Available online https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno

T E K N O

OPEN ACCESS

Volume 24, No. 97, Tahun 2026 p-ISSN: 0215-9617

Perancangan IPAL *Anaerobic Baffled Reactor* Pada Peternakan Babi Di Kelurahan Buha Kecamatan Mapanget Kota Manado

Gabriela A. Wowor[#a], Herawaty Riogilang[#b], Hendra Riogilang[#c]

[#]*Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia*
[a]gabrielawowor027@student.unsrat.ac.id, [b]herawaty_riogilang@unsrat.ac.id, [c]hendra.riogilang@unsrat.ac.id

Abstrak

Sungai Bailang, yang terletak di Kelurahan Buha, Kecamatan Mapanget, Kota Manado, merupakan badan air yang dimanfaatkan oleh masyarakat setempat untuk berbagai kegiatan domestik. Namun, kegiatan peternakan babi di sekitar daerah aliran sungai menimbulkan risiko kontaminasi mikrobiologis akibat pembuangan air limbah peternakan yang mengandung bakteri Escherichia coli dan Total Coliform. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar Escherichia coli dan Total Coliform di Sungai Bailang serta merancang Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) guna mengendalikan pencemaran yang bersumber dari kegiatan peternakan babi. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan teknik pengambilan sampel (purposive sampling) di lokasi-lokasi yang berdekatan dengan kegiatan peternakan babi. Kontaminasi bakteri dianalisis menggunakan metode Most Probable Number (MPN), dan hasilnya dibandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Observasi terhadap kondisi peternakan dan perhitungan debit air limbah juga dilakukan sebagai dasar perancangan IPAL. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi Escherichia coli dan Total Coliform di Sungai Bailang telah melampaui baku mutu air yang berlaku, yang mengindikasikan adanya kontaminasi mikrobiologis. Kontaminasi ini kemungkinan besar disebabkan oleh pembuangan air limbah peternakan, limpasan air permukaan, serta aktivitas domestik masyarakat sekitar. IPAL yang diusulkan dirancang untuk menampung produksi air limbah sebesar 0,8 m³/hari, dengan kapasitas desain sebesar 1,0 m³/hari. Sistem pengolahan ini terdiri dari bak penampung, bak pengendap primer, bak ekualisasi, Anaerobic Baffled Reactor (ABR), dan unit disinfeksi. Sistem pengolahan ini diharapkan dapat mengurangi beban polutan organik dan mikrobiologis sebelum air limbah dibuang ke lingkungan, sehingga meminimalkan risiko pencemaran dan menjaga kualitas air Sungai Bailang.

Kata kunci: Sungai Bailang, Escherichia Coli, Total Koliform, Air Limbah Peternakan Babi, IPAL, ABR

1. Pendahuluan

Air merupakan sumber daya alam yang memiliki peranan penting bagi kehidupan manusia dan keberlangsungan ekosistem. Sungai sebagai salah satu sumber air permukaan dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan, seperti keperluan domestik, pertanian, irigasi, dan kegiatan ekonomi lainnya. Namun, meningkatnya aktivitas manusia yang tidak disertai pengelolaan limbah secara memadai dapat menyebabkan penurunan kualitas air sungai. Pencemaran sungai umumnya berasal dari berbagai sumber, termasuk aktivitas pertanian, peternakan, dan permukiman yang menghasilkan limbah organik maupun mikrobiologis. Kondisi tersebut dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan serta menimbulkan risiko terhadap kesehatan masyarakat (Batu et al., 2025). (Onibala et al., 2025)(Lelet et al., 2026).

Salah satu indikator penting dalam menentukan kualitas mikrobiologis air adalah keberadaan bakteri Total Coliform dan Escherichia coli. Bakteri Coliform merupakan kelompok mikroorganisme yang digunakan sebagai indikator pencemaran mikrobiologis dan kondisi sanitasi lingkungan. Sementara itu, Escherichia coli merupakan bakteri indikator pencemaran tinja yang berasal dari manusia maupun hewan. Keberadaan bakteri tersebut dalam badan air menunjukkan adanya kemungkinan masuknya limbah yang mengandung kontaminan fekal.

Tingginya kandungan bakteri indikator dapat berkaitan dengan keberadaan mikroorganisme patogen yang berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan apabila air yang tercemar digunakan tanpa pengolahan terlebih dahulu (Puspitasari et al., 2017). Selain itu, pencemaran Total Coliform pada badan air dapat menurunkan kualitas sumber daya air dan mengganggu pemanfaatannya oleh masyarakat (Kurniawan et al., 2024). (Kalembiro et al., 2024).

Sungai Bailang yang terletak di Kelurahan Buha, Kecamatan Mapanget, Kota Manado, merupakan salah satu badan air yang dimanfaatkan masyarakat untuk berbagai kebutuhan. Keberadaan aktivitas peternakan babi di sekitar daerah aliran sungai berpotensi menjadi salah satu sumber pencemaran akibat pembuangan limbah peternakan yang tidak dikelola secara optimal. Limbah peternakan babi umumnya mengandung bahan organik dan mikroorganisme, termasuk bakteri Escherichia coli dan Total Coliform. Apabila limbah tersebut masuk secara langsung ke badan sungai, dapat terjadi peningkatan beban pencemar mikrobiologis yang berdampak terhadap penurunan kualitas air Sungai Bailang. Selain limbah peternakan, limpasan permukaan dan aktivitas domestik masyarakat di sekitar sungai juga berpotensi berkontribusi terhadap pencemaran. (Riogilang et al., 2021).

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan upaya pengendalian pencemaran melalui pengelolaan limbah peternakan sebelum dibuang ke lingkungan. Salah satu alternatif yang dapat diterapkan adalah perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) menggunakan teknologi Anaerobic Baffled Reactor (ABR). Teknologi ABR merupakan sistem pengolahan biologis secara anaerob yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah melalui beberapa kompartemen. Sistem ini dapat menjadi alternatif pengolahan limbah peternakan karena memiliki konstruksi yang relatif sederhana dan berpotensi mengurangi beban pencemar sebelum air limbah dilepaskan ke lingkungan. (Patungan et al., 2025) (Azifah Hunayah Izmi et al., 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan bakteri Escherichia coli dan Total Coliform pada air Sungai Bailang serta merencanakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) peternakan babi menggunakan teknologi Anaerobic Baffled Reactor (ABR). Analisis kualitas air dilakukan sebagai dasar untuk mengetahui kondisi pencemaran mikrobiologis, sedangkan perencanaan IPAL didasarkan pada karakteristik peternakan dan debit air limbah yang dihasilkan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif solusi pengendalian pencemaran dari aktivitas peternakan serta memberikan kontribusi dalam upaya perlindungan dan peningkatan kualitas air Sungai Bailang.(Alamri et al., 2023) (Lumunon, 2021).

