



Terakreditasi Sinta Peringkat 4 (S4)



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

## Kajian IPAL Rumah Potong Ayam di PT. X Bali: Evaluasi Teknis, Analisis Dampak Lingkungan, dan Perumusan Strategi Pengelolaan

Cok Agung Andra Mahendra<sup>1</sup>, Ervin Nurhayati<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Lingkungan ITS, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

\*E-mail: [ervin@its.ac.id](mailto:ervin@its.ac.id)

Submitted: 07-07-2025

Revised: 06-01-2026

Accepted: 09-01-2026

### Abstract

*PT. X Bali is a chicken-slaughtering industry in Tabanan Regency, Bali, and has been operating since 2008. The production process in this industry requires large amounts of air for washing, which ultimately produces liquid waste. The liquid waste produced has the potential to pollute the environment. This study aims to activate the liquid waste processing unit at PT's Wastewater Treatment Plant (IPAL). X Bali, analyze the impact on the environment, and develop a management strategy. The study was conducted by collecting data from the source of liquid waste production, including the amount produced, its characteristics, and the capacity of the liquid waste processing facility. The IPAL was evaluated from a technical standpoint, considering its suitability with the design criteria for each unit. The environmental impact evaluation was conducted by analyzing changes in the pollution index (PI) of the river receiving the IPAL effluent due to the pollutant load from the IPAL. Furthermore, through a SWOT analysis, a management strategy for the IPAL was formulated based on its current conditions. The results of the study showed that the efficiency of the IPAL PT. X Bali for TSS parameters is only 41%, while BOD, COD, oil & fat, and NH<sub>3</sub> parameters show efficiency above 90%. The results of the class 4 river water pollution index indicate that the water quality status of the Yeh Penet tributary in the study area is "Light Pollution (CR)". The results of the strategy formulation determine the operators specifically tasked with maintaining the Wastewater Treatment Plant (IPAL).*

**Keywords:** IPAL, Waste quality standards, Pollution index

### Abstrak

PT. X Bali merupakan industri penyembelihan ayam yang berlokasi di Kabupaten Tabanan, Bali dan telah beroperasi sejak tahun 2008. Proses produksi di industri ini memerlukan penggunaan air dalam jumlah besar untuk kegiatan pencucian, yang pada akhirnya menghasilkan limbah cair. Limbah cair yang dihasilkan memiliki potensi untuk mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi unit pengolahan limbah cair yang dioperasikan di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT. X Bali, menganalisis dampak terhadap lingkungan, serta merumuskan strategi pengelolannya. Penelitian dilakukan dengan pengambilan data dari sumber limbah cair hasil produksi, jumlah limbah cair yang dihasilkan, karakteristik limbah cair, serta kapasitas pengolahan limbah cair. Evaluasi IPAL ditinjau dari aspek teknis berdasarkan kesesuaian dengan kriteria desain masing-masing unit. Evaluasi dampak lingkungan dilakukan dengan menganalisis perubahan index pencemaran (IP) sungai penerima efluen IPAL akibat beban pencemar dari IPAL. Selanjutnya, melalui analisis SWOT, dirumuskan strategi pengelolaan IPAL sesuai kondisinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi IPAL PT. X Bali untuk parameter TSS hanya sebesar 41%, sedangkan parameter BOD, COD, minyak & lemak, serta NH<sub>3</sub> menunjukkan efisiensi di atas 90%. Hasil perhitungan index pencemar air sungai kelas 4 diketahui bahwa status mutu air anak sungai Yeh Penet di wilayah studi memiliki nilai indeks "Cemar Ringan (CR)". Hasil perumusan strategi menetapkan operator yang khusus bertugas dalam pemeliharaan IPAL.

**Kata kunci:** IPAL, Baku mutu limbah, Indeks pencemaran.

## PENDAHULUAN

Rumah Potong Ayam (RPA) adalah industri yang memproses ayam hidup menjadi produk siap konsumsi. RPA dikategorikan menjadi skala kecil (tradisional) dan skala besar (pabrik pengolahan ayam secara industri). Fasilitas-fasilitas ini dapat berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan di sekitarnya (Yordanov, 2010). Permintaan daging ayam yang terus meningkat telah mendorong berdirinya usaha peternakan dan pemotongan ayam untuk memenuhi kebutuhan masyarakat (Singgih & Kariana, 2015). RPA menghasilkan limbah cair berupa darah, air bekas pencucian ayam, serta air dari pencucian peralatan produksi.

PT. X Bali merupakan industri pemotongan ayam yang berlokasi di Tabanan, Bali, dan telah beroperasi sejak tahun 2008. Dalam proses produksinya, kegiatan pemotongan ayam menggunakan air dalam jumlah besar untuk keperluan pencucian, yang pada akhirnya menghasilkan limbah cair. Limbah yang dihasilkan berpotensi memberikan dampak negatif terhadap lingkungan, baik terhadap udara, air, tanah, maupun masyarakat sekitar. Dengan volume limbah cair yang dihasilkan cukup besar selama proses produksi, terdapat kalanya instalasi pengolahan air limbah (IPAL) tidak mampu menampung kelebihan limbah tersebut. Parameter limbah cair yang dibuang pun terkadang tidak memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

Berdasarkan pemantauan yang dilakukan selama enam bulan terakhir, yaitu dari Juli hingga Desember 2023, diketahui bahwa kadar Total Suspended Solids (TSS) melebihi baku mutu. Pada Unit 2 bak sedimentasi di PT. X Bali, sering terjadi sludge bulking, yang menunjukkan bahwa proses pengolahan biologis tidak berjalan dengan baik. Untuk mencapai pengolahan yang optimal, diperlukan evaluasi teknis terhadap operasi dan proses IPAL di PT. X Bali. IPAL di PT. X Bali telah beroperasi sejak tahun 2008, sehingga lingkungan sekitar telah terdampak selama waktu yang cukup lama. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi terhadap kinerja IPAL di PT. X Bali, kajian terhadap dampaknya terhadap lingkungan serta diikuti dengan perumusan strategi pengelolaan yang tepat.

