

# Review Design Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada Pengolahan Limbah Cair Bengkel X

Afifah Nadia Azhari<sup>1\*</sup>, Arifin<sup>1</sup>, dan Isna Apriani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia; e-mail: [azhr.viron.eng@gmail.com](mailto:azhr.viron.eng@gmail.com)

## ABSTRAK

Bengkel X merupakan salah satu bengkel dealer resmi yang mengelola limbah cair melalui *oil trap*, namun hasil uji kualitas air limbah hasil pengolahan menunjukkan bahwa parameter BOD dan COD melebihi batas baku mutu yang ditetapkan oleh PerMen LH RI Nomor 5 Tahun 2014 Lampiran XLVII. Air limbah Bengkel X mengandung BOD sebesar 90,65 mg/L dan COD sebesar 411 mg/L, standar maksimal yang berlaku untuk BOD 50 mg/L dan COD 100 mg/L. Penelitian ini dilakukan untuk mereview kinerja unit pengolahan eksisting dan IPAL rancang ulang di Bengkel X, dengan mengacu pada standar yang berlaku dan memperhatikan konsep keberlanjutan. Metode yang digunakan adalah metode evaluasi dan optimasi sistem pengolahan limbah cair Bengkel X dengan pendekatan studi kasus berdasarkan karakteristik air limbah domestik. IPAL rancang ulang terdiri dari unit sumur pengumpul, Unit *Upflow Anaerobic Filter* (UAF) dengan media sarang tawon dan unit sedimentasi. Hasil air limbah dari unit pengolahan rancang ulang menunjukkan beban parameter BOD sebesar 3,862 mg/L, COD sebesar 18,343 mg/L, dan TSS sebesar 0,320 mg/L, yang semuanya memenuhi batas baku mutu. Dengan unit rancang ulang ini, pengolahan air limbah Bengkel X menyisihkan BOD dan COD mencapai 94% dan TSS mencapai 98%.

**Kata kunci:** Limbah cair bengkel, *Oil Trap*, UAF media sarang tawon

## ABSTRACT

Workshop X is one of the official dealer workshops that manages wastewater through an oil trap, but the results of wastewater quality tests from the processing results showed that BOD and COD parameters exceed the quality standard limit set by the PerMen LH RI Nomor 5 Tahun 2014 Appendix XLVII. Workshop X wastewater contains BOD of 90,65 mg/L and COD of 411 mg/L; the maximum standards applicable for BOD of 50 mg/L and COD of 100 mg/L. The study was conducted to review the performance of the existing processing unit and the redesigned WWTP at Workshop X by referring to applicable standards and considering the concept of sustainability. The method used is the evaluation and optimization method of the Workshop X wastewater processing system with a case study approach based on the characteristics of domestic wastewater. The redesign WWTP consists of a collector well, Unit *Upflow Anaerobic Filter* (UAF) with honeycomb media, and sedimentation. The wastewater results from the redesigned treatment unit showed a BOD parameter load of 3,862 mg/L, COD of 18,343 mg/L, and TSS of 0.320 mg/L, all of which met the quality standard limits. With this redesigned unit, the wastewater treatment of workshop X removed BOD and COD by 94% and TSS by 98%.

**Keywords:** Workshop wastewater, *Oil Trap*, UAF with honeycomb media

**Citation:** Azhari, A. N., Arifin, dan Apriani, I. (2025). *Review Design Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada Pengolahan Limbah Cair Bengkel X*. Jurnal Ilmu Lingkungan, 23(3), 811-819, doi:10.14710/jil.23.3.811-819

## 1. PENDAHULUAN

Tercatat pada data Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Singkawang tahun 2022, jumlah kendaraan bermotor menurut banyaknya penerbitan KIR sebanyak 2.996 unit untuk jenis mobil barang dan mobil penumpang. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang signifikan setiap tahunnya berbanding lurus dengan pertumbuhan usaha bengkel, karena terjadi peningkatan kebutuhan perawatan kendaraan. Bengkel X merupakan salah satu bengkel dealer resmi yang berfokus pada penyediaan jasa servis berkala.

Kegiatan Bengkel X menghasilkan residu berupa pelumas bekas dan air limbah hasil kegiatan pencucian.

Bengkel mobil menghasilkan limbah padat, limbah cair (efluen) dan polutan udara. Efluen yang dihasilkan bersumber dari pelumasan, penggantian oli dan pencucian mobil. Efluen dapat mengandung residu berminyak, padatan sedimentasi dan deterjen (INEA, 2014). Limbah cair bengkel otomotif juga mengandung fosfat, produk ammonium bifluoride dan logam berat (Asha, dkk., 2016). Limbah cair bengkel

termasuk limbah cair industri yang memerlukan perhatian khusus terhadap kadar BOD, COD, TSS serta minyak dan lemak (Arini, 2017). Air limbah bengkel otomotif berasal dari air cuci tangan mekanik yang tercampur oli dan air deterjen dari pencucian kendaraan yang mengandung oli dan surfaktan lainnya (Panotogomo & Santoso, 2023)

Sejatinya, limbah cair bengkel dari kegiatan pencucian termasuk dalam kategori limbah B3 karena mengandung zat pencemar berbahaya yang akan merusak lingkungan secara langsung. Pembuangan limbah pencucian kendaraan bermotor ke badan air dalam jumlah besar dapat meningkatkan kadar TSS (Total Suspended Solid), COD (Chemical Oxygen Demand), dan deterjen (Kusumawardani, dkk., 2019).

Bengkel X mengolah limbah cair yang mereka hasilkan melalui *oil trap*, namun hasil uji kualitas air limbah hasil pengolahan teridentifikasi melebihi batas baku mutu. Air limbah Bengkel X mengandung BOD sebesar 90,65 mg/L dan COD sebesar 411 mg/L. Berdasarkan PerMen LH RI Nomor 5 Tahun 2014 lampiran XLVII tentang Baku Mutu Air Limbah untuk Industri yang Belum Ditetapkan berdasarkan Golongan I, batas maksimum yang berlaku untuk beban pencemar BOD sebesar 50 mg/L dan untuk COD sebesar 100 mg/L. Tidak terpenuhi syarat batas baku mutu ini menimbulkan kekhawatiran akan dampak lingkungan yang lebih luas, terutama potensi pencemaran ekosistem air di sekitar Bengkel X.

