghilangan nitrogen maupun bahan organik tidak berjalan optimal sehingga menurunkan kinerja keseluruhan sistem pengolahan limbah (Castro-Ramos et al., 2022).

Saran yang bisa diberikan untuk hasil evaluasi berikut adalah memodifikasi proses seperti penggunaan media biofilm (seperti MBBR) dalam reaktor anoxic/anaerob dapat meningkatkan konsentrasi biomassa dan efisiensi reaksi biologis dalam volume yang terbatas. Namun, jika memungkinkan secara teknis dan ekonomis, perluasan fisik atau pembangunan unit tambahan menjadi solusi struktural yang paling ideal untuk mencapai waktu detensi yang sesuai dengan beban organik dan nutrien yang diolah.

#### 4. Aerasi

Sistem aerasi membutuhkan oksigen sebagai sumber energi. Oksigen dipergunakan oleh mikroorganisme. Mikroorganisme biologis akan mengurai materi organik yang ada di dalam air limbah dengan keberadaan oksigen. Proses mengurai senyawa polutan dalam air limbah adalah mengonversi material organik menjadi anorganik dan sel sel bakteri yang baru. Selain proses ini menyisihkan BOD, pengolahan aerasi juga akan mengonversi ammonia dalam air limbah melalui proses nitrifikasi (Aini, 2023). Pengolahan aerasi juga terdapat penambahan media MBBR. Media MBBR adalah teknologi canggih dalam proses aerasi berkembang mengarah ke proses pertumbuhan terlekat proses dengan adanya bantuan dari media pembawa (Media MBBR). Proses MBBR ini termasuk dalam kelompok reactor pertumbuhan terlekat, yaitu reaktor dimana mikrobiologi tumbuh di permukaan media tertentu kemudian membentuk lapisan film yang berfungsi sebagai semacam filter untuk air limbah (Gzar et al., 2021). Gambar MBBR Biofilm disajikan dalam Gambar 4.



Gambar 4. MBBR Biofilm  
 Sumber: Dokumentasi pribadi, 2025



Didapatkan data eksisting aerasi yang disajikan dalam **Tabel 6**.

Tabel 6. Data Eksisting Aerasi

Debit	BOD in	V Bak	$\phi c$	Y	S <sub>0</sub>	S <sub>ef</sub>	X	K <sub>d</sub>
0,0138 m <sup>3</sup> /detik	39 mg/liter	3 m <sup>3</sup>	3 hari	0,4 mg VSS/mg BOD5	101 mg/liter	10,08 mg/liter	1000 mg/liter	0,06 per hari
0,8333 m <sup>3</sup> /jam								
20 m <sup>3</sup> /hari								

Sumber: Hasil Analisis, 2025

*Hydraulic Retention Time* (HRT) adalah waktu rata-rata yang diperlukan agar air limbah tetap berada dalam tangki aerasi sebelum dialirkan ke unit berikutnya. HRT menghitung lamanya air limbah mengendap untuk memberi waktu yang cukup pada mikroorganisme untuk menguraikan polutan organik. HRT dan *volumetric loading* terkait erat, karena jika HRT kecil, *volumetric loading* akan tinggi (Zulfikar et al., 2022).

*Volumetric loading* merupakan kecepatan pemberian beban organik ke dalam volume tertentu tangki aerasi. *Volumetric loading* menentukan berat beban yang harus ditangani oleh mikroorganisme. *Volumetric loading* tinggi dapat menyebabkan kelebihan beban (*shock load*), penurunan efisiensi, akumulasi lumpur atau masalah DO (Said and Kristianti Utomo, 2007).

*Food/Microorganism Ratio* (Nilai F/M) Adalah rasio antara makanan organik dengan massa mikroorganisme aktif yang tersedia untuk menguraikan makanan. F/M mengontrol kecepatan pertumbuhan mikroorganisme, produksi lumpur, efisiensi penghilangan organik (Mishoe, 1999).