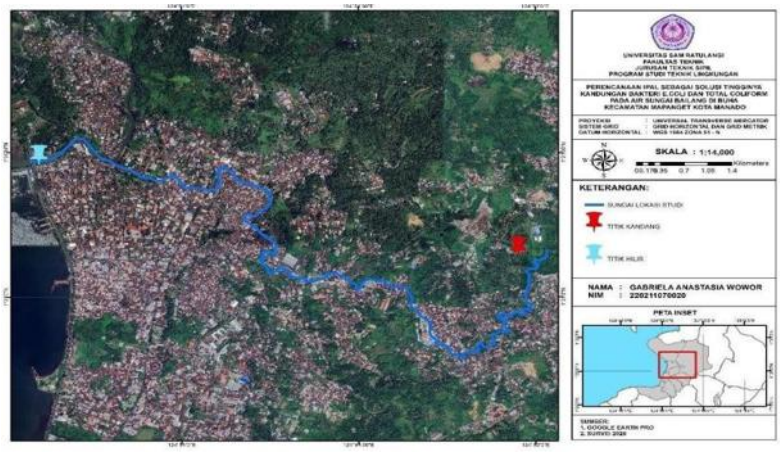
2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Sungai Bailang yang melintasi kawasan Sadang, Kelurahan Buha, Kecamatan Mapanget, Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara. Lokasi penelitian dipilih karena terdapat aktivitas peternakan babi di sekitar daerah aliran sungai yang berpotensi menjadi sumber pencemaran mikrobiologis, khususnya Total Coliform. Penelitian dilakukan melalui observasi kondisi sungai, pengamatan aktivitas peternakan, serta pengambilan sampel air untuk pengujian laboratorium. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.

2.2. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif yang bertujuan mengetahui kandungan Total Coliform pada air Sungai Bailang akibat potensi pengaruh aktivitas peternakan serta menyusun perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) peternakan. Pendekatan kuantitatif dilakukan melalui pengujian laboratorium terhadap sampel air dan perhitungan debit limbah peternakan, sedangkan pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi lingkungan, aktivitas peternakan, dan sistem pengelolaan limbah. Hasil pengujian Total Coliform dibandingkan dengan baku mutu berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2021, sedangkan data peternakan digunakan sebagai dasar perencanaan unit dan dimensi IPAL.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.3 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung melalui observasi lapangan, pengambilan sampel air Sungai Bailang untuk pengujian Total Coliform, pendataan jumlah ternak babi, pengamatan kondisi kandang dan sistem pengelolaan limbah, pengukuran jarak kandang terhadap badan sungai, serta dokumentasi kondisi lingkungan sekitar. Sementara itu, data sekunder diperoleh melalui studi literatur berupa buku dan jurnal ilmiah, peta lokasi dan data geografis, data kependudukan, baku mutu kualitas air, serta dokumen pendukung dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Manado, Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, dan RTRW Kota Manado.

2.4 Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dari observasi lapangan, pengujian laboratorium, dan pendataan peternakan dianalisis menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Analisis dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu analisis kandungan Total Coliform, analisis kondisi lingkungan, dan analisis perencanaan IPAL. Analisis Total Coliform dilakukan berdasarkan hasil pemeriksaan laboratorium dalam satuan MPN/100 mL, kemudian dibandingkan dengan baku mutu kualitas air berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2021 untuk mengetahui tingkat kesesuaian kualitas air Sungai Bailang. Selanjutnya, analisis kondisi lingkungan dilakukan dengan menggambarkan kondisi sungai, kondisi peternakan, sistem pengelolaan limbah, serta potensi sumber pencemar di sekitar lokasi penelitian. Adapun perencanaan IPAL dilakukan berdasarkan jumlah ternak, karakteristik limbah, dan perkiraan debit limbah yang dihasilkan melalui perhitungan kebutuhan unit pengolahan, penentuan dimensi masing-masing unit, serta penyusunan desain atau tata letak IPAL. Hasil analisis tersebut menjadi dasar penyusunan rancangan IPAL peternakan yang diharapkan mampu mengurangi potensi pencemaran limbah terhadap Sungai Bailang.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Kota Manado merupakan ibu kota Provinsi Sulawesi Utara yang memiliki bentang alam berupa dataran dan perbukitan serta lima sungai besar. Salah satunya adalah Sungai Bailang dengan panjang alur utama 28,131 km dan luas Daerah Aliran Sungai (DAS) sekitar 104,5 km². Sungai ini melintasi Kecamatan Bunaken, Tuminting, dan Mapanget, berhulu di kaki Gunung Klabat, serta bermuara di sekitar Pelabuhan Pelelangan Ikan (PPI) Kelurahan Tumumpa, Kecamatan Tuminting. Daerah sekitar Sungai Bailang didominasi kawasan permukiman dan aktivitas masyarakat yang berpotensi menghasilkan limbah domestik maupun peternakan. Secara hidrologis, peningkatan debit saat musim hujan dapat membawa sampah, bahan organik, dan limbah ke badan sungai sehingga memengaruhi kualitas fisik, kimia, dan biologis perairan. Kondisi tersebut menjadikan Sungai Bailang berpotensi mengalami pencemaran dan memerlukan pengelolaan lingkungan yang memadai.

3.2 Kondisi Peternakan Babi dan Sumber Limbah yang Dihasilkan

Peternakan babi yang menjadi objek penelitian berada di sekitar aliran Sungai Bailang dan merupakan salah satu kegiatan ekonomi masyarakat setempat. Sistem pemeliharaan umumnya menggunakan kandang permanen berlantaikan beton dengan aktivitas pemberian pakan, penyediaan air minum, pembersihan kandang, dan pemeliharaan kesehatan ternak. Kegiatan tersebut menghasilkan limbah padat dan cair yang berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak diolah dengan baik.