Secara fisik, air limbah Bengkel X berwarna keabu-abuan, mengandung lapisan minyak dan bulir kecil dari pelumas, serta memiliki bau tidak sedap, campuran dari pelumas dan deterjen. Kondisi ini selaras dengan pernyataan Suseno, dkk (2021) bahwa bau busuk pada limbah bengkel mobil disebabkan oleh kandungan minyak/lemak. Kandungan minyak/lemak menghambat oksigen pada proses penguraian, hingga menyebabkan kematian dan musnahnya mikroorganisme. Tingginya kekeruhan/TSS akan mengecilkkan kadar DO (*Dissolved Oxygen*). Secara tidak langsung, TSS dapat mempengaruhi kadar BOD dan COD karena semakin banyak bahan organik yang perlu diuraikan, semakin tinggi pula kebutuhan oksigen dalam proses penguraian (Fathonah, dkk., 2023). Jika kadar COD dan BOD yang tinggi dibuang langsung ke lingkungan, hal ini dapat mengurangi kemampuan asimilasi air limbah, mempercepat pertumbuhan, dan mengonsumsi oksigen terlarut, yang pada akhirnya menciptakan kondisi anaerobik (Aini, dkk., 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan membandingkan kinerja unit pengolahan air limbah di Bengkel X sebelum dan sesudah perbaikan desain, dengan mengukur efisiensi penurunan parameter BOD, COD, dan TSS, serta kesesuaian hasil pengolahan dengan standar baku mutu yang berlaku. Dengan demikian, penelitian ini dapat memberikan review terhadap keberhasilan desain baru dalam meningkatkan kualitas pengolahan air limbah dan menemukan peluang perbaikan yang berbasis keberlanjutan. Kajian penelitian ini berfokus pada air

limbah pencucian akibat kegiatan bengkel yang mengacu pada kondisi aktual Bengkel X, baik dari segi aspek kuantitas maupun kualitasnya.

Bengkel X menerapkan *oil trap* jenis separator gravitasi (*gravity separator*). Qiram (2017) menjelaskan bahwa prinsip kerja dari *oil trap* adalah pemisahan minyak dari air buangan berdasarkan laju naik partikel (*rise rate*) minyak ke permukaan, yang bergantung pada pembebanan permukaan separator (*surface loading rate*). Separator gravitasi memanfaatkan beda berat jenis minyak dan air, di mana minyak yang lebih ringan mengapung dan membentuk lapisan tipis di atas permukaan air.

Unit *Upflow Anaerobic Filter* (UAF) merupakan reaktor biologi yang mengolah air limbah dengan menggunakan media penyangga dalam proses anaerobik (tanpa adanya oksigen). Sistem *upflow* (aliran air dari bawah ke atas) akan meningkatkan efisiensi penyaringan karena partikel dalam air limbah mengendap di dasar bak, memungkinkan penguaraan biologis yang lebih lanjut (Winanda, 2020). Keberhasilan sistem biofilter dipengaruhi oleh beberapa variabel, seperti perlakuan jenis media dan ketinggian media (Farahdiba, dkk., 2019) serta laju aliran (Sarasdewi, dkk., 2015).

Studi kasus Bengkel X menggunakan media sarang tawon, yaitu media terstruktur (*structured packings*) dengan aliran silang (*crossflow*). Media ini berbahan plastik PVC, memiliki luas spesifik permukaan sebesar 150-220 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>, berat 30-35 kg/m<sup>3</sup>, dan porositas rongga 98%. Sarang tawon memiliki nilai pembobotan terbaik dibandingkan media lainnya, sebesar 56 poin, serta kekuatan mekanik lebih dari 2000 lbs.per sq.ft (Said, 2017).

Pada studi kasus pengolahan air limbah dari kegiatan bengkel, penggunaan unit sedimentasi bertujuan untuk memisahkan air dari kandungan pelumas, bahan bakar, gemuk, dan lainnya. Kandungan zat pengotor yang mengendap maupun yang mengapung akan diambil atau diangkat secara periodik (DLH Kota Surabaya, 2019).

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode evaluasi dan optimasi sistem pengolahan limbah, yang mengevaluasi secara mendalam terhadap desain pengolahan limbah cair Bengkel X dengan pendekatan studi kasus berdasarkan karakteristik air limbah domestik. Metode ini melibatkan analisis pengolahan, perhitungan efisiensi, serta review dari aspek desain, fungsionalitas, kesesuaian dengan standar baku mutu, operasional, dan perawatan.

### 2.1. Sampling Air Limbah

Pengambilan sampel air limbah dan pengukuran kuantitas air limbah Bengkel X mengacu pada SNI 6989.59:2008. Sampling dilakukan pada pukul 09.30 WIB yang merupakan jam puncak keramaian Bengkel X karena jam keramaian bengkel pada pukul 08.00 – 11.00 WIB. Sumber air limbah Bengkel X berasal dari

kegiatan pencucian kendaraan dan air limbah cuci tangan mekanik.

## 2.2. Review Desain Unit Pengolahan Eksisting Bengkel X

Mencakup analisis pengolahan, analisis kualitas air limbah, serta evaluasi desain unit pengolahan eksisting Bengkel X dengan mengacu pada regulasi yang berlaku. Analisis kualitas air limbah Bengkel X berfokus pada parameter BOD, COD, dan TSS. Perhitungan efektivitas kinerja unit dihitung berdasarkan rumus:

$$\frac{(\text{Nilai awal} - \text{Nilai akhir})}{\text{Nilai awal}} \times 100\% \quad (1)$$

## 2.3. Rancang Ulang Unit Pengolahan Bengkel X

Rancang ulang dilakukan untuk mengoptimalkan sistem pengolahan air limbah Bengkel X dengan mengacu pada kriteria desain yang berlaku agar selaras dengan konsep keberlanjutan. Desain unit rancang ulang mengacu pada debit puncak air limbah dalam satuan m<sup>3</sup>/jam, yang dihitung berdasarkan rumus:

$$Q_{\text{puncak}} = Q_{\text{rata-rata}} \times 100\% \quad (2)$$

## 2.4. Review Desain IPAL Hasil Rancang Ulang Bengkel X

Tinjauan IPAL hasil rancang ulang Bengkel X mencakup analisis pengolahan dari aspek desain, fungsionalitas, operasional, pemeliharaan serta kesesuaian dengan standar dan regulasi yang berlaku, guna memastikan keselarasan pembangunan dengan konsep keberlanjutan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Kuantitas Air Limbah Bengkel X

Berdasarkan hasil olah data, kuantitas air limbah Bengkel X pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kuantitas Air Limbah Bengkel X

No	Debit	m <sup>3</sup> /dtk	m <sup>3</sup> /jam	m <sup>3</sup> /hari
1	Q <sub>r</sub>	0,00004	0,14	3,46
2	Q <sub>peak</sub>	0,00006	0,22	5,18

Besaran kuantitas air limbah ini menjadi data dasar dalam melakukan rancang ulang (*redesign*) unit pengolahan eksisting, agar mendapatkan dimensi unit yang sesuai dengan kapasitas seharusnya. Rancang ulang akan mengacu pada debit puncak air limbah dengan satuan m<sup>3</sup>/jam, guna mengantisipasi kenaikan debit air limbah pada saat-saat tertentu.