Pada proses aerasi nilai yang dihitung adalah HRT, *Volumetric loading*, F/M Rasio, dan volume bak eksisting, kemudian membandingkan dengan sumber literatur yang digunakan untuk mengevaluasi bangunan aerasi, didapatkan perbandingan hasil perhitungan yang disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Evaluasi Teknis Bak Aerasi

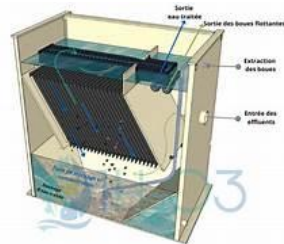
N o	Detail Spesifikasi	Unit	Nilai Kriteria Desain	IPAL Eksisting	Kriteria Desain	Evaluasi
1.	HRT	Jam	3-5	3,64 (jika menggunakan volume eksisting yaitu 3 m <sup>3</sup> )	Buku B – Pedoman Perencanaan Teknik Terinci – Pedoman Perencanaan Teknik Terinci SPALD-T (PUPR, SPALD-T (PUPR, 2018 )	✓
		Hari	0,125 - 0,2083	0,151		
2.	Volumetric Loading	Kg/m <sup>3</sup> .hari	0,3-1,6	0,7 (Jika Menggunakan Volume Eksisting 3 m <sup>3</sup> )		✓
3.	F/M Rasio	kg BOD/kg MLSS	0,2 - 0,6	0,6 (Jika menggunakan volume eksisting yaitu 3 m <sup>3</sup> )	Metcalf and Eddy, 2003	✓
4.	Volume Bak	m <sup>3</sup>	3 m <sup>3</sup> (jika menggunakan debit 20 m <sup>3</sup> /hari dengan waktu tinggal lumpur selama 3 hari)	3 m <sup>3</sup>		✓

(Sumber: Hasil Analisis, 2025)

Dari hasil perhitungan unit Aerasi telah efektif karena seluruh parameter desain berada dalam kisaran yang sesuai dengan standar. Nilai HRT memenuhi, yang berarti waktu tinggal air limbah di bak cukup untuk memungkinkan mikroorganisme mendegradasi senyawa organik secara optimal. Nilai *volumetric* memenuhi, yang berarti beban organik yang masuk seimbang dengan kemampuan mikroba dalam menguraikannya. Selain itu, nilai *F/M ratio* memenuhi, yang berarti mikroorganisme tetap mendapatkan suplai makanan yang cukup tanpa menyebabkan *overloading*. Dan volume bak memenuhi, yang berarti debit harian dapat ditampung dengan baik tanpa mengurangi waktu tinggal atau menimbulkan beban berlebih

## 5. Clarifier

Clarifier adalah system untuk melakukan proses sedimentasi dengan metode flokulasi dan koagulasi. Sistem ini akan menggabungkan proses kimia (koagulasi, flokulasi) dan proses fisika (Kolpakova et al., 2021). Proses penggabungan ini membutuhkan material yang mengatur laju aliran dengan menggunakan komponen Lamella Clarifier. Fungsi Lamella Clarifier dalam pengolahan air adalah untuk memisahkan material yang tercampur air. Dalam pemisahannya air akan bergerak dari bawah ke atas, dimana partikel akan jatuh ke bawah. Sedangkan air yang bersih akan melalui lapisan atas menuju pengolahan selanjutnya. Gambar Lamella Clarifier disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Lamella Clarifier  
Sumber: Google, 2025

Didapatkan data eksisting Clarifier yang disajikan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Data Eksisting Clarifier

Eksisting	Nilai	Satuan
X (Konsentrasi MLSS)	4000	mg/L
XR (Konsentrasi MLSS yang diresirkulasi dari clarifier)	5000	mg/L
Volume Bak Eksisting	2,2	m <sup>3</sup>
Kedalaman Bak Eksisting	1,3	m
Debit	20	m <sup>3</sup> /hari

(Sumber: Hasil Analisis, 2025)