Limbah cair dari kegiatan pemotongan/pengolahan unggas umumnya memiliki beban pencemar organik dan padatan yang tinggi (misalnya BOD/COD, TSS), serta fraksi lemak, minyak dan protein yang fluktuatif mengikuti tahapan proses dan praktik sanitasi di fasilitas produksi. (Ng et al., 2022). Kajian terkini menegaskan bahwa karakteristik tersebut membuat pengolahan dan peluang *recycling and reuse* efluen menjadi isu penting, karena pemilihan rangkaian unit proses harus mempertimbangkan variabilitas beban dan target mutu buangan/daur ulang (Philipp et al., 2021).

Pada fasilitas pengolahan unggas, penggunaan air yang besar sepanjang rangkaian proses menghasilkan volume air limbah tinggi, sehingga opsi intensifikasi (misalnya penguatan pemisahan padatan/FOG pada tahap awal) menjadi relevan untuk menekan TSS dan kontaminan lain sebelum masuk ke proses biologis (Dada et al., 2023). Sejumlah studi menunjukkan bahwa pendekatan *multistage* (termasuk tahap pra-perlakuan yang menargetkan FOG diikuti reaktor biologis/anaerob dan tahap lanjutan seperti MBR) dapat digunakan untuk menstabilkan beban influen dan meningkatkan kinerja penurunan TSS serta parameter organik pada air limbah pemotongan unggas (Dyosile et al., 2021).

Pada unit pengolahan biologis berbasis lumpur aktif, kualitas efluen sangat dipengaruhi oleh perilaku pengendapan flok, komposisi bakteri filamen, dan dinamika komunitas mikroba yang berkaitan langsung dengan risiko peningkatan TSS pada keluaran klarifier/bak sedimentasi (Gao et al., 2024). Literatur terbaru menempatkan sludge bulking sebagai gangguan operasional kunci karena menurunkan *settability*, meningkatkan *solids carryover*, dan pada akhirnya berkontribusi pada ambang batas baku mutu TSS sekaligus menegaskan pentingnya diagnosis penyebab serta intervensi berbasis data operasi untuk pengendalian jangka panjang (Sun et al., 2025).

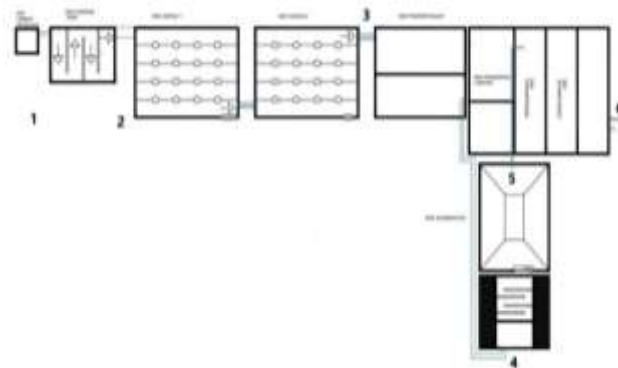
Dalam konteks perancangan/pengelolaan IPAL RPA, pendekatan kombinasi proses biologis dan unit berbasis alam juga dilaporkan sebagai opsi pengolahan, tetapi tetap memerlukan evaluasi kinerja yang ketat agar konsisten memenuhi baku mutu padatan tersuspensi pada kondisi beban yang berubah-ubah (Suwerda et al., 2022). Namun, kajian teknis yang secara terintegrasi mengaitkan data pemantauan rutin (Juli-Desember 2023), diagnosis penyebab TSS tinggi dan sludge bulking, serta penyusunan strategi perbaikan untuk IPAL RPA yang telah beroperasi lama (sejak 2008) masih jarang disajikan secara komprehensif pada studi kasus fasilitas sejenis.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan berupa evaluasi kinerja operasional–proses IPAL yang dipadukan dengan penelusuran faktor penyebab gangguan pengendapan serta perumusan strategi pengelolaan yang aplikatif untuk menekan dampak lingkungan dan meningkatkan kepatuhan efluen. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja unit proses IPAL PT. X Bali, mengidentifikasi faktor dominan yang memicu ketidakpatuhan TSS dan kejadian sludge bulking, mengkaji implikasi lingkungan dari pengoperasian IPAL, serta merumuskan strategi pengelolaan/perbaikan teknis yang tepat sesuai kondisi aktual fasilitas.

## METODE PENELITIAN

Data primer dalam penelitian ini meliputi: Sampling 6 titik air limbah, Mengukur parameter BOD, COD, TSS,  $\text{NH}_3$ , Minyak & lemak dan Mengukur dimensi masing-masing unit pengolahan sementara data sekunder terdiri dari gambaran umum PT. X Bali, Peraturan baku mutu air limbah dan hasil uji laboratorium air sungai. Gambar 1. menampilkan unit-unit IPAL dan posisi titik sampling (ditunjukkan dengan no 1 – 6). Parameter yang diuji meliputi BOD, COD, TSS,  $\text{NH}_3$ , Minyak & lemak.

**Gambar 1.** Unit IPAL & Titik Sampling



Evaluasi teknis terhadap IPAL dilakukan dengan:

1. Menghitung efisiensi penyisihan parameter pencemar air
2. Menghitung kesesuaian bangunan pengolah dengan kriteria desain

Analisis dampak lingkungan dilakukan dengan:

1. Menghitung beban pencemar dengan metode neraca massa
2. Menghitung Indeks Pencemar sungai penerima efluen IPAL

Perumusan strategi pengelolaan IPAL dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Identifikasi aspek internal dan eksternal
2. Melakukan Analisis SWOT
3. Merumuskan strategi sesuai kuadran hasil analisis SWOT

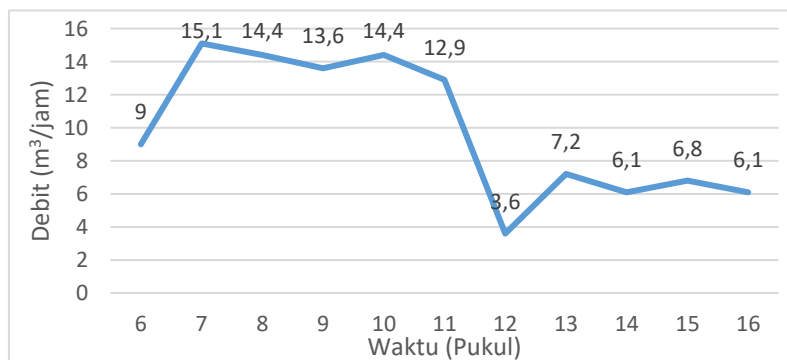
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem pengolahan air limbah PT. X Bali saat ini telah beroperasi dengan beberapa unit pengolahan didalamnya diantaranya bak grease trap, bak aerasi, bak pengendapan 2, seperti ditampilkan pada Gambar 1. Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui kuantitas dan kualitas air limbah di instalasi tersebut. Berdasarkan data pemilihan jam pengambilan sampel pada pagi dan sore hari.

