

**EFEKTIVITAS EKOENZIM DALAM MENURUNKAN KADAR
KEKERUHAN DAN BOD PADA AIR SUMUR GALI DI
KECAMATAN PERCUT SEI TUAN**

SKRIPSI

Oleh:

NURUL HUSNA AMALIA

208700004



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 16/1/25

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)16/1/25

**EFEKTIVITAS EKOENZIM DALAM MENURUNKAN KADAR
KEKERUSAHAN DAN BOD PADA AIR SUMUR GALI DI
KECAMATAN PERCUT SEI TUAN**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Biologi
Universitas Medan Area



Oleh:

NURUL HUSNA AMALIA

208700004

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 16/1/25

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)16/1/25

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Efektivitas Ekoenzim Dalam Menurunkan Kadar Kekeruhan Dan BOD Pada Air Sumur Gali Di Kecamatan Percut Sei Tuan
Nama : Nurul Husna Amalia
NPM : 208700004
Prodi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


Dr. Ferdinand Susilo, S.Si, M.Si.
Pembimbing I


Rahmiati, S.Si, M. Si.
Pembimbing II

Mengetahui:


Dr. Ferdinand Susilo, S.Si, M.Si.
Dekan


Rahmiati, S.Si, M.Si.
Ketua Program Studi

Tanggal Lulus : 28 Agustus 2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 9 Agustus 2024



Nurul Husna Amalia
208700004

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurul Husna Amalia
NPM : 208700004
Program Studi : S1-Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jenis karya : Skripsi

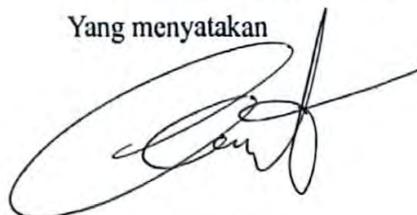
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul: **Efektivitas Ekoenzim Dalam Menurunkan Kadar Kekeruhan dan BOD Pada Air Sumur Gali Di Kecamatan Percut Sei Tuan.**

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Medan

Pada tanggal: 9 Agustus 2024

Yang menyatakan

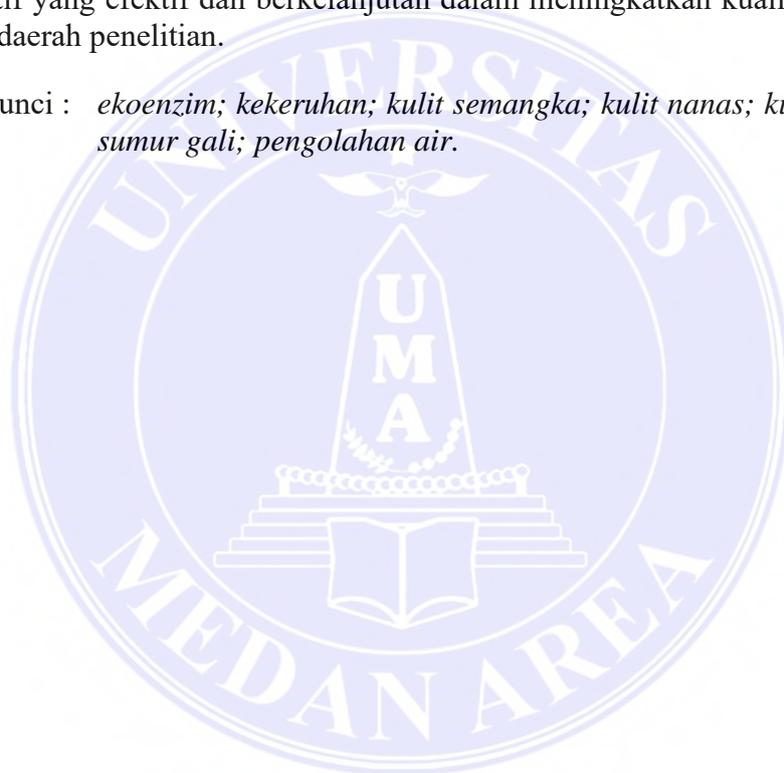


(Nurul Husna Amalia)

ABSTRAK

Ekoenzim adalah produk fermentasi alami dari limbah organik yang memiliki potensi untuk memperbaiki kualitas air melalui proses biologis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penggunaan ekoenzim yang berasal dari kulit nanas, kulit semangka dan kombinasi keduanya dalam menurunkan kadar kekeruhan pada air sumur gali di Kecamatan Percut Sei Tuan. Dalam penelitian ini, sampel air sumur gali dikumpulkan dan dianalisis sebelum dan sesudah perlakuan dengan ekoenzim. Parameter utama yang diukur adalah tingkat kekeruhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi ekoenzim secara signifikan mengurangi kadar kekeruhan dalam air sumur gali. Penurunan ini menunjukkan potensi besar ekoenzim sebagai solusi ramah lingkungan untuk pengolahan air. Dengan demikian, penggunaan ekoenzim dapat menjadi alternatif yang efektif dan berkelanjutan dalam meningkatkan kualitas air sumur gali di daerah penelitian.

Kata Kunci : *ekoenzim; kekeruhan; kulit semangka; kulit nanas; kualitas air; air sumur gali; pengolahan air.*



ABSTRACK

Eco-enzymes are natural fermentation products from organic waste with the potential to improve water quality through biological processes. This study aims to determine the effectiveness of using eco-enzymes derived from pineapple peels, watermelon rinds, and their combination in reducing the turbidity levels in dug well water in the Percut Sei Tuan District. In this research, samples of dug well water were collected and analyzed before and after treatment with eco-enzymes. The main parameter measured was turbidity levels. The results of the study showed that the application of eco-enzymes significantly reduced turbidity levels in the dug well water. This reduction indicates the great potential of eco-enzymes as an environmentally friendly solution for water treatment. Therefore, the use of eco-enzymes can be an effective and sustainable alternative for improving the quality of dug well water in the study area.

Keywords: *Eco-enzyme; Turbidity; Watermelon rind; Pineapple peel; Water quality; Dug well water; Water treatment*



RIWAYAT HIDUP

Saya Nurul Husna Amalia, lahir di Medan pada tanggal 7 Desember 2001. Saya adalah anak ke-4 dari 5 bersaudara. Sejak kecil, saya telah menempuh Pendidikan formal dimulai dari Sekolah Dasar di SD Tunas Harapan, yang saya selesaikan pada tahun 2013. Setelah itu, saya melanjutkan pendidikan ke jenjang Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 3 Medan dan lulus pada tahun 2016. Kemudian, saya menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMK Negeri 3 Medan, dan berhasil meraih ijazah pada tahun 2019 dengan Jurusan Kimia Analisa.

Keinginan untuk memperdalam ilmu pengetahuan membawa saya untuk melanjutkan pendidikan ke jenjang yang lebih tinggi. Pada tahun 2020, saya diterima sebagai mahasiswa di Universitas Medan Area pada program studi Biologi. Selama masa perkuliahan, saya aktif dalam berbagai kegiatan akademik dan organisasi yang mendukung pengembangan diri serta kemampuan kepemimpinan saya.

Selama pendidikan di universitas, saya meraih penghargaan sebagai mahasiswa berprestasi dalam kegiatan PKM 2022, serta magang di PT Mutu International pada pengujian kualitas air tahun 2023. Saya juga menerima bantuan penelitian dari PT Mutu International tahun 2024. Pengalaman ini membekali saya dengan pengetahuan dan keterampilan yang saya terapkan dalam skripsi ini. Dengan bekal tersebut, saya berharap dapat terus berkontribusi di bidang Biologi setelah menyelesaikan studi.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi yang berjudul "Efektivitas Ekoenzim dalam Menurunkan Kadar Kekeruhan dan BOD pada Air Sumur Gali di Kecamatan Percut Sei Tuan" ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Biologi pada Universitas Medan Area.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis telah menerima banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ayahanda Razali dan Ibunda Rahmadani yang telah banyak berjuang, memberikan dukungan moral, material serta dukungan dan doanya.
2. Seluruh keluarga besar kakak, abang dan adik yang memberikan dukungan dan doa kepada penulis secara tulus.
3. Bapak Dr. Ferdinand Susilo, S.Si, M.Si, sebagai Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Medan Area dan selaku Pembimbing I.
4. Ibu Rahmiati, S.Si, M.Si, sebagai Kaprodi Sains dan Teknologi Universitas Medan Area serta Pembimbing II.
5. Ibu Jamilah Nasution, S.Pd, M.Si selaku Dosen Pendamping Akademik.
6. Bapak Drs. Riyanto, Msc, selaku sekretaris komisi pembimbing dan telah banyak memberikan bantuan dan pengarahan.
7. Staff dan semua jajaran Fakultas Sains dan Teknologi di Universitas Medan Area.

8. Teman-teman yang sudah memberikan doa juga dukungan pengarahan kepada penulis.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan guna perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini. Semoga Skripsi ini dapat memberikan kontribusi positif dan bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan. Atas perhatian dan kerjasama yang diberikan, penulis mengucapkan terima kasih.

Medan, Agustus 2024

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACK	ii
RIWAYAT HIDUP	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pengertian Air.....	6
2.2 Sumber – Sumber Air.....	7
2.3 Sumur Gali	10
2.4 Syarat Air Bersih dan Karakteristik Pengujian Air	13
2.4.1 Kualitas Fisika Air	13
2.4.2 Kualitas Kimia.....	15
2.4.3 Kualitas Mikrobiologis.....	18
2.5 Pencemaran Air	19
2.6 Ekoenzim.....	21
2.6.1 Kandungan Pada Kulit Buah Nenas	23
2.6.2 Kandungan Pada Kulit Buah Semangka	23
BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.2 Alat dan Bahan	25
3.3 Metode Penelitian.....	25
3.4 Prosedur Penelitian.....	26
3.4.1 Pembuatan Ekoenzim	26
3.4.2 Pengambilan Sampel Air Sumur Gali	28
3.4.3 Aplikasi Ekoenzim ke Sampel	28
3.4.4 Pengukuran Nilai Kekeuhan	28
3.4.5 Pengukuran Nilai <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD)	29
3.5 Analisis Data	30