SLR (*Solids Loading Rate*) atau dalam bahasa Indonesia disebut Laju Beban Padatan pada clarifier adalah parameter desain yang menunjukkan jumlah padatan (misalnya lumpur atau suspended solids) yang masuk ke clarifier per satuan luas permukaan per satuan waktu. SLR tinggi bisa menyebabkan clarifier kelebihan beban dan menurunkan efisiensi pengendapan (Amelia et al., 2022)

Di dalam Clarifier nilai yang dihitung adalah waktu detensi, R (Rasio Resirkulasi Lumpur), *Surface Overflow Rate* (SOR), Cek laju beban padatan (SLR) dan volume bak eksisting, kemudian literatur yang digunakan untuk mengevaluasi bangunan Clarifier, didapatkan perbandingan hasil perhitungan yang disajikan dalam Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Evaluasi Bak Clarifier

No	Detail Spesifikasi	Unit	Metclaf & Eddy, 2003	IPAL Eksisting	Evaluasi
1.	Waktu Detensi	Jam	2-3	2,64 (jika menggunakan volume eksisting 2,2 m <sup>3</sup> )	✓
		Menit	120-180	158,4	
2.	Volume	Liter	2,2 m <sup>3</sup> (Jika waktu detensi perhitungan yang memenuhi 2,6 jam)	2,2 m <sup>3</sup>	✓
3.	R (Rasio Resirkulasi Lumpur)		0,5 - 2	2	✓
4.	Laju Beban Permukaan	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	8 - 16	7,27 (mendekati)	✓
5.	Cek laju beban padatan (SLR)	Kg MLSS/m2. jam	1 - 5	1,82	✓

(Sumber: Hasil Analisis, 2025)

Dari hasil perhitungan unit Clarifier telah efektif karena seluruh parameter desain berada dalam kisaran yang sesuai dengan standar. Nilai rasio resirkulasi lumpur (R) memenuhi, yang berarti proses resirkulasi lumpur aktif masih terkendali dan mampu menjaga konsentrasi mikroorganisme dalam sistem. Parameter laju beban permukaan memenuhi, yang berarti laju masih cukup stabil untuk memungkinkan pengendapan partikel. Dan nilai laju beban padatan (SLR) memenuhi, yang berarti proses pengendapan lumpur dapat berlangsung efektif tanpa risiko pencucian lumpur keluar dari unit.

#### 6. Filter Sinar UV

Filter ultraviolet (UV) adalah sistem, teknologi, atau perangkat penyaringan air yang menggunakan sinar ultraviolet untuk memurnikan air. Sinar UV ini efektif menghilangkan hingga 99,9% berbagai jenis mikroorganisme berbahaya di dalam air, seperti bakteri, virus, jamur, dan lain sebagainya (MacIsaac et al., 2023). Filter ultraviolet bekerja dengan cara mengalirkan air ke dalam suatu alat filter yang berisi lampu UV. Saat air melewati alat tersebut, sinar UV akan menargetkan dan membunuh mikroorganisme. Selain itu, filter ini juga mampu menghilangkan zat kimia, seperti klorin, yang mana dapat mempengaruhi rasa dan aroma air (Sugiyanto et al., 2022). Gambar Filter sinar UV disajikan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Filter Sinar UV  
Sumber: Dokumentasi pribadi, 2025

Didapatkan data eksisting filter sinar UV disajikan dalam Tabel 10.

Tabel 10. Data Eksisting Filter Sinar UV

Bak Eksisting	Nilai	Satuan
Volume	59	Liter
	0,059	m <sup>3</sup>
Intensitas Cahaya	0,3	mW/cm <sup>2</sup>
diameter	10	inch
	25,4	cm
r	5	inch
	12,7	cm
Debit	20	m <sup>3</sup>

(Sumber: Hasil Analisis, 2025)

Di dalam filter UV nilai yang dihitung adalah waktu kontak, Dosis UV, dan volume bak eksisting, didapatkan perbandingan hasil perhitungan yang disajikan dalam Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Evaluasi Filter Sinar UV