Fluktuasi debit harian/jam yang tajam pada instalasi dengan pola produksi batch dapat memicu fluktuasi beban organik dan menurunkan kestabilan proses biologis bila tidak ada penyangga hidraulik yang memadai (Masloń et al., 2022). Pada beberapa instalasi industri, penambahan/keberadaan unit ekualisasi dipakai untuk meredam shock loading sehingga beban yang masuk ke proses biologis menjadi lebih konsisten dan evaluasi kinerja (misalnya berbasis efisiensi penyisihan) menjadi lebih representative (Lima & others, 2025). Selain pelaporan konsentrasi, pengaitan data kualitas dengan debit untuk mengestimasi beban (load) penting karena indikator berbasis beban dapat menangkap risiko tekanan pencemar terhadap badan penerima yang tidak selalu terlihat dari konsentrasi semata (Arastou & others, 2025).

### Identifikasi Debit IPAL

Dalam menentukan debit harian, perlu diketahui besarnya fluktuasi air limbah per jam, yang selanjutnya akan menjadi fluktuasi produksi air limbah. Data fluktuasi penggunaan air limbah diperoleh melalui pengamatan langsung terhadap pengukuran manual dan perhitungan sesuai standar.



**Gambar 2.** Fluktuasi debit influen per jam

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Untuk mengetahui fluktuasi tersebut dilakukan pengamatan langsung debit air dari pukul 06.00 – 16.00. Dimana pada pukul 06.00 – 11.00 proses produksi berlangsung, debit yang keluar berkisar 9 – 15 m³/jam dan pada pukul 12.00 dengan debit 3,6 m³/jam dimana proses produksi dihentikan sementara untuk karyawan beristirahat. Operasional dimulai pukul 13.00 – 16.00 dengan debit sekitar 6 -7 m³/jam dimana proses pemotongan sudah tersisa sedikit dan hampir selesai. Jam pengambilan sampel dilakukan pada pukul 07.00 dan 13.00 yang merupakan jam puncak pagi dan sore. Total debit hasil pengamatan langsung sebesar 109,2 m³/hari dengan 10 jam operasi IPAL.

Perhitungan berdasarkan SNI diperlukan untuk menghitung estimasi debit air olahan. Debit dihitung dari jumlah ayam dan dikalikan dengan asumsi produksi air limbah. PT. X Bali memproduksi 6.000 ekor ayam/hari. Menurut SNI 01-0220-1987 tentang air minum, gunakan air bersih sebanyak 25 liter/ekor. Perhitungan debit influen air limbah IPAL PT. X Bali adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q &= \text{Asumsi penggunaan air bersih} \\
 &= 6.000 \text{ ekor/hari} \times 25 \text{ L/ekor} \\
 &= 150.000 \text{ Liter/hari} \\
 &= 150 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengamatan langsung dengan debit sebesar 109,2 m<sup>3</sup>/hari bila dibandingkan dengan perhitungan menurut SNI 01-0220-1987 sebesar 150 m<sup>3</sup>/hari, debit hariannya tidak jauh berbeda, sehingga dalam perhitungan evaluasi IPAL digunakan nilai berdasarkan SNI. Literatur lima tahun terakhir menunjukkan bahwa konsumsi air dan pembentukan air limbah di poultry slaughterhouse sangat dipengaruhi konfigurasi proses (misalnya tahapan pencucian dan penanganan karkas) serta praktik higiene, sehingga angka liter/ekor lazim dinyatakan sebagai rentang operasional untuk mengurangi bias estimasi debit desain (A. Fatima & others, 2021).

Kajian daur ulang air pada poultry slaughterhouse juga menegaskan bahwa air buangan umumnya kaya protein, lemak, dan darah, sehingga validasi asumsi debit perlu disandingkan dengan log produksi dan catatan pemakaian air harian agar estimasi debit tidak terlepas dari variasi operasional nyata (F. Fatima & others, 2024). Tinjauan pengolahan slaughterhouse wastewater menekankan bahwa perbedaan antara debit hidraulik dan beban organik (akibat variasi konsentrasi) dapat memengaruhi interpretasi kinerja unit, sehingga evaluasi sebaiknya mempertimbangkan kedua aspek tersebut secara beriringan (Philipp et al., 2021).

### Karakterisasi Air Limbah

Limbah cair yang dihasilkan oleh industri menjadi salah satu sumber utama pencemaran lingkungan. Karakteristik dari air limbah ini bervariasi dari masing – masing unit pengolahan IPAL yang dapat dilihat pada Tabel 1. Karakterisasi slaughterhouse wastewater umumnya memperlihatkan konsentrasi organik tinggi (BOD/COD), padatan tersuspensi, serta minyak–lemak yang signifikan, sehingga pemetaan kualitas per unit menjadi penting untuk menilai mekanisme penyisihan dominan di setiap bak (Ng et al., 2022). Studi sistem terintegrasi menunjukkan bahwa pengendalian padatan dan fraksi minyak–lemak pada tahap awal dapat memengaruhi kinerja unit lanjutan karena FOG dan padatan dapat berkontribusi pada hambatan proses biologis dan kestabilan pemisahan di unit pengendapan (Galindo Montero & others, 2024).