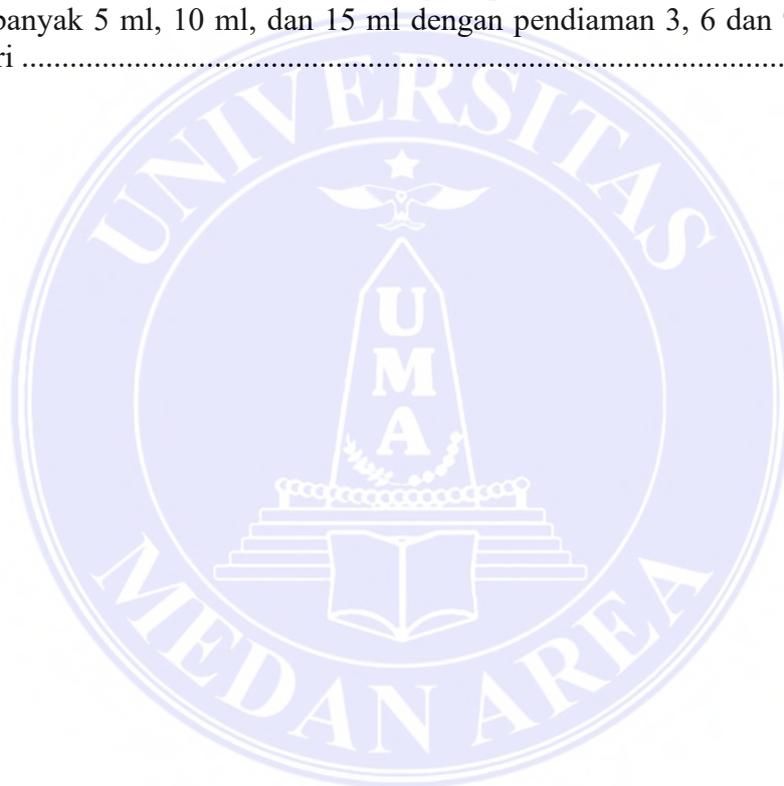
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Karakteristik Sampel dan Lingkungan Sekitar Air Sumur Gali	33
4.2 Karakteristik Ekoenzim	36
4.3 Pengukuran Parameter Kualitas Air Sumur	37
4.4 Analisis Efektivitas Ekoenzim terhadap nilai kekeruhan	46
4.4.1 Efektivitas penambahan ekoenzim kulit nanas (P1) terhadap nilai kekeruhan dengan perlakuan volume ekoenzim dan jumlah hari	46
4.4.2 Efektivitas penambahan ekoenzim kulit semangka (P2) terhadap nilai kekeruhan dengan perlakuan volume ekoenzim dan jumlah hari	47
4.4.3 Efektivitas penambahan ekoenzim kombinasi kulit nanas dan semangka (P3) terhadap nilai kekeruhan dengan perlakuan volume ekoenzim dan jumlah hari	48
4.5 Analisis efektivitas jenis ekoenzim terhadap nilai BOD	50
4.5.1 Efektivitas penambahan ekoenzim kulit nanas (P1) terhadap nilai BOD (<i>Biologycal Oxygen Demand</i>) dengan perlakuan volume ekoenzim dan jumlah hari	50
4.5.2 Efektivitas penambahan ekoenzim kulit semangka (P2) terhadap nilai BOD (<i>Biologycal Oxygen Demand</i>) dengan perlakuan volume ekoenzim dan jumlah hari	51
4.5.3 Efektivitas penambahan ekoenzim kombinasi kulit nanas dan kulit semangka (P3) terhadap nilai BOD (<i>Biologycal Oxygen Demand</i>) dengan perlakuan volume ekoenzim dan jumlah hari	52
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	54
5.1 Simpulan	54
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN.....	63

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Penyajian data hasil pengamatan nilai kekeruhan dan BOD pada perlakuan penambahan ekoenzim (5, 10 dan 15ml) pada sampel air sumur dengan masa pengamatan 3 hari, 6 hari, dan 9 hari setelah perlakuan.....	31
2. Tabel Anova nilai kekeruhan dan BOD pada perlakuan penambahan ekoenzim (5, 10 dan 15ml) pada sampel air sumur dengan masa pengamatan 3 hari, 6 hari, dan 9 hari setelah perlakuan.....	31
3. Hasil Analisa Varian (ANOVA) Kekeruhan Pengamatan 3 hari, 6 hari dan 9 hari	32
4. Hasil uji fisik (organoleptik) dan kimia ekoenzim limbah kulit nanas, semangka dan kombinasi (kulit nanas dan semangka)	37
5. Nilai rata-rata kekeruhan dengan penambahan ekoenzim pada konstentrasi 5 ml, 10 ml dan 15 ml dan masa pendiaman 3, 6 dan 9 hari	39
6. Nilai rata-rata BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>) dengan penambahan ekoenzim pada konstentrasi 5%, 10% dan 15% dan masa pendiaman 3, 6 dan 9 hari	42
7. Uji ANOVA Efektivitas penambahan ekoenzim kulit nanas (P1) terhadap nilai kekeruhan dengan perlakuan volume ekoenzim dan jumlah hari.....	47
8. Uji ANOVA Efektivitas penambahan ekoenzim kulit Semangka (P2) terhadap nilai kekeruhan dengan perlakuan volume ekoenzim dan jumlah hari	48
9. Uji ANOVA Efektivitas penambahan ekoenzim kulit kombinasi kulit nanas dan semangka (P3) terhadap nilai kekeruhan dengan perlakuan volume ekoenzim dan jumlah hari	49
10. Uji ANOVA Efektivitas penambahan ekoenzim kulit nanas (P1) terhadap nilai BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>) dengan perlakuan volume ekoenzim dan jumlah hari	50
11. Uji ANOVA Efektivitas penambahan ekoenzim kulit semangka (P2) terhadap nilai BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>) dengan perlakuan volume ekoenzim dan jumlah hari	51
12. Uji ANOVA Efektivitas penambahan ekoenzim kombinasi kulit nanas dan semangka (P3) terhadap nilai BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>) dengan perlakuan volume ekoenzim dan jumlah hari	53

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Sampel air sumur gali	33
2. Lokasi lingkungan sekitar tempat sampel air sumur gali.....	35
3. Ekoenzim	36
4. Grafik nilai rata-rata kekeruhan dengan penambahan ekoenzim sebanyak 5 ml, 10 ml, dan 15 ml dengan pendiaman 3, 6 dan 9 hari	38
5. Grafik nilai rata-rata BOD dengan penambahan ekoenzim sebanyak 5 ml, 10 ml, dan 15 ml dengan pendiaman 3, 6 dan 9 hari	42



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Standar baku mutu kualitas air.....	63
2. Tabel ANOVA Efektivitas penambahan ekoenzim kulit nanas (P1) terhadap nilai kekeruhan	64
3. Tabel ANOVA Efektivitas penambahan ekoenzim kulit semangka (P2) terhadap nilai kekeruhan	64
4. Tabel ANOVA Efektivitas penambahan ekoenzim kombinasi kulit nanas dan semangka (P3) terhadap nilai kekeruhan	64
5. Tabel ANOVA Efektivitas penambahan ekoenzim kulit nanas (P1) terhadap nilai BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>)	64
6. Tabel ANOVA Efektivitas penambahan ekoenzim kulit semangka (P2) terhadap nilai BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>)	65
7. Tabel ANOVA Efektivitas penambahan ekoenzim kombinasi kulit nanas dan semangka (P3) terhadap nilai BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>)	65
8. Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian	65
9. Sampel Pengujian Air Sumur Gali.....	67

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air sebagai sumber daya alam yang dapat diperbarui, memegang peran penting dalam kehidupan. Antara lain, keperluan air minum, irigasi, air baku untuk industri, air baku perkotaan, rumah tangga, pemeliharaan sungai, untuk transportasi, untuk pariwisata, pembangkit listrik tenaga air yang disebut dengan PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air). Kehidupan semua organisme bergantung pada air dan tidak ada senyawa lain yang dapat menggantikan perannya (Earnestly, 2018; Andini, 2017; Sudiby, 2023). Di dalam kehidupan sehari-hari air memiliki peran utama sebagai sumber air minum dan higienitas sanitasi.

Air untuk higienitas sanitasi, yang disebut sebagai air bersih, memiliki kualitas yang berbeda dengan air minum sesuai dengan Permenkes RI nomor 32 tahun 2017. Air untuk keperluan higienitas sanitasi digunakan untuk perawatan kebersihan perorangan seperti mandi, sikat gigi, pencucian bahan pangan dan alat makan. Menurut, Permenkes RI nomor 2 tahun 2023, air minum merupakan air yang dapat langsung diminum tanpa atau dengan proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan, standar baku mutu Kesehatan lingkungan media air minum dituangkan dalam parameter acuan seperti parameter mikrobiologi, kimia dan radioaktif dalam memvalidasi keamanan air minum. Upaya pemantauan dan pengendalian kualitas air minum yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas air untuk dikonsumsi dan memberikan manfaat signifikan bagi masyarakat.

Sumber air adalah komponen esensial dalam fungsi sistem penyediaan air, dan pengetahuan tentang karakteristik serta faktor-faktor yang mempengaruhinya

menjadi krusial. Dalam pemilihan air baku untuk penyediaan air bersih, pemahaman ini diharapkan dapat membantu, terutama dengan mempertimbangkan karakteristik sumber air dan faktor-faktor yang mempengaruhinya (Ariyatun *et al.*, 2018). Sumber air bersih dapat dimanfaatkan berasal dari air tanah, air tanah terbagi menjadi 2 yaitu air tanah dangkal (sumur gali) dan air tanah dalam (sumur bor). Yang Secara umum, masyarakat di daerah pedesaan dan perkotaan di Indonesia cenderung menggunakan sumur sebagai sumber air. Air sumur merupakan salah satu sarana yang paling umum digunakan oleh masyarakat Indonesia sebagai sumber air minum dan air bersih untuk kebutuhan sehari-hari (Indasah, 2017).

Sebagian besar masyarakat sudah beralih menggunakan air PAM dalam pemenuhan akan air bersih. Sama halnya dengan penduduk di Kecamatan Percut Sei Tuan sebagian besar sudah menggunakan air PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) Kota Medan, akan tetapi masih banyak pula rumah tangga yang menggunakan sumber air bersih berasal dari sumur gali. Untuk tahun 2019, jumlah rumah tangga di Kecamatan Percut Sei Tuan sebanyak 31.574 rumah tangga, sementara jumlah rumah tangga yang berlangganan air PDAM masih berjumlah 27.051 rumah tangga. Dari data ini dapat diketahui masih banyak rumah tangga di Kecamatan Percut Sei Tuan yang belum menggunakan air PDAM sebagai sumber air bersih yakni berjumlah 4.523 rumah tangga (BPS, 2020). Salah satunya daerah Jalan pasar 3 datuk kabu, dengan kerapatan rumah penduduk, serta aktifitas usaha yang menyebabkan saluran pembuangan tidak kedap air tercemar dan tingginya volume banjir yang dapat menimbulkan Analisa spekulatif tercemarnya sumber air sumur masyarakat sekitar.

Hasil pengamatan dilapangan, terdapat air dari beberapa sampel yang berwarna kuning yang kemungkinan disebabkan karena sumur dibuat dekat dengan tempat buangan air limbah rumah tangga ataupun septic tank. Kualitas air sumur gali pada umumnya sangat rendah dengan tingkat kekeruhan yang tinggi, kandungan logam berat dan juga secara fisik memiliki bau dan berwarna. Air yang berasal dari sumur bor dan galian di wilayah sekitar Kota Medan mengandung logam Pb, Hg, Cd, Cu, Fe, nilai pH yang tidak netral, tingkat kekeruhan yang tinggi (TDS dan TSS), dan zat organik (KMnO_4) yang cukup tinggi (Damayanti, 2009; Gusnindar, 2012, Salsabila *et al.*, 2022).