3.2.1 Karakteristik Peternakan Babi

Peternakan babi berperan sebagai sumber pendapatan dan cadangan ekonomi rumah tangga masyarakat. Namun, kegiatan pemeliharaannya menghasilkan limbah berupa feses, urine, sisa pakan, dan air pencucian kandang. Volume limbah dipengaruhi jumlah serta bobot ternak, jenis pakan, sistem pemeliharaan, dan penggunaan air.

Limbah tersebut mengandung bahan organik, nitrogen, amonia, padatan tersuspensi, serta mikroorganisme patogen. Apabila masuk langsung ke badan air, kandungan pencemar dapat meningkat dan mengubah kualitas perairan. Salah satu indikator pencemaran mikrobiologis yang dapat digunakan adalah Total Coliform, yang keberadaannya mengindikasikan kemungkinan kontaminasi dari limbah ternak (Nasional et al., 2022).

3.2.2 Sumber Limbah Peternakan

Sumber pencemaran dari kegiatan peternakan babi meliputi:

a) Feses ternak, merupakan limbah padat yang mengandung bahan organik, unsur hara, padatan tersuspensi, dan mikroorganisme dari saluran pencernaan.
b) Urine ternak, merupakan limbah cair yang mengandung nitrogen, amonia, dan zat terlarut yang dapat menimbulkan bau serta mencemari perairan.
c) Air pencucian kandang, berasal dari pembersihan kandang dan peralatan yang bercampur dengan feses, urine, sisa pakan, serta bahan organik lainnya.
d) Limbah cair peternakan babi merupakan campuran kompleks yang mengandung bahan organik, nitrogen, fosfor, logam berat, dan mikroorganisme sehingga memerlukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan (Prayoga M. et al., 2024).

3.2.3 Potensi pencemaran terhadap Sungai Bailang

Lokasi peternakan yang berdekatan dengan Sungai Bailang meningkatkan risiko masuknya limbah melalui saluran pembuangan dan limpasan permukaan (runoff), terutama saat hujan. Limbah tersebut berpotensi meningkatkan konsentrasi bahan organik, padatan tersuspensi, Total Coliform, dan Escherichia coli. Berdasarkan observasi lapangan, aktivitas peternakan menjadi salah satu sumber pencemar potensial sehingga diperlukan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk mengurangi beban pencemaran sebelum limbah dialirkan ke lingkungan.

3.3 Hasil Analisis Kandungan Total Coliform pada Air Sungai Bailang

Hasil analisis kandungan Total Coliform pada air Sungai Bailang diperoleh berdasarkan data Dinas Lingkungan Hidup Kota Manado. Data tersebut digunakan untuk menggambarkan kondisi mikrobiologis perairan serta mengidentifikasi potensi pencemaran yang berkaitan dengan aktivitas di sekitar sungai.

Tabel 1. Kandungan Total Coliform pada Air Sungai Bailang
Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kota Manado

Parameter_Name	Unit	Result |Ad|, RL
Fecal Coliform	MPN/100mL	35000

Berdasarkan hasil di atas parameter Biologisnya menunjukan hasil 35000 MPN/100mL, yang berarti sudah sangat tercemar jika di bandingkan dengan Baku Mutu air menurut PP No 28 Tahun 2001.

3.4 Pembahasan Pengaruh Aktivitas Peternakan terhadap Kandungan Total Coliform

Peningkatan kebutuhan produk hewani mendorong perkembangan kegiatan peternakan yang turut menghasilkan limbah dalam jumlah besar. Pembuangan limbah ternak secara langsung ke sungai berpotensi meningkatkan kandungan bahan organik, nitrogen, fosfor, amonia, dan bakteri patogen. Selain itu, residu antibiotik serta obat-obatan hewan dapat menambah risiko pencemaran lingkungan.

Berdasarkan data Kecamatan Mapanget Dalam Angka Tahun 2026, wilayah Buha memiliki sedikitnya 40 ekor babi yang diternakkan dan umumnya berada di sekitar aliran Sungai Bailang. Hasil observasi menunjukkan pengelolaan limbah peternakan belum optimal, ditandai dengan masih tercium bau amonia di sekitar lokasi. Kondisi ini menunjukkan perlunya pengendalian limbah untuk melindungi kualitas air sungai yang dimanfaatkan masyarakat sebagai sumber air bersih dan kebutuhan peternakan (Moningka et al., 2025).

3.5 Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Peternakan Babi

Limbah peternakan babi yang terdiri atas feses, urine, sisa pakan, dan air pencucian kandang berpotensi menurunkan kualitas Sungai Bailang apabila dibuang tanpa pengolahan. Oleh karena itu, direncanakan sistem IPAL berdasarkan jumlah ternak, karakteristik limbah, dan kondisi lahan. Sistem ini diharapkan mampu menurunkan kandungan bahan organik, padatan tersuspensi, serta mikroorganisme pencemar sebelum limbah dibuang ke lingkungan.

3.5.1 Estimasi Debit Air Limbah

Debit air limbah dihitung berdasarkan jumlah ternak dan produksi limbah setiap ekor menggunakan rumus:

$$Q = N \times q$$

Keterangan:

- Q = Debit air limbah (L/hari)
- N = Jumlah ternak (ekor)
- q = Produksi limbah (L/ekor/hari)

Dengan jumlah 40 ekor babi dan estimasi produksi limbah sebesar 20 L/ekor/hari, diperoleh perhitungan sebagai berikut: $Q = 40 \times 20 = 800$ L/hari = 0,8 m³/hari

Produksi limbah tersebut terdiri atas urine sebesar 2 L/ekor/hari, air dalam feses sekitar 3,6 L/ekor/hari, serta air pencucian kandang dan sisa minum sebesar 14,4 L/ekor/hari. Dengan demikian, total limbah cair diperkirakan mencapai 20 L/ekor/hari.

Untuk mengantisipasi fluktuasi debit, digunakan faktor keamanan sebesar 20%, sehingga perhitungannya adalah:

Q desain = 0,8 × 1,2

Q desain = 0,96 m³/hari

Debit rencana kemudian dibulatkan menjadi 1,0 m³/hari sebagai dasar perencanaan kapasitas unit IPAL.

3.5.2 Perhitungan Dimensi Unit Pengolahan IPAL

Sistem IPAL direncanakan menggunakan bak pengumpul, bak pengendapan awal, bak ekualisasi, Anaerobic Baffled Reactor (ABR), Constructed Wetland, dan kolam disinfeksi.

A. Bak Pengumpul

Bak pengumpul berfungsi menampung sementara air limbah sebelum memasuki unit pengolahan berikutnya. Dengan debit 1,0 m³/hari dan waktu detensi 1 jam, volume desain ditetapkan sebesar 0,05 m³.

Tabel 2. Resume Dimensi Bak Pengumpul
(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Parameter	Nilai
Panjang	0,40 m
Lebar	0,25 m
Tinggi air	0,50 m
Tinggi total	0,70 m
Volume efektif	0,05 m³

B. Bak Pengendapan Awal

Bak pengendapan awal berfungsi memisahkan padatan kasar dan lumpur sebelum limbah memasuki unit biologis. Dengan waktu detensi sekitar 2,16 jam, diperoleh dimensi yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Resume Dimensi Bak Pengendapan Awal
(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Parameter	Nilai
Panjang	0,60 m
Lebar	0,30 m
Tinggi air	0,50 m
Volume efektif	0,09 m³
Waktu detensi aktual	2,16 jam

C. Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi berfungsi menyeragamkan debit dan konsentrasi limbah untuk mencegah shock loading yang dapat mengganggu aktivitas mikroorganisme pada unit pengolahan berikutnya (Rifka Alkhilyatul Ma'rifat dan I Made Suraharta, 2024). Berdasarkan estimasi karakteristik limbah, diperoleh beban pencemar pada Tabel 4.

Tabel 4. Beban Pencemar Air Limbah Peternakan
(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Parameter	Konsentrasi (mg/L)	Beban pencemar (kg/hari)
BOD	1.200	0,96
COD	2.500	2,00
TSS	5.000	4,00

Volume bak ekualisasi dihitung menggunakan waktu tinggal 8 jam dan ditetapkan sebesar 0,35 m³ sebagai volume desain.

Tabel 5. Dimensi Akhir Bak Ekualisasi
(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Parameter	Nilai
Panjang	0,80 m
Lebar	0,60 m
Tinggi air	0,60 m
Freeboard	0,20 m
Tinggi total	0,80 m
Volume efektif aktual	0,288 m³

3.5.3. Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

ABR merupakan unit pengolahan biologis anaerob yang menggunakan beberapa kompartemen bersekat untuk meningkatkan kontak antara air limbah dan mikroorganisme pengurai. Perencanaan menggunakan debit 0,8–1,0 m³/hari, konsentrasi COD 2.500 mg/L, BOD 1.200 mg/L, dan TSS 5.000 mg/L.

Berdasarkan perhitungan awal, pengendapan menghasilkan estimasi penyisihan COD sebesar 26% dan BOD sebesar 28%. Selanjutnya, reaktor direncanakan menggunakan empat kompartemen up-flow dengan kedalaman efektif 1,5 m dan lebar 0,60 m. Panjang setiap kompartemen ditetapkan 0,40 m untuk mengurangi risiko sludge washout dan memudahkan pemeliharaan.

Tabel 6. Ringkasan Kriteria Desain dan Dimensi ABR

No.	Parameter	Kriteria Desain	Hasil Perencanaan	Satuan
1	Debit air limbah	–	0,8–1,0	m³/hari
2	HRT pengendap	1,5–3	2	jam
3	Efisiensi penyisihan COD awal	–	26	%
4	Efisiensi penyisihan BOD awal	–	28	%
5	Jumlah kompartemen	4–6	4	buah
6	Lebar kompartemen	–	0,60	m
7	Kedalaman efektif	1,0–2,5	1,50	m
8	Panjang setiap kompartemen	≥0,30	0,40	m
9	Kecepatan aliran up-flow	–	–	–



Gambar 2. Tanaman Typha latifolia (Ekor Kucing)
(Sumber: Dokumentasi referensi tanaman)



Gambar 3. Tanaman Canna indica (Sigi-sigi)
(Sumber: Dokumentasi referensi tanaman)

Efisiensi pengolahan yang digunakan mengacu pada Parde et al. (2021), dengan asumsi konservatif berupa penyisihan COD 60%, BOD 80%, dan TSS 80%. Berdasarkan konsentrasi influen dari ABR, diperoleh estimasi efluen yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Efisiensi Penyisihan Parameter Pencemar pada Unit Constructed Wetland
(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Parameter	Influen (mg/L)	Efisiensi (%)	Efluen (mg/L)
COD	555	60	222
BOD	216	80	43,2
TSS	825	80	165

3.5.4 Kolam Disinfeksi

Kolam disinfeksi berfungsi mengendalikan mikroorganisme patogen melalui pemberian klorin setelah proses pengolahan biologis. Perencanaan menggunakan debit 1,0 m^3/hari, waktu kontak 2 jam, kedalaman efektif 0,40 m, dan dosis klorin aktif 10 mg/L.

Volume kolam yang dibutuhkan sebesar 0,0833 m^3, sedangkan dimensi aktual ditetapkan 0,50 m × 0,50 m × 0,40 m dengan volume 0,10 m^3. Kebutuhan klorin aktif sebesar 10 gram/hari atau sekitar 16,7 gram/hari kaporit dengan kandungan klorin 60%.

