

Kajian Literatur Kualitas Air Limbah: Perbandingan Parameter Uji dan Standar Baku Mutu

Sri Maisarah, *I Made Kamiana & Allan Restu Jaya

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya

*)kamianamade62@gmail.com

Received: 4 April 2025, Revised: 29 April 2025, Accepted: 29 April 2025

Abstract

This study aims to analyze the quality of domestic and industrial wastewater based on the compliance of physical, chemical, and biological parameters with established quality standards. The method employed is a literature review of seven scientific articles discussing parameters such as temperature, pH, COD, BOD, TSS, ammonia, and total coliform. The analysis results indicate that compliance levels vary across locations and wastewater types. In domestic wastewater, 33.33% to 100% of the parameters meet the standards, while in industrial wastewater, 25% to 100% of the parameters exceed the permissible limits. BOD is the most frequently non-compliant parameter compared to COD. Tofu industry wastewater shows the highest pollution level, whereas dairy industry wastewater demonstrates higher compliance with quality standards. The effectiveness of wastewater treatment methods also varies, with several studies recommending the optimization of biological and chemical processes, such as the use of biofilters and coagulants, to enhance treatment efficiency. This study concludes that most wastewater parameters do not meet quality standards, indicating the need for improved treatment technologies to prevent environmental contamination.

Keywords: Literature Review, Domestic Wastewater, Water Quality, Quality Standards

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas air limbah domestik dan industri berdasarkan kesesuaian parameter fisik, kimia, dan biologi terhadap baku mutu yang berlaku. Metode yang digunakan adalah kajian literatur terhadap tujuh artikel ilmiah yang membahas parameter suhu, pH, COD, BOD, TSS, amonia, dan total coliform. Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat kesesuaian terhadap baku mutu bervariasi antar lokasi dan jenis limbah. Pada limbah domestik, 33,33% hingga 100% parameter memenuhi baku mutu, sedangkan pada limbah industri, 25% hingga 100% parameter tidak memenuhi baku mutu. BOD merupakan parameter yang paling sering melebihi ambang batas dibandingkan COD. Limbah industri tahu menunjukkan tingkat pencemaran tertinggi, sedangkan limbah industri susu lebih sesuai dengan baku mutu. Efektivitas pengolahan air limbah juga beragam, dan beberapa studi merekomendasikan optimalisasi proses biologis dan kimiawi, seperti penggunaan biofilter dan koagulan, untuk meningkatkan efisiensi pengolahan. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian besar parameter air limbah belum memenuhi standar baku mutu, dan perlunya perbaikan teknologi pengolahan agar limbah tidak mencemari lingkungan.

Kata kunci: Kajian Literatur, Air Limbah Domestik, Kualitas Air, Baku Mutu

Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk dan urbanisasi yang pesat meningkatkan produksi air limbah domestik. Jika tidak dikelola dengan baik, air limbah dapat mencemari lingkungan dan menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat. Pembuangan air limbah yang tidak memenuhi standar baku mutu dapat menyebabkan degradasi

kualitas air permukaan dan air tanah, sehingga berpotensi menjadi sumber penyakit berbasis air dan mengganggu keseimbangan ekosistem (Suada dan Tenaya, 2023).

Dapat dikatakan bahwa air limbah merujuk pada suatu istilah yaitu air bekas yang bersumber dari aktivitas domestik, komersial, industri, dan

institusi. Berdasarkan sumbernya, air limbah dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori utama:

- a) Air limbah domestik, yakni air bekas dari rumah tangga dan mencakup air buangan dari dapur, kamar mandi, dan toilet (Faradila *et al.*, 2023).
- b) Air limbah industri, yang berasal dari proses produksi di berbagai sektor industri dengan karakteristik yang bervariasi (Nanda *et al.*, 2024).
- c) Air limbah perkotaan, yang mencakup limbah dari rumah tangga, perkantoran, hotel, restoran, dan fasilitas umum dalam volume besar serta tingkat pencemaran yang lebih kompleks (Rahendaputri *et al.*, 2023).

Pengelolaan air limbah bertujuan mengurangi pencemar sebelum dibuang ke lingkungan. Evaluasi kualitasnya mencakup parameter fisik (suhu, warna, kekeruhan, TSS), kimia (pH, COD, BOD, amonia, minyak, lemak), dan biologi (total coliform, mikroorganisme) (Metcalf & Eddy, 2014). Baku mutu air limbah ditetapkan sebagai batas maksimal kandungan pencemar yang diizinkan sebelum air limbah dibuang ke badan air penerima (Kementerian Lingkungan Hidup, 2014).

Pengelolaan air limbah domestik terbagi dua: SPALD-S (Setempat), di mana air limbah diolah langsung di sumbernya, seperti septic tank, dan SPALD-T (Terpusat), di mana air limbah dikumpulkan melalui jaringan dan diolah di satu lokasi (Suyasa, 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas air limbah berdasarkan kajian literatur, dengan lingkup analisis: a) Parameter uji yang memenuhi dan tidak memenuhi baku mutu, b) Persentase kesesuaian parameter uji terhadap baku mutu pada tujuh artikel yang dipilih, c) analisis terhadap temuan dan rekomendasi masing-masing artikel.