Peningkatan kualitas air dapat diimplementasikan melalui berbagai metode, dan salah satu pendekatan sederhana adalah menggunakan Ekoenzim. Metode ini bertujuan untuk mengurangi konsentrasi senyawa berbahaya atau tidak diinginkan dalam air. Penggunaan Ekoenzim terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas air, termasuk dalam hal netralisasi pH air dan pengurangan tingkat kekeruhan, serta mengurangi konsentrasi COD, BOD, dan DO (Nazim & Meera, 2013; Janarthanan & Raja, 2020; Penmatsa *et al.*, 2019).

Berbagai penelitian terkait kualitas air secara umum telah banyak dilakukan, tetapi masih sedikit penelitian terkait penggunaan Ekoenzim dalam pengolahan dan peningkatan kualitas air khususnya di sekitar Kota Medan. Penelitian pemanfaatan ekoenzim untuk menurunkan tingkat kekeruhan dan kadar COD, BOD dan DO dianggap penting dan sangat berpeluang untuk meningkatkan kualitas air di daerah Kecamatan Percut Sei Tuan. Selain itu, proses pembuatan ekoenzim dan aplikasi yang mudah memberikan peluang untuk masyarakat secara

mandiri memproduksi ekoenzim dan mengaplikasikannya di rumah masing-masing.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana perbandingan efektivitas tiga jenis komposisi ekoenzim (kulit nenas, kulit semangka, dan kombinasi kulit nanas dan kulit semangka) dalam mengurangi tingkat kekeruhan dan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) pada air sumur gali di wilayah Kecamatan Percut Sei Tuan?
2. Bagaimana perbandingan konsentrasi Ekoenzim pada setiap perlakuan dalam mengurangi tingkat kekeruhan dan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) pada air sumur gali di wilayah tersebut?
3. Apakah terdapat perbedaan yang signifikan dalam efektivitas penurunan tingkat kekeruhan dan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) pada air sumur gali dengan variasi waktu pendiaman?

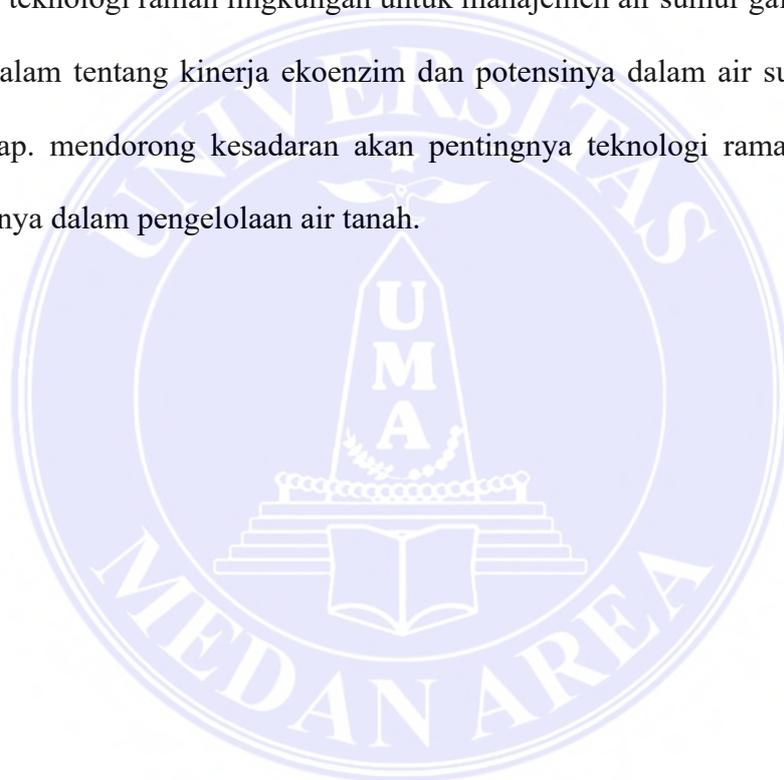
1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui efektifitas terbaik dari 3 jenis ekoenzim (kulit nenas, kulit semangka dan kombinasi antara kulit nanas dan kulit semangka) dalam penurunan kadar kekeruhan dan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) pada air sumur gali di wilayah Kecamatan Percut Sei Tuan.
2. Mengetahui konsentrasi ekoenzim yang paling optimal dalam menurunkan kadar kekeruhan dan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) pada air sumur gali di wilayah tersebut.

3. Mengetahui Waktu pendiaman yang paling optimal dalam menurunkan kadar kekeruhan dan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) pada air sumur gali di Kecamatan Percut Sei Tuan.

1.4 Manfaat Hasil Penelitian

Penelitian ini memberikan kontribusi penting pada pengelolaan kualitas air dengan fokus pada pemanfaatan ekoenzim, menambah literatur ilmiah mengenai inovasi teknologi ramah lingkungan untuk manajemen air sumur gali. Pemahaman lebih dalam tentang kinerja ekoenzim dan potensinya dalam air sumur gali juga diungkap. mendorong kesadaran akan pentingnya teknologi ramah lingkungan, khususnya dalam pengelolaan air tanah.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Air

Air adalah zat cair yang transparan, tak berwarna, dan tak berbau, yang umumnya terbentuk oleh molekul dua atom hidrogen dan satu atom oksigen (H_2O) yang memiliki peranan sangat krusial dalam kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya, dengan berbagai fungsi yang sangat esensial bagi kehidupan (Dwantari & Wiyantoko, 2019). Hampir setiap kegiatan manusia memerlukan keberadaan air, termasuk membersihkan diri (mandi), membersihkan tempat tinggal, memenuhi kebutuhan makanan dan minuman, hingga berbagai aktivitas lainnya. Oleh karena itu, jika kebutuhan akan air, baik dari segi kuantitas maupun kualitas, belum terpenuhi, dapat memberikan dampak signifikan terhadap kesehatan dan kehidupan sosial (Astuti *et al.*, 2016).

Setiap warga negara di negara maju dan negara berkembang (termasuk Indonesia) memerlukan asupan air harian masing-masing sebanyak 60-120 liter dan 30-60 liter setiap hari. Air bersih yang digunakan dan dikonsumsi harus bebas dari patogen dan tidak mengandung zat toksik yang dapat menyebabkan keracunan. (Dewanti & Sulistyorini, 2017). Namun, seringkali ditemui bahwa banyak penduduk yang terpaksa menggunakan air yang memiliki kualitas kurang baik. Tentu saja, hal ini dapat menimbulkan dampak yang merugikan bagi kesehatan masyarakat, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang (Suryana, 2013).

2.2 Sumber – Sumber Air

Air yang di permukaan bumi dapat berasal dari berbagai sumber. Terkait dengan lokasi sumbernya, air dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu air hujan, air permukaan, dan air tanah (Damayanti *et al.*, 2018).

a. Air Hujan

Air hujan adalah sumber utama air di bumi. Meskipun air hujan pada awalnya merupakan air yang sangat bersih selama proses presipitasi, namun air tersebut dapat mengalami pencemaran saat berada di atmosfer. Pencemaran di atmosfer dapat disebabkan oleh partikel debu, mikroorganisme, serta gas seperti karbon dioksida, nitrogen, dan amonia.

b. Air Permukaan

Air permukaan, yang mencakup berbagai badan air seperti sungai, danau, telaga, waduk, rawa, terjun, dan sumur permukaan sebagian besar diperoleh dari presipitasi air hujan yang jatuh ke permukaan bumi. Menurut Nurhadini (2016), air permukaan ini umumnya mengalami pencemaran selama alirannya, yang dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti lumpur, batang kayu, daun-daun, kotoran, limbah industri, dan sebagainya. Dalam klasifikasi umum, air permukaan terbagi menjadi air sungai yang bersumber dari air hujan dan mata air, air rawa atau danau yang berasal dari air hujan, mata air, dan/atau air sungai, serta air waduk yang diperoleh dari air hujan.

c. Air Tanah

Air tanah (*ground water*) berasal dari presipitasi air hujan yang jatuh ke permukaan bumi, mengalami perkolasi, penyerapan ke dalam tanah, dan melalui serangkaian proses filtrasi alami. Proses-proses ini memperbaiki dan menyaring

air hujan tersebut selama perjalanan ke dalam tanah, sehingga membuat air tanah memiliki kualitas yang lebih baik dan lebih murni dibandingkan dengan air permukaan (Widyantira, 2019).

Air tanah memiliki beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan sumber air lainnya. Pertama, air tanah umumnya bebas dari kuman penyakit dan tidak memerlukan proses purifikasi atau penyaringan tambahan. Selain itu, pasokan air tanah tetap tersedia sepanjang tahun, bahkan selama musim kemarau. Namun, di sisi lain, air tanah juga memiliki beberapa kekurangan atau kelemahan jika dibandingkan dengan sumber air lainnya. Kandungan mineral dalam air tanah dapat mencapai tingkat konsentrasi yang tinggi (Damayanti, 2018).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Perdana & Susilo (2017), air tanah mengandung sejumlah besar garam dan mineral yang terlarut saat air melewati lapisan tanah, termasuk air hujan yang menembus permukaan tanah dan meresap ke dalam tanah, mengisi rongga-rongga atau pori di dalamnya. Kualitas air tanah biasanya dianggap baik karena lapisan tanah mampu menahan zat-zat pencemar air. Dalam perspektif kedalaman, air tanah dibagi menjadi dua jenis, yaitu air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal memiliki kualitas yang cenderung lebih rendah dibandingkan dengan air tanah dalam, hal ini disebabkan oleh kemungkinan kontaminasi yang lebih tinggi dari luar dan fungsi penyaringan tanah yang lebih terbatas.

Perdana & Susilo (2017) membagi air tanah ke dalam 3 (tiga) jenis, yaitu:

d. Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal merupakan air tanah yang terdapat pada bagian atas lapisan ekuifer bebas/aquifer tidak tertekan (*Unconfined aquifer*), biasanya tidak

terlalu dalam dari bawah permukaan tanah. Keberadaan air tanah dangkal di masyarakat tidak menjamin kualitas air tersebut, karena air tanah dangkal memiliki kerugian dari segi kemudahan terkontaminasi melalui rembesan (Ameilia, 2018).

Air tanah dangkal ditemukan pada kedalaman sekitar \pm 15 meter dan berfungsi sebagai sumber air bersih yang secara umum memiliki kualitas yang cukup baik, namun mengalami ketidakstabilan kuantitas tergantung pada musim (Amaliah, 2018). Air tanah dangkal memiliki risiko kontaminasi yang lebih tinggi melalui rembesan, terutama ketika terdapat pembuangan sampah atau kotoran manusia dan hewan yang dapat mengalir di area kawasan tersebut (Rohman, 2021).

e. Air Tanah Dalam

Air tanah dalam merujuk pada air yang terletak di bawah lapisan air tanah dangkal dan berada di antara lapisan yang tidak dapat dilewati oleh air. Sumber air ini, yang juga dikenal sebagai akuifer bawah, sering dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air minum penduduk kota, industri, perhotelan, dan sebagainya. Proses pengambilan air tanah dalam lebih kompleks dibandingkan dengan air tanah dangkal. Untuk mengaksesnya, diperlukan penggunaan bor dan penyisipan pipa ke dalamnya hingga mencapai kedalaman tertentu, biasanya antara 100 hingga 300 meter, untuk menemukan lapisan air. Apabila tekanan air tanah cukup besar, air dapat mengalir keluar dengan sendirinya, dan dalam keadaan ini, sumur disebut sebagai sumur artesis. Namun, jika air tidak dapat keluar secara alami, pompa digunakan untuk membantu memompa air tanah dalam tersebut.