No	Detail Spesifikasi	Unit	BUKU A IPLT	IPAL Eksisting	Evaluasi
1.	Waktu Kontak	Menit	Min 0,0167 – 0,167	4,2	✓
		Detik	Min 1-10	254,9	
2.	Dosis UV	mJ/cm <sup>2</sup>	30-100	76,464 (Jika menggunakan waktu kontak 254,9 detik)	✓
3.	Volume Bak	Liter	59 Liter (Jika menggunakan waktu kontak yang telah memenuhi yaitu 254,9 detik)	59 Liter	✓

(Sumber: Hasil Analisis, 2025)

Dari hasil perhitungan unit Filter Sinar UV efektif karena seluruh parameter desain berada dalam kisaran yang sesuai dengan standar. Waktu kontak cahaya UV pada air limbah memenuhi, yang berarti air limbah mendapatkan paparan sinar UV dalam waktu yang lebih dari cukup sehingga proses inaktivasi mikroorganisme patogen dapat berlangsung optimal. Dosis UV memenuhi, yang berarti intensitas energi UV yang mengenai mikroorganisme cukup tinggi untuk merusak DNA dan RNA patogen, sehingga mengurangi potensi kontaminasi mikrobiologis secara signifikan.

#### 7. Bak penampung akhir

Bak penampung akhir adalah unit terakhir dalam sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang berfungsi untuk menampung sementara air limbah yang telah melalui seluruh proses pengolahan, sebelum dilepaskan ke badan air penerima (sungai, laut, drainase), atau digunakan kembali (reuse) (Pakpahan, 2025). Gambar bak penampung akhir disajikan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Bak Penampung Akhir  
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2025)

Di dalam bak penampung akhir nilai yang dihitung adalah waktu tinggal dan volume bak eksisting, didapatkan perbandingan hasil perhitungan yang disajikan dalam Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Evaluasi Bak Penampung akhir

No	Detail Spesifikasi	Unit	Qasim, 1986	IPAL Eksisting	Evaluasi
1.	Waktu Tinggal	Detik	600	2376	✗
		Menit	<10	39,6	
2.	Volume	Liter	Jika waktu detensi <10 menit maka volume 140 Liter	550 Liter	✗

(Sumber: Hasil Analisis, 2025)

Volume bak penampung akhir tidak memenuhi, karena jika debit air limbah yang masuk 20 m<sup>3</sup>/hari, maka volume bak penampung akhir yang dibutuhkan adalah 138 liter atau 140 liter. Sedangkan kondisi eksisting volume bak penampung akhir adalah 550 liter (terlalu besar).

Waktu detensi tidak memenuhi, karena jika volume eksisting bak penampung akhir adalah 550 Liter, maka waktu detensi yang dibutuhkan dengan debit 20 m<sup>3</sup>/hari adalah 39,6 menit, waktu tersebut sangat lama dan tidak sesuai dengan kriteria desain dari sumber literatur.

Apabila volume bak penampung akhir terlalu besar, hal ini dapat menimbulkan beberapa konsekuensi operasional dan efisiensi sistem pengolahan. Akibatnya adalah waktu tinggal air di dalam bak menjadi terlalu lama, yang dapat menyebabkan terjadinya pengendapan berlebih, pertumbuhan mikroorganisme anaerob, serta potensi pembusukan yang menghasilkan bau tidak sedap karena bahan organik yang terurai tidak sempurna dan menghasilkan senyawa berbau menyengat seperti amonia (NH<sub>3</sub>) dari hidrolisis urea serta hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) dari reduksi sulfat. Selain menimbulkan bau, akumulasi senyawa tersebut juga meningkatkan nilai BOD dan COD, sehingga memperberat beban pencemaran pada tahap pengolahan berikutnya (Al Kholif, 2020).