Tabel 8. Resume Perencanaan Unit IPAL

Parameter desain	Constructed Wetland	Kolam Disinfeksi
Debit aliran	1,0 m^3/hari	1,0 m^3/hari
Waktu tinggal	36 jam	2 jam
Volume efektif desain	1,50 m^3	0,0833 m^3
Panjang aktual	7,20 m	0,50 m
Lebar aktual	1,00 m	0,50 m
Kedalaman air	0,60 m	0,40 m
Freeboard	0,20 m	0,20 m
Tinggi total	0,80 m	0,60 m

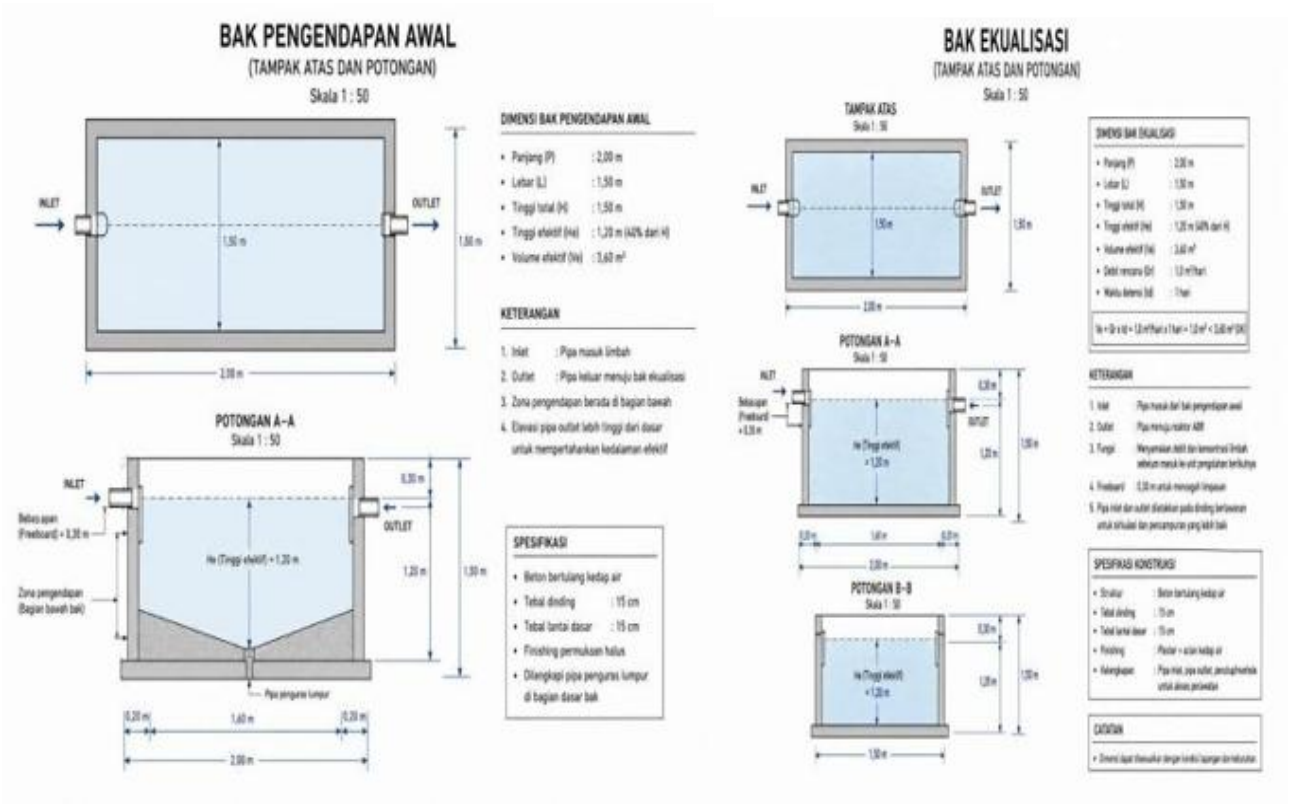
3.5.5 Neraca Pengolahan Air Limbah

Berdasarkan keseluruhan tahapan pengolahan, terjadi penurunan konsentrasi pencemar secara bertahap mulai dari pengendapan awal, ABR, hingga Constructed Wetland. Kolam disinfeksi berfungsi sebagai pengendalian mikroorganisme dan tidak diasumsikan menurunkan COD, BOD, maupun TSS secara signifikan.

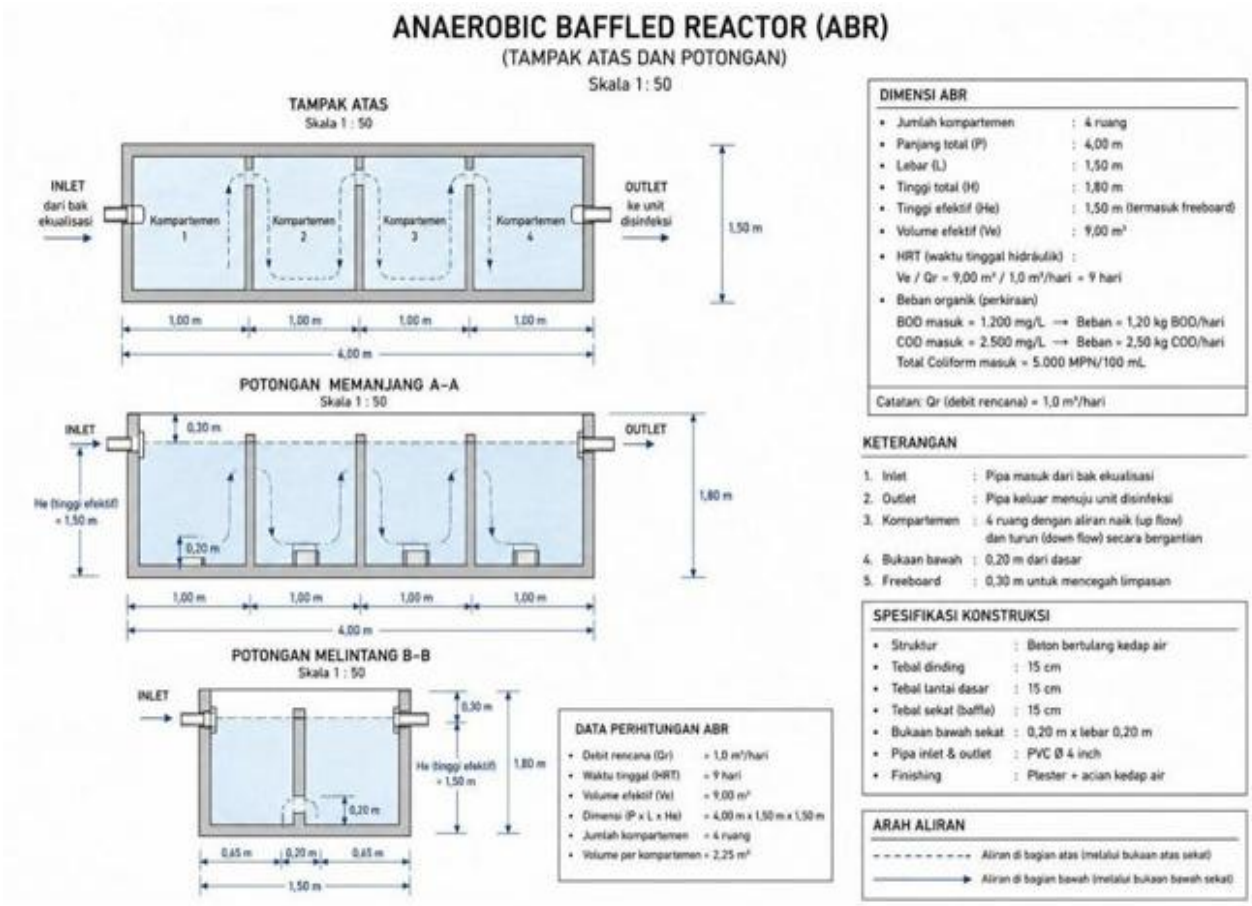
Tabel 9. Neraca Pengolahan Air Limbah dari Influen hingga Outlet

Tahapan Pengolahan	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	TSS (mg/L)
Influen	2.500	1.200	5.000
Bak pengendapan awal	1.850	864	2.750
Bak ekualisasi	1.850	864	2.750
ABR	555	216	825
Constructed Wetland	222	43,2	165
Kolam disinfeksi	222	43,2	165
Outlet ke sungai	222	43,2	165

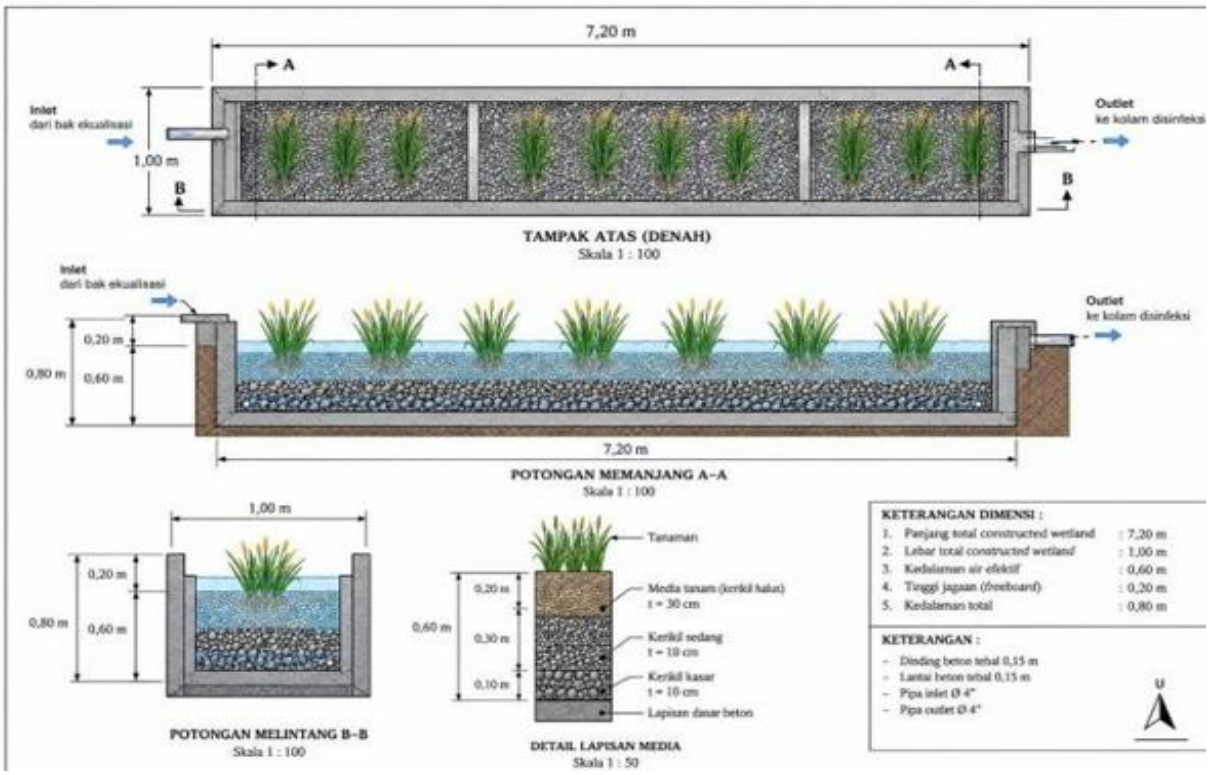
Berdasarkan neraca tersebut, sistem IPAL secara teoritis mampu menurunkan COD sebesar 91,12%, BOD sebesar 96,40%, dan TSS sebesar 96,70%. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa kombinasi pengolahan fisik, biologis anaerob, lahan basah buatan, dan disinfeksi berpotensi mengurangi beban pencemar sebelum air limbah dialirkan ke Sungai Bailang.



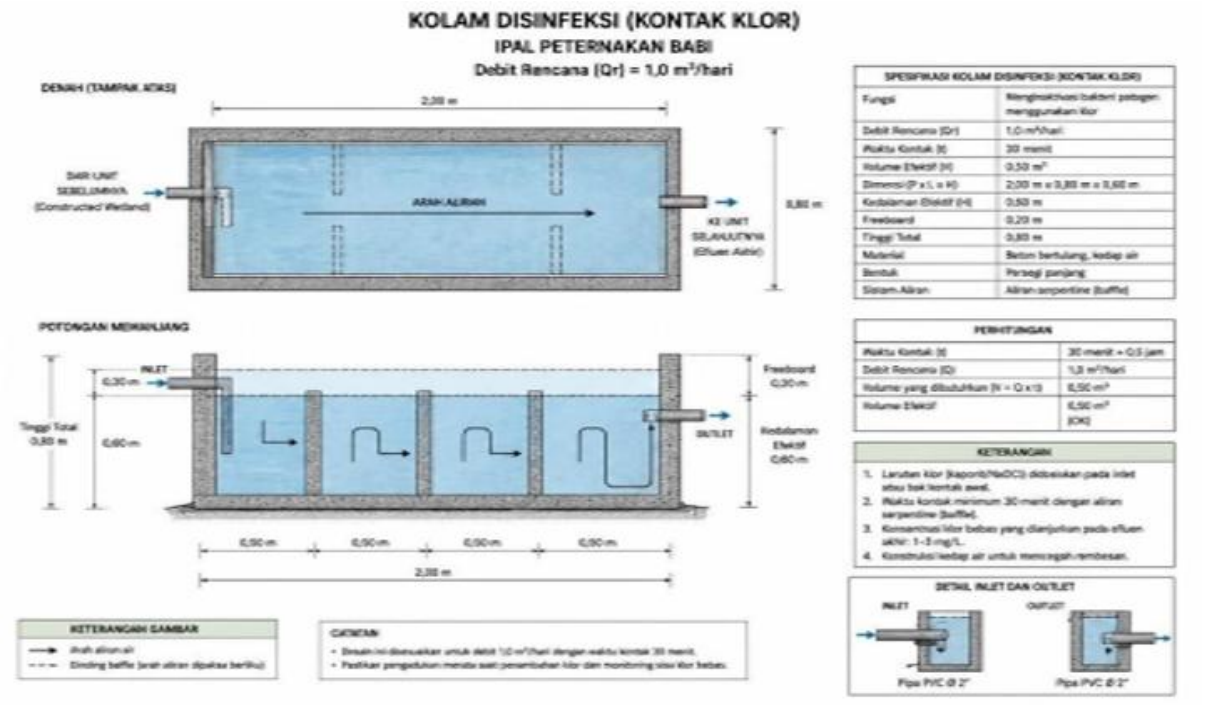
Gambar 4. Detail Bak Pengendapan Awal dan Bak Ekualisasi IPAL (Tampak Atas dan Potongan)



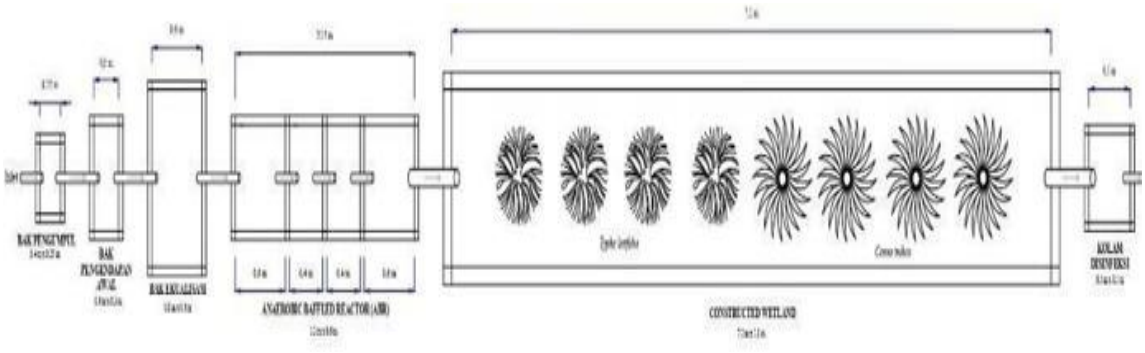
Gambar 5. Detail *Anaerobic Baffled Reactor* (Tampak Atas dan Potongan)



Gambar 6. Detail Constructed Wetland Sebagai Unit Pengolahan Air Limbah (Tampak Atas dan Potongan)



Gambar 7. Detail Kolam Disinfeksi (Kontak Klor)



Gambar 8. Tata Letak IPAL Peternakan Babi

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan perencanaan, aktivitas peternakan babi di kawasan Sadang, Kelurahan Buha, berpotensi mencemari Sungai Bailang melalui limbah feses, urine, dan air pencucian kandang yang mengandung bahan organik serta bakteri patogen. Dengan populasi 40 ekor babi, debit limbah yang dihasilkan mencapai 0,8 m³/hari, sedangkan debit desain ditetapkan sebesar 1,0 m³/hari. Untuk mengurangi beban pencemaran dengan karakteristik limbah BOD 1.200 mg/L, COD 2.500 mg/L, dan TSS 5.000 mg/L, direncanakan sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang terdiri atas bak pengumpul, bak pengendapan awal, bak ekualisasi, Anaerobic Baffled Reactor (ABR), Constructed Wetland, dan kolam disinfeksi. Sistem tersebut diharapkan mampu mengolah limbah sebelum dibuang ke lingkungan sehingga kualitas air Sungai Bailang tetap terjaga.

Upaya pengendalian pencemaran Sungai Bailang perlu dilakukan melalui sosialisasi kepada masyarakat mengenai pencemaran air, parameter kualitas air, dampak pencemaran, serta langkah pencegahannya. Selain itu, diperlukan pembangunan instalasi pengolahan air limbah khususnya untuk limbah peternakan, disertai dukungan pemerintah setempat melalui penyusunan peraturan dan program bantuan pembangunan IPAL. Masyarakat juga diharapkan berperan aktif menjaga kebersihan lingkungan dan sungai serta tidak membuang limbah secara langsung ke badan air. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk mengkaji variabel lain yang berpengaruh terhadap pencemaran, khususnya keberadaan bakteri Total Coliform di Sungai Bailang.

Hasil evaluasi kepatuhan menunjukkan bahwa JRBM secara umum telah mengimplementasikan persyaratan regulasi utama dalam sistem operasionalnya, sebagaimana tercermin dari perolehan PROPER Hijau KLHK 2024 dan sertifikasi ICMC, dengan praktik pengelolaan HLP, sistem kolam, dan waste dump yang merujuk pada UU No. 32 Tahun 2009, PP No. 22 Tahun 2021, Permen LH No. 5 Tahun 2014, SNI 7571:2010, dan GISTM. Meskipun demikian, masih terdapat ruang perbaikan pada kalibrasi berkala model neraca air dengan data curah hujan terkini serta penguatan kapasitas drainase eksternal di area penyangga permukiman, sebagaimana terindikasi dari kejadian banjir lumpur di Desa Bakan pada Februari 2026, guna mendukung penerapan prinsip zero harm yang diamanatkan GISTM secara lebih optimal.

Referensi

Agustina, N., Nugraheni, I. A., Naim, A., Sains, F., & Yogyakarta, U. A. (2024). Analisis kualitas mikrobiologis air sungai melalui deteksi *Total Coliform* dan *Escherichia coli* menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN). *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, 2*, 1521–1534.

Akuba, S. R., & Madjowa, N. F. (2026). Desain sistem pengolahan air limbah domestik berbasis *Constructed Wetland*. *Journal of Multi Technology, 1*(2), 94–107. https://doi.org/10.69623/j-multitechno.v1i2.203

Atina, A., & Jumingin, J. (2020). Pengukuran parameter fisika di lingkungan kampus Universitas PGRI Palembang. *Jurnal Penelitian Fisika dan Terapannya (JUPITER), 2*(1), 7. https://doi.org/10.31851/jupiter.v2i1.5280

Batu, M. B. L., Sondakh, R. C., & Sumampouw, O. J. (2025). Analisis kualitas air Sungai Sawangan berdasarkan parameter kimia di Kecamatan Tombulu Kabupaten Minahasa tahun 2025. *Jurnal Kesehatan Tambusai, 6*(4), 15134–15141. https://doi.org/10.31004/jkt.v6i4.50600

Dengo, V. A., Mangangka, I., & Legrans, R. (2020). Perencanaan *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) sebagai unit pengolahan air limbah peternakan babi di Desa Rambunan Kecamatan Sonder Kabupaten Minahasa. *Jurnal Sipil Statik, 8*(4), 601–606.
Duma, A. T., Mangangka, I. R., & Legrans, R. R. I. (2022). Evaluasi kinerja dan operasional instalasi pengolahan air limbah komunal di Kelurahan Girian Indah Kecamatan Girian Kota Bitung. *Tekno, 20*, 797–808.
Hastuti, E., Nuraeni, R., & Darwati, S. (2017). Upgrading process of anaerobic baffled reactor system to comply domestic wastewater quality standard. *Jurnal Permukiman, 12*(2), 70–79.
Kurniawan, J., Kamal, E., Razak, A., & Prarikeslan, W. (2024). Faktor-faktor yang memengaruhi beban pencemaran sungai. *Jurnal Multidisiplin Ilmu, 2*, 76–86.
Moningka, A. S., Hariyadi, H., Potalangi, N. O., Palandi, R. R., Tombuku, J. L., & Lengkey, Y. K. (2025). Dampak pembuangan limbah peternakan babi terhadap kualitas air Sungai Munte Dua dan Sungai Nuai Kecamatan Sonder Kabupaten Minahasa. *Majalah INFO Sains, 6*(1), 22–31. https://doi.org/10.55724/jis.v6i1.78
Novita, M. (2007). *Pengolahan limbah peternakan*.
Prayoga M, G. A., Astuti, N. P. W., & Sumadewi, N. L. U. (2024). Pengolahan limbah cair peternakan babi menggunakan metode adsorpsi dan filtrasi. *JRSKT: Jurnal Riset Sains dan Kimia Terapan, 10*(2), 149–158. https://doi.org/10.21009/jrskt.102.02
Puspitasari, R. L., Elfidasari, D., Aulunia, R., & Ariani, F. (2017). Studi kualitas air Sungai Ciliwung berdasarkan bakteri indikator pencemaran pasca kegiatan Bersih Ciliwung 2015. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi, 3*(3), 156. https://doi.org/10.36722/sst.v3i3.222
Sholeh, M., Putra, Y. S., & Adriat, R. (2023). Kajian parameter fisis kualitas air berdasarkan nilai *Total Suspended Solid* (TSS) di Sungai Belidak Kecamatan Sungai Kakap. *Prisma Fisika, 10*(3), 296. https://doi.org/10.26418/pf.v10i3.58101
Vymazal, J. (2010). Constructed wetlands for wastewater treatment. *Water, 2*(3), 530–549. https://doi.org/10.3390/w2030530
Warlina, L. (2004). Pencemaran air. *Suparyanto dan Rosad, 5*(3).
Alamri, D., Riogilang, H., & Supit, C. (2023). Penggunaan Eco-Enzyme Dalam Menurunkan Kadar Escherichia Coli Dari Limbah Peternakan Pada Air Sungai Malalayang. *Tekno*, *21*(85), 979–989. https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno
Azifah Hunayah Izmi, Riogilang hendra, & Riogilang Herawaty. (2022). Desain Unit Instalasi Pengelolaan Air Limbah Rumah Sakit Perguruan Tinggi Negeri UNSRAT Manado Menggunakan Metode Biofilter Anaerobic-Aerobic. *Tekno*, *20*(82), 857–865.
Kalembiro, E. C., Rondonuwu, S. G., & Herawaty, R. (2024). Penanganan Pencemaran Akibat Air Limbah Domestik. *Jurnal Tekno*, *22*(87). https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno
Lelet, A. K. M., Riogilang, H., & Mangangka, I. R. (2026). *T e k n o*. *24*(96).
Lumunon, E. I. . R. H. . & S. C. J. (2021). 34282-72271-1-Sm. *Tekno 19*, *77*(Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Kiniar Di Kota Tondano), 67–76.
Onibala, M., Thambas, A. H., & Riogilang, H. (2025). Analisis Kualitas Air Di Danau Tondano Menggunakan Evaluasi Temporal, WQI, CCME-WQI, DAN PCA. *Jurnal Sosial Teknologi*, *5*(5), 1597–1611. https://doi.org/10.59188/jurnalsostech.v5i5.32095
Patungan, F., Riogilang, H., & Hendratta, L. (2025). Analisis Kualitas Air Sungai Ranowangko. *Tekno*, *23*(91), 94–103.
Riogilang, H., Mangangka, I. R. (2021). Perancangan Instalasi Pengolahan Lindi Dengan Proses Kombinasi Kolam Anaerobik ,. *Jurnal Tekno*, *19*(79), 267–274. https://ejournal.unsrat.ac.id/
Tingkat, D., Berbasis, P., Coli, B. E., Parameter, D., Kimia, F., Kawasan, D., Wori, T., & Utara, M. (2026). *Kajian Kualitas Perairan Pesisir : Hubungan Antara Aktivitas Antropogenik*. *24*(96).