Menurut Amaliah (2018), mengambil air dari tanah dalam memerlukan prosedur yang lebih kompleks daripada mengakses air tanah dangkal. Dalam hal ini, dibutuhkan penggunaan bor untuk mengebor tanah dan memasukkan pipa ke dalamnya hingga mencapai kedalaman sekitar 100 hingga 300 meter. Apabila terdapat tekanan air yang cukup besar dari lapisan tanah dalam, air dapat menyembur keluar, dan jenis sumur yang dihasilkan disebut sebagai sumur artesis.

f. Mata Air

Sumber mata air secara kualitas sangat optimal sebagai sumber air baku karena berasal dari dalam tanah yang naik ke permukaan tanah akibat tekanan, menjadikannya belum terkontaminasi oleh zat-zat pencemar. Namun, dari segi kuantitas, mata air memiliki jumlah dan kapasitas yang sangat terbatas, mampu memenuhi kebutuhan sejumlah penduduk tertentu. Harus diingat bahwa terus-menerus mengambil air dari mata air dapat menyebabkan penurunan kapasitasnya seiring waktu hingga akhirnya habis.

2.3 Sumur Gali

Sumur gali, yang juga dikenal sebagai sumur dangkal, merupakan jenis konstruksi sumur yang sering digunakan untuk mengambil air tanah yang terletak di dekat permukaan tanah. Sumur gali menyediakan pasokan air dari lapisan tanah yang relatif dekat dengan permukaan, sehingga rentan terhadap kontaminasi melalui rembesan. Air tanah yang diperoleh dari sumur gali umumnya digunakan untuk keperluan rumah tangga, terutama untuk minum, memasak, mandi, dan mencuci (Widyantira, 2019).

Sumur gali menjadi sumber utama air bersih bagi penduduk di daerah pedesaan maupun perkotaan di Indonesia. Kualitas air sumur gali dapat terancam

oleh berbagai faktor, termasuk limbah rumah tangga/industri, sampah, tinja, dan pembuatan jamban yang tidak memenuhi standar teknis serta bersifat terbuka. Sumur gali yang telah digunakan untuk waktu yang cukup lama memiliki risiko lebih besar mengalami pencemaran karena selain penambahan sumber pencemar, juga lebih mudah bagi pencemar untuk merembes ke dalam sumur mengikuti aliran air tanah yang berpusat ke arah sumur. Faktor-faktor yang berkontribusi pada kualitas mikrobiologis air sumur gali yang buruk mencakup jarak antara septic tank, kondisi fisik septic tank yang tidak kedap air, dan jenis tanah. Jarak yang kurang dari 11 meter antara septic tank dan sumur gali, kondisi fisik septic tank yang tidak tahan air, dan jenis tanah berpasir merupakan faktor-faktor yang dapat memengaruhi kualitas air sumur gali (Aminah & Wahyuni, 2018)

Menurut (Khasanah, 2015) jenis sumur gali dibedakan menjadi dua yaitu:

a. Sumur gali terbuka

Sumur gali terbuka adalah jenis sumur gali yang memiliki struktur terbuka, dengan dinding yang terbuat dari beton, bibir, lantai, dan menggunakan timba sebagai alat pengambilan air.

b. Sumur gali tertutup

Persyaratan umum sumur gali menurut Badan Penelitian dan Pengembangan, Kemen PUPR RI Tahun 2017 adalah Bentuknya bulat atau persegi, diameter sumur bulat 0,80 meter dengan kedalaman minimal 2 meter dari permukaan air minimal atau pada saat musim kemarau.

Sumur gali sebagai sarana pengambilan air bersih merupakan fasilitas untuk mengeksploitasi dan menampung air tanah dari lapisan akuifer. Sumur ini digunakan sebagai sumber air dengan jumlah minimal sebanyak 400 liter setiap

hari per keluarga, dan dibuat melalui proses penggalian. Merupakan salah satu metode pengambilan air tertua di dunia, sumur gali tetap menjadi pilihan masyarakat hingga saat ini (Novalino *et al.*, 2016).

Kondisi konstruksi serta metode pengambilan air dari sumur dapat menjadi sumber potensial kontaminasi, contohnya adalah sumur dengan konstruksi terbuka dan pengambilan air menggunakan timba (Suyono & Budiman, 2014). Beberapa faktor yang memiliki dampak terhadap kualitas sumur gali meliputi rembesan dari tempat pembuangan kotoran manusia, kakus/jamban, dan keberadaan hewan. Limbah sumur juga dapat memengaruhi kualitas air, terutama jika lantai dan saluran air limbah tidak kedap air, serta jika konstruksi sumur tidak memperhatikan jarak antara sumur dengan sumber pencemar (Tanjung Sari *et al.*, 2016). Selain itu, faktor-faktor seperti aktivitas manusia, sistem pembuangan, dan lokasi septic tank juga dapat berdampak pada kualitas air (Jidauna *et al.*, 2013). Untuk memastikan bahwa sumur gali berfungsi sebagai sumber air bersih yang aman dan sesuai dengan regulasi yang berlaku, perlu memperhatikan persyaratan konstruksi dan lokasi pembangunan sumur gali (Katiho *et al.*, 2013).

2.4 Syarat Air Bersih dan Karakteristik Pengujian Air

Kriteria kualitas mencerminkan standar mutu dari sumber air untuk air bersih. Sesuai dengan pedoman organisasi internasional seperti WHO (*World Health Organization*), otoritas lokal seperti Departemen Kesehatan, dan peraturan lain yang berlaku, seperti ketentuan APHA (*American Public Health Association*) atau Asosiasi Kesehatan Masyarakat AS, penilaian layak tidaknya air untuk konsumsi manusia berdasarkan persyaratan kualitas fisik, kimia, dan biologis (Quddus, 2014). Aspek kualitas fisik mencakup bau, TDS (*Total Dissolved Solid*),

kekeruhan, rasa, suhu, dan warna. Aspek kimia anorganik melibatkan parameter seperti arsenik, fluoride, total kromium, kadmium, nitrit, nitrat, sianida, selenium, besi, kesadahan, klorida, mangan, pH, seng, sulfat, dan timbal. Sementara itu, aspek kimia organik mencakup zat organik, dan aspek biologi melibatkan total koliform (Musli & de Fretes, 2016).

2.4.1 Kualitas Fisika Air

Menurut Permenkes No. 32 Tahun 2017 karakteristik air berdasarkan parameter fisik sebagai berikut:

a. Jernih atau tidak keruh

Kekeruhan merupakan fenomena optik yang terjadi ketika cahaya membentur partikel-partikel terdispersi di dalam air. Bahan-bahan organik dan anorganik, seperti lumpur dan limbah, dapat menjadi penyebab terjadinya kekeruhan dalam air (Quddus, 2014). Faktor yang menyulitkan upaya penyaringan dan mengurangi efektivitas desinfeksi dalam proses penjernihan air adalah tingginya nilai kekeruhan air, sebagaimana diungkapkan oleh Mukarromah (2016), tingginya nilai kekeruhan juga memiliki dampak menghambat masuknya sinar matahari ke dalam air, yang pada gilirannya dapat mengganggu proses fotosintesis.

b. Tidak berwarna

Air yang digunakan untuk keperluan rumah tangga harus bersifat jernih. Kehadiran warna pada air menunjukkan adanya zat-zat berbahaya bagi kesehatan. Warna dalam air dapat disebabkan oleh keberadaan bahan organik dan anorganik, seperti plankton, humus, ion logam (besi dan mangan), serta unsur-unsur lainnya. Sebagai contoh, keberadaan kalsium karbonat dari daerah berkapur dapat

menyebabkan air memiliki warna hijau (Leonike, 2019). Sementara itu, zat-zat organik seperti tanin, lignin, dan asam humus yang berasal dari dekomposisi tumbuhan mati dapat menyebabkan air memiliki warna kecoklatan (Mukarromah, 2016).

c. Tidak memiliki rasa

Air yang baik seharusnya tidak memiliki rasa, kemunculan rasa pada air bisa disebabkan oleh adanya penyimpangan yang diakibatkan oleh introduksi bahan asing atau kontaminan, seperti yang dijelaskan oleh Hapsari (2015). Secara umum, terjadinya rasa dan bau pada air biasanya bersumber dari proses dekomposisi bahan organik di dalamnya.

d. Tidak Berbau

Aroma yang terdapat dalam air dapat berasal dari berbagai faktor, antara lain masuknya benda asing seperti bangkai binatang dan limbah, serta dari proses penguraian senyawa organik oleh bakteri yang dapat menghasilkan senyawa fenol dan senyawa kimia lainnya. Kehadiran bau pada air memiliki dampak negatif terhadap estetika lingkungan. Proses penguraian zat organik oleh bakteri dapat meningkatkan *Biological Oxygen Demand* (BOD) dalam air, yang mengakibatkan peningkatan penggunaan oksigen terlarut oleh bakteri dan penurunan kuantitas oksigen terlarut *Dissolved Oxygen* (DO) di dalam air. Beberapa penyebab bau air melibatkan mikroorganisme akuatik di perairan, limbah cair dari rumah tangga, industri, dan tempat pengolahan sampah (Hapsari, 2015). Penting untuk dicatat bahwa air yang memiliki bau atau aroma tidak disarankan untuk dikonsumsi, karena bau tersebut dapat menjadi indikasi adanya gas beracun yang berpotensi membahayakan kesehatan (Mukarromah, 2016).

e. Suhu

Batas suhu maksimum air mencapai 300° C. Variasi dari nilai ini dapat menghasilkan peningkatan toksisitas bahan kimia atau zat pencemar dalam air, serta mempengaruhi pertumbuhan mikrobiologi dalam medium air.

2.4.2 Kualitas Kimia

Air bersih harus memenuhi standar kualitas tertentu, yang mencakup batasan terhadap kandungan bahan kimia. Beberapa parameter kimia yang harus dipertimbangkan melibatkan sejumlah persyaratan, seperti:

- a) Rentang pH yang diperbolehkan antara 6,5 hingga 9,0. Selain itu, faktor-faktor seperti total padatan terlarut, zat organik, CO₂ agresif, tingkat kesadahan, serta konsentrasi kalsium (Ca), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), chloride (Cl), nitrit, flourida (F), dan logam berat juga menjadi perhatian (Quddus, 2014).
- b) BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) berfungsi sebagai indikator jumlah oksigen yang digunakan oleh mikroorganisme dalam suatu lingkungan perairan sebagai tanggapan terhadap masuknya materi yang dapat diuraikan. BOD mencerminkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh organisme dalam kondisi aerobik (Duhupo *et al.*, 2019), dan tidak mencerminkan jumlah bahan organik secara langsung, melainkan secara relatif mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi limbah tersebut (Nuraini *et al.*, 2019). Standar kualitas air terkait BOD diatur oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Kasman *et al.*, 2017). Konsentrasi BOD yang tinggi dalam perairan menandakan adanya kontaminasi oleh zat organik yang signifikan,

serta memiliki tingkat risiko hampir 15 kali lebih besar terserang penyakit gangguan pencernaan dan iritasi kulit (Rachmawati *et al.*, 2019). Pernyataan Salmin (2015) sebagaimana dikutip oleh Atifah *et al.* (2019) menyatakan bahwa kualitas perairan dapat dianggap baik dan memiliki tingkat pencemaran yang rendah apabila kadar oksigen terlarut (DO) melebihi 5 mg/l. Sebaliknya, jika nilai DO berada di bawah 4 mg/l, hal ini menandakan bahwa kondisi air dapat dianggap cukup berpotensi membahayakan.