Selain parameter fisik-kimia, air limbah dari pemotongan unggas juga relevan dipandang dari aspek mikrobiologi, sehingga penguatan desain/operasi sering diarahkan untuk memastikan penurunan risiko mikroba sejalan dengan penurunan beban organik (Meiramkulova & others, 2021).

**Tabel 1.** Karakterisasi rata-rata air limbah

| No | Parameter       | Inlet  | Grease Trap | Aerasi | Penampungan | Pengendapan 2 | Outlet |
|----|-----------------|--------|-------------|--------|-------------|---------------|--------|
|    |                 | mg/L   |             |        |             |               |        |
| 1  | BOD             | 315,47 | 276,1       | 46,29  | 49,28       | 26,79         | 26,69  |
| 2  | COD             | 560,97 | 490,38      | 100,25 | 100,5       | 47,29         | 48,15  |
| 3  | TSS             | 202,9  | 152,5       | 138,5  | 131,5       | 117,55        | 113,05 |
| 4  | Minyak & lemak  | 5,5    | 1,25        | 0,22   | 0,2         | TTD           | TTD    |
| 5  | NH <sub>3</sub> | 314,47 | 263,6       | 7,36   | 7,02        | 4,42          | 4,35   |

Sumber : Hasil Analisis, 2025

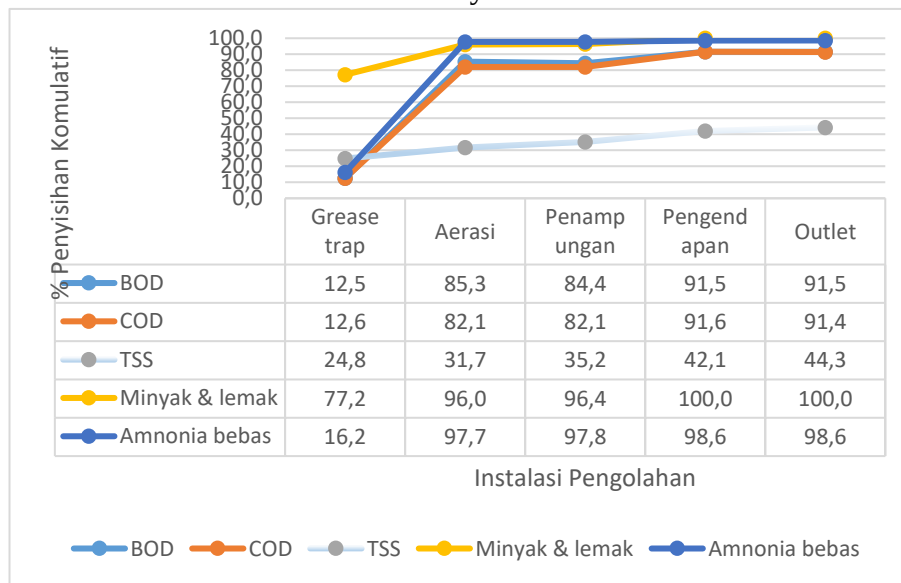
### Evaluasi Performa Unit IPAL PT. X Bali

Data yang telah diperoleh dari karakterisasi air limbah sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1. digunakan untuk mengevaluasi tiap unit diantaranya tangki Grease Trap, Tangki Aerasi, Tangki Pengendapan 2 dan outlet. Efisiensi Penyisihan Kumulatif untuk setiap parameter ditunjukkan pada Gambar 3. Pada air limbah pemotongan unggas, fraksi FOG yang tinggi dapat mengganggu kinerja unit biologis bila tidak dikendalikan di hulu, sehingga pendekatan pra-perlakuan yang menurunkan FOG (misalnya berbasis bio-delipidation atau penguatan pemisahan awal) dilaporkan dapat meningkatkan efektivitas unit proses lanjutan (Mdladla & others, 2021). Tinjauan sistematis pada poultry slaughterhouse wastewater menunjukkan bahwa intensifikasi proses (termasuk

pendekatan aerasi/teknologi pendukung) banyak ditujukan untuk meningkatkan konsistensi penyisihan organik dan mengurangi risiko ketidakstabilan operasi pada beban tinggi (Kaskote et al., 2024).

Dari sisi nitrogen, jalur nitrifikasi–denitrifikasi aerob (termasuk mekanisme biologis yang mampu melakukan nitrifikasi heterotrofik dan denitrifikasi aerob) dilaporkan relevan untuk air limbah berkadar organik tinggi, sehingga kontrol kondisi reaktor (misalnya ketersediaan oksigen dan dinamika biomassa) menjadi titik kendali penting bagi penurunan  $\text{NH}_3$  (Tao & Chang, 2025). Pada konteks anomali seperti sludge bulking, literatur menekankan pentingnya pemantauan indikator settleability (misalnya SVI), evaluasi kondisi operasi (rasio F/M, DO, nutrien), serta tindakan pengendalian untuk menekan dominasi bakteri filamen yang menurunkan kualitas pengendapan (Sam & others, 2022).

**Gambar 3. Penyisihan Kumulatif**



**a. Penyisihan BOD**

Berdasarkan Gambar 3. pada tangki Grease trap presentase removal sebesar 12,4% dan meningkat pada tangki aerasi sebesar 85,3%. Menurut (Ma'arif & Hidayah, 2020), adanya oksigen dalam air limbah membantu dalam penguraian zat organik dalam air limbah. Dengan tersedianya oksigen yang cukup saat proses biologis berlangsung, mikroorganisme tersebut dapat bekerja secara optimal (Ilyas & Risam, 2020).

**b. Penyisihan COD**

Pada Gambar 3. tangki grease trap persentase removal sebesar 12,6% dan meningkat pada tangki aerasi sebesar 82,1%. Menurut (Nurhasanah et al., 2011), Hal ini dikarenakan suplai udara yang tinggi juga dapat berperan dalam oksidasi langsung bahan organik yang tidak dapat terurai secara hayati sehingga dapat menurunkan kandungan COD pada air limbah. Aerasi dan bakteri memiliki hubungan satu sama lain untuk menurunkan COD karena bakteri aerob membutuhkan oksigen untuk menunjang kehidupannya dengan memberikan oksigen secara langsung pada tangki aerasi untuk menjaga proses penguraian bahan organik tetap berjalan sempurna (Dhamayanthie & Fauzi, 2017).