Maka saran yang tepat adalah memasang sistem pengaduk mekanis atau aerasi (blower) untuk menjaga sirkulasi air dalam bak agar mencegah pengendapan dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme anaerob penyebab bau. Bisa juga dengan menambahkan sekat atau pembatas di dalam bak untuk mengatur aliran dan mengurangi waktu tinggal yang terlalu lama serta dapat memanfaatkan ruang sisa apabila terjadi kenaikan debit yang tinggi.

#### 4. KESIMPULAN

1. Air limbah domestik di PT. B memiliki beberapa karakteristik, meliputi karakteristik kimia dan biologi air limbah di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik PT. B Dairy Farm 2 meliputi, pH, TSS, Minyak dan Lemak, COD, BOD, Amonia, Total coliform. Dengan karakteristik fisik, apabila air limbah domestik mengandung total suspended solids (TSS), chemical oxygen demand (COD), biological oxygen demand (BOD), dan total coliform dalam kadar yang tinggi. Karakteristik fisik air akan mengalami penurunan kualitas yang signifikan. Tingginya TSS menyebabkan air tampak keruh karena banyaknya partikel tersuspensi yang menghambat penetrasi cahaya. Nilai COD dan BOD yang tinggi menunjukkan banyaknya bahan organik yang membutuhkan oksidasi.
2. Efektivitas pengolahan air limbah domestik di PT. B menurut PERMEN LHK 68 Tahun 2016. Efektivitas bak Penampung Awal kurang maksimal karena memiliki volume bak yang terlalu besar dan waktu tinggal yang terlalu lama. Efektivitas bak Ekualisasi kurang maksimal karena memiliki volume bak yang terlalu besar, waktu tinggal yang terlalu lama, dan laju pemompaan udara yang terlalu cepat. Efektivitas Anoxic kurang maksimal karena memiliki volume bak yang terlalu kecil. Efektivitas Aerasi telah maksimal karena nilai HRT, Volumetric Loading, F/M, dan Volume bak yang sesuai. Efektivitas Clarifier telah maksimal karena nilai Waktu detensi, Rasio Resirkulasi Lumpur, Surface Overflow Rate (SOR), Laju beban padatan (SLR) dan Volume bak sesuai. Efektivitas Filter UV telah maksimal karena nilai Waktu kontak, Dosis UV dan Volume bak sesuai. Efektivitas bak Penampung Akhir kurang maksimal karena memiliki volume bak yang terlalu besar dan waktu tinggal yang terlalu lama.

3. Evaluasi bangunan IPAL domestik untuk penampung awal dan penampung akhir adalah memasang sistem pengaduk mekanis atau aerasi (blower) untuk menjaga sirkulasi air dalam bak agar mencegah pengendapan dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme anaerob penyebab bau. Evaluasi Ekualisasi adalah memasang sistem pengaduk mekanis atau aerasi (blower) untuk menjaga sirkulasi air dalam bak agar mencegah pengendapan dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme anaerob penyebab bau dan menambahkan sekat atau pembatas di dalam bak untuk mengatur aliran dan mengurangi waktu tinggal yang terlalu lama serta dapat memanfaatkan ruang sisa apabila terjadi kenaikan debit yang tinggi. Evaluasi Anoxic adalah memodifikasi proses seperti penggunaan media biofilm (seperti MBBR) dalam reaktor anoxic/anaerob dapat meningkatkan konsentrasi biomassa dan efisiensi reaksi biologis dalam volume yang terbatas