- c) COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mendegradasi semua bahan organik yang terkandung dalam air. Standar Baku Mutu COD ditetapkan sebesar 300 mg/L dan diatur oleh peraturan pemerintah, yaitu Permen-LHK-Nomor-P59-Tentang Baku Mutu Air Lindi. Menurut Pratiwi (2021) tingginya Kadar COD yang disebabkan limbah pembuangan rumah tangga menjadi pemicu meningkatnya pencemaran, sehingga air layak digunakan untuk pertanian dan kebutuhan masyarakat sekitarnya.
- d) Flourida merupakan salah satu komponen yang terdapat dalam air minum dalam kemasan (AMDK) adalah ion flourida atau fluoride. Keberadaan flourida dalam air bersifat alami dan berasal dari degradasi mineral senyawa flourida yang terdapat dalam air tanah (Gafur *et al.*, 2017). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 mengenai Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum, kadar flourida dalam air untuk keperluan higiene sanitasi tidak boleh melebihi 1,5 mg/L. Sebagai perbandingan, standar lebih ketat

ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-3553-2006 tentang Air Minum dalam Kemasan, yang menyatakan bahwa kadar fluorida dalam AMDK tidak boleh melebihi 1 mg/L. Jika melebihi batas standar yang ditetapkan, dapat mengakibatkan risiko fluorosis gigi, dan pada kadar yang lebih tinggi, dapat menyebabkan fluorosis tulang.

e) Mangan (Mn), Timbal (Pb) dan Kadmium merupakan logam berat yang tidak boleh ada di dalam air minum. Mangan sering dijumpai di lapisan bumi bersama dengan besi, larut dalam air tanah dan air permukaan yang memiliki kandungan oksigen rendah, sehingga dapat mencapai standar kualitas lingkungan. Sebaliknya, timbal, yang bersifat toksik bagi manusia, dapat berasal dari sumber-sumber seperti makanan, minuman, inhalasi udara yang terkontaminasi Pb, dan melalui kontak dengan kulit, mata, serta saat prenatal. Pencemar berupa limbah logam berat memiliki potensi mengganggu fungsi ekosistem perairan, khususnya dalam konteks air yang mengandung kadmium (Cd), yang dapat mengancam kelangsungan hidup organisme perairan tersebut (Tampubolon, 2017; Widyasari *et al.*, 2013; Ardiyanti & Kuntjoro, 2022).

Standar baku mutu air, sebagaimana diatur dalam Permenkes No. 32 tahun 2017, menetapkan batasan kandungan mangan tidak boleh melebihi 0,5 mg/L untuk air bersih dan 0,1 mg/L untuk standar baku mutu air minum. Kandungan Besi (Pb) memiliki batas maksimal sebesar 1 mg/L dalam air. Untuk kadmium, batas baku mutu yang ditetapkan untuk keperluan sanitasi adalah 0,005 mg/L. Air yang melebihi batas tersebut dapat menyebabkan dampak negatif dan berpotensi membahayakan kesehatan masyarakat (Tampubolon, 2017; Ardiyanti & Kuntjoro, 2022).

2.4.3 Kualitas Mikrobiologis

Escherichia coli (*E. coli*) merupakan kelompok bakteri yang umumnya ditemukan di dalam usus manusia atau hewan berdarah panas. Keberadaan *E. coli* di dalam air dianggap sebagai indikator kontaminasi oleh tinja (Adam *et al.*, 2019). Bakteri ini termasuk dalam kategori bakteri gram negatif dan merupakan salah satu spesies utama yang ditemukan di usus besar manusia dan hewan berdarah panas menurut penemuan Theodor Escherich (Lestari *et al.*, 2018).

Bakteri *Coliform*, sebagai suatu kelompok bakteri yang digunakan sebagai indikator polusi tinja dan kondisi sanitasi yang tidak baik pada air, makanan, susu, dan produk-produk susu, dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu *Coliform fekal* (contohnya *E. coli*) dan *Coliform non-fekal* (contohnya *Enterobacter aerogenes*). *E. coli* berasal dari kotoran manusia atau hewan, sedangkan *Enterobacter aerogenes* biasanya ditemukan pada hewan atau tanaman yang telah mati (Irianto, 2013).

Berbagai metode pengujian *E. coli* telah dikembangkan, dan salah satu metode konvensional yang umumnya digunakan melibatkan empat tahap analisis yang memerlukan waktu 5-7 hari. Tahapan tersebut melibatkan uji pendugaan dengan metode *Most Probable Number* (MPN), uji penguat pada medium selektif, uji lengkap dengan *medium lactose broth*, serta uji identifikasi melalui reaksi IMViC (*Indol, Methyl Red, Vogues-Praskauer, dan Citrate*). Untuk menyimpulkan keberadaan *E. coli* pada air atau makanan, keseluruhan tahapan pengujian tersebut diperlukan. Apabila ingin mengetahui serotipe *E. coli* untuk memastikan apakah *E. coli* tersebut bersifat patogen, uji serologi dapat dilakukan. Namun, beberapa serotipe patogen, seperti *E. coli* yang ganas, memerlukan pendekatan analisis

khusus sejak awal dan tidak dapat diuji langsung melalui metode konvensional empat tahap ini (Ramdyasari, 2014).

2.5 Pencemaran air

Pencemaran air merujuk pada masuknya zat atau senyawa berbahaya ke dalam sumber air, mengakibatkan penurunan kualitas dan fungsi air sesuai dengan standar yang seharusnya. Penurunan kualitas air, yang disebabkan oleh berbagai limbah dari aktivitas manusia, semakin mempersulit akses kepada air bersih dari hari ke hari. Atifah *et al.* (2021) menekankan bahwa pencemaran air ini tidak hanya merugikan kualitas air, tetapi juga dapat merusak dan mencemari lingkungan secara menyeluruh. Standar kualitas air dinyatakan dalam bentuk parameter atau nilai yang menetapkan persyaratan yang harus dipenuhi agar air tidak menyebabkan gangguan kesehatan, penyakit, masalah teknis, dan gangguan estetika (Morintosh, 2015). Ciri-ciri air yang tercemar meliputi kekeruhan, rasa dan bau yang tidak biasa, kemampuan meninggalkan noda, adanya endapan, dan pH air yang tidak netral.

Menurut (Manihar, 2017) berdasarkan bentuknya bahan pencemar dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1) Bahan buangan padat

Kategori limbah padat dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok utama, yakni limbah yang larut, limbah yang tidak larut, dan limbah yang dapat membentuk koloid. Jenis limbah yang larut dapat meningkatkan konsentrasi bahan pencemar dalam lingkungan. Sementara itu, limbah yang tidak larut dapat menyebabkan pendangkalan sungai, dan jenis limbah yang dapat membentuk

koloid dapat mengganggu proses fotosintesis dalam air karena kemampuannya menyebabkan kekeruhan pada air.

2) Bahan buangan organik

Material limbah organik adalah substansi yang dapat mengalami degradasi oleh mikroorganisme. Namun, apabila jumlah mikroorganisme limbah berlebihan, dapat menyebabkan peningkatan jumlah dan aktivitas mikroorganisme. Hal ini berpotensi menyebabkan kontaminasi air dengan bakteri patogen yang dapat membahayakan kesehatan manusia jika air tersebut dikonsumsi.

3) Bahan buangan anorganik

Senyawa anorganik ini dapat menimbulkan dampak destruktif pada ekosistem perairan, umumnya berasal dari limbah industri yang mengandung logam berat.

4) Bahan buangan cair berminyak

Pencemar tersebut mampu memberikan efek negatif terhadap fauna perairan, sekaligus menghambat masuknya oksigen dan mengganggu proses fotosintesis di air. Lapisan minyak yang terbentuk di permukaan sungai juga dapat menghalangi cahaya matahari, mengurangi tingkat pencahayaan di dalam sungai.

Studi oleh Atifah *et al.* (2021) menyatakan bahwa pencemaran air dapat menimbulkan kerusakan dan kontaminasi terhadap lingkungan. Kurangnya keterampilan dan teknologi di kalangan masyarakat untuk mendeteksi pencemaran air di sekitarnya menjadi tantangan serius. Oleh karena itu, diperlukan kesadaran manusia untuk berperan serta dalam menjaga dan menghargai sumber daya air, dengan langkah-langkah praktis seperti menjaga sanitasi perairan di rumah, tidak membuang sampah ke dalam perairan, dan membersihkan saluran air di sekitar

rumah agar terhindar dari pencemaran. Salah satu solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi pencemaran air adalah penerapan ekoenzim.

2.6 Ekoenzim

Ekoenzim adalah larutan hasil fermentasi yang mengandung bakteri asam laktat yang diperoleh dari buah dan sayur. Produksi ekoenzim bersifat sederhana dan dapat dilakukan dalam skala rumah tangga dengan memanfaatkan sampah organik rumah tangga, khususnya sisa kulit buah dan sayur (Rochyani *et al.*, 2020). Penelitian awal mengenai ekoenzim pertama kali dilakukan oleh Dr. Rosukon dari Thailand, yang telah melakukan riset selama kurang lebih 30 tahun terkait enzim tersebut, dengan tujuan untuk mengurangi dampak pemanasan global (Pranata *et al.*, 2021).