### 3.2. Review Unit Pengolahan Eksisting Bengkel X

Unit pengolahan air limbah eksisting Bengkel X hanya berupa *oil trap* yang terdiri dari empat kompartemen dengan tiga sekat pemisah setebal 0,2 meter setiap sekatnya, dan pipa lurus sebagai jalur penghubung antar kompartemen. Setiap kompartemen memiliki ukuran 1×1 meter dengan kedalaman 1,75 meter. Prinsip kerja *oil trap* eksisting

hanya mengandalkan gaya gravitasi, sehingga proses pengolahan bergantung pada waktu tinggal (*detensi*) dan ketinggian muka air (*volume*) untuk berpindah dari satu kompartemen ke kompartemen berikutnya.

### 3.2.1. Analisis Pengolahan

Kualitas air limbah Bengkel X hasil pengolahan unit eksisting ditinjau pada titik *inlet* dan *outlet* unit pengolahan. Kualitas air limbah Bengkel X hasil pengolahan unit eksisting pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Kuantitas Air Limbah Bengkel X *Oil Trap* Eksisting

Parameter	Satuan	Beban Pencemar		*
		<i>Inlet</i>	<i>Outlet</i>	
BOD <sub>5</sub>		66,55	90,65	50
COD	mg/L	304,5	411	100
TSS		8	14	200
pH	-	7,38	7,11	6,0-9,0

\*PerMen LH RI No. 5 Th 2014 Lampiran XLVII Golongan I

Nilai parameter BOD, COD, TSS, dan pH pada kondisi awal limbah Bengkel X hasil unit pengolahan eksisting, masing-masing sebesar 90,65 mg/L, 411 mg/L, 14 mg/L, dan 7,11. Berdasarkan hasil yang didapatkan, parameter BOD dan COD jelas melebihi baku mutu berdasarkan PerMen LH RI No. 5 Th 2014 Lampiran XLVII Golongan I. Sementara itu, TSS dan pH berada dibawah baku mutu.

Tingginya kandungan beban pencemar pada air limbah Bengkel X akan ditinjau lebih lanjut per parameter sebagai berikut:

#### 1) BOD

Tingginya BOD dalam kasus ini dikarenakan unit pengolahan eksisting hanya berupa *oil trap*, tidak ada bantuan pengolahan biologi. Nilai BOD yang tinggi juga dipengaruhi oleh sedikitnya jumlah mikroorganisme, sehingga menghambat proses biokimia yang terjadi (Koda, dkk., 2017). Sumber pencemar air limbah Bengkel X mengakibatkan terjadinya akumulasi antara senyawa hidrokarbon, emulsi pelumas, dan bahan bakar dengan deterjen dan logam berat. Akumulasi komponen toksik ini semakin memperburuk hingga merusak aktivitas enzim mikroorganisme. Senyawa Hidrokarbon dan Surfaktan merupakan senyawa non-polar (kimia organik), memperlambat reaksi kimia (Machdar, 2018; Roni & Legiso, 2021).

#### 2) COD

Tingginya kadar COD pada air limbah Bengkel X disebabkan oleh penggunaan deterjen, yang tidak dapat terdegradasi secara biokimiawi (Natsir, dkk., 2021). Kondisi ini juga mengakibatkan akumulasi antara senyawa hidrokarbon, emulsi pelumas, dan bahan bakar dengan deterjen dan logam berat. Silalahi (2019), menyatakan bahwa kadar COD yang tinggi sebanding dengan banyaknya zat pencemar dalam limbah. Penelitian Khaer (2018) juga mengungkapkan bahwa akumulasi deterjen dapat meningkatkan kadar BOD dan COD.

#### 3) TSS

TSS dalam kasus ini tergolong kecil dan jauh dibawah batas baku mutu, namun nilai beban TSS

mengalami kenaikan dari yang awalnya sebesar 8 mg/L menjadi 14 mg/L yang artinya hanya berbeda 6 mg/L. Kenaikan dalam kasus ini dapat disebabkan oleh sisa kotoran (lumpur, pasir dan sejenisnya) yang luruh dari badan mesin maupun badan kendaraan ketika proses pencucian dan proses emulsi antara pelumas dan minyak bahan bakar dengan deterjen yang kemudian diikuti dengan proses pengendapan (sedimentasi) maupun pengapungan (flotasi) akibat perbedaan massa jenis, sehingga berpeluang ikut terbawa sampai ke kompartemen terakhir.

4) pH

Nilai pH pada titik *inlet* dan *outlet* mengalami penurunan dari 7,38 menjadi 7,11 dengan selisih 0,27, berdasarkan PerMen LH RI Nomor 5 Tahun 2014 Lampiran XLVII tentang Baku Mutu Air Limbah untuk Industri yang Belum Ditetapkan dengan peruntukan Golongan I, batas pH yang diperbolehkan berada dalam rentang 6,0-9,0. Nilai pH dalam kasus ini tergolong netral dan normal karena masih berada dalam rentang yang ditentukan, sehingga masih dapat dikategorikan aman. Hal ini mengingat sumber beban pencemar pada air limbah Bengkel X berasal dari kegiatan pencucian. Apabila dikaitkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Tiska (2022), pH efluen Bengkel X yang bernilai 7,11 tergolong sedikit basa, yang dapat dijelaskan oleh tingginya penggunaan sabun dan deterjen dalam kegiatan pencucian. Kondisi derajat keasaman (pH) ini memiliki pengaruh besar terhadap proses pengolahan air limbah itu sendiri.

3.2.2. Efisiensi

Seperti yang terlihat pada Tabel 2, analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa 3 dari 4 parameter pencemar mengalami kenaikan beban pada titik *outlet*. Kondisi ini tidak seharusnya terjadi, karena suatu pengolahan dikatakan efektif apabila terjadi penurunan beban pencemar, dan efluen yang dihasilkan memenuhi batas baku mutu. Kondisi ini juga menunjukkan bahwa unit pengolahan tidak efisien dalam mengolah air limbah Bengkel X, sehingga perlu dilakukan perhitungan efektivitas kinerja unit pengolahan agar dapat menyelesaikan permasalahan yang terjadi.