Metode

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kajian literatur. Literatur yang dipergunakan adalah artikel ilmiah yang termuat dalam jurnal terakreditasi Sinta. Tahapan penelitian ini sebagai berikut:

1. Identifikasi dan Seleksi Artikel

Artikel yang dikaji dikumpulkan dari database ilmiah, seperti Perpustakaan Nasional Indonesia, *Google Scholar*, dan portal jurnal nasional lainnya. Kriteria pemilihan artikel mencakup:

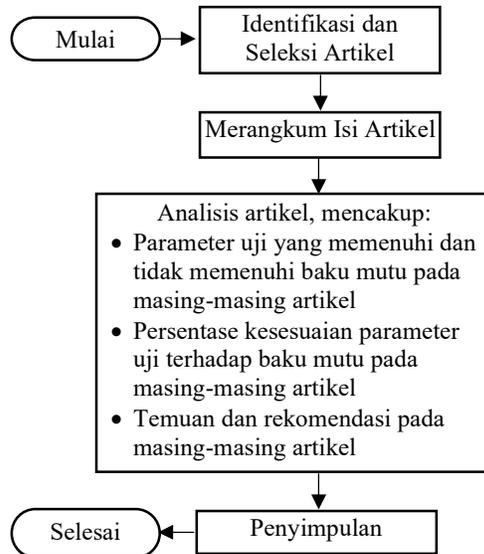
- a) Fokus penelitian terkait kualitas air limbah domestik.
- b) Menggunakan metode pengukuran parameter fisik, kimia, dan biologi dalam analisisnya.
- c) Memuat data baku mutu sebagai referensi perbandingan.
- d) Publikasi dalam lima tahun terakhir (2019 - 2024) untuk menjaga relevansi data dan perkembangan teknologi pengolahan air limbah.

2. Merangkum Isi Artikel

Artikel yang telah terpilih kemudian dirangkum. Rangkuman artikel mencakup beberapa aspek, yaitu:

- a) Parameter kualitas air limbah domestik yang diuji, termasuk pH, TSS, BOD, COD, Amonia, dan parameter lainnya.
- b) Metode pengukuran dan analisis parameter kualitas air limbah yang digunakan dalam penelitian.
- c) Perbandingan hasil pengukuran dengan baku mutu.

3. Analisis artikel: parameter uji terhadap baku mutu, kesesuaian parameter uji di masing-masing lokasi penelitian, temuan maupun rekomendasi dari masing-masing penelitian.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Hasil dan Pembahasan

1. Artikel yang dianalisis

Setelah menyeleksi artikel berdasarkan kriteria berikut: fokus penelitian terkait kualitas air limbah domestik, lingkup parameter uji serta acuan baku mutu yang digunakan sebagai pembandingan, dan kebaruan artikel berdasarkan tahun penerbitan, maka ditetapkan tujuh artikel untuk dianalisis lebih lanjut. Artikel merupakan hasil penelitian dari tahun 2019-2024 dengan lokasi penelitian yang berbeda.

2. Rangkuman isi artikel

a) Artikel ke-1

Judul artikel adalah Evaluasi Air Buangan Domestik Sebagai Dasar Perancangan Rehabilitasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Komunal Kampung Kandang, Desa Condongcatur, Yogyakarta (Utami *et al.*, 2019).

Lingkup bahasan dalam artikel ini yaitu mengevaluasi kualitas efluen dari IPAL domestik komunal dan membandingkannya dengan baku mutu. Penelitian dilakukan tahun 2019, dengan tujuan yaitu menilai kinerja IPAL dalam mengolah limbah domestik serta merancang strategi rehabilitasi agar sistem pengolahan kinerja menjadi lebih maksimal.

Data dikumpulkan melalui observasi lapangan serta pengujian kualitas air di laboratorium. Sampel air limbah diambil dari empat titik berbeda di sekitar IPAL. Parameter yang dianalisis meliputi COD atau Chemical Oxygen Demand, BOD atau Biochemical Oxygen Demand, TSS atau Total Suspended Solids, amonia, dan total coliform, dengan metode pengujian berdasarkan standar SNI dan APHA 2012.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa IPAL Komunal Kampung Kandang mampu menyisihkan COD sebesar 97,7%, BOD 98,9%, amonia 95,6%, dan total coliform 99,9%. Selain itu, efisiensi penyisihan TSS masih rendah, yakni hanya 42,7%, sementara baku mutu untuk beberapa parameter seperti BOD dan total coliform belum sepenuhnya terpenuhi. Berkenaan dengan hal tersebut dapat dinyatakan bahwa masih diperlukan rehabilitasi agar kualitas efluen lebih optimal dan sesuai dengan standar lingkungan yang berlaku.

b) Artikel ke-2

Judul artikel: Kombinasi Teknologi Filtrasi dan Anaerobik Buffled Reaktor (ABR) untuk Mengolah Air Limbah Domestik

(Kholif *et al.*, 2020). Hal yang melatarbelakangi penelitian ini, yang dilakukan pada tahun 2020, karena sebagian besar air limbah domestik belum diolah sebelum dibuang ke badan air sehingga dapat meningkatkan risiko pencemaran dan menurunkan kualitas lingkungan. Penelitian bertujuan mengkaji efektivitas kombinasi antara metode filtrasi dan metode ABR dalam mengurangi kadar BOD dan COD air limbah domestik.

Sampel penelitian adalah limbah cair domestik dari Perumahan Swan Regency, Sidoarjo. Teknologi yang diterapkan mencakup media filtrasi bioball dan karbon aktif, serta ABR dengan 4 kompartemen untuk memisahkan ruang pemrosesan.