Ekoenzim merupakan larutan organik yang dihasilkan melalui fermentasi sederhana limbah sayuran atau buah segar, gula merah, dan air dengan perbandingan tertentu, yakni 1:3:10. Proses fermentasi ini menciptakan cairan mirip cuka yang kaya akan bahan alami, protein, garam mineral, dan enzim, memberikannya sifat serbaguna yang luar biasa (Nazim & Meera, 2013). Proses fermentasi ini memerlukan waktu sekitar 3 bulan (Jannah *et al.*, 2021). Saat fermentasi berlangsung, sejumlah reaksi terjadi, sebagaimana diungkapkan oleh Larasati *et al.* (2020):



Ekoenzim sebagai produk yang memiliki berbagai kegunaan, dapat digunakan sebagai hand sanitizer, detoks/imun tubuh, cairan pembersih lantai, dan juga dapat berperan dalam mengurangi pencemaran air. Penggunaan cairan ekoenzim sebagai solusi untuk membersihkan sungai dari limbah rumah tangga

hingga industri telah diterapkan di Indonesia (Pranata *et al.*, 2021). Cairan ekoenzim, yang dihasilkan dari asam organik yang diekstraksi dari kulit buah, berfungsi sebagai larutan enzim (Nazim, 2013) dan bertindak sebagai katalisator yang mempercepat reaksi biologis. Ekoenzim juga memberikan dampak positif pada lingkungan, di mana gas O₃ yang dihasilkan selama proses fermentasi dapat membantu mengurangi gas rumah kaca dan logam berat dalam atmosfer (Mardhiah *et al.*, 2021). Kandungan enzim lipase, amilase, dan tripsin dalam ekoenzim dapat berperan sebagai biokatalisator yang efektif untuk menurunkan konsentrasi zat pencemar dalam air limbah (Wang & Zhang, 2016). Enzim lipase, khususnya, telah terbukti memiliki kemampuan dalam mempercepat laju reaksi pada proses degradasi parameter pencemar (Arun & Sivashanmugam, 2015).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, terdapat berbagai manfaat dari penggunaan larutan ekoenzim, dan potensi ini memicu kebutuhan untuk lebih mendalami fungsi dan karakteristik bahan dasar ekoenzim dalam mengurangi tingkat pencemaran (Penmatsa *et al.*, 2019). Studi sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Kerkar & Sahil (2020), menunjukkan efektivitas aplikasi ekoenzim dalam mengurangi TDS, BOD, dan COD pada limbah domestik. Penelitian lainnya oleh Nazim & Meera (2013) menyatakan bahwa penambahan larutan ekoenzim pada air limbah dapat mengurangi konsentrasi amonia nitrogen dan fosfat. Khasanah & Rosariawari (2022) menemukan bahwa ekoenzim limbah kulit buah lebih efektif dalam menurunkan tingkat pencemaran dibandingkan dengan ekoenzim limbah kulit sayur.

Penelitian tentang uji organoleptik ekoenzim juga telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, termasuk Suryani *et al.*, (2020) dan Larasati *et al.*,

(2020). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa komposisi ekoenzim dari limbah kulit buah memiliki dampak positif terhadap kualitas produk. Pratamadina & Wikaningrum (2022) menekankan bahwa limbah kulit buah sebagai bahan baku menghasilkan fungsi enzim yang berbeda, tergantung pada jenis limbah dan konsentrasi yang digunakan. Berbeda dari penelitian sebelumnya, pada studi ini peneliti membuat tiga jenis ekoenzim dari limbah kulit buah nenas dan semangka serta kombinasi keduanya untuk melihat efektivitasnya dalam penurunan kadar kekeruhan, COD dan BOD.

2.6.1 Kandungan pada kulit buah Nenas

Buah nenas membawa sejumlah manfaat yang signifikan melalui berbagai komponennya. Komposisi buah nenas mencakup kandungan air sebesar 84,2% dan serat sebanyak 1 gram per 100 gram, serta melibatkan vitamin C, thiamin, riboflavin, niacin, asam panthotenic, vitamin B-6, asam folat, kolin, betaine, vitamin A, beta karoten, vitamin K, serotonin, dan enzim bromelin (Kurniawati, 2019; Wiradona, 2018). Enzim bromelin yang terkandung dalam nenas diyakini memiliki sifat antibakteri. Disamping itu, kulit buah nenas mengandung tanin, saponin, steroid, fenol, karbohidrat, terpenoid, alkaloid, fenol, antrakuinon, dan asam amino (Rini, 2016). Ekoenzim yang terbuat dari kulit jeruk dan nenas menghasilkan sejumlah enzim multi hidrolitik, seperti amilase, protease, dan lipase, yang mampu menguraikan komponen limbah air (Arun & Sivashanmugam, 2017).

2.6.2 Kandungan pada kulit buah Semangka

Kulit semangka dapat mengandung beberapa zat yang dapat memberikan kontribusi pada kandungan ekoenzim, termasuk:

a) Zat Organik:

Kulit semangka mengandung zat organik seperti asam amino, asam organik, gula, dan senyawa-senyawa organik lainnya yang dapat berpartisipasi dalam proses fermentasi.

b) Vitamin dan Mineral:

Kulit semangka juga mengandung vitamin dan mineral tertentu, seperti vitamin C, vitamin A, kalium, dan lainnya yang mungkin dapat terlibat dalam proses fermentasi dan memberikan nilai tambah pada ekoenzim.

c) Enzim Alami

Buah dan kulit semangka dapat mengandung enzim alami, seperti enzim protease, amilase, dan lipase yang dapat berperan dalam proses fermentasi.

d) Antioksidan

Kulit semangka juga mengandung antioksidan seperti likopen yang dapat memberikan manfaat tambahan bagi ekoenzim. Menurut Nurlatifah *et al.* (2022) semangka juga mengandung senyawa metabolit sekunder berupa flavonoid, alkaloid dan saponin.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari - April 2024 di Laboratorium Kimia Fisika PT Mutu International. Sampel air sumur gali dikumpulkan dari Kecamatan Percut Sei Tuan, Sumatera Utara.

3.2. Alat Dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah botol/derigen ukuran 5 Liter, pisau, talenan, wadah (baskom), corong plastik, botol sampel, *coolbox*, *beaker glass*, botol *winkler*, aerator, erlenmeyer, gelas ukur, oven, *eppendorf*, batang pengaduk, timbangan digital, neraca analitik, pH meter digital, spektrofotometer, lemari inkubasi (*water cooler*), buret, pipet tetes, botol aquadest, *filler*, tisu, sarung tangan, masker, kertas label, dan alat tulis.

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah limbah kulit semangka dan nanas, *brown sugar*, air, sample air sumur gali, pereaksi sulfat, alkohol 70%, akuadest, air mineral, larutan kalium hidrogen phatalat (KHP), amilum, larutan bibit mikroba (BOD *seed*), larutan KMnO_4 , larutan thiosulfate, kalium iodide, larutan pengencer, larutan glukosa-asam glutamat, dan larutan natrium sulfat.

3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan jenis penelitian kuantitatif dengan metode penelitian eksperimental yaitu pengujian ekoenzim dari bahan limbah kulit semangka dan nanas terhadap air sumur gali untuk melihat efektivitas ekoenzim dalam menurunkan kekeruhan (*turbidity*) dan BOD (*Biological Oxygen Demand*).

Penelitian ini menggunakan rancangan percobaan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan faktor ke-1 yaitu jenis ekoenzim dan faktor ke-2 yaitu kadar ekoenzim.

3.4. Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan dimulai dari pembuatan ekoenzim, pengambilan sampel air sumur gali, perlakuan dan pengamatan, serta analisa data.

3.4.1. Pembuatan Ekoenzim

Pembuatan ekoenzim dilakukan dengan beberapa tahapan dimulai dari preparasi alat dan bahan sampai dengan pembuatan ekoenzim.

1) Preparasi alat dan bahan

Alat yang akan digunakan dalam pembuatan ekoenzim dicuci terlebih dahulu dengan sabun pembersih yang selanjutnya dikeringkan. Setelah kering, alat disterilisasi dengan menyemprotkan alkohol 70% ke bagian dalam alat yang akan digunakan.

Bahan berupa kulit nenas dan semangka disiapkan dengan mencuci bersih kedua bahan tersebut menggunakan air mengalir untuk menghilangkan kotoran dari lingkungan tempat bahan tersebut diperoleh (pasar). Selanjutnya bahan ditiriskan untuk mengurangi air cucian dengan menggunakan wadah nampan berlubang.

2) Pembuatan Ekoenzim

Perlakuan pada penelitian ini adalah jenis bahan baku ekoenzim yang dihasilkan dan diberi kode sebagai berikut:

EE 1 = kulit buah Nenas

EE 2 = kulit buah Semangka

EE 3 = kulit buah Nenas dan Semangka (*combination*)

Pembuatan ekoenzim dilakukan dengan pencampuran gula aren (glukosa), kulit buah dan air dengan perbandingan 1:3:10 yang difermentasi selama 3 bulan (Faj'ria *et al*, 2023).

Dalam penelitian ini, pembuatan ekoenzim sebanyak 3 liter sehingga perbandingan bahan yang digunakan adalah 300gr (gula aren) : 900gr (kulit buah) : 3000gr (air). Langkah pertama yang dilakukan yaitu memotong Kulit buah dengan ukuran kecil dan timbang sebanyak 900gr untuk setiap perlakuan (perlakuan I dan II). Sedangkan untuk perlakuan III, timbang kulit buah sebanyak 450gr untuk masing-masing kulit buah (nanas dan semangka). Gula aren sebagai sumber karbon dalam pembuatan ekoenzim disiapkan dengan mengiris gula aren secara halus untuk mempermudah pelarutan gula aren di pelarut (air) nantinya dan timbang sebanyak 300gr untuk masing-masing perlakuan. Keseluruhan bahan dimasukkan ke dalam wadah (derigen) ukuran 5 liter dan dilakukan masa fermentasi selama 90 hari dengan penge-check-an sekali dalam seminggu untuk melihat perkembangan fermentasi yang terjadi sekaligus membuka penutup derigen agar gas hasil fermentasi bisa keluar. Selama fermentasi berlangsung hal yang harus diperhatikan yaitu kondisi ruang inkubasi dan sterilisasi kontak fisik untuk menghindari kontaminasi terhadap mikroorganisme yang tidak diinginkan atau yang dapat mengganggu proses serta hasil akhir ekoenzim. Setelah proses fermentasi selesai, dilakukan pengukuran pH menggunakan pH meter dimana pH terbaik dalam pembuatan ekoenzim sekisar ($\text{pH} < 4$). Selanjutnya, saring cairan

dalam derigen untuk mendapatkan ekoenzim cair dan selanjutnya simpan dalam botol kaca atau botol plastik kedap udara. Ekoenzim siap digunakan untuk penelitian (Loh & Lee, 2014; Faj'ria *et al*, 2023; Sinha & Agarwal, 2017).

3.4.2. Pengambilan Sampel Air Sumur Gali

Sampel penelitian menggunakan 1 (satu) contoh air sumur gali yang diperoleh dari daerah Kecamatan Percut Sei Tuan, yaitu Jl. Ps.3 datuk kabu.

Pengambilan sampel air sumur gali dilakukan dengan metode *purposive sampling*. Sampel diambil dengan menggunakan timba pada kedalaman ± 1 meter dari permukaan air sumur. Selanjutnya, air dimasukkan ke dalam botol ukuran 1 liter. Sampel dari lapangan dibawa ke laboratorium dengan menggunakan *coolbox* untuk menjaga kualitas sampel.

3.4.3. Aplikasi Ekoenzim ke Sampel

Ekoenzim yang dihasilkan dari bahan baku limbah kulit semangka, kulit nanas, dan campuran kulit semangka dan nanas selanjutnya diperlakukan ke air sampel sumur gali dengan menggunakan perbandingan volume setiap perlakuan yaitu 5 ml (P1-5), 10 ml (P2-10), dan 15 ml (P3-15). Air sampel yang di campur ekoenzim selanjutnya diamati selama 3 hari, 5 hari, dan 7 hari. Pengamatan yang dilakukan meliputi kekeruhan dan kadar BOD dari sampel air sumur gali.

3.4.4. Pengukuran Nilai Kekeruhan

Sampel setiap perlakuan dan batas waktu pendiaman akan dianalisa kadar kekeruhannya dengan menggunakan alat Turbidimeter, yang akan diukur dengan pengulangan sebanyak 3 kali.