Efektivitas kinerja unit pengolahan eksisting Bengkel X dalam menurunkan beban pencemar terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Efektivitas Kinerja *Oil Trap* Eksisting Bengkel X

Parameter	Efektivitas (%)
BOD <sub>5</sub>	-36%
COD	-35%
TSS	-75%
pH	4%

Berdasarkan hasil olah data, unit pengolahan eksisting Bengkel X hanya efektif dalam menurunkan parameter pencemar pH. Meskipun kadar TSS pada efluen memenuhi batas baku mutu, namun kenaikan beban pencemar juga dapat menunjukkan bahwa unit pengolahan yang ada tidak berjalan dengan baik.

3.2.3. Analisis Perbandingan

Mengatasi permasalahan yang telah diidentifikasi, dilakukan analisis perbandingan antara desain unit eksisting dengan kriteria desain yang berlaku. Tujuan dari perbandingan ini untuk memastikan apakah permasalahan berasal dari desain bangunan, dengan mengacu pada kriteria desain yang diterbitkan oleh Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2017.

Tabel 4. Perbandingan Desain *Oil Trap* Eksisting Bengkel X dengan Kriteria Desain

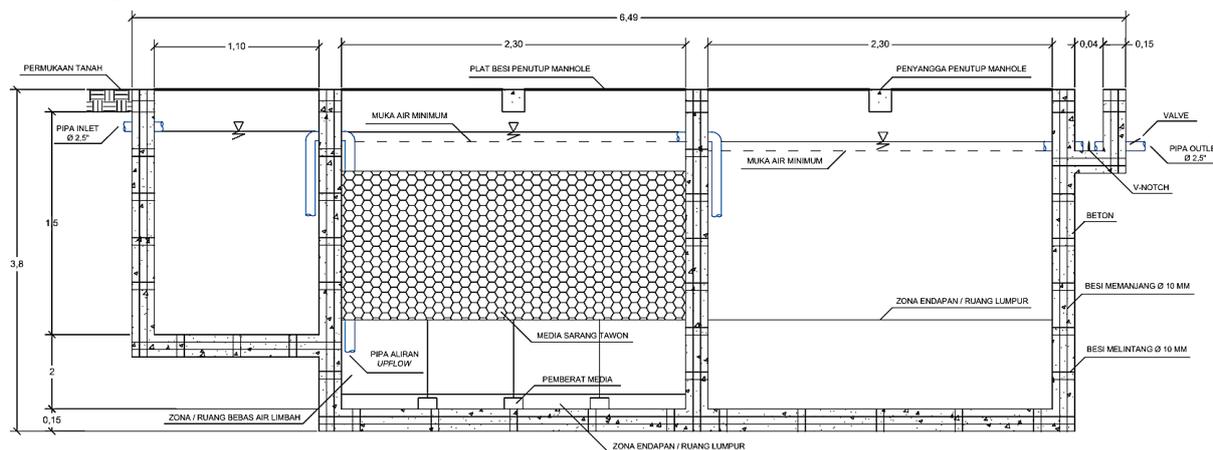
	<i>Oil Trap</i> Eksisting	Kriteria Desain
Kecepatan aliran, v	72 m/jam	2-6 m/jam
Waktu tinggal, td	9,15 jam = 549 menit	5-20 menit

Dapat ditarik kesimpulan dari tabel diatas bahwa *oil trap* eksisting Bengkel X tidak memenuhi kriteria desain yang seharusnya. *Oil trap* eksisting memiliki waktu tinggal 9,15 jam per kompartemen dengan kecepatan aliran 72 m/jam, sedangkan berdasarkan kriteria desain batas maksimal waktu tinggal 20 menit dengan kecepatan aliran maksimal 6 m/jam.

3.2.4. Evaluasi

Evaluasi unit pengolahan eksisting ditinjau dari aspek fungsionalitas, operasional, dan perawatan (*maintenance*). Hasil dari identifikasi masalah yang terjadi, dapat disimpulkan bahwa ketidak efektifan unit pengolahan eksisting yang berupa *oil trap* disebabkan oleh kondisi bangunan, sistem operasional pemeliharaan yang tidak sesuai dengan standar hingga berdampak langsung terhadap kualitas air limbah itu sendiri. Analisis menunjukkan bahwa waktu tinggal air limbah dalam unit tidak memenuhi ketentuan, sehingga mengurangi efektivitas pengolahan. Penelitian Wahyuni (2006) mendukung hal ini, yang menyatakan bahwa ketidaksesuaian waktu tinggal dengan kriteria desain dapat mengurangi kapasitas unit. Perubahan level muka air, baik penurunan maupun kenaikan, mempengaruhi laju aliran dan waktu tinggal air limbah, sehingga proses pengolahan menjadi tidak optimal.

Hasil analisis dari perspektif operasional menunjukkan bahwa pengolahan air limbah di Bengkel X hanya mengandalkan gaya gravitasi, yang bergantung pada massa jenis senyawa pencemar dan tinggi muka air untuk mengalirkan air limbah ke ruang pengolahan berikutnya. Unit pengolahan ini tidak menggunakan bantuan pompa, bahan kimia, atau teknologi lain. Dari perspektif pemeliharaan, intensitas pemeliharaan unit *oil trap* mengikuti jadwal TPS LB3, yaitu satu hingga tiga bulan sekali. Selama periode ini, jika pengurusan atau penyedotan belum dilakukan, konsentrasi beban pencemar akan terus meningkat setiap hari, menyebabkan perbedaan signifikan antara konsentrasi beban pencemar di titik *inlet* dan *outlet*. Kurangnya pemeliharaan ini memperburuk efektivitas pengolahan air limbah.



**Gambar 1.** Rangkaian Unit Pengolahan Rancang Ulang Bengkel X

Ketidakefektifan unit *oil trap* di Bengkel X juga disebabkan oleh tidak adanya pengolahan tambahan, baik secara biologi maupun kimia. Tingginya kandungan beban organik dalam air limbah, sudah seharusnya ditambahkan pengolahan biologis untuk membantu menguraikan beban organik tersebut.

### 3.3. Rancang Ulang Unit Pengolahan Bengkel X

Rancang ulang dilakukan guna memperbaiki kualitas efluen air limbah Bengkel X dengan menyesuaikan kondisi aktual Bengkel X. Rancang ulang yang dimaksud adalah mengganti keseluruhan unit pengolahan eksisting, *oil trap* dengan rangkaian IPAL baru. Penyelesaian rancang ulang ini dilakukan dengan pendekatan studi kasus berdasarkan karakteristik air limbah domestik, mengingat masalah yang terjadi adalah tingginya beban pencemar organik akibat kegiatan pencucian.