**c. Penyisihan TSS**

Tangki Grease trap persentase removal sebesar 24,8% dan meningkat pada tangki aerasi sebesar 44,3%. dilihat pada Gambar 3. Penurunan ini terjadi karena adanya degradasi senyawa organik pada limbah oleh bakteri (Mulyana et al., 2013). Sehingga memperlancar penyerapan oksigen dan bakteri aerob yang berfungsi sebagai dekomposer dapat tumbuh dengan baik dan

bakteri pengurai semakin banyak yang dapat menguraikan padatan yang telah menggumpal sehingga nilai TSS menurun (Hadisantoso, dkk., 2018).

d. Penyisihan Parameter Minyak & Lemak

Dilihat pada Gambar 3. tangki Grease trap, presentase pemisahan sebesar 77% dan meningkat pada tangki aerasi sebesar 96%. Penurunan kadar minyak dan lemak disebabkan oleh penambahan O<sub>2</sub> untuk memisahkan minyak dari air yang sulit dipisahkan karena adanya perbedaan massa jenis kedua fluida (minyak dan air). Dengan adanya pemisahan minyak dan air, minyak akan mengapung ke atas karena massa jenis minyak lebih kecil dibandingkan massa jenis air (Ahmad et al., 2023).

e. Penyisihan Parameter Amonia Bebas

Gambar 3. pada tangki Grease trap presentase removal sebesar 16,2% dan meningkat pada tangki aerasi sebesar 97%. Hal ini dikarenakan pertumbuhan bakteri berjalan dengan baik, oksidator ammonia akan mengambil ammonia dan mengubahnya menjadi asam nitrat dan energi dari air yang dihasilkan diserap pada sistem nitrat dan dipindahkan ke sistem selanjutnya. Energi tersebut akan digunakan oleh bakteri untuk tumbuh dan berkembang biak. Proses aerasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai ammonia, karena dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air limbah, selain itu bermanfaat bagi mikroorganisme dalam pertumbuhannya dan meningkatkan kerja bakteri aerob dalam mendegradasi senyawa organik (Sari et al., 2013).

### Evaluasi Unit IPAL

Evaluasi unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dilakukan untuk memastikan bahwa IPAL berjalan dengan baik dan air limbah yang dihasilkan memenuhi baku mutu. Perhitungan evaluasi masing – masing bak pengolahan sebagai berikut.

**Tabel 2.** Resume Evaluasi Bak Aerasi

| Uraian | Kriteria Desain | Hasil Hitungan | Keterangan |
|--------|-----------------|----------------|------------|
| Td     | 30 – 60 menit   | 38,7 meit      | Sesuai KD  |

Sumber : Hasil Analisis, 2025

**Tabel 3.** Resume Evaluasi Bak Aerasi

| Uraian               | Kriteria Desain                 | Hasil Hitungan              | Keterangan     |
|----------------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------|
| HRT                  | 3 – 10 jam                      | 1,6 jam                     | Tida Sesuai KD |
| F/M Rasio            | 0,2 – 0,4                       | 1,3                         | Tida Sesuai KD |
| Organic Loading Rate | 0,4 – 1 kg/m <sup>3</sup> .hari | 0,4 kg/m <sup>3</sup> .hari | Sesuai KD      |
| SRT                  | 5 – 15 hari                     | 1 hari                      | Tida Sesuai KD |

Sumber : Hasil Analisis, 2025

**Tabel 4.** Resume Evaluasi Bak Pengendapan

| Uraian             | Kondisi Eksisting                        | Kriteria Desain                              | Keterangan      |
|--------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------|
| Tinggi             | 3 m                                      | 3-6 m                                        | Sesuai KD       |
| Td                 | 1,34 Jam                                 | 1-2 jam                                      | Sesuai KD       |
| Overflow Rate      | 5,3 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari | 24 – 32 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari | Tidak sesuai KD |
| Solid Loading Rate | 0,74 kg/m <sup>2</sup> .hari             | 164 kg/m <sup>2</sup> .hari                  | Tidak sesuai KD |

Sumber : Hasil Analisis, 2025

### Evaluasi Dampak Lingkungan

Hasil pengujian efluen menunjukkan bahwa parameter BOD, COD, TSS, minyak & lemak, serta  $\text{NH}_3$  telah sesuai dengan ketentuan baku mutu berdasarkan Permen LHK No. 5 Tahun 2014 tentang limbah cair industri. Hal ini menandakan bahwa limbah cair pada titik keluaran (efluen) telah memenuhi syarat untuk dibuang ke lingkungan.

**Gambar 4.** Lokasi Pemantauan Sebelum dan Sesudah Outlet IPAL

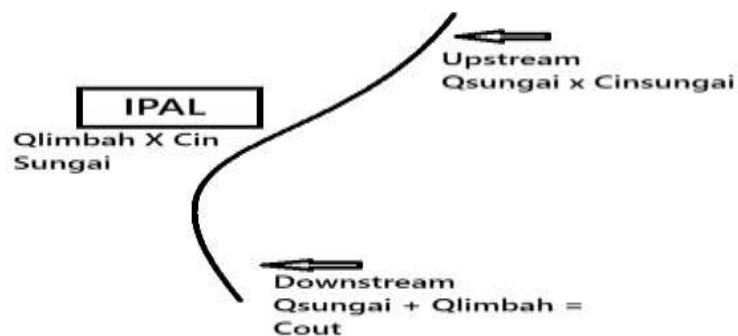


Sumber : Hasil Analisis, 2025

### Beban Pencemar ke Lingkungan

Meskipun efluen memenuhi baku mutu, konsep mixing zone menekankan bahwa dampak pada badan penerima dipengaruhi oleh kondisi pengenceran, hidrodinamika lokal, dan variasi debit badan air, sehingga evaluasi berbasis skenario (misalnya debit sungai rendah) dapat memperkuat kehati-hatian interpretasi dampak (Campos et al., 2022). Pemodelan near-field mixing (misalnya menggunakan CORMIX) dilaporkan digunakan untuk mendefinisikan zona pencampuran dan mengevaluasi risiko perubahan kualitas air di sekitar titik buang pada sungai berkecepatan aliran rendah, sehingga relevan sebagai penguat analisis dampak berbasis neraca massa/dilusi (Abdelsamad & others, 2024).

Walaupun memenuhi baku mutu, namun efluen IPAL tetap memberikan beban terhadap badan penerima, sehingga tetap perlu dilakukan analisis dampaknya. Kontribusi air limbah yang disalurkan melalui IPAL terhadap pencemaran badan air penerima dihitung menggunakan pendekatan konsep keseimbangan massa (mass balance) menurut (Ramadani et al., 2021). Berikut perhitungan kontribusi air limbah yang baru dengan beban pada sungai dari saluran.



**Gambar 5.** Perhitungan beban pencemar air sungai



**Tabel 5.** Kontribusi limbah Anak Sungai Tukad Yeh Penet dari outlet IPAL

| Parameter       | *Outlet     |                     | *Sungai Upstream |                     | Konsentrasi Baru Sungai | Sungai Downstream |
|-----------------|-------------|---------------------|------------------|---------------------|-------------------------|-------------------|
|                 | Konsentrasi | Debit               | Konsentrasi      | Debit               |                         |                   |
|                 | mg/L        | m <sup>3</sup> /det | mg/L             | m <sup>3</sup> /det | mg/L                    | mg/L              |
| BOD             | 37,69       | 0,15                | 10               | 5,6                 | 20,55                   | 12,8              |
| COD             | 92          | 0,15                | 20               | 5,6                 | 41,9                    | 48                |
| TSS             | 34          | 0,15                | 137              | 5,6                 | 257,3                   | 178               |
| NH <sub>3</sub> | 0,57        | 0,15                | 0,18             | 5,6                 | 1,48                    | 0,78              |

Sumber : Hasil Analisis, 2025

Berdasarkan evaluasi neraca massa terhadap konsentrasi BOD, COD, TSS, dan NH<sub>3</sub> di titik outlet IPAL serta di sungai sebelum outlet, tidak terdeteksi adanya lonjakan kadar parameter tersebut. Kondisi ini memperlihatkan bahwa keberadaan IPAL hanya memberikan dampak yang sangat terbatas terhadap mutu air sungai. Hasil perhitungan konsentrasi gabungan di sungai setelah menerima aliran dari outlet juga memperlihatkan bahwa nilai BOD, COD, TSS, dan NH<sub>3</sub> masih sesuai dengan standar baku mutu sungai yang telah diuji di laboratorium, tanpa menunjukkan perubahan yang berarti. Minimnya pengaruh pencemaran dari outlet IPAL ini erat kaitannya dengan volume aliran dari outlet yang sangat kecil bila dibandingkan dengan debit sungai utama (Yuniarti et al., 2019).

### Indeks Pencemaran (IP) Badan Air Sungai

Dalam studi ini, perhitungan IP dilakukan dengan menggunakan data dari pengamatan langsung di lapangan dan hasil uji laboratorium terhadap sampel air sungai atau drainase. Jika konsentrasi parameter kualitas air pada lokasi pengambilan sampel dinyatakan sebagai Ci, dan Lij adalah konsentrasi baku mutu air sesuai dengan peruntukannya (j), maka rasio Ci/Lij digunakan untuk menentukan nilai Indeks Pencemaran (PIj) berdasarkan peruntukan tersebut. Rumusan ini mengacu pada Kepmen LH No. 115 Tahun 2003. Adapun hasil perhitungan IP pada titik-titik sampel di area studi ditunjukkan pada lampiran 3.

$0 \leq PIj \leq 1$  = Memenuhi Baku Mutu

$1 \leq PIj \leq 5$  = Cemar Ringan

$5 \leq PIj \leq 10$  = Cemar Sedang

$PIj > 10$  = Cemar Berat

(Sumber: Kepmen LH No 115 Tahun 2003)

Kajian komparatif metode penentuan status mutu air menunjukkan bahwa perbedaan metode (STORET vs Indeks Pencemaran) dapat menghasilkan klasifikasi status yang berbeda pada periode dan parameter yang sama, sehingga pemilihan metode dan parameter dominan perlu dijelaskan agar penetapan status “cemar ringan” memiliki dasar metodologis yang transparan (Afifah & others, 2025). Dengan demikian, justifikasi sumber dominan pencemar akan lebih kuat bila didukung konsistensi spasial (hulu–hilir), temporal (musiman), dan keterlacakan sumber di sekitar titik pengamatan.

Melalui pengolahan data IP, diperoleh status kualitas air untuk anak sungai Yeh Penet di lokasi studi berada dalam kategori "Cemar Ringan (CR)". Hal ini didasarkan pada hasil gabungan dari observasi lapangan, pengujian laboratorium, serta perhitungan matematis terhadap indeks pencemaran yang memperlihatkan bahwa parameter utama limbah melebihi nilai ambang batas yang diperbolehkan. Fakta ini menjadi dasar bagi peneliti untuk menyimpulkan bahwa pencemaran ringan yang terjadi pada anak sungai Tukad Penet di wilayah tersebut sebagian besar disebabkan oleh limbah dari rumah potong ayam yang beroperasi di sekitar area studi.

### Penyusunan Strategi Pengelolaan

Analisis SWOT digunakan sebagai alat untuk merumuskan strategi dalam pengelolaan air limbah yang efektif. Dalam penerapannya, digunakan pendekatan semi-kuantitatif agar proses

analisis berjalan lebih sistematis dan terarah, sehingga strategi yang dihasilkan sesuai dengan target yang ditetapkan. Analisis faktor internal dan eksternal dalam praktik pengelolaan air limbah, SWOT yang dipadukan dengan pembobotan faktor (semi-kuantitatif) sering dipakai untuk mengurangi subjektivitas, memperjelas prioritas tindakan, dan menautkan strategi dengan kapasitas operasional (misalnya penugasan operator dan pemeliharaan rutin unit proses) (Dirgawati et al., 2023). Literatur sektor air limbah juga menekankan bahwa indikator kinerja dan tata kelola operasi (O&M) berperan penting untuk memastikan strategi yang dirumuskan tidak berhenti pada perencanaan, tetapi terukur melalui target kinerja yang dipantau berkala (Rodrigues et al., 2025).