Turbidimeter atau nefelometer dipastikan dalam keadaan baik dan terkalibrasi dengan benar sesuai petunjuk prosedur. Sampel air yang akan diukur

diambil, dan dihindari pengotoran tambahan selama proses pengambilan sampel. Sampel air dicampur secara perlahan untuk memastikan distribusi partikel yang merata dalam air. Turbidimeter atau nefelometer dikalibrasi menggunakan larutan standar kekeruhan yang diketahui sebelum pengukuran. Sampel air dimasukkan ke dalam sel pengukuran pada alat, kemudian hasil pengukuran kekeruhan dibaca dan dicatat yang ditampilkan pada alat. Nilai kekeruhan biasanya dinyatakan dalam unit NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) atau FNU (*Formazin Nephelometric Unit*).

3.4.5. Pengukuran Nilai BOD

Metode yang digunakan untuk menganalisis kadar BOD pada penelitian ini adalah dengan metode analisis SNI 6989-72-2009 dan menggunakan Buret untuk pengujian titrasi sampel. Pengujian kadar BOD menggunakan BOD₀ dan BOD₅ sebagai perbandingan sebelum dan sesudah inkubasi untuk mengetahui hasil yang lebih akurat. BOD merupakan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme untuk mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik. Walaupun nilai BOD untuk menyatakan jumlah oksigen terlarut, tetapi dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik mudah urai (*biodegradable organics*) yang ada di perairan (Atima, 2015).

Menurut Andika *et.al* (2020), prinsip pengukuran BOD yaitu sejumlah sampel uji ditambahkan kedalam larutan pengencer jenuh oksigen yang telah ditambah larutan nutrisi, kemudian diinkubasi dalam ruang gelap pada suhu 20°C ± 3°C selama 5 hari. Nilai BOD dihitung berdasarkan selisih konsentrasi oksigen terlarut 0 (nol) hari dan 5 (lima) hari. Bahan kontrol standar dalam uji BOD ini digunakan larutan glukosa-asam glutamat. Untuk mengetahui nilai BOD dari

sampel uji maka terlebih dahulu dihitung nilai DO yang dihasilkan dari masing-masing sampel tersebut. DO dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$DO \text{ (mg/L)} = \frac{V \times N \times 8000}{50}$$

Keterangan:

V = ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

N = Normalitas $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

8000 = berat mili ekuivalensi oksigen x 1000 ml/L

50 = ml sampel uji

Setelah nilai DO masing-masing sampel diketahui maka nilai BOD dari sampel uji dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$BOD_5 = (A_1 - A_2) - (B_1 - B_2) \times P$$

Keterangan:

A_1 = Nilai DO dari sampel uji sebelum inkubasi (0 hari) (mg/L)

A_2 = Nilai DO dari sampel uji setelah inkubasi (5 hari) (mg/L)

B_1 = Nilai DO dari blanko sebelum inkubasi (0 hari) (mg/L)

B_2 = Nilai DO dari blanko setelah inkubasi (5 hari) (mg/L)

P = Perbandingan volume sampel uji (V_1) per volume total (V_2)

3.5. Analisis Data

Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan menggunakan analisis varian (ANOVA). Berikut ini adalah tabel penyajian data nilai kekeruhan dan BOD untuk perlakuan penambahan ekoenzim sebanyak 5ml, 10ml, dan 15 ml pada sampel air sumur dengan masa pengamatan 3 hari, 6 hari, dan 9 hari setelah perlakuan.

Tabel 1. Penyajian data hasil pengamatan nilai kekeruhan dan BOD pada perlakuan penambahan ekoenzim (5, 10 dan 15ml) pada sampel air sumur dengan masa pengamatan 3 hari, 6 hari, dan 9 hari setelah perlakuan.

Perlakuan (Treatment)	Simbol	Ulangan (Replicate)					Total	Rata ²
		R1	R2	R3	R4	R5		
P1	5	P1-5						
	10	P1-10						
	15	P1-15						
P2	5	P2- 5						
	10	P2-10						
	15	P2-15						
P3	5	P3- 5						
	10	P3-10						
	15	P3-15						

Keterangan:

- P1 = Perlakuan 1 (ekoenzim kulit nenas)
 P2 = Perlakuan 2 (ekoenzim kulit semangka)
 P3 = Perlakuan 3 (ekoenzim kulit semangka+nanas)
 5,10,15 = jumlah volume ekoenzim yang digunakan (5ml, 10ml, dan 15ml)
 R1-R5 = Pembacaan 1 – Pembacaan 5

Data yang diperoleh dan ditabulasi pada Tabel 1 selanjutnya dianalisis dengan analisis ANOVA seperti Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Tabel Anova nilai kekeruhan dan BOD pada perlakuan penambahan ekoenzim (5, 10 dan 15ml) pada sampel air sumur dengan masa pengamatan 3 hari, 6 hari, dan 9 hari setelah perlakuan.

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Sig. F</i>	<i>** / n.s</i>
5 Rep (pembacaan)	4					
9 Kombinasi (P x Vol)	8					
3 Efek P (ekoenzim)	2					
3 Vol (efek volume ec)	2					
Interaksi P x Vol	4					
Error	32					
45 Total	44					

Dari anova diatas kita bisa melihat :

- 1) Apakah ada efek yang nyata dari sumur (dalam hal ini adalah replicate atau *corrected model*).
- 2) Apakah ada efek atau pengaruh jenis ekoenzim saja terhadap kekeruhan [Varian]
- 3) Apakah ada efek atau pengaruh volume ekoenzim terhadap kekeruhan [Konsentrasi]

- 4) Apakah ada interaksi antara jenis ekoenzim (P) dengan Volume (ml) [Varian x Konsentrasi]
- 5) Jika tidak ada interaksi PxVol, maka bisa dicari efek terbaik untuk P dan dan untuk Volume terhadap kekeruhan (dg Uji LSD atau Uji DMRT)
- 6) Tapi jika ada interaksi, maka dicari kombinasi P dan Vol yang memiliki efek terbaik terhadap kekeruhan (dg Uji LSD atau Uji DMRT)

Adapun penyajian data untuk nilai kekeruhan dan BOD bisa berupa tabel sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Analisa Varian (ANOVA) Kekeruhan Pengamatan 3 hari, 5 hari dan 10 hari

No	Treatment	Rata-rata	F. Hit	F. Tabel	Ada/ tidak nyata	Keterangan
Pengamatan 3 Hari						
1	P1-5					
2	P1-10					
3	P1-15					
4	P2- 5					
5	P2-10					
6	P2-15					
7	P3- 5					
8	P3-10					
9	P3-15					
Pengamatan 6 Hari						
1	P1-5					
2	P1-10					
3	P1-15					
4	P2- 5					
5	P2-10					
6	P2-15					
7	P3- 5					
8	P3-10					
9	P3-15					
Pengamatan 9 Hari						
1	P1-5					
2	P1-10					
3	P1-15					
4	P2- 5					
5	P2-10					
6	P2-15					
7	P3- 5					
8	P3-10					
9	P3-15					

BAB V **SIMPULAN DAN SARAN**

5.1. Simpulan

Penelitian mengenai efektivitas ekoenzim dalam menurunkan kadar kekeruhan dan BOD (Biological Oxygen Demand) pada air sumur gali di Kecamatan Percut Sei Tuan menunjukkan bahwa penambahan ekoenzim secara signifikan mengurangi kekeruhan dan BOD pada air yang terkontaminasi. Ekoenzim kombinasi kulit semangka dan kulit nanas paling efektif dalam menurunkan kekeruhan, diikuti oleh ekoenzim kulit nanas, dengan konsentrasi optimal sebesar 5 ml untuk kedua jenis ekoenzim. Pada parameter BOD, ekoenzim kulit nanas dengan konsentrasi 5 ml terbukti paling efisien. Kedua ekoenzim menunjukkan efektivitas dominan pada masa pendiaman 9 hari, dengan kemampuan yang lebih unggul dalam mengurangi bahan organik terlarut.

5.2. Saran

1. Disarankan untuk menentukan volume ekoenzim yang optimal melalui uji lapangan guna memastikan penurunan kekeruhan dan BOD yang efektif tanpa efek samping.
2. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengevaluasi pengaruh waktu pendiaman ekoenzim, karena durasi ini dapat memengaruhi efektivitasnya dalam menurunkan kekeruhan dan BOD.
3. Setiap sumur gali memiliki karakteristik air yang berbeda, sehingga diperlukan penyesuaian volume ekoenzim dan lama pendiaman sesuai kondisi spesifik sumur, seperti tingkat polusi, volume air, dan penggunaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, M., Sumampouw, O. J., & Pinontoan, O. R. 2019. Kandungan *Coliform* dan *Escherichia coli* Pada Sumber Air Bersih di Desa Kumelembuai di Kabupaten Minahasa Selatan. *Journal Public Health Without Border*, Vol.1 (1).
- Amaliah, L. 2018. Analisis Hubungan Faktor Sanitasi Sumur Gali Terhadap Indeks *Fecal Coliform* di Desa Sentul Kecamatan Kragil Kabupaten Serang Tahun 2017. Tersedia di:
[https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/38293/1/LILIS %20AMALIAH-FKIK.pdf](https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/38293/1/LILIS%20AMALIAH-FKIK.pdf).
- Ameilia, D., Sugiyanta, I, G., & Nugraheni, I, L. 2018. Analisis Kualitas Air Tanah Dangkal Untuk Keperluan Air Minum di Desa Pematang Dina. J. Penelit. Geogr. Vol. 6 (4):20-36.
- Aminah, S., & Wahyuni, S. 2018. Hubungan Konstruksi Sumur dan Jarak Sumber Pencemaran Terhadap Total Coliform Air Sumur Gali di Dusun 3A Desa Karang Anyar Kecamatan Jati Agung Kabupaten Lampung Selatan. *Politeknik Kesehatan Tanjung Karang*.
- Andini, N.F. 2017. Uji Kulaitas Fisik Air Bersih pada Sarana Air Bersih Program Penyediaan Air Minum dan Sanitasi Berbasis Masyarakat (PAMSIMAS) Nagari Cupak Kabupaten Solok. *Jurnal Kepemimpinan dan Pengurusan Sekolah*. Vol.2 (1): 7-16.
- Ardiyanti, A, & Kuntjoro S. 2022. —Analisis Kadar Logam Berat Kadmium (Cd) pada Tumbuhan Air di Sungai Prambon Kabupaten Sidoarjo. *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*. Vol. 11 (3): 414–422.
<https://doi.org/10.26740/lenterabio.v11n3.p414-422>.
- Ariyatun, A., Ningrum, P., Musyarofah, M., & Inayah, N. 2018. Analisis Efektivitas Biji dan Daun Kelor (*Moringa oleifera*) Untuk Penjernihan Air. *Walisongo Journal of Chemistry*. Vol 1 (2): 60.
<https://doi.org/10.21580/wjc.v2i2.3103>.
- Arun, C., & Sivashanmugam, P. 2017. Study on optimization of process parameters for enhancing the multihydrolytic enzyme activity in garbage enzyme produced from preconsumer organic waste. *Bioresource Technology*. Vol. 226 (1): 200–210.
- Arun, C., & Sivashanmugam, P. 2015. Identification and optimization of parameters for the semi-continuous production of garbage enzyme from pre-consumer organic waste by green RP-HPLC method. *Waste Management*. Vol. 44(1): 28–33.