## REFERENCES

- Aini, R. N. (2023). *Tugas Akhir: Efektivitas Metode Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) Dan Aerasi Dalam Mengolah Limbah Cair Industri Pupuk Di Aceh*. 1–75.
- Amelia, F., Notonugroho, O. J., Saptomo, S. K., & Kurniawan, A. (2022). Estimasi Nilai Hydraulic dan Solid Loading Rate Tipe Pengendapan Diskrit dan Flok Pada Proses Lumpur Aktif Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Kertas. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(3), 445–456. <https://doi.org/10.14710/jil.20.3.445-456>
- Castro-Ramos, J. J., Solís-Oba, A., Solís-Oba, M., Calderón-Vázquez, C. L., Higuera-Rubio, J. M., & Castro-Rivera, R. (2022). Effect of the initial pH on the anaerobic digestion process of dairy cattle manure. *AMB Express*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s13568-022-01486-8>
- Dayanti, D. R., & Dj, R. S. (2025). Evaluasi Penerapan Media Biofilter Anaerob dan Mikroorganisme di Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Industri Cat PT.X. *Jurnal Serambi Engineering*, X(2), 13059–13066.
- Dr. Amit Krishan, Dr. Shweta Yadav, & Ankita Srivastava. (2023). Water Pollution's Global Threat to Public Health: A Mini-Review. *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*, February, 321–334. <https://doi.org/10.32628/ijrsret2310643>
- Gzar, H. A., Al-Rekabi, W. S., & Shuhaieb, Z. K. (2021). Application of Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) for Treatment of Industrial Wastewater: A mini Review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1973(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1973/1/012024>
- KEMENPUPR. (2018). Panduan Perencanaan Teknik Terinci - Sub Sistem Pengolahan Terpusat. *Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Terpusat (SPALD-T)*, 53(9), 1689–1699.
- Kolpakova, V., Ospanov, K., Kuldeyev, E., & Andranka, D. (2021). Clarification of biologically treated wastewater in a clarifier with suspended sludge layer. *Water (Switzerland)*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/w13182486>
- Liu, M., Wang, J., & Peng, Z. (2023). Effects of micro-bubble aeration on the pollutant removal and energy-efficient process in a floc-granule sludge coexistence system. *Water Science and Technology*, 88(11), 3044–3045. <https://doi.org/10.2166/wst.2023.376>
- MacIsaac, S. A., Rauch, K. D., Prest, T., Simons, R. M., Gagnon, G. A., & Stoddart, A. K. (2023). Improved disinfection performance for 280 nm LEDs over 254 nm low-pressure UV lamps in community wastewater. *Scientific Reports*, 13(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34633-7>
- Mishoe, G. L. (1999). F/M Ratio and the Operation of an Activated Sludge Process. *Florida Water Resources Journal*, March, 20–27.

- Pakpahan, E. M. (2025). *AJIBATA UNTUK MEMENUHI STANDART BAKU MUTU AIR SKRIPSI OLEH : FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MEDAN AREA MEDAN AJIBATA UNTUK MEMENUHI STANDART BAKU MUTU AIR SKRIPSI* Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana di Fakultas Teknik Universita.
- Palevi, M. R. R., Noerhayati, E., & Rahmawati, A. (2024). Perencanaan dan penghitungan pengolahan limbah tahu di Pabrik Tahu Banggle, Jombang. *Jurnal Inovasi Pangan Dan Gizi*, 1(1), 34–48. <https://doi.org/10.61511/jipagi.v1i1.742>
- Said and Kristianti Utomo. (2007). Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Proses. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 3(2), 160–174.
- Sapalina, F., Noviandi Ginting, E., & Hidayat, F. (2022). Bakteri Penambat Nitrogen Sebagai Agen Biofertilizer. *WARTA Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, 27(1), 41–50. <https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v27i1.80>
- Sugiyanto, D., Hidayatullah, & Uyun, A. S. (2022). Optimasi Desain Portable Hepafis Plasma Penjernih Udara Menggunakan Sinar UVC untuk Mengurangi Polutan dalam Ruangan. *Rotasi*, 24(1), 19–29.
- Temesgen, M. M. (2018). Determination of the Volume of Flow Equalization Basin in Wastewater Treatment System. *Civil and Environmental Research*, 10(4), 34–41.
- Zulfikar, Z., Nasrullah, N., Kartini, K., & Aditama, W. (2022). Effect of Hydraulic Retention Time on the Levels of Biochemical Oxygen Demand and Total Suspended Solid with Simple Integrated Treatment as an Alternative to Meet the Household Needs for Clean Water. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 10, 6–11. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2022.7828>