Rancang ulang ini mengombinasikan pengolahan fisik dan biologis (anaerob), berupa unit sumur pengumpul, unit *Upflow Anaerobic Filter* (UAF) dengan media sarang tawon, dan unit sedimentasi. Rancang ulang akan mengacu pada debit puncak air limbah, sebesar 0,22 m<sup>3</sup>/jam. Rancang ulang mengacu pada kriteria desain yang sudah ditetapkan oleh Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018.

Penggunaan pipa air limbah, direncanakan menggunakan bahan PVC (*polyvinyl chloride*) ukuran 2½ inch, dilengkapi dengan aksesoris pipa seperti *elbow* 90° dan katup *valve* pada bagian *outlet* yang mengalirkan air ke drainase perusahaan. Pemilihan material pipa ini didasarkan pada perhitungan debit puncak, mempertimbangkan sifat PVC yang tidak korosif, serta memudahkan pemeliharaan jika terjadi penyumbatan akibat timbunan minyak, pelumas, atau lemak. Pemilihan katup *valve* pada pipa *outlet* bertujuan untuk mencegah terjadinya arus balik aliran dari luar ke dalam unit pengolahan, terutama saat terjadi air pasang atau banjir.

#### 3.3.1. Sumur Pengumpul

Dalam rancang ulang ini, unit sumur pengumpul berfungsi untuk mengumpulkan air limbah dari dua kegiatan pencucian sebelum masuk ke unit

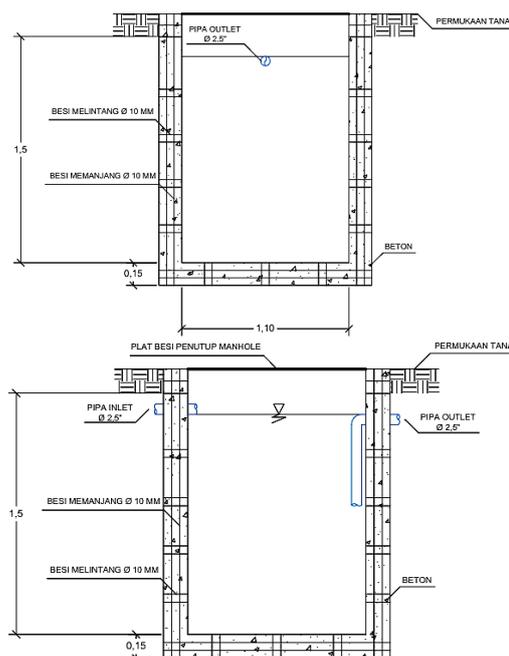
pengolahan berikutnya. Selain itu, sumur pengumpul juga berfungsi sebagai bak penyisihan kandungan pelumas dengan memanfaatkan gaya gravitasi atau perbedaan massa jenis senyawa.

**Tabel 5.** Dimensi Sumur Pengumpul Bengkel X

Kriteria	Nilai	Satuan
Debit (Q)	0,22	m <sup>3</sup> /jam
Waktu Detensi (Td)	8*	jam
Panjang (P)	1,1	
Lebar (L)	1,1	m
Kedalaman (H)	1,5	
Volume (V)	1,8	m <sup>3</sup>
Jumlah Unit	1	Unit

\*waktu detensi yang digunakan disesuaikan dengan lama waktu air limbah dihasilkan

Kedalaman unit sumur pengumpul sudah termasuk tinggi ruang bebas, yang dipertimbangkan untuk meminimalisir penumpukan lapisan *scum* atau tumpukan bulir pelumas dan minyak akibat terlambatnya proses perawatan (penyedotan ataupun pengurasan) unit pengolahan.



**Gambar 2.** Sumur Pengumpul Bengkel X Hasil Rancang Ulang

### 3.3.2. Unit *Upflow Anaerobic Filter* (UAF)

Pengolahan secara biologi dengan sistem anaerob dipilih berdasarkan tingginya konsentrasi beban organik dalam limbah cair Bengkel X. Hal ini sesuai dengan penelitian Herlambang, dkk., (2002), yang menyatakan bahwa limbah cair dengan kadar COD dibawah 4000 mg/L lebih efektif diolah dengan metode anaerob. Pemilihan sistem aliran dalam pengolahan anaerob mempertimbangkan beberapa aspek. Menurut penelitian Haerun, dkk., (2018), sistem aliran dari bawah ke atas (*upflow*) memiliki sistem operasional yang lebih sederhana dan umur operasi lebih lama dibandingkan dengan sistem aliran dari atas ke bawah (*downflow*).

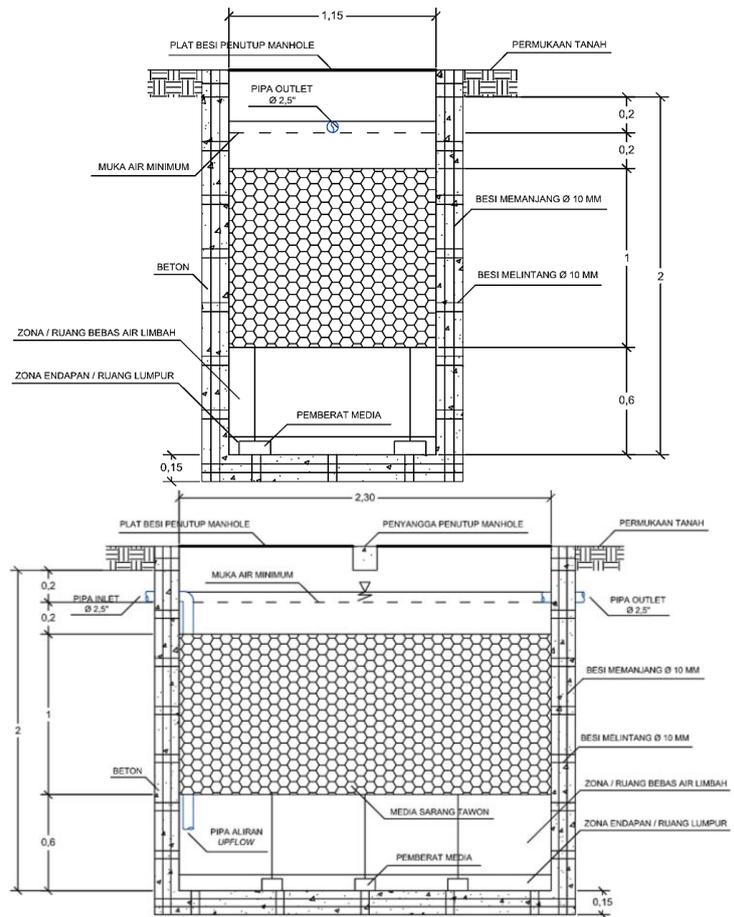
Media biofilter menggunakan jenis media sarang tawon dengan ketebalan 1 meter yang diposisikan pada kedalaman 1,4 meter dibawah permukaan air, atau setara dengan 0,6 meter dari dasar bak. Pemilihan unit UAF dengan media sarang tawon dilakukan dengan mempertimbangkan pendekatan teoritis studi kasus berdasarkan karakteristik air limbah domestik. Unit UAF rancang ulang ini juga dilengkapi dengan zona/ruang bebas air limbah dan pengendapan, di mana zona bebas air limbah setinggi 0,5 meter dan zona pengendapan setinggi 0,1 meter dari kedalaman unit yang telah ditentukan.

**Tabel 6.** Dimensi UAF Media Sarang Tawon Bengkel X

Kriteria	Nilai	Satuan
Debit (Q)	0,22	m <sup>3</sup> /jam
Waktu Detensi (Td)	24	jam
Panjang (P)	2,3	
Lebar (L)	1,15	m
Kedalaman (H)	2	
Volume (V)	5,3	m <sup>3</sup>
Jumlah Unit	1	Unit

Unit UAF hasil rancang ulang menunjukkan efektivitas tinggi dengan penurunan BOD, COD, dan TSS hingga sebesar 90%. Temuan ini sesuai dengan penelitian Said dan Firly (2005), menyatakan bahwa pengolahan air limbah secara anaerobik menggunakan biofilter sarang tawon mampu mengurangi BOD hingga 89%, COD hingga 87%, dan TSS hingga 96%. Penelitian oleh Santoso dkk., (2015) juga mendukung hasil ini, dimana metode serupa mampu menurunkan BOD sebesar 87,21%, COD sebesar 85,09%, dan TSS sebesar 86,7%.

Tingginya angka efisiensi *removal* dalam kasus Bengkel X ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu lama waktu tinggal hidrolis dalam reaktor biofilter, pemilihan jenis aliran air limbah yang menggunakan aliran *upflow* (dari bawah ke atas), dimensi unit yang sesuai dengan beban hidraulik yang dibutuhkan, pemilihan media dan ketebalannya, debit aliran, serta nilai pH dan temperatur (Al Kholif, dkk., 2022; Salamah dan Rahmanto, 2021; Hasanah dan Sugito, 2017; Farahdiba, dkk., 2019; Sarasdewi, 2015; Khaer, 2018; Andina, dkk., 2022).



**Gambar 3.** UAF Media Sarang Tawon Bengkel X Hasil Rancang Ulang

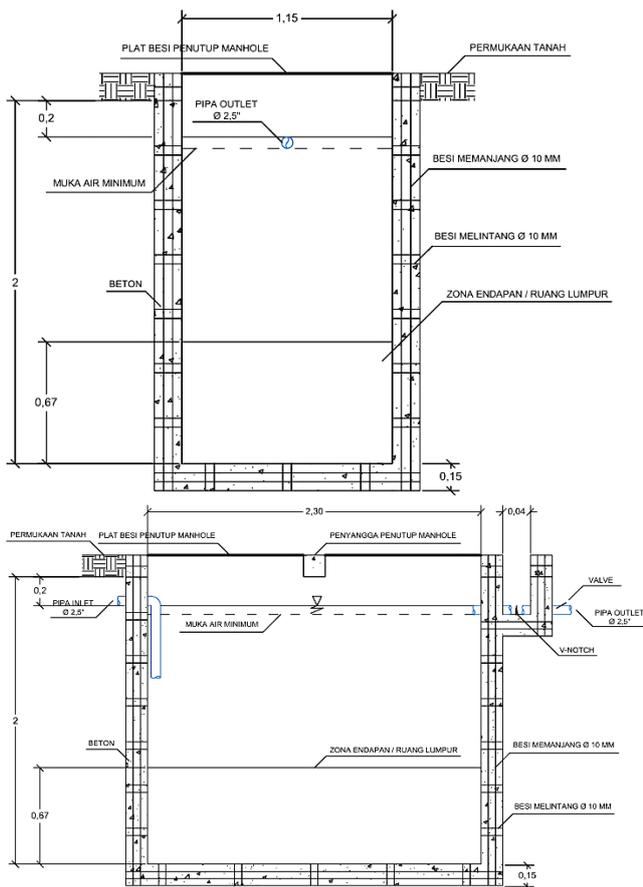
### 3.3.3. Sedimentasi

Unit sedimen dalam rancang ulang ini difungsikan untuk menurunkan beban pencemar yang masih tersisa dan juga sebagai bak kontrol, guna memastikan kualitas air limbah sebelum dialirkan ke badan air penerima. Unit ini dirancang dengan saluran terbuka yang dilengkapi V-notch untuk mengukur kuantitas air limbah hasil pengolahan.

**Tabel 7.** Dimensi Sedimentasi Bengkel X

Kriteria	Nilai	Satuan
Debit (Q)	0,22	m <sup>3</sup> /jam
Waktu Detensi (Td)	24	jam
Panjang (P)	2,3	
Lebar (L)	1,15	m
Kedalaman (H)	2	
Volume (V)	5,3	m <sup>3</sup>
Volume Lumpur	0,018	m <sup>3</sup> /30hari
Jumlah Unit	1	Unit
Jumlah V-Notch	1	Buah Ambang

Unit sedimentasi memiliki dimensi dan waktu tinggal yang sama seperti UAF, namun untuk zona pengendapan memiliki tinggi yang berbeda yaitu 0,67 meter dari kedalaman unit yang telah ditentukan.



Gambar 4. Sedimentasi Bengkel X Hasil Rancang Ulang

### 3.4. Review IPAL Hasil Rancang Ulang Bengkel X

Rangkaian unit pengolahan rancang ulang Bengkel X memiliki kinerja yang mampu menurunkan beban pencemar BOD dan COD hingga sebesar 94%, serta TSS hingga sebesar 98%. Tabel 8 merupakan penjabaran kualitas air limbah hasil IPAL rancang ulang beserta efektivitas kinerja unit pengolahan dalam menurunkan beban pencemar.

Pemilihan unit pengolahan dipertimbangkan dari perspektif fungsionalitas, operasional dan pemeliharaan. Pertimbangan dilakukan karena, dalam kasus Bengkel X tidak ada penanggung jawab khusus untuk unit pengolahan air limbah, sehingga seluruh karyawan bengkel ikut bertanggung jawab penuh dalam menangani operasional dan pemeliharaan unit pengolahan yang ada. Keterbatasan pengetahuan mereka tentang unit pengolahan air limbah menjadi faktor utama dalam memilih unit pengganti yang

mudah dioperasikan dan dirawat. Analisis teoritis juga dilakukan terhadap pemilihan unit pengganti guna memperkuat alasan pemilihan tersebut serta menyelesaikan masalah dengan tepat dan efektif.

#### 3.4.1. Fungsionalitas

Secara fungsionalitas, pemilihan unit disesuaikan dengan karakteristik air limbah Bengkel X agar pemenuhan kebutuhan bersifat tepat sasaran dan tidak menyampingkan prinsip keberlanjutan. Pembangunan unit juga mengacu pada standar kriteria desain yang berlaku guna memastikan unit pengolahan memenuhi regulasi dan dapat beroperasi dengan maksimal.

#### 3.4.2. Operasional

Pengolahan air limbah secara anaerob memiliki keunggulan berupa sistem operasional yang sederhana, karena proses biofilm menghasilkan sedikit lumpur. Menurut Said & Yodu (2006), proses biofilm memperpanjang rantai makanan, melibatkan aktivitas mikroorganisme dengan orde yang lebih tinggi, sehingga lumpur yang dihasilkan hanya sekitar 10-30%.

Rantai makanan dalam biofilm mempengaruhi penggunaan energi, efisiensi pengolahan, serta biaya operasional dan pemeliharaan. Energi yang digunakan berkaitan dengan sistem aliran *upflow*, yang memungkinkan air limbah menyebar secara merata di dalam bak, sehingga meningkatkan kontak antara mikroba dan air limbah untuk efisiensi maksimal. Kayombo, dkk., (2000) menyatakan bahwa penggunaan energi yang lebih rendah dapat membantu mengurangi biaya operasional dan perawatan.

Media sarang tawon dipilih sebagai filter karena memiliki aliran silang (*cross flow*) yang memperkenankan pergerakan aliran sepanjang dua sumbu (*axis*) dan memiliki fraksi volume rongga yang besar, hingga 98%. Manariotis, dkk., (2010) menyatakan bahwa media dengan porositas tinggi dan rasio volume rongga yang besar dapat mengurangi risiko aliran pendek (*short circuiting*) akibat akumulasi mikroorganisme, sekaligus meningkatkan kecepatan aliran *upflow*. Keunggulan media ini adalah kemampuannya untuk mengurangi penyumbatan yang disebabkan oleh pertumbuhan biomassa berlebih.

Tabel 8. Kualitas Air Limbah Bengkel X

Parameter	Satuan	Kualitas Awal	Unit Pengolahan						Total Efisiensi	Kualitas Akhir	*
			Sumur Pengumpul	Efisiensi	UAF Sarang Tawon	Efisiensi	Sedimen tasi	Efisiensi			
BOD		66,55	66,55		6,565		3,862	40%	94%	3,862	50
COD	mg/L	304,5	304,5	0%	30,506	90%	18,343	40%		18,343	100
TSS		8	8		0,772		0,320	70%	98%	0,320	200

\*PerMen LH RI No. 5 Th 2014 Lampiran XLVII Golongan I

### 3.4.3. Pemeliharaan

Petunjuk teknis ini disusun sebagai pedoman pemeliharaan IPAL hasil rancang ulang Bengkel X setelah beroperasi. Pembuatan petunjuk teknis ini telah disesuaikan dengan kondisi eksisting Bengkel X. Pemeliharaan IPAL rancang ulang yang terdiri dari unit sumur pengumpul, unit *Upflow Anaerobic Filter* (UAF) media sarang tawon, dan unit sedimentasi dapat dilakukan secara berkala, yaitu setiap enam bulan sekali. Setiap unit dapat menjalani pemeliharaan mulai dari pekanan hingga bulanan. Pemeliharaan dilakukan saat bengkel tidak beroperasi, yaitu pada akhir pekan.

Pemeliharaan unit sumur pengumpul perlu dilakukan setiap dua pekan, mengingat air limbah yang masuk mengandung banyak minyak pelumas, pasir, dan padatan berat lainnya. Kandungan pengotor dalam air limbah yang masuk ke sumur pengumpul dapat mempengaruhi efektifitas kinerja sumur pengumpul itu sendiri, serta unit pengolahan selanjutnya. Pemeliharaan unit *Upflow Anaerobic Filter* (UAF) dapat dilakukan setiap enam bulan, karena media filter sarang tawon memerlukan waktu untuk penyesuaian dengan air limbah Bengkel X. Sedangkan pemeliharaan unit sedimentasi dapat dilakukan setiap bulan, karena unit sedimentasi rancang ulang juga difungsikan sebagai bak kontrol. Pemeliharaan rutin ini diharapkan mampu menjaga kualitas air limbah yang sudah diolah.

## 4. KESIMPULAN

Pengintegrasian kombinasi metode fisik-biologi dalam kasus Bengkel X dengan unit sumur pengumpul, Unit *Upflow Anaerobic Filter* (UAF) media sarang tawon, dan unit sedimentasi berhasil menurunkan BOD menjadi 3,862 mg/L, COD menjadi 18,343 mg/L, dan TSS menjadi 0,320 mg/L, jauh di bawah batas baku mutu. Efektivitas kinerja IPAL hasil rancang ulang mampu menurunkan beban pencemar BOD dan COD hingga sebesar 94%, serta TSS hingga sebesar 98%.

## DAFTAR PUSTAKA

Aini, A., Sriasih, M., & Kisworo, D. (2017). Studi pendahuluan cemaran air limbah rumah potong hewan di Kota Mataram. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 15(1), 42-48.

Al Kholif, M., Rohmah, M., Nurhayati, I., Walujo, D. A., & Majid, D. (2022). Penurunan beban pencemar rumah potong hewan (RPH) menggunakan sistem biofilter anaerob. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 14(2), 100-113.

Andina, I. M., Wulandari, C. D. R., & Hendrianti, E. (2022). Penurunan konsentrasi TSS dan COD air limbah pencucian kendaraan bermotor di Kelurahan Sawojajar, Kota Malang menggunakan metode biofilter fitoremediasi. *Jurnal Mahasiswa "ENVIRO"*, 1(1).

Arini, A. (2017). Pengolahan Limbah Cair Cuci Tangan Bengkel Menggunakan Tiga Tahapan Oil Catcher, Filtrasi dan Fitoremediasi (Skripsi, Jurusan Teknik

Lingkungan, Universitas Tanjungpura Pontianak). Universitas Tanjungpura.

Asha, M. N., Chandan, K. S., Harish, H. P., Nikhileswar Reddy, S., Sharath, K. S., & Liza, G. M. (2016). Recycling of wastewater collected from automobile service stations. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 289-297.

Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya. (2019). *Pengelolaan Air Limbah Kegiatan Bengkel: Materi Sosialisasi Perencanaan Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk Kegiatan Bengkel*. Surabaya.

Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2017). Buku A: Panduan Perhitungan Bangunan Pengolahan Lumpur Tinja (Cetakan Pertama). Jakarta Selatan: Gedung Direktorat Jenderal Cipta Karya.

Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). Buku B: Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) (Cetakan Pertama). Jakarta Selatan : Gedung Direktorat Jenderal Cipta Karya.

Farahdiba, A. U., Latifah, E. J., & Mirwan, M. (2019). Penurunan ammonia pada limbah cair rumah potong hewan (RPH) dengan menggunakan Unit *Upflow Anaerobic Filter*. *Jurnal Envirotek*, 11(1), 31-38.

Fathonah, H., Mukhlis, M., Afridon, A., Mahaza, M., & Awaluddin, A. (2023). Penurunan kandungan minyak/lemak, BOD (biochemical oxygen demand), dan TSS (total suspended solid) pada air limbah bengkel mobil dengan menggunakan aerasi dan sedimentasi. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Mandiri*, 2(1).

Haerun, R., Mallongi, A., & Natsir, M. F. (2018). Efisiensi pengolahan limbah cair industri tahu menggunakan biofilter sistem upflow dengan penambahan efektif mikroorganisme 4. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan*, 1(2).

Hasanah, U., & Sugito, S. (2017). Removal COD dan TSS limbah cair rumah potong ayam menggunakan sistem biofilter anaerob. *Waktu: Jurnal Teknik UNIPA*, 15(1), 61-69.

Herlambang, A. (2002). Teknologi pengolahan limbah cair industri tahu. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (BPPT) dan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Samarinda.

INEA. (2014). *Environmental management series 8: Mechanical workshops and Lava Jato - Guidelines for environmental control* (2nd ed.). Rio de Janeiro: State Institute of the Environment.

Kayombo, S., Mbvette, T. S. A., Mayo, A. W., Katima, J. H. Y., & Jorgensen, S. E. (2000). Modelling diurnal variation of dissolved oxygen in waste stabilization ponds. *Ecological Modeling*, 127(1), 21-31.

Kementerian Lingkungan Hidup. (2014). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

Khaer, A. (2018). Teknologi terapan pemanfaatan limbah cair pencucian kendaraan dengan metode koagulasi dan biofilter multimedia. *Jurnal Media Kesehatan Politeknik Kesehatan Makassar*, 11(2), 43-51.

Koda, E., Miskowska, A., & Sieczka, A. (2017). Levels of organic pollution indicators in groundwater at the old landfill and waste management site. *Applied Sciences*, 7(6), 1-22.

- Azhari, A. N., Arifin, dan Apriani, I. (2025). *Review Design Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada Pengolahan Limbah Cair Bengkel X*. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 23(3), 811-819, doi:10.14710/jil.23.3.811-819
- Kusumawardani, Y., Subekti, S., & Soehartono, S. (2019). Potensi dan pengaruh batang pisang sebagai media filter pada pengolahan air limbah pencucian kendaraan bermotor. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 16(3), 196-204.
- Machdar, I. (2018). *Pengantar Pengendalian Pencemaran: Pencemaran Air, Pencemaran Udara, dan Kebisingan*. Yogyakarta: Deepublish.
- Manariotis, D. I., Grigoropoulos, S. G., & Yung-Tse, H. (2010). *Handbook of environmental engineering* (Vol. 11). Springer Science.
- Natsir, M. F., Liani, A. A., & Fahsa, A. D. (2021). Analisis kualitas BOD, COD, dan TSS limbah cair domestik (grey water) pada rumah tangga di Kabupaten Maros 2021. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan*, 4(1).
- Panotogomo, A., & Santoso. (2023). Analisis pengaruh penggunaan grease trap dan ukuran zeolite terhadap kualitas air limbah bengkel otomotif. *Jurnal Aplikasi Dan Inovasi Ipteks SOLIDITAS*, 6(2), 224-231.
- Qiram, I. (2017). Pengaruh jumlah sekat vertikal dan debit aliran terhadap viskositas oli pada separator air oli. *Jurnal Dinamika Teknik Mesin*, 7(1).
- Roni, K. A., & Legiso. (2021). *Kimia organik*. Palembang: NoerFikri Offset.
- Said, N. I. (2017). *Teknologi pengolahan air limbah: Teori dan aplikasi*. Jakarta: Erlangga.
- Said, N. I., & Firly, F. (2005). Uji performance biofilter anaerobik unggun tetap menggunakan media biofilter sarang tawon untuk pengolahan air limbah rumah potong ayam. *Jurnal Air Indonesia*, 1(3).
- Said, N. I., & Yudo, S. (2006). Rancang bangun instalasi pengolahan air limbah rumah potong hewan (RPH) ayam dengan proses biofilter. *Jurnal Air Indonesia*, 2(1).
- Salamah, U. H., & Rahmanto, T. A. (2021). Pengaruh media biofiltrasi anaerob untuk mendegradasi COD, TSS, dan NH3-N pada limbah cair pencucian ikan. *Jurnal ESEC Teknik Lingkungan*, 2(1), 117-121.
- Santoso, A., Karnaningroem, N., & Supriyadi, D. B. (2015). Perencanaan pengolahan air limbah domestik dengan alternatif media biofilter (studi kasus: Kejawan Gebang, Kelurahan Keputih Surabaya). In *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII*.
- Sarasdewi, A. P., Antara, N. S., & Wiranatha, A. S. (2015). Pengaruh laju aliran terhadap penurunan cemaran instalasi pengolahan air limbah domestik dengan sistem biofilter. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 3(2), 17-29.
- Silalahi, I. V. O. (2019). Analisa COD dari campuran limbah domestik dan laboratorium di Balai Riset dan Standarisasi Industri Medan (Tugas Akhir). Medan: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara.
- Suseno, H. P., Purnawan, P., & Kristiyana, S. (2021). Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak Dan Cod Pada Limbah Cair Secara Elektroflokulasi. *Journal elektrikal*, 8(2), 10-16.
- Tiska, D. F. (2022). *Pengolahan limbah cair pencucian kendaraan menjadi air bersih dengan metode filtrasi multimedia menggunakan aliran upflow* (Doctoral Dissertation, UIN Ar-Raniry).
- Wahyuni, S. (2006). *Evaluasi kinerja dari kolam perangkap minyak (oil trap) dalam pemisahan minyak-air di PT. Inco Tbk. Sorowako (Tugas Akhir)*. Universitas Islam Indonesia.
- Winanda, N. F. (2020). *Perencanaan instalasi pengolahan air limbah kegiatan usaha pencucian mobil di Surabaya untuk penggunaan kembali sebagai air bersih* (Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan, ITS, Universitas Teknologi Sepuluh November Surabaya).