Pengolahan dilakukan setelah masa seeding dan aklimatisasi, berlangsung selama 5 hari. Pengambilan sampel setiap 6 jam untuk melihat perubahan kadar BOD dan COD. Sebagai acuan dalam perbandingan baku mutu yaitu (PerMenLHK No. 68 Tahun 2016).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebelum pengolahan, BOD awal: 156,7 mg/L (batas baku mutu: 30 mg/L), COD awal: 220,5 mg/L (batas baku mutu: 100 mg/L). Sedangkan setelah pengolahan, efisiensi penurunan BOD: 79%; efisiensi penurunan COD: 68%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa setelah pengolahan, COD dibawah baku mutu, sementara itu, meskipun mengalami penurunan yang signifikan, BOD masih di atas baku mutu.

c) Artikel ke-3

Artikel ini, topiknya berkaitan erat dengan analisis suhu, pH, COD), dan BOD dari sampel air limbah domestik di Dinas Lingkungan Hidup Sukoharjo (Ramadania *et al.*, 2021). Parameter uji yaitu suhu, pH, COD, dan BOD. Hasil analisis kemudian dibandingkan dengan baku mutu.

Penelitian ini dilakukan tahun 2021 melalui pengujian laboratorium terhadap sampel air limbah domestik yang diberi kode 063/AL/Lablingk_DLH/2021. Pengukuran parameter dilakukan menggunakan berbagai instrumen, yaitu termometer untuk suhu, pH meter untuk derajat keasaman, spektrofotometer UV-Vis untuk mengukur COD, dan teknik titrasi iodometri untuk mengukur kadar BOD. Tahapan penelitian dimulai dengan identifikasi suhu dan pH,

kemudian dilanjutkan dengan pengukuran kadar COD dan BOD.

Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa rata-rata kadar COD sebesar 13,04 mg/L, dengan tingkat kesalahan relatif sebesar 3,68% dan tingkat akurasi sebesar 95,10%. Sementara itu, kadar BOD rata-rata tercatat sebesar 1,512 mg/L, dengan konsentrasi penjaminan mutu sebesar 218,215 mg/L dan % RPD sebesar 13,360%. Nilai COD dan BOD dalam sampel tersebut masih berada di bawah ambang batas. Selain itu, suhu dan pH air limbah juga berada dalam kisaran yang sesuai dengan standar kualitas lingkungan.

d) Artikel ke-4

Artikel ke-4 ini, judulnya berkaitan dengan analisis kualitas air limbah tahu, lokasi penelitian di Kecamatan Kuranji Kota Padang (Ariyetti *et al.*, 2022). Latar belakang dilakukannya penelitian karena di kecamatan ini industri tahu yang berkembang pesat, pembuangan limbah cairnya sebagian besar dilakukan tanpa didahului dengan pengolahan. Limbah ini diperkirakan berpotensi mencemari lingkungan dengan meningkatkan kadar BOD, COD, pH, TSS, dan zat kimia lainnya.

Oleh karena itu, maka dilakukan penelitian pada tahun 2022 dengan lokasi pengambilan sampel pada tiga lokasi industri tahu di Kecamatan Kuranji, masing-masing dengan dua titik sampel yaitu di dekat pembuangan limbah, dan di dekat pemukiman. Parameter ujinya sebagai berikut: BOD, COD, pH, TSS, N-NH₃, dan N-Total. Pengukuran dilakukan di laboratorium menggunakan standar metode analisis berdasarkan SNI.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa: nilai BOD berkisar antara 121 mg/L hingga 544 mg/L, melebihi batas baku mutu 150 mg/L; nilai COD berkisar antara 278 mg/L hingga 876 mg/L, dengan beberapa sampel melebihi batas baku mutu 300 mg/L; nilai pH berkisar antara 4,21 hingga 5,87, di bawah baku mutu 6-9, menunjukkan sifat limbah yang asam; nilai TSS berkisar antara 89 mg/L hingga 324 mg/L, dengan beberapa sampel melebihi batas 200 mg/L; nilai N-NH₃ berkisar antara 2,15 mg/L hingga 10,2 mg/L, dengan satu sampel melebihi batas 8 mg/L; nilai N-Total berkisar antara 2,89 mg/L hingga 12,5 mg/L.

Artikel ini menyimpulkan bahwa: air limbah tahu di lokasi penelitian memiliki kadar pencemar tinggi dan berpotensi menurunkan kualitas lingkungan; pengolahan limbah harus dilakukan sebelum dibuang ke badan air untuk mengurangi dampak pencemaran; perlu adanya sistem pengolahan limbah yang efektif di industri tahu, seperti penggunaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL); regulasi dan pengawasan lebih ketat diperlukan untuk memastikan industri tahu memenuhi standar lingkungan yang berlaku.

e) Artikel ke-5

Fokus penelitian dalam meliputi analisis parameter uji TSS, BOD, COD, dan Minyak Lemak Limbah Cair pada Industri Susu, penelitian dilakukan tahun 2023 (Savira dan Zamrud, 2023).

Sampel air limbah diambil dari salah satu industri susu di Jawa Timur. Data yang digunakan merupakan hasil pengujian laboratorium dari sampel yang dikumpulkan selama periode Januari hingga Desember 2022. Pengambilan sampel influent dan effluent dari IPAL industri susu selama satu tahun.

Analisis Parameter sebagai berikut: TSS, analisis menggunakan metode gravimetri untuk menentukan jumlah zat padat tersuspensi; BOD: analisis dengan metode Winkler dan pengukuran DO sebelum dan sesudah inkubasi selama 5 hari; COD: pengukuran menggunakan spektrofotometer setelah reaksi dengan K₂Cr₂O₇ dan H₂SO₄; minyak lemak: ditentukan dengan metode gravimetri melalui ekstraksi dengan pelarut organik; perhitungan removal efficiency: menggunakan rumus perbandingan antara konsentrasi awal (influent) dan konsentrasi akhir (effluent).

Hasil pengukuran menunjukkan rata-rata influent sebagai berikut, TSS: 518 mg/L; BOD: 454,5 mg/L; COD: 2.402 mg/L; minyak lemak: 3,93 mg/L. Sedangkan rata-rata effluent sebagai berikut, TSS: 9 mg/L; BOD: 10,41 mg/L; COD: 28,13 mg/L; minyak lemak: 2,08 mg/L. Selain itu juga ditunjukkan bahwa hasil removal efficiency sebagai berikut, TSS: 95%; BOD: 95,3%; COD: 95,9%; minyak lemak: 46,7%.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa pengolahan limbah industri susu dengan menggunakan IPAL di lokasi penelitian

mampu menurunkan parameter TSS, BOD, dan COD secara signifikan, sedangkan penurunan parameter minyak lemak masih relatif rendah sehingga masih perlu diperhatikan dalam pengolahan lebih lanjut.

h) Artikel ke-6

Artikel ke-6 ini merupakan hasil penelitian yang berfokus pada analisis kinerja instalasi pengolahan air limbah di dua lokasi di Kota Surabaya, yaitu di Jalan Sidoyoso Wetan dan Jalan Granting. Parameter uji yang dianalisis meliputi BOD, COD, TSS, minyak dan lemak, amonia, serta total koliform. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dilakukan analisis terhadap kebutuhan pengembangan atau perbaikan instalasi pengolahan air limbah agar seluruh parameter uji dapat memenuhi baku mutu yang ditetapkan (Winanda dan Tangahu, 2024).

Hasil analisis menunjukkan bahwa pada instalasi di Jalan Granting, hanya parameter total koliform yang belum memenuhi baku mutu. Sementara itu, pada instalasi di Jalan Sidoyoso Wetan, parameter BOD, COD, TSS, dan total koliform belum memenuhi baku mutu.

Berdasarkan temuan tersebut, artikel keenam ini juga menyajikan analisis terhadap rancangan dimensi baru untuk masing-masing instalasi, baik di Jalan Sidoyoso Wetan maupun di Jalan Granting.

g) Artikel ke-7

Penelitian dalam artikel ke-7 mengkaji efektivitas bittern sebagai koagulan alami dalam proses koagulasi-flokulasi limbah cair industri batik. Tujuan penelitian yaitu mengevaluasi pengaruh variasi dosis dan kecepatan pengadukan terhadap penurunan konsentrasi BOD, COD, TSS, dan zat warna, serta menentukan kondisi optimum dari perlakuan tersebut (Fitriani *et al.*, 2024).

Penelitian dilakukan melalui eksperimen laboratorium dengan metode jar test dan rancangan acak lengkap faktorial 4x3, yang mengkombinasikan empat tingkat dosis bittern (5%, 10%, 15%, dan 20%) dengan tiga kecepatan pengadukan cepat (100, 130, dan 160 rpm). Sampel limbah cair diperoleh dari salah satu industri batik di Sidoarjo, Jawa Timur. Parameter BOD, COD, TSS, dan absorbansi warna dianalisis menggunakan metode spektrofotometri dan

gravimetri. Data dianalisis secara statistik menggunakan uji ANOVA dua arah dan uji korelasi Pearson.

Penelitian menunjukkan bahwa bittern paling efektif sebagai koagulan alami pada dosis 5% dan kecepatan pengadukan 100 rpm, dengan efisiensi penurunan BOD sebesar 80,32%, COD 65,86%, TSS 92,35%, dan zat warna 70,77%. Namun, peningkatan dosis di atas 5% atau kecepatan pengadukan lebih dari 130 rpm justru menurunkan efisiensi pengolahan akibat destabilisasi dan pembentukan flok yang tidak optimal. Meskipun penggunaan bittern mampu menurunkan kadar seluruh parameter uji secara signifikan, hasil akhir belum sepenuhnya memenuhi baku mutu. Hanya konsentrasi BOD yang telah mendekati nilai ambang batas yang ditetapkan.

Selain itu, analisis SEM-EDX menunjukkan bahwa bittern mampu mengikat unsur organik seperti karbon dan nitrogen melalui proses flokulasi, yang semakin menguatkan efektivitasnya dalam memisahkan pencemar organik dari limbah cair industri batik.

3. Parameter uji yang memenuhi dan tidak memenuhi baku mutu pada masing-masing artikel

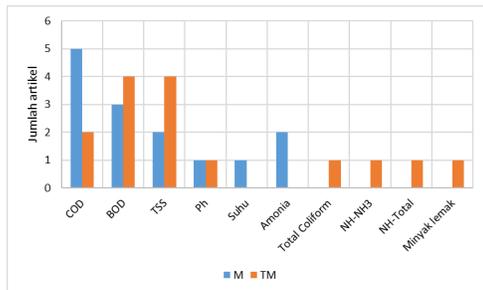
Parameter uji yang terlapor memenuhi dan tidak memenuhi baku mutu pada masing-masing artikel ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi parameter uji yang memenuhi dan tidak memenuhi baku mutu berdasarkan tujuh artikel yang dianalisis

Artikel ke- dan tahun	Parameter uji	Memenuhi baku mutu (M)	Tidak memenuhi (TM)
1 (2019)	COD, Amonia, BOD, Total Coliform, TSS	COD, Amonia	BOD, Total Coliform, TSS
2 (2020)	COD, BOD	COD	BOD
3 (2021)	Suhu, pH, COD, BOD	Suhu, pH, COD, BOD	-
4 (2022)	BOD, COD, pH,	-	BOD, COD, pH,

	TSS, NH-NH3, NH-Total	TSS, NH-NH3, NH-Total	
5 (2023)	TSS, COD, BOD, Minyak lemak	TSS, COD, BOD	Minyak lemak
6 (2024)	BOD, COD, TSS, minyak dan lemak, Ammonia, Total Coliform	di IPAL Sidoyoso minyak dan lemak, Ammonia	BOD, COD, TSS, Total Coliform
7 (2024)	BOD, COD, TSS, absorbbansi warna	BOD	COD, TSS, absorbbansi warna
		di IPAL Granting BOD, COD, TSS, minyak dan lemak, Ammonia	Total Coliform

Tabel 1 menunjukkan artikel yang melaporkan parameter uji yang memenuhi baku mutu (M) dan tidak memenuhi baku mutu (TM). Berdasarkan tabel 1, dibuat grafik yang menggambarkan jumlah parameter uji dalam kategori M dan kategori TM. Grafik tersebut ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Parameter uji dengan kategori M dan TM pada Tujuh Artikel yang Dianalisis

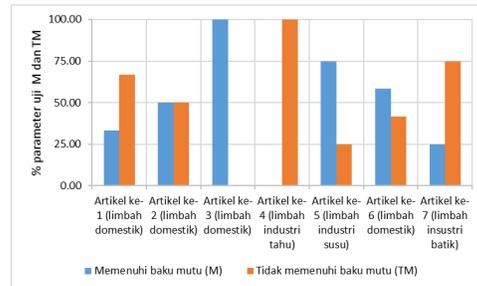
Dari gambar 2 dapat dilihat parameter uji yang masuk dalam kategori M dan TM dari tujuh artikel yang dianalisis dengan lokasi penelitian berbeda.

Khususnya antara parameter uji COD dan BOD, mengingat dua parameter ini selalu ada sebagai parameter uji dalam tujuh artikel yang dianalisis, ditemukan bahwa: frekuensi parameter COD memenuhi baku mutu terdapat di 4 artikel dari 5 artikel; frekuensi parameter BOD memenuhi baku mutu terdapat di 2 artikel dari 5 artikel. Oleh karena itu, antara parameter

uji COD dan BOD pada tujuh artikel yang dianalisis, disimpulkan bahwa parameter COD sering memenuhi baku mutu, sedangkan BOD sering tidak memenuhi baku mutu.

4. Persentase kesesuaian parameter uji terhadap baku mutu pada masing-masing artikel

Berdasarkan data parameter uji dengan kategori M dan TM yang tercantum dalam Tabel 1, dapat dianalisis kesesuaian parameter uji terhadap baku mutu di masing-masing lokasi penelitian sebagaimana dilaporkan dalam setiap artikel. Hasil analisis terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3. Persentase parameter uji dengan kategori M dan TM pada Tujuh Artikel yang Dianalisis

Dari tabel 1 dan gambar 3, beberapa hal dapat dijelaskan mengenai tingkat kesesuaian parameter uji terhadap baku mutu, baik yang memenuhi (M) maupun yang tidak memenuhi (TM), pada masing-masing artikel sebagai berikut:

- Pada artikel ke-1, dengan lokasi penelitian di Desa Condongcatu, Yogyakarta, jenis limbah yang dianalisis adalah limbah domestik. Jumlah parameter uji sebanyak 6, dengan 2 parameter (33,33%) masuk dalam kategori M dan 4 parameter (66,67%) masuk dalam kategori TM.
- Pada artikel ke-2, dengan lokasi penelitian di Perumahan Swan Regency, Sidoarjo, jenis limbah yang dianalisis adalah limbah domestik. Jumlah parameter uji sebanyak 2, dengan 1 parameter (50,00%) masuk dalam kategori M dan 1 parameter (50,00%) masuk dalam kategori TM.
- Pada artikel ke-3, dengan lokasi penelitian di Dinas Lingkungan Hidup Sukoharjo, jenis limbah yang dianalisis adalah limbah domestik. Jumlah parameter uji sebanyak 4, dengan 4 parameter (100,00%) masuk dalam kategori M.
- Pada artikel ke-4, dengan lokasi penelitian di Kecamatan Kuranji Kota Padang, jenis limbah yang dianalisis adalah limbah industri tahu. Jumlah parameter uji

- sebanyak 6, dengan 6 parameter (100,00%) masuk dalam kategori TM.
- e) Pada artikel ke-5, dengan lokasi penelitian di salah satu industri susu di Jawa Timur, jenis limbah yang dianalisis adalah limbah industri susu. Jumlah parameter uji sebanyak 4, dengan 3 parameter (75,00%) masuk dalam kategori M, dan 1 parameter (25,00%) masuk kategori TM.
 - f) Pada artikel ke-6, dengan lokasi penelitian pada dua IPAL di Kota Surabaya, jenis limbah yang dianalisis adalah limbah domestik. Jumlah parameter uji sebanyak 12, dengan 7 parameter (58,33%) masuk dalam kategori M, dan 5 parameter (41,67%) masuk kategori TM.
 - g) Pada artikel ke-7, dengan lokasi penelitian pada salah satu industri batik, jumlah parameter uji sebanyak 4, dengan 1 parameter (25,00%) masuk dalam kategori M, dan 3 parameter (75,00%) masuk kategori TM.