- Astuti, D, W., Fatimah, S., Anie, S., Studi, P. D., & Kesehatan STIKes Guna Bangsa Yogyakarta Jl Ring Road Utara Condongcatur Depok Sleman Yogyakarta, A. (2016). Analisis Kadar Kesadahan Total Pada Air Sumur Di Padukuhan Bandung Playen Gunung Kidul Yogyakarta. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 1(01): 69-73.
- Atifah, Y., M. Lubis., L. T. Lubis., & Maulana, A. 2019. Pencemaran Pestisida pada Sungai Batang Gadis, Mandailing Natal, Sumatera Utara. *Bioeduscience*. Vol. 3(2): 100-105.
- Atifah, Y., Violita & Achyar, A. 2021. Training Simple Analysis For Lake Water Pollution For The Nagari Community Of Kampung Batu Dalam Solok District, West Sumatra. *Pelita Eksakta*. Vol. 4 (2): 148-153.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat RI. 2017. Panduan Pembangunan Perumahan dan Pemukiman Desa. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta Selatan.
- Badan Pusat Statistik Kota Medan. 2020. Kecamatan Percut Sei Tuan Dalam Angka. Medan Sumatera Utara.
- Badan Standarisasi Nasional. 2009. SNI 72-6989-2009. Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biochemical Oxygen Demand/BOD*). Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.
- Damayanti. 2009. Analisis pencemaran logam berat pada sumur dengan metode spektrofotometri untuk dapat digunakan sebagai air minum di kecamatan medan belawan Medan: Medan. Universitas Sumatera Utara Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Damayanti, H.R., Santjoko, H., & Husein, A. 2018. Pemetaan Wilayah Persebaran Fe Pada Air Sumur Gali di Desa Kotesan, Prambanan, Klaten. Tersedia di: <http://eprints.poltekkesjogja.ac.id/850/>.
- Dewanti, R. A., & Sulistyorini, L. 2017. Analisis Kualitas Bakteriologis Air Minum Isi Ulang di Kelurahan Sememi, Kecamatan Benowo. *The Indonesian Journal of Public Health*. Vol. 12 (1): 39. <https://doi.org/10.20473/ijph.v12i1.2017.39-50>
- Duhupo, D., Akili R.H., & Pinontoan, O.R. 2019. Perbandingan Analisis Pencemaran Air Sungai Dengan Menggunakan Parameter Kimia BOD dan COD di Kelurahan Ketang Baru Kecamatan Singkil Kota Manado Tahun 2018 Dan 2019. *KESMAS: Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi*. Vol. 8 (7). <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/kesmas/article/view/27295>.

- Dwantari, I.P.S., & Wiyantoko, B. 2019. Analisa Kesadahan Total, Logam Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd) dalam Air Sumur Dengan Metode Titrasi Kompleksometri dan Spektrofotometri Serapan Atom. *IJCA (Indonesian Journal of Chemical Analysis)*. Vol. 2(01): 11–19.
- Earnestly, F. 2018. Analisa Kadar Klorida, Amoniak Di Sumber Air Tanah Universitas Muhammadiyah Sumbar Padang. *Jurnal Katalisator* Vol. 3 (2)
- G. Godwill Jidauna, D. Daniel Dabi, J. Badamasi Saidu, I. B. Abaje, N. Christopher. 2013. Assessment Of Well Water Quality In Selected Location In Jos, Plateau State, Nigeria. *International Journal of Marine, Atmospheric & Earth Sciences*, 2013. Vol. 1 (1): 38-46.
- Gafur, A., Kartini, A. D., & Rahman. 2017. Studi Kualitas Fisik Kimia dan Biologis pada Air Minum Dalam Kemasan Berbagai Merek yang Beredar di Kota Makassar Tahun 2016. *Higiene: Jurnal Kesehatan Lingkungan*. Vol. 3(1): 37-46.
- Gusnindar M. (2012). Pengaruh sumur resapan terhadap kualitas air tanah di fakultas teknik. Depok: Universitas Indonesia Fakultas Teknik Program Studi Teknik Lingkungan.
- Hapsari, D. 2015. Kajian Kualitas Air Sumur Gali dan Perilaku Masyarakat di Sekitar Pabrik Semen Kelurahan Karangtalun Kecamatan Cilacap Utara Kabupaten Cilacap, *Jurnal Sains dan Teknologi*. Vol 7.
- Indasah. 2017. Kesehatan Lingkungan, Sanitasi, kesehatan lingkungan dan K3. Yogyakarta : Deepublish.
- Irianto, K. 2013. Mikrobiologi Medis. Bandung : Alfabeta.
- Janarthanam, M., Mani, K., & Raja, S.R.S. 2020. Purification of Contaminated Water Using Eco Enzyme. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 955(1).
- Jannah, M., Firdha, N., Idrus, H.A., & Farma, S.A. 2021. Organoleptic Test of Ekoenzim Products from Vegetable and Fruit Waste. *Prosiding SEMNAS BIO 2021*. Vol. 1 (1): 198-205.
- Kasman, M., Kalsum, S.U., & Aditia, A.S. 2017. Reduksi PH, BOD Dan COD Dalam Grey Water Dengan Proses Elektrokuagulasi-Sedimentasi. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*. Vol. 12 (3): 1–4.
<https://doi.org/10.33087/jiubj.v12i3.41>.
- Katiho, A.S., Joseph, W.B.S., dan Malonda, N.S.H. 2013. Gambaran Kondisi Fisik Sumur Gali di Tinjau dari Aspek Kesehatan Lingkungan dan Perilaku Pengguna Sumur Gali di Kelurahan Sumompo Kecamatan Tuminting

Kota Manado: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi. Manado.

- Kerker, S.S., & Sahil, S.S. 2020. Application of Ekoenzim for Dometic Waste Water Treatment. International Journal for Research in Engineering Application & Managemen (IJREAM). Vol 5 (11): 114 – 166.
- Khasanah, A. M., & Rosariawari, F. 2022. Efektivitas Eco-Enzyme dalam Menurunkan TSS, TDS, Surfaktan pada Limbah Domestik dengan Variasi Proses Anaerob dan Koagulasi-Flokulasi. <http://esec.upnvjt.com/>
- Kurniawati, A.N. 2019. Uji Efektifitas Enzim Bromelin Ekstrak Buah Nanas (*Ananas comosus* L. Merr) Berbasis Sediaan Gel Terhadap Degradasi Dentin Menggunakan Scaning Electron Microscope (SEM). Skripsi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.
- Larasati, D., Astuti, A. P., & Maharani, E. T. 2020. Uji Organoleptik Produk Ekoenzim dari Limbah Kulit Buah (Studi Kasus di Kota Semarang). Seminar Nasional Edusaintek FMIPA UNIMUS 2020, 278-283. <https://prosiding.unimus.ac.id/index.php/edusaintek/article/view/569/572>.
- Leonike H.P, Pramaesela. 2019. Pengaruh Air Lindi Terhadap Kualitas Air Tanah Dangkal Dan Keanekaragaman Flora Di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir Sampah Selopuro Alam. Skripsi, Universitas Maret, 2019.
- Lestari, A.R.A., Syahfitri, S.A., Cahyo, S.T., Wardaniati, I., & Herli, M.A. 2018. Aktivitas Antibakteri Seduhan Biji Pepaya (*Carica Papaya* L) Terhadap *Escherichia coli*, *Salmonella thypi* dan *Staphlycocus aureus*. Jops (Journal Of Pharmacy and Science). Vol. 1 (2): 39-45.
- Loh, K. C., & Lee, L. Y. (2014). Ganoderma lucidum: an adjuvant in capecitabine chemotherapy of gastrointestinal carcinoma. Journal of Medicinal Food, Vol. 17 (2): 155-156.
- Lamato, P, F., Riogilang, H., Legrans, R, R, I. 2023. Analisis Aplikasi Eco-Enzyme Terhadap Biochemical Oxygen Demand Dan Chemical Oxygen Demand Pada Limbah Cair Tahu Di Industri Tahu Malalayang. Vol. 21 (85): 1036-1045.
- Mardhiyah, K., Islami, A., Gusdiansyah, F., Saputra, F., & Farma, S.A. 2021. ECOBY TECHNO SYSTEM, Pengelolaan Limbah Organik Menjadi Produk Ekoenzim untuk Mendukung Nol Limbah Pasar Indonesia. Internasional Journal. Vol. 1 (1): 8-14.
- Morintosh, P., Rumampuk, J. F., Lintong, F. 2015. Analisis Perbedaan Uji Kualitas Air Sumur Di Daerah Dataran Tinggi Kota Tomohon Dan Dataran Rendah Kota Manado Berdasarkan Parameter Fisika. Jurnal e-Biomedik (eBm). Vol. 3 (1):424-429.

- Mukarromah, R. 2016. Analisis Sifat Fisis Dalam Studi Kualitas Air Di Mata Air Sumber Asem Dusun Kalijeruk, Desa Siwuran, Kecamatan Garung, Kabupaten Wonosobo. Skripsi, Universitas Negeri Semarang.
- Musli, V., & de Fretes, R. 2016. Analisis Kesesuaian Parameter Kualitas Air minum Dalam Kemasan Yang Dijual Di Kota Ambon Dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). *Arika*. Vol. 10 (1): 57 – 74.
- Nazim, F., & Meera., V. 2013. Treatment of Synthetic Greywater Using 5% and 10% Garbage Enzyme Solution. *Bonfring International Journal of Industrial Engineering and Management Science*. Vol. 3 (4): 111 – 117.
- Novalino, R., Suharti, N., & Amir, A. 2016. Kualitas Air Sumur Gali Kelurahan Lubuk Buaya Kecamatan Koto Tengah Kota Padang Berdasarkan Indeks Most Probable Number (MPN). *Jurnal Kesehatan Andalas*. Vol. 5(3): 562–569. <https://doi.org/10.25077/jka.v5i3.577>
- Nuraini, E., Fauziah, T., & Lestari, F. 2019. Penentuan Nilai BOD Dan COD Limbah Cair Inlet Laboratorium Pengujian Fisis Politeknik ATK Yogyakarta. *Integrated Lab Journal*. Vol. 7 (2): 10-15. <https://doi.org/10.14421/ilj.2019.20197206>.
- Nurhadini. 2016. Studi Deskriptif Sumur Gali Ditinjau Dari Kondisi Fisik Lingkungan Dan Praktik Masyarakat Di Kabupaten Boyolali. Skripsi. Universitas Negeri Semarang: Semarang.
- Nur Faj'ria, N., Wara, A, D., Sofiyani, R, D., Fadhilah, N., Mustikaningtyas, D., Rifa'Atunnisa. 2023. Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Untuk Pembuatan Ekoenzim. *Seminar Nasional IPA XIII* : 682-688.
- Nurlatifah, I., Agustine, D., Puspasari, E, A. 2021. Production and Characterization of Eco-Enzyme From Fruit Peel Waste, Tangerang, s.n.
- Penmatsa, B., Sekhar, C., Diwakar, B.S., & Nagalakhsmi, T. