KARYA ILMIAH
SMA KOLESE DE BRITTO

Tinjauan Efektivitas Metode Pengolahan Limbah IPAL Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan Pada Pabrik BW Food Klaten

Justin Giovanni Valdano[a, 1*], Kevin Xavier Elhan[b, 2], Giorgio Marvel Prasetyo[c, 3], R. Anggara Tri Laksana, S.Pd.

[a] SMA Kolese De Britto, Demangan Baru, Jl. Laksda Adisucipto No.161, Demangan Baru, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281
[1] 17576@student.debritto.sch.id*; 17611@student.debritto.sch.id ; 17606@student.debritto.sch.id

Informasi artikel

Kata kunci:
Kata kunci 1 IPAL
Kata kunci 2 Pencemaran Lingkungan
Kata kunci 3 Limbah Industri
Kata kunci 4 Efektivitas
Kata kunci 5 Kualitas Air

A B S T R A K

Latar belakang penelitian ini menggambarkan tantangan besar yang dihadapi Indonesia dalam mengelola limbah domestik dari pabrik industri, dengan fokus pada kasus Pabrik Tekstil di Bandung pada 8 Februari 2018. Permasalahan utama terkait dengan pengelolaan air limbah yang tidak optimal menyebabkan pencemaran Sungai Citarum. Penelitian ini juga membahas dampak serius terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat, serta kebutuhan akan peningkatan pengawasan dan pengolahan limbah industri di Indonesia. Selain itu, konteks pertumbuhan penduduk yang cepat, urbanisasi, dan perubahan pola konsumsi juga menjadi faktor kontributor terhadap persoalan limbah ini.

Fokus penelitian ini melibatkan analisis implementasi IPAL dengan menggunakan metode campuran kualitatif dan kuantitatif. Pada penelitian ini, subjek yang diteliti adalah penerapan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Pabrik BW Food Klaten. Pabrik BW Food Klaten itu sendiri dijadikan sebagai objek. Penelitian studi lapangan melalui observasi langsung maupun tidak langsung digunakan sebagai jenis penelitian. Data dikumpulkan dengan cara observasi, pengukuran kuantitatif dan pengukuran kualitatif. Melalui observasi, wawancara, pengukuran kuantitatif, dan pengukuran kualitatif, penelitian ini menggali informasi tentang desain, teknologi, dan proses yang digunakan dalam IPAL pabrik. Data diolah menggunakan metode campuran kualitatif dan kuantitatif.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun IPAL telah menerapkan metode inovatif, beberapa parameter kualitas air masih perlu perbaikan untuk memenuhi standar baku mutu air limbah. Rekomendasi perbaikan mencakup kontrol pH yang lebih baik, optimasi pengawasan tanaman di wetland, dan pemantauan ikan di kolam indikator. Implikasi hasil terhadap pabrik melibatkan peningkatan kesadaran lingkungan, ketaatan regulasi, dan pengembangan inovasi lanjutan. Studi ini memberikan landasan untuk penelitian lanjutan terkait efek samping lingkungan, optimasi proses biologis, pengembangan metode analisis, sistem monitoring otomatis, dan evaluasi pengaruh variasi komposisi limbah.

Keywords:
Keyword 1 WWTP
Keyword 2 Environmental Pollution
Keyword 3 Industrial Waste
Keyword 4 Effectiveness

A B S T R A C T

The background of this research outlines the significant challenges faced by Indonesia in managing domestic waste from industrial factories, with a focus on the case of a Textile Factory in Bandung on February 8, 2018. The primary issue is related to suboptimal management of wastewater, leading to pollution of the Citarum River. This study also discusses the serious impacts on the environment and

Keyword 5 Air Quality

public health, emphasizing the need for enhanced supervision and waste management in Indonesian industries. Additionally, the context of rapid population growth, urbanization, and changes in consumption patterns contributes to the waste-related challenges.

The focus of this research includes analysis of IPAL implementation using qualitative and quantitative methods. In this research, the subject studied was the implementation of a Waste Water Treatment Plant (IPAL) at the BW Food Klaten Factory. The BW Food Klaten factory itself was used as an object. Field study research through direct or indirect observation is used as a type of research. Data was collected by observation, quantitative measurement, and qualitative measurement. Through observations, interviews, quantitative measurements, and qualitative measurements, this research explores information about the design, technology, and processes used in IPAL factories. Data processing uses a mixture of qualitative and quantitative methods.

The research results show that although WWTP has implemented innovative methods, several air quality parameters still need improvement to meet wastewater quality standards. Recommendations for improvement include better pH control, optimization of monitoring of plants in wetlands, and monitoring fish in indicator ponds. The implications of the results for factories involve increased environmental awareness, regulatory compliance, and the development of continued innovation. This study provides a foundation for further research related to environmental side effects, optimization of biological analysis processes, method development, automated system monitoring, and evaluation of the effects of waste variations.

© 2023 (Justin Giovanni Valdano, Kevin Xavier Elhan, Giorgio Marvel Prasetyo). All Right Reserved

Pendahuluan

Indonesia menghadapi tantangan besar dalam mengelola limbah domestik dari pabrik industri. Salah satu contoh tantangan tersebut dapat dilihat dari tantangan yang dihadapi Indonesia pada 8 Februari 2018 terkait dengan pengelolaan limbah industri yang dapat memiliki dampak serius pada lingkungan dan kesehatan masyarakat. Pada tantangan tersebut terdapat permasalahan pada Pabrik Tekstil di Bandung, yang akhirnya mengakibatkan penyegelan pabrik tersebut. Penyebab utama permasalahan ini adalah pengelolaan yang tidak optimal terhadap air limbah dari pabrik tersebut, yang pada akhirnya mencemari Sungai Citarum. Pabrik ini tidak menerapkan Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL) dengan baik, sehingga air limbah yang dihasilkan tidak memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa limbah yang dibuang oleh pabrik ke Sungai Citarum memiliki kadar yang melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Menurut (Turyawan Adi 2018), terdapat empat parameter tidak memenuhi baku mutu yaitu BOD (Biochemical Oxygen Demand), BOD5 (Biochemical Oxygen Demand dalam 5 hari), PH, dan TSS (Total Suspended Solids). Maka diperlukannya peningkatan serta pengawasan yang lebih baik dalam pengolahan air limbah domestik dari Pabrik Industri di Indonesia agar tidak terjadi pencemaran air sungai akan menjadi masalah yang lebih serius yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas hidup, kerusakan ekosistem, dan biaya yang besar untuk mengatasi dampak negatifnya.

Pengelolaan limbah domestik yang tidak tepat akan berdampak buruk pada lingkungan di sekitar tempat pembuangan limbah. Menurut penelitian yang berjudul "Studi Pengolahan Air Limbah untuk Kawasan Pemukiman Kabupaten

Kubu Raya" yang dilakukan oleh Lorensius Yanuar Dalengkade, Isna Apriani, ST, M.Si, dan Emilya Kalsum, ST, MT, pengelolaan limbah tidak hanya melibatkan aspek teknis, tetapi juga melibatkan lima komponen atau aspek non-teknis yang saling mendukung. Kelima aspek ini mencakup aspek demografi, aspek ekonomi, aspek sosial, aspek geografis, dan aspek kesehatan. Penelitian tersebut mengungkap pentingnya mempertimbangkan semua aspek ini secara holistik untuk mencapai pengelolaan limbah yang efektif dan berkelanjutan. Kelalaian dalam mengelola limbah dapat berdampak serius pada lingkungan, kesehatan manusia, dan ekonomi. Oleh karena itu, pengelolaan limbah industri yang memadai sangat penting untuk mencapai tujuan pengelolaan limbah, seperti pemenuhan peraturan pemerintah dan peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya.

Persoalan limbah ini muncul karena dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pertumbuhan penduduk yang cepat, urbanisasi yang terus meningkat, perubahan gaya hidup masyarakat, perubahan pola konsumsi, pertumbuhan ekonomi yang pesat, dan kemajuan teknologi. Faktor-faktor ini juga ikut berkontribusi pada peningkatan produksi pabrik industri dan keragaman karakteristik limbah domestik. Pertumbuhan penduduk adalah faktor utama yang mendorong peningkatan volume limbah domestik dari industri, yang terkait dengan meningkatnya kebutuhan dasar seiring dengan peningkatan angka kelahiran yang melampaui angka kematian.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, Jawa Tengah memiliki rata-rata laju pertumbuhan penduduk sebanyak 0,81% pada tahun 2020 sampai dengan 2022. Kota Klaten yang merupakan salah satu daerah yang berada di Jawa Tengah, sebagai contoh kasus, Kota Klaten mengalami pertumbuhan penduduk yang signifikan dengan tingkat pertumbuhan rata-rata sebesar 8,09% dari tahun 2018 hingga 2022 menurut Badan Pusat Statistik Kabupaten Klaten. Pada tahun 2022, tingkat kepadatan penduduk di Kota Klaten mencapai 1792 jiwa per kilometer persegi. Pertumbuhan penduduk ini sejalan dengan bertambahnya volume limbah domestik dari tahun 2018 sebanyak 1,56% yang pada tahun 2022 jumlah jiwa di Kota Klaten mencapai 1 275 850 jiwa menurut Badan Pusat Statistik. Oleh karena itu, tingkat kepadatan penduduk memiliki hubungan yang erat dengan volume limbah domestik yang dihasilkan di wilayah ini.

Kota Klaten merupakan daerah yang mengalami pertumbuhan pesat dalam hal penduduk dan industri. Data menunjukkan bahwa dengan pertumbuhan penduduk yang cepat, Kota Klaten juga mengalami perkembangan signifikan dalam sektor industri. Berbagai pabrik industri telah mulai beroperasi di wilayah ini, dan hal ini telah berdampak pada peningkatan volume limbah domestik di kota ini. Salah satu pabrik industri yang berkembang di Kota Klaten adalah BW Food Indonesia. Pabrik BW Food Indonesia merupakan salah satu contoh Pabrik Industri di wilayah ini yang mulai melaksanakan praktik pengelolaan limbah yang lebih baik. BW Food Indonesia, sebagai salah satu pelaku industri terkemuka, telah mengimplementasikan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang mencakup aspek limbah domestik dan industri.

Secara umum, pengelolaan limbah mencakup reduksi, pengumpulan, penyimpanan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan, dan penimbunan limbah. Salah satu metode yang umum digunakan untuk mengolah limbah cair adalah Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). IPAL merupakan fasilitas yang dirancang untuk menghilangkan atau mengurangi kontaminan dalam limbah cair sebelum dibuang ke lingkungan. Namun, efektivitas IPAL dapat bervariasi tergantung pada teknologi yang digunakan, tingkat pemeliharaan, dan karakteristik limbah yang diolah. Sistem pengolahan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik yang sederhana operasionalnya menggunakan kolam oksidasi yang terdiri dari: kolam anaerobik, kolam fakultatif, dan kolam maturasi (Kusnoputranto, 1984). Kolam anaerobik berfungsi untuk mereduksi kandungan organik dengan bantuan bakteri anaerob. Kolam anaerobik didesain dengan sistem terbuka untuk dapat menerima kandungan organik yang tinggi. Zat padat yang terbawa aliran air limbah akan mengendap pada dasar kolam dan diuraikan secara anaerob oleh bakteri yang terkandung dalam air limbah (Hellawell J.M, 1989).

Dalam penelitian "Efektivitas Pengolahan Limbah Domestik di Instalasi Pengolahan Air

Limbah (IPAL) Suwung-Denpasar, Bali" yang dilakukan oleh Desak Made Goldyna Rarasari, I Wayan Restu, dan Ni Made Ernawati, terdapat fokus utama pada aspek kuantitatif pengolahan limbah domestik. Penelitian ini lebih menitikberatkan pada evaluasi efektivitas proses pengolahan terhadap parameter-parameter tertentu seperti minyak dan lemak, deterjen, dan BOD. Namun, terdapat kekurangan dalam pemahaman karakteristik limbah secara mendalam, seperti sumber dan jenis zat organik yang dapat mempengaruhi kualitas limbah domestik yang masuk ke IPAL Pratiwi dan Ernawati (2016) mengungkapkan dalam penelitiannya bahwa suhu perairan dapat mempengaruhi kadar oksigen terlarut (DO) dalam perairan secara terbalik. Mereka juga mencatat bahwa derajat keasaman (pH) dalam perairan tetap dalam kisaran normal sekitar 7 karena adanya gas-gas tertentu yang dapat menyebabkan peningkatan keasaman, seperti hidrogen sulfida, yang dapat dinetralisir oleh kandungan deterjen yang bersifat basa dalam limbah. Oleh karena itu, penelitian ini dapat lebih diperkaya dengan analisis yang lebih komprehensif terhadap karakteristik limbah yang masuk ke IPAL, sehingga dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas pengolahan limbah domestik di lokasi tersebut.

Dalam konteks ini, pengelolaan limbah industri menjadi sangat penting untuk mencapai tujuan pengelolaan limbah yang berkelanjutan. Proses pengelolaan limbah mencakup beberapa tahap, mulai dari reduksi, pengumpulan, penyimpanan, pengangkutan, hingga pengolahan dan penimbunan limbah. Salah satu metode umum yang digunakan untuk mengolah limbah cair adalah melalui Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). IPAL dirancang untuk menghilangkan atau mengurangi kontaminan dalam limbah cair sebelum dibuang ke lingkungan. Namun, efektivitas IPAL dapat bervariasi bergantung pada berbagai faktor, termasuk teknologi yang digunakan, tingkat pemeliharaan, dan karakteristik limbah yang diolah.

Selain itu, pembuangan limbah industri menjadi penyebab utama tercemarnya sungai di banyak wilayah. Industri seringkali membuang limbah cairnya ke sungai tanpa pengolahan yang memadai. Limbah cair ini dapat mengandung bahan kimia beracun, logam berat, dan zat-zat berbahaya lainnya yang dapat merusak ekosistem sungai dan berdampak negatif bagi kesehatan manusia. Cordova (2008) menyatakan bahwa "air limbah domestik yang langsung dibuang ke dalam ekosistem perairan umumnya akan mempengaruhi kualitas air di ekosistem tersebut, bahkan akhirnya dapat menyebabkan pencemaran ekosistem perairan penerima." Menurut Ginting (2007) “Limbah, baik dalam jangka panjang maupun pendek, dapat menyebabkan perubahan signifikan pada lingkungan, sehingga diperlukan pengolahan limbah yang sesuai dengan karakteristik limbah yang dihasilkan.

Dalam rangka mengatasi masalah kompleks ini, kajian ini akan mengeksplorasi efektivitas pengolahan limbah IPAL sebagai upaya untuk mengurangi dampak pencemaran lingkungan. Kami akan melihat secara rinci bagaimana IPAL mengelola limbah, dengan mempertimbangkan teknologi yang digunakan dan karakteristik limbah yang diolah. Melalui pemahaman yang lebih mendalam tentang proses ini, kami berharap dapat memberikan wawasan yang berharga dalam mengatasi tantangan pengelolaan limbah di lingkungan industri.

Kajian literatur berisi teori yang relevan dan berguna untuk membahas masalah yang sedang diteliti. Memberikan landasan berpikir bagi peneliti untuk menjawab rumusan masalah. Memperdalam pengetahuan peneliti atas masalah yang akan diteliti. Mempertajam konsep yang dipakai dalam merumuskan hipotesis (jika ada).

Metode

Penelitian mengenai “Tinjauan Efektivitas Metode Pengolahan Limbah IPAL Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan Pada Pabrik BW Food Klaten” akan dilakukan dengan melakukan:

1. Studi kepustakaan pada berbagai macam jurnal mengenai pengolahan limbah pabrik melalui metode IPAl,
2. Lakukan observasi di Pabrik BW Food Klaten untuk memahami penerapan IPAL. Rekam catatan observasi dengan rinci.
3. Berbicara dengan pihak pabrik untuk mendapatkan pandangan dan perspektif internal terkait efektivitas IPAL.

4. Ambil sampel limbah sebelum dan setelah proses pengolahan IPAL, lakukan pengukuran kualitatif dan kuantitatif (PH, Suhu, TDS, EC, dan Salinitas).
5. Analisis data kualitatif dari pandangan dan perspektif IPAL internal pabrik dengan metode analisis tematik untuk mengidentifikasi tema-tema dan pola yang muncul.
6. Analisis data kuantitatif dengan metode statistik deskriptif untuk menghitung rata-rata, deviasi standar, dan lainnya sesuai dengan jenis data yang diperoleh.
7. Integrasi data kualitatif dan kuantitatif untuk mendapatkan gambaran tentang efektivitas IPAL.
8. Interpretasikan hasil analisis data dalam konteks pertanyaan penelitian dan tujuan penulisan.
9. Tarik kesimpulan tentang sejauh mana IPAL di Pabrik BW Food efektif dalam mengurangi pencemaran lingkungan.
10. Diskusikan implikasi yang ditemukan peneliti dan saran untuk perbaikan atau pengembangan lebih lanjut.
11. Tulis karya ilmiah dengan struktur yang sesuai, termasuk pendahuluan, metodologi, hasil, analisis, dan kesimpulan.
12. Buat grafik, tabel, dan ilustrasi yang relevan untuk mendukung hasil penelitian.
13. Susun referensi yang merinci sumber data yang digunakan dalam penelitian.

Subjek penelitian dari karya ilmiah ini adalah penerapan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Pabrik BW Food Klaten. Penelitian ini berfokus pada analisis penerapan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Pabrik BW Food Klaten dengan tujuan untuk mendeskripsikan secara menyeluruh bagaimana IPAL tersebut diimplementasikan dan mengevaluasi efektivitasnya dalam mengurangi pencemaran lingkungan.

Objek penelitian dari karya ilmiah ini adalah Pabrik BW Food Klaten itu sendiri, khususnya fokus pada instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang digunakan di pabrik tersebut dengan memahami bagaimana IPAL di pabrik BW Food Klaten diimplementasikan dan sejauh mana efektivitasnya dalam mengurangi pencemaran lingkungan.

Metode penelitian yang digunakan pada karya ilmiah ini adalah metode campuran dari penelitian kualitatif dan kuantitatif dengan mengolah data limbah dan mendeskripsikan proses pengolahannya.

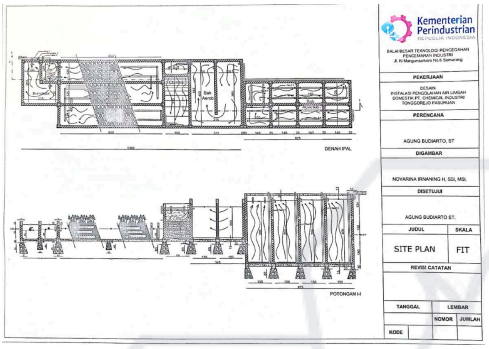
Bahan penelitian kami adalah tempat pengelolaan dan pengolahan limbah di pabrik BW Food.

Sampel penelitian dalam karya ilmiah ini terdiri dari Pabrik BW Food Klaten sebagai subjek utama, yang melibatkan pengamatan langsung untuk memahami penerapan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di dalamnya. Selain itu, pengguna IPAL di pabrik, termasuk operator, pengawas proses, dan staf terlibat dalam pengolahan limbah, juga menjadi bagian dari sampel, yang akan memberikan kami gambaran untuk mendapatkan perspektif internal terkait efektivitas penerapan IPAL. Selain itu, sampel mencakup pengambilan contoh limbah sebelum dan setelah proses pengolahan IPAL untuk melakukan pengukuran kualitatif dan kuantitatif, yang akan memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang perubahan karakteristik limbah dan hasil akhir setelah proses pengolahan limbah dilakukan dengan melihat PH, Suhu, TDS, EC, dan Salinity limbah.

Hasil dan pembahasan

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) adalah suatu struktur yang dirancang teknik dan perangkat peralatan beserta perlengkapannya yang dirancang secara khusus untuk membuang limbah biologis dan kimiawi dari air sehingga memungkinkan air tersebut tidak membahayakan dan dapat digunakan pada aktivitas lainnya. Terdapat beberapa jenis Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) seperti IPAL Komunal, IPAL Mandiri serta IPAL Industri. Pada pabrik BW Food Klaten, jenis Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) adalah IPAL Industri. IPAL Industri merupakan fasilitas pengelolaan air limbah yang dibuat khusus untuk mengolah air limbah dari kegiatan industri, baik itu dari pabrik maupun perusahaan dalam berbagai sektor.

Berdasarkan sifatnya, air limbah memiliki karakteristik fisik, kimia, serta biologis. Maka dari itu, tahapan pengolahan air limbah yang berlangsung di sistem IPAL pada pabrik BW Food Klaten adalah sebagai berikut:



Gambar 1. SIstem IPAL di pabrik BW Food Klaten

Bak Anaerob merupakan fase awal dalam proses Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di pabrik BW Food Klaten. Bak ini dirancang khusus untuk menampung bakteri anaerob, yaitu mikroorganisme yang mampu melakukan penguraian limbah organik tanpa keberadaan oksigen. Bak Aerob merupakan tahap berikutnya dalam rangkaian pengolahan limbah di IPAL. Di dalam bak ini, terdapat bakteri aerob yang memerlukan oksigen sebagai bagian integral dari metabolisme mereka. Clarifier merupakan tahap yang berfokus pada pemisahan padatan dalam air limbah. Pada proses ini, terdapat media bakteri yang menggunakan bahan plastik khusus atau "saran tawon" (Honeycomb) sebagai media tumbuh dan berkembangnya bakteri. Tahap Wetland melibatkan pemanfaatan tanaman untuk memperbaiki kualitas air limbah. Area ini dapat dirancang dengan berbagai jenis tanaman yang berperan sebagai penyaring. Bak Indikator merupakan tahap penutup dalam proses IPAL. Pada tahap ini, air limbah yang telah menjalani serangkaian tahap sebelumnya dialirkan ke dalam suatu kolam. Kolam ini berfungsi sebagai indikator kualitas air terakhir sebelum dibuang ke saluran air.

Sampel	Suhu (°C)	Ph meter	TDS (ppm)	EC (µS/cm)	Salinity
1	32,9	3,02	349	715	0,03%
2	31,5	4,15	401	854	0,03%
3	31	2,72	1002	2022	0,10%

Tabel 1. Tabel Percobaan 1

Sampel	Suhu (°C)	Ph meter	TDS (ppm)	EC (µS/cm)	Salinity
1	31	2,93	358	727	0,03%
2	31,5	3,52	367	892	0,05%
3	30,9	2,3	990	2001	0,10%

Tabel 2. Tabel percobaan 2

Sampel 1: Sampel limbah yang telah melalui proses IPAL

Sampel 2: Sampel limbah IPAL sebelum melalui proses IPAL

Sampel 3: Sampel limbah IPAL yang sebagian besar tepung.

Perbandingan sampel 1 dengan sampel 2:

EC: Dari data analisis yang didapatkan pada sampel 1 percobaan 1 memiliki hasil 715µS/cm dan percobaan 2 memiliki hasil 727 µS/cm sedangkan pada sampel 2 percobaan 1 memiliki hasil 854 µS/cm dan percobaan 2 memiliki hasil 892 µS/cm. Dari kedua hasil analisis sampel yang didapatkan pada sampel 1 memiliki hasil yang lebih baik dimana hasil yang didapatkan lebih rendah dibandingkan dengan sampel 2 dan juga masih berada di batas standar baku mutu pengolahan air limbah.

Salinity: Dari data analisis yang didapatkan pada sampel 1 percobaan 1 memiliki hasil 0,03% dan percobaan 2 memiliki hasil 0,03% sedangkan pada sampel 2 percobaan 1 memiliki hasil 0,03% dan percobaan 2 memiliki hasil 0,05%. Dari kedua analisis sampel yang didapatkan bahwa sampel 1 memiliki hasil yang lebih baik dimana persentase dari salinity sampel 1 memiliki angka yang lebih rendah dibandingkan dengan sampel 2.

PH: Dari data analisis yang didapatkan pada sampel 1 percobaan 1 memiliki hasil 3,02 dan pada percobaan 2 memiliki hasil 2,93 sedangkan pada sampel 2 percobaan 1 memiliki hasil 4,14 dan pada percobaan 2 memiliki hasil 3,15. Dari kedua data analisis yang didapatkan sampel 2 memiliki hasil yang lebih baik karena pada sampel 2 memiliki nilai ph yang lebih mendekati angka ph paling baik yaitu 7.

TDS: Dari data analisis didapatkan pada sampel 1 percobaan 1 memiliki hasil 349 ppm dan percobaan 2 memiliki hasil 358 ppm sedangkan sampel 2 percobaan 1 memiliki hasil 401 ppm dan pada percobaan 2 memiliki hasil 367 ppm . Dari kedua data analisis yang didapatkan sampel 1 memiliki hasil yang lebih baik karena angka yang didapatkan lebih rendah dibandingkan dengan sampel 2.

Perbandingan sampel 1 dengan sampel 3:

EC: Dari data analisis yang didapatkan pada sampel 1 percobaan 1 memiliki hasil 715µS/cm dan percobaan 2 memiliki hasil 727 µS/cm sedangkan pada sampel 3 percobaan 1 memiliki hasil 2022 µS/cm dan percobaan 2 memiliki hasil 2001 µS/cm. Dari kedua hasil analisis sampel yang didapatkan pada sampel 1 memiliki hasil yang lebih baik dimana hasil yang didapatkan lebih rendah dibandingkan dengan sampel 3 dan juga masih berada di batas standar baku mutu pengolahan air limbah.

Salinity: Dari data analisis yang didapatkan pada sampel 1 percobaan 1 memiliki hasil 0,03% dan percobaan 2 memiliki hasil 0,03% sedangkan pada sampel 3 percobaan 1 memiliki hasil 0,10% dan percobaan 2 memiliki hasil 0,10%. Dari kedua analisis sampel yang didapatkan bahwa sampel 1 memiliki hasil yang lebih baik dimana persentase dari salinity sampel 1 memiliki angka yang lebih rendah dibandingkan dengan sampel 3.

PH: Dari data analisis yang didapatkan pada sampel 1 percobaan 1 memiliki hasil 3,02 dan pada percobaan 2 memiliki hasil 2,93 sedangkan pada sampel 3 percobaan 1 memiliki hasil 2,72 dan pada percobaan 2 memiliki hasil 2,3. Dari kedua data analisis yang didapatkan sampel 1 memiliki hasil yang lebih baik karena pada sampel 1 memiliki nilai ph yang lebih mendekati angka ph paling baik yaitu 7.

TDS: Dari data analisis didapatkan pada sampel 1 percobaan 1 memiliki hasil 349 ppm dan percobaan 2 memiliki hasil 358 ppm sedangkan sampel 3 percobaan 1 memiliki hasil 1002 ppm dan pada percobaan 2 memiliki hasil 990 ppm . Dari kedua data analisis yang didapatkan sampel 1 memiliki hasil yang lebih baik karena angka yang didapatkan lebih rendah dibandingkan dengan sampel 3

Perbandingan sampel 2 dengan sampel 3:

EC: Dari data analisis yang didapatkan pada sampel 2 percobaan 1 memiliki hasil 854 µS/cm dan percobaan 2 memiliki hasil 892 µS/cm sedangkan pada sampel 3 percobaan 1

memiliki hasil 2022 µS/cm dan percobaan 2 memiliki hasil 2001 µS/cm. Dari kedua hasil analisis sampel yang didapatkan pada sampel 2 memiliki hasil yang lebih baik karena meskipun berada diatas batas dari standar baku mutu tetapi dimana hasil yang didapatkan lebih rendah dibandingkan dengan sampel 3 dan juga lebih mendekati batas standar baku mutu

Salinity: Dari data analisis yang didapatkan pada sampel 2 percobaan 1 memiliki hasil 0,03% dan percobaan 2 memiliki hasil 0,05% sedangkan pada sampel 3 percobaan 1 memiliki hasil 0,10% dan percobaan 2 memiliki hasil 0,10%. Dari kedua analisis sampel yang didapatkan bahwa sampel 1 memiliki hasil yang lebih baik dimana persentase dari salinity sampel 2 memiliki angka yang lebih rendah dibandingkan dengan sampel 3.

PH: Dari data analisis yang didapatkan pada sampel 2 percobaan 1 memiliki hasil 4,14 dan pada percobaan 2 memiliki hasil 3,15 sedangkan pada sampel 3 percobaan 1 memiliki hasil 2,72 dan pada percobaan 2 memiliki hasil 2,3. Dari kedua data analisis yang didapatkan sampel 2 memiliki hasil yang lebih baik karena pada sampel 1 memiliki nilai ph yang lebih mendekati angka ph paling baik yaitu 7.

TDS: Dari data analisis didapatkan pada sampel 2 percobaan 1 memiliki hasil 401 ppm dan percobaan 2 memiliki hasil 367 ppm sedangkan sampel 3 percobaan 1 memiliki hasil 1002 ppm dan pada percobaan 2 memiliki hasil 990 ppm . Dari kedua data analisis yang didapatkan sampel 2 memiliki hasil yang lebih baik karena angka yang didapatkan lebih rendah dibandingkan dengan sampel 3

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Pabrik BW Food Klaten telah berhasil menerapkan metode inovatif dalam pengelolaan limbah industri. Proses pengolahan limbah melibatkan tahapan bak anaerob, bak aerob, clarifier, wetland, dan kolam indikator, dengan penggunaan bakteri anaerob dan aerob serta media berbasis plastik (honeycomb) pada tahap wetland. Penggunaan tanaman dalam wetland dan kolam ikan sebagai indikator kualitas air akhir memberikan nilai tambah pada aspek estetika dan keberlanjutan. Meskipun demikian, beberapa parameter kualitas air, seperti pH yang masih perlu perbaikan agar memenuhi standar baku mutu air limbah. Dari hasil pengambilan data dapat dilihat bahwa adanya perubahan yang terjadi pada limbah sebelum dan sesudah melalui proses IPAL. Rekomendasi perbaikan untuk Pabrik BW Food Klaten, seperti kontrol pH yang lebih baik dan pengawasan yang lebih ketat terhadap tanaman di wetland, dapat memperkuat efektivitas IPAL untuk kedepannya. Peningkatan kemampuan IPAL dalam mengatasi karakteristik khusus limbah yang dihasilkan serta pengoptimalan parameter-parameter tertentu akan meningkatkan dampak positif terhadap lingkungan sekitar. Maka implementasi metode pengolahan limbah ini dapat menjadi model yang lebih efektif dan berkelanjutan dalam mengurangi pencemaran lingkungan oleh limbah industri.

Ucapan terima kasih

Penulis ingin mengucapkan apresiasi dan penghargaan sebesar dan setingginya kepada:

1. Bapak FX. Catur Supatmono, M.Pd. selaku Kepala Sekolah SMA Kolese De Britto Yogyakarta beserta seluruh staf yang telah memberikan dukungan selama proses pembelajaran hingga penyelesaian karya ilmiah ini.
2. Bapak T. Dannar Sulistyo, S. Pd., M.Sc., Bapak FX. Agus Hariyanto, S.E., M.Pd., dan Bapak L. Pravasta Alver Leryan, S.Pd. . Selaku koordinator penulisan karya ilmiah kelas XI SMA Kolese De Britto Yogyakarta
3. Bapak R. Anggara Tri Laksana selaku guru pembimbing yang telah bersedia untuk meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga untuk penulis selama jalannya proses pembuatan karya ilmiah
4. Bapak Nikolas Noel Ferdiansyah, S.Pd., selaku guru penguji yang telah bersedia untuk meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga memberikan arahan dan wawasan yang sangat berarti dalam menilai dan mengevaluasi karya ilmiah ini.
5. Orang tua yang selalu setia mendukung penulis dalam pembuatan karya ilmiah.
6. Teman dan guru di SMA Kolese De Britto yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah mendukung berjalannya proses pembuatan karya ilmiah

Referensi

Rarasari, Dseak Made Goldyna., Restu, I. W., & Ernawati, Ni Made. (2019). Efektivitas Pengolahan Limbah Domestik di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Suwung-Denpasar, Bali. Journal of Marine and Aquatic Sciences, 5(2), 153-163

Yudo, Sarmoko., & Said, Nusa Idaman. (2017). Kebijakan dan Strategi Pengelolaan Air Limbah Domestik di Indonesia. JRL Vol. 10 No.2, 58-75

IPAL Biofilter Anaerob Aerob. (2022). Pengolahan Air Limbah (IPAL) Wastewater Treatment. Pt Biofive Sejahtera Indonesia.

"**Referensi**").

Rarasari, D. M. G., Restu, I. W., & Ernawati, N. M. (2019). Efektivitas Pengolahan Limbah Domestik di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Suwung-Denpasar, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences, 5*(2), 153-163.

Yudo, S., & Said, N. I. (2017). Kebijakan dan Strategi Pengelolaan Air Limbah Domestik di Indonesia. *JRL Vol. 10 No.2*, 58-75.

IPAL Biofilter Anaerob Aerob. (2022). Pengolahan Air Limbah (IPAL) Wastewater Treatment. *Pt Biofive Sejahtera Indonesia.*