Berdasarkan uraian di atas, dapat dinyatakan bahwa sebagian besar parameter uji di lokasi penelitian tergolong bermasalah, dengan tingkat kesesuaiannya terhadap baku mutu yang bervariasi. Pada limbah domestik, 33,33% hingga 100% parameter uji memenuhi baku mutu, sedangkan pada limbah industri, 25% hingga 100% parameter tidak memenuhi baku mutu. Lokasi penelitian pada artikel ke-3 menunjukkan tingkat kesesuaian tertinggi (100% M), sementara lokasi penelitian pada artikel ke-4 memiliki tingkat kesesuaian terendah (100% TM).

5. Analisis terhadap temuan atau kesimpulan maupun saran dari masing-masing artikel

Di bawah ini diuraikan analisis terhadap temuan atau kesimpulan maupun saran dari masing-masing artikel.

- a) Artikel ke-1
Pada artikel ke-1, diuraikan empat parameter uji yang masuk dalam kategori TM. Untuk mengatasi hal ini, artikel tersebut merekomendasikan perbaikan IPAL dengan fokus pada optimalisasi penyisihan BOD dan total coliform, serta monitoring dan evaluasi kualitas efluen secara berkala guna memastikan kinerja IPAL tetap stabil.
- Sejalan dengan rekomendasi perbaikan IPAL dalam artikel 1, rehabilitasi IPAL penting untuk meningkatkan kualitas efluen agar memenuhi baku mutu. Beberapa aspek tambahan perlu dipertimbangkan:

- 1) Efisiensi penyisihan TSS
Rendahnya efisiensi penyisihan TSS yang diuraikan pada artikel ke-1 yakni sebesar 42,7% mengindikasikan sistem pengendapan atau filtrasi belum optimal. Menurut Metcalf dan Eddy (2014), efisiensi ini dapat ditingkatkan dengan menambahkan unit koagulasi-flokulasi atau penyaringan berbasis media pasir dan karbon aktif.
 - 2) Penyisihan BOD dan total coliform
Penyisihan BOD dan coliform perlu ditingkatkan. Studi Rahman *et al.* (2021) menunjukkan bahwa sistem biofilter anaerob-aerob dengan media berpori tinggi lebih efektif dibandingkan sistem konvensional. Teknologi ini dapat menjadi alternatif rehabilitasi IPAL.
- b) Artikel ke-2
Pada artikel ke-2, dijelaskan bahwa satu parameter uji yang masuk dalam kategori TM, yakni BOD. Menurut Metcalf dan Eddy (2014), efisiensi penyisihan BOD dan COD pada sistem anaerobik dapat dipengaruhi oleh waktu detensi hidraulik (HRT), suhu, dan komposisi mikroba dalam reaktor. Mengacu pada hal ini, efisiensi penurunan BOD yang hanya mencapai 79% (yang diuraikan dalam artikel ke-2) kemungkinan disebabkan oleh HRT yang kurang optimal atau kondisi anaerob yang belum sepenuhnya stabil selama proses berlangsung (Harahap et al., 2025)
 - c) Artikel ke-3
Pada artikel ke-3 dijelaskan bahwa seluruh parameter uji, yaitu suhu, pH, COD, dan BOD, memenuhi baku mutu 100%.
- Nilai COD dan BOD yang rendah dapat menunjukkan efektivitas sistem pengolahan air limbah atau rendahnya kandungan polutan organik dalam limbah domestik yang diuji (Metcalf dan Eddy, 2014). Namun, untuk memastikan pengelolaan air limbah yang lebih efektif dan berkelanjutan, pemantauan berkala serta analisis lebih lanjut terhadap karakteristik biodegradabilitas limbah dan dampaknya terhadap badan air penerima tetap diperlukan (Sumiyati et al., 2023).
- d) Artikel ke-4
Pada artikel ke-4 dijelaskan bahwa seluruh parameter uji, yaitu suhu, BOD, COD, pH, TSS, NH-NH₃, dan N-Total, tidak memenuhi baku mutu.

Tingginya nilai BOD dan COD dalam limbah industri tahu menunjukkan kandungan organik yang besar, terutama dari protein, lemak, dan karbohidrat yang tidak terurai sempurna (Metcalf dan Eddy, 2014). Jika dibuang tanpa pengolahan, limbah ini dapat mempercepat deoksigenasi, menurunkan kadar oksigen terlarut (DO), dan mengancam kehidupan akuatik (Napitupulu dan Putra, 2024).

Selain itu, pH limbah yang asam serta tingginya kadar TSS memperparah dampak lingkungan. Dalam pH rendah maka tingkat oksigen terlarut dapat menurun sehingga berdampak pada berkurangnya biota (Sepriani *et al.*, 2016), sedangkan TSS tinggi meningkatkan kekeruhan, menghambat fotosintesis, dan menurunkan kualitas air (Rizka *et al.*, 2020). Kandungan nitrogen dalam bentuk N-NH₃ dan N-Total juga berkontribusi terhadap eutrofikasi, yang memicu pertumbuhan alga berlebihan dan semakin memperburuk kualitas perairan (Metcalf dan Eddy, 2014).

e) Artikel ke-5

Pada artikel ke-5 dijelaskan bahwa minyak lemak dalam limbah industri susu sulit diolah, dengan efisiensi penurunan hanya 46,7%, jauh lebih rendah dibandingkan parameter lain seperti TSS, BOD, dan COD (>95%).

Kandungan lemak dapat membentuk lapisan minyak di permukaan air, menghambat oksigenasi, serta mengganggu ekosistem perairan (Metcalf dan Eddy, 2014). Selain itu, minyak lemak berpotensi menghalangi pengaliran (Wikaningrum & Pratamadina, 2022), dalam hal sistem perpipaan IPAL dan dapat menurunkan efisiensi pengolahan limbah. Metode seperti flotasi udara terlarut (DAF), skimmer minyak, atau unit biologis khusus dapat meningkatkan efisiensi pengolahan (Maulinda, 2013). Oleh karena itu, optimalisasi sistem IPAL diperlukan untuk meminimalkan dampak minyak lemak terhadap lingkungan (Purnomo *et al.*, 2024).

f) Artikel ke-6

Pada artikel ke-6 dijelaskan bahwa IPAL komunal di Jalan Sidoyoso Wetan masih dapat melayani tambahan 238 jiwa, namun perlu dirancang ulang dengan penambahan bak pemerataan, pompa, dan unit desinfeksi

agar kadar BOD, COD, dan total coliform memenuhi baku mutu air limbah domestik.

Sehubungan dengan kesimpulan pada artikel ke-6 tersebut, khususnya perencanaan ulang, maka perlu dilakukan monitoring berkala terhadap kualitas efluen dan kinerja tiap unit IPAL agar perencanaan ulang dapat disesuaikan dengan data riil di lapangan (Kurnianingtyas *et al.*, 2020).

g) Artikel ke-7

Artikel ke-7 menunjukkan bahwa bittern paling efektif sebagai koagulan alami pada dosis 5% dan kecepatan pengadukan 100 rpm, dengan efisiensi tinggi dalam menurunkan BOD, COD, TSS, dan zat warna. Namun, dosis dan kecepatan di atas batas optimal justru menurunkan efisiensi akibat flok yang tidak stabil. Hanya BOD yang mendekati baku mutu.

Temuan ini menunjukkan potensi bittern sebagai koagulan ramah lingkungan karena berbasis limbah alami yang dapat dimanfaatkan kembali. Namun, untuk penerapan skala besar, diperlukan optimalisasi lebih lanjut. Kombinasi dengan metode lain, seperti adsorpsi atau filtrasi, dan aerasi telah terbukti meningkatkan efisiensi pengolahan. Misalnya, penelitian oleh (Faradila *et al.*, 2023) menunjukkan bahwa kombinasi filtrasi dengan berbagai media filter dapat menurunkan kadar polutan dalam air limbah domestik secara signifikan. Demikian pula, (Vera *et al.*, 2024), melaporkan bahwa penggunaan jet aerator dapat mendekati parameter uji pada baku mutu yang ditetapkan.

Kesimpulan

Penelitian ini menganalisis kualitas air limbah dari tujuh artikel dengan variasi lokasi dan parameter uji, seperti COD, BOD, Amonia, Total Coliform, TSS, suhu, pH, BH-NH₃, NH-Total, dan minyak lemak.

Analisis menunjukkan bahwa kesesuaian parameter uji terhadap baku mutu bervariasi. Umumnya, sebagian besar tidak memenuhi baku mutu. Parameter uji BOD dan COD dianalisis di semua artikel, dengan BOD lebih sering tidak memenuhi baku mutu, sebaliknya COD lebih sering memenuhi baku mutu.

Pada limbah domestik, 33,33%–100% parameter memenuhi baku mutu, sedangkan pada limbah industri, 25%–100% tidak memenuhinya. Seluruh

parameter limbah industri tahu melampaui baku mutu, sementara limbah industri susu sepenuhnya sesuai baku mutu.

Efektivitas metode pengolahan bervariasi, dan beberapa studi merekomendasikan optimalisasi proses biologis dan kimiawi. Temuan ini terbatas pada tujuh artikel dan tidak dapat digeneralisasi; studi lanjutan dengan cakupan lebih luas diperlukan.

Daftar Pustaka

- Ariyetti, A., Anggia, M., & Wijayanti, R. (2022). Analisis Kualitas Air Limbah Tahu di Kecamatan Kuranji Kota Padang. *Dampak*, 19(2), 50–55.
- Faradila, R., Huboyo, H. S., & Syakur, A. (2023). Rekayasa Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Metode Kombinasi Filtrasi untuk Menurunkan Tingkat Polutan Air. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 22(3), 342–350.
- Fitriani, N., Supriyanto, A., Jariyah, N. I., Putriadi, R. A. D., Pratama, M. B. P., Jusoh, H. H. W., Ismail, A., & Kurniawan, S. B. (2024). Effects of Dosage and Stirring Speed Variations in the Use of Bittern as a Natural Coagulant to Remove Biological Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand, Total Suspended Solids and Dye Concentrations from Batik Industry Wastewater. *Journal of Ecological Engineering*, 25(11), 83–99.
- Harahap, J., Ardianto, R., Muliadita, T. S., Ersas, N. S., & Ashari, T. M. (2025). The Efficacy of Anaerobic Biofilter and Pre-Aeration with Microbubble Generator for Tofu Wastewater Treatment. *Jurnal Presipitasi*, 22(1), 95–108.
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2014). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah*.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2016). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*.
- Kholif, M. A., Alifia, A. R., Pungut, P., Sugito, S., & Sutrisno, J. (2020). Kombinasi Teknologi Filtrasi dan Anaerobik Buffled Reaktor (ABR) untuk Mengolah Air Limbah Domestik. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 15(2), 19–24.
- Kurnianingtyas, E., Prasetya, A., & Yuliansyah, A. T. (2020). Kajian Kinerja Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 5(1), 62–70.
- Maulinda, L. (2013). Pengolahan Awal Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit Secara Fisika. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 2(2), 31–41.
- Metcalfe & Eddy. (2014). *Wastewater Engineering, Treatment Disposal Reuse*. Mc Graw Hill Inc, Singapore.
- Nanda, M. F., Maulanah, S., Hidayah, T. N., Taufiqurrahman, A. M., & Radianto, D. O. (2024). Analisis Pentingnya Pengelolaan Limbah Terhadap Kehidupan Sosial Bermasyarakat. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 2(2).
- Napitupulu, R. T., & Putra, M. H. S. (2024). Pengaruh BOD, COD dan DO Terhadap Lingkungan dalam Penentuan Kualitas Air Bersih di Sungai Pesanggrahan. *CIVENG: Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 5(2), 79–82.
- Purnomo, G. M., Zefanya, A., Hartanto, Y., Santoso, H., & Indarto, A. (2024). Perancangan dan Simulasi Proses Limbah Pengolahan Sawit dengan Anaerobic Digester dan Aerobic Bio-Oxidation. 13(1), 1–6.
- Rahendaputri, C. S., Reza Mahendra, Prakoso, R. D., Anggraini, W. D., Ichlasul Rana, M. A., & Endrawati, B. F. (2023). Analisis Kualitas dan Kuantitas Air Limbah Domestik di Institut Teknologi Kalimantan (Studi Kasus: Gedung B). *SPECTA Journal of Technology*, 6(3), 284–289.
- Ramadania, R., Samsunar, S., & Utamia, M. (2021). Analisis Suhu, Derajat Keasaman (pH), Chemical Oxygen Demand (COD), dan Biologcal Oxygen Demand (BOD) dalam Air Limbah Domestik di Dinas Lingkungan Hidup Sukoharjo. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, 6(2), 12–22.
- Rizka, R. F., Purnomo, P. W., & Sabdaningsih, A. (2020). The Effect of Total Suspended Solid (TSS) to Release of Zooxanthela from Coral Acropora sp. in Laboratory Scale. *Jurnal Pasir Laut*, 4(2), 95–101.
- Savira, S. A., & Zamrudly, W. (2023). Analisis TSS, BOD, COD, dan Minyak Lemak Limbah Cair pada Industri Susu. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 9(3), 266–278.
- Sepriani, Abidjulu, J., & Kolengan, H. S. (2016). Pengaruh Limbah Cair Industri Tahu terhadap Kualitas Air Sungai Paal 4 Kecamatan Tikala Kota Manado. *Chemistry Progress*, 9(1), 29–33.
- Suada, I. K., & Tenaya, I. W. M. (2023). Analisis Limbah Sapi yang Berpotensi Mencemari Lingkungan dan Menularkan Penyakit pada Masyarakat. *Buletin Veteriner Udayana*, 15(5), 1012–1022.

- Sumiyati, S., Sutrisno, E., & Wicaksono, F. (2023). Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Teknologi Hybrid Bioreaktor Biofilm - Fitoremediasi. *Lingkungan, Jurnal Ilmu*, 21(2), 403–407.
- Suyasa, W. B. (2015). *Pencemaran Air dan Pengolahan Air Limbah*. Udayana University Press, Denpasar.
- Utami, A., Nugroho, N. E., Febriyanti, S. V., Anom, T. N., & Muhaimin, A. (2019). Evaluasi Air Buangan Domestik sebagai Dasar Perancangan. *Jurnal Presipitasi*, 16(3), 172–179.
- Vera, V. V., Lastriyanto, A., Anugroho, F., Sulianto, A., & Nugroho, W. A. (2024). Efektivitas Jet Aerator dalam Pengolahan Limbah Cair Penyamakan Kulit (Effectiveness of Jet Aerator in Leather Tanning Wastewater Treatment). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 29(3).
- Wikaningrum, T., & Pratamadina, E. (2022). Potensi Penggunaan Eco Enzyme sebagai Biokatalis dalam Penguraian Minyak dan Lemak pada Air Limbah Domestik. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(4), 3924–3932.
- Winanda, N. F., & Tangahu, B. V. (2024). Evaluation and Planning of Domestic Wastewater Management in Simokerto District. *International Journal of Multidisciplinary Research and Analysis*, 07(07), 3604–3612.