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh selisih antara faktor kekuatan dan kelemahan sebesar  $+0,98$ , sementara selisih antara faktor peluang dan tantangan adalah  $-0,71$ . Kedua nilai tersebut yakni  $+0,98$  dan  $-0,71$  digunakan sebagai koordinat sumbu x dan y dalam penentuan posisi lembaga. Hasilnya menunjukkan bahwa lembaga berada pada kuadran II. Visualisasi hasil analisis SWOT yang mencakup kekuatan, kelemahan, peluang, dan tantangan.



**Gambar 6.** Hasil SWOT Kuadran II

Hasil analisis SWOT berada pada kuadran II, yang menandakan bahwa strategi yang diterapkan adalah strategi diversifikasi. Strategi ini bertujuan untuk memaksimalkan kekuatan yang dimiliki guna mengatasi tantangan yang ada. Beberapa alternatif strategi yang dihasilkan dari matriks SWOT yaitu perusahaan memanfaatkan monitoring dari pemerintah sebagai sarana komunikasi dan koordinasi untuk keberlangsungan dan keberlanjutan IPAL, perusahaan menetapkan operator yang khusus bertugas dalam pemeliharaan IPAL, dan memperkuat fungsi hubungan kelembagaan dalam penyelenggaraan pengelolaan air limbah

## KESIMPULAN

Rata-rata efisiensi parameter TSS diperoleh sebesar 44,3% jika dibandingkan dengan standar efisiensi 85-90%, sehingga kinerja unit IPAL belum berjalan optimal. Kriteria perancangan bak aerasi untuk HRT 1,6 jam tidak terpenuhi, F/M Ratio 1,3 tidak terpenuhi, SRT 1 hari dan yang memenuhi hanya Organic Loading Rate 0,4 kg/m<sup>3</sup>.hari. Kriteria perancangan bak sedimentasi II untuk Td 1,34 jam sesuai KD, Overflow Rate 5,3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari tidak terpenuhi, Solid Loading Rate 0,74 kg/m<sup>2</sup>.hari tidak terpenuhi KD.

Konsep Kestimbangan Massa dari hasil perhitungan Hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa perubahan kualitas air tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan apabila dibandingkan dengan baku mutu sungai yang telah ditetapkan. Dalam penerapan strategi analisis SWOT, perusahaan menjadikan kegiatan pemantauan dari instansi pemerintah sebagai media komunikasi yang efektif. Selain itu, perusahaan juga menunjuk petugas khusus yang bertanggung jawab untuk mengelola dan merawat sistem IPAL secara rutin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdelsamad, & others. (2024). *Determination of the Mixing Zone of a Municipal Wastewater Treatment Plant in a Slow-Flowing River Using the CORMIX Model*.
- Afifah, S., & others. (2025). Perbandingan Status Mutu Air Sungai Bengawan Solo (2020--2022) dengan Metode STORET dan Metode Indeks Pencemaran. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 23(3), 742–750. <https://doi.org/10.14710/jil.23.3.742-750>
- Ahmad, I., Abdullah, N., Iwamoto, K., Yuzir, A., Ahmad, M., Rachmadona, N., Al-Dailami, A., Show, P.-L., & Khoo, K. S. (2023). Micro and macro analysis of restaurant wastewater containing fat, oil, grease (FOG): An approach based on prevention, control, and sustainable management. *Chemosphere*, 325, 138236. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138236>
- Arastou, A., & others. (2025). Evaluating Optimal Technology for Industrial Wastewater Treatment and Reuse Using Multi-Criteria Decision Analysis. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-08959-3>
- Campos, C. J. A., Morrissey, D. J., & Barter, P. (2022). Principles and Technical Application of Mixing Zones for Wastewater Discharges to Freshwater and Marine Environments. *Water*, 14(8), 1201. <https://doi.org/10.3390/w14081201>
- Dada, S. O., Thamariselvan, C., Jebur, M., & Wickramasinghe, S. R. (2023). Innovative Approaches to Poultry Processing Wastewater Treatment: The Stainless Steel Ultrafiltration Membrane as a Viable Option. *Membranes*, 13(11), 880. <https://doi.org/10.3390/membranes13110880>
- Dhamayanthie, I., & Fauzi, A. (2017). Pengaruh Bakteri pada Bak Aerasi di Unit Waste Water Treatment. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 2(3), 40–49. <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v2i3.83>
- Dirgawati, M., Sururi, M. R., & Suhendar, D. Y. (2023). Determination of Strategy Planning of Domestic Wastewater Management System in a Commercial Area of Tasikmalaya City. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 20(2), 280–294. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v20i2.280-294>
- Dyosile, P. A., Mdladla, C., Njoya, M., Basitere, M., Ntwampe, S. K. O., & Kaskote, E. (2021). Assessment of an Integrated and Sustainable Multistage System for the Treatment of Poultry Slaughterhouse Wastewater. *Membranes*, 11(8), 582. <https://doi.org/10.3390/membranes11080582>
- Fatima, A., & others. (2021). A Framework for Wastewater Reuse and Risk Management: Recent Advances and Challenges. *Water*, 13(14), 1905. <https://doi.org/10.3390/w13141905>
- Fatima, F., & others. (2024). Oil/Water Separation Technologies: Recent Developments and Future Perspectives. *Separations*, 11(4), 115. <https://doi.org/10.3390/separations11040115>
- Galindo Montero, A., & others. (2024). Resilience and Sustainability in Wastewater Treatment: Decentralization and Resource Recovery Approaches. *Water*, 16(5), 700. <https://doi.org/10.3390/w16050700>

- Gao, S., Pan, W., Niu, L., Lu, H., & Wang, X. (2024). Population Composition, Physiology, and Ecology of Filamentous Bacteria in Activated Sludge. *Processes*, 12(10), 2156. <https://doi.org/10.3390/pr12102156>
- Ilyas, N. I., & Risam, R. (2020). Efektifitas penggunaan reaktor Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) terhadap penurunan COD, BOD & surfaktan dalam pengolahan air limbah laundry. *Jurnal Teknologi Dan Pengelolaan Lingkungan*, 7(1), 14–19.
- Kaskote, E., Basitere, M., Mshayisa, V. V., & Sheldon, M. S. (2024). Systematic Review of Poultry Slaughterhouse Wastewater Treatment: Unveiling the Potential of Nanobubble Technology. *Water*, 16(13), 1933. <https://doi.org/10.3390/w16131933>
- Lima, L., & others. (2025). Toward Sustainable Management of Municipal Wastewater: Integrated Evaluation of Treatment Performance, Energy Use, and Circularity Indicators. *Sustainability*, 17(17), 7597. <https://doi.org/10.3390/su17177597>
- Ma'arif, N. L., & Hidayah, Z. (2020). Kajian Pola Arus Permukaan dan Sebaran Konsentrasi {Total Suspended Solid (TSS)} di Pesisir Pantai Kenjeran Surabaya. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 1(3), 417–426. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v1i3.8842>
- Masłoń, A., Czarnota, J., Szaja, A., & Łagocka, M. (2022). Towards a Renewable Energy System and Resource Recovery from Wastewater: A Review. *Sustainability*, 14(4), 2405. <https://doi.org/10.3390/su14042405>
- Mdladla, T., & others. (2021). Sequencing Batch Reactor (SBR) Technology for Wastewater Treatment: A Review of Operational Parameters and Performance. *Processes*, 9(11), 1938. <https://doi.org/10.3390/pr9111938>
- Meiramkulova, K., & others. (2021). Decentralized Wastewater Treatment and Reuse: A Review of Drivers, Barriers, and Future Directions. *Sustainability*, 13(6), 3467. <https://doi.org/10.3390/su13063467>
- Mulyana, Y., Purnaini, R., & Sitorus, B. (2013). Pengolahan Limbah Cair Domestik untuk Penggunaan Ulang (Water Reuse). *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1(1), 1–10.
- Ng, M., Dalhatou, S., Wilson, J., Kamdem, B. P., Temitope, M. B., Paumo, H. K., Djelal, H., Assadi, A. A., Nguyen-Tri, P., & Kane, A. (2022). Characterization of Slaughterhouse Wastewater and Development of Treatment Techniques: A Review. *Processes*, 10(7), 1300. <https://doi.org/10.3390/pr10071300>
- Nurhasanah, D., L. K., S., S. H., & Lay, B. W. (2011). Efektivitas Pemberian Udara Berkecepatan Tinggi dalam Menurunkan Polutan Leachate TPA Sampah: Studi Kasus di TPA Sampah Galuga Kota Bogor. *Forum Pascasarjana*, 34(1).
- Philipp, M., Masmoudi Jabri, K., Wellmann, J., Akrou, H., Bousselmi, L., & Geißen, S.-U. (2021). Slaughterhouse Wastewater Treatment: A Review on Recycling and Reuse Possibilities. *Water*, 13(22), 3175. <https://doi.org/10.3390/w13223175>
- Ramadani, R., Samsunar, S., & Utami, M. (2021). Analisis Suhu, Derajat Keasaman ({pH}), {Chemical Oxygen Demand (COD)}, dan {Biological Oxygen Demand (BOD)} dalam Air Limbah Domestik di Dinas Lingkungan Hidup Sukoharjo. *Indonesia Journal of Chemical Research*, 6(1), 12–22. <https://doi.org/10.20885/ijcr.vol6.iss1.art2>

- Rodrigues, C., Martins, T. A. E., & Amaral, L. (2025). From Efficiency to Circularity in the Wastewater Sector: A Review of Performance Indicators in Regulated Countries. *Water*, 17(15), 2226. <https://doi.org/10.3390/w17152226>
- Sam, T., & others. (2022). Strategies for Controlling Filamentous Bulking in Activated Sludge Wastewater Treatment Plants: The Old and the New. *Water*, 14(20), 3223. <https://doi.org/10.3390/w14203223>
- Singgih, M. L., & Kariana, M. (2015). Peningkatan produktivitas dan kinerja lingkungan dengan pendekatan green productivity pada rumah pemotongan ayam. *Prestatif: Jurnal Ilmiah*, 9(2). <https://doi.org/10.12962/j25983806.v9i2.150>
- Sun, H.-J., Yang, S.-S., Zhao, Y.-L., Chen, Y., Wu, T., Zhong, L., Cui, C.-H., Ding, M.-Q., Liu, M., Pang, J.-W., Zhang, L.-Y., Tang, D.-D., Zhou, Y., Qin, Q., Dong, X.-Q., Ren, N.-Q., & Ding, J. (2025). Advancing sludge bulking control in wastewater treatment: A comprehensive review of detection, identification, and strategic interventions. *Sustainable Horizons*, 15, 100142. <https://doi.org/10.1016/j.horiz.2025.100142>
- Suwerda, B., Kasjono, H., Haryanti, S., & Yushananta, P. (2022). Poultry Slaughterhouse Wastewater Treatment Using a Combined Anaerobic Filter with Constructed Wetland Methods. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 10(E), 611–617. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2022.8741>
- Tao, T., & Chang, S. (2025). Simultaneous Heterotrophic Nitrification and Aerobic Denitrification of High C/N Wastewater in a Sequencing Batch Reactor. *Water*, 17(17), 2515. <https://doi.org/10.3390/w17172515>
- Yordanov, D. (2010). Preliminary Study of the Efficiency of Ultrafiltration Treatment of Poultry Slaughterhouse Wastewater. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 16(6).
- Yuniarti, D. P., Komala, R., & Aziz, S. (2019). Pengaruh Proses Aerasi terhadap Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit di PTPN VII secara Aerobik. *Journal Redoks*, 4(2), 7–16. <https://doi.org/10.31851/redoks.v4i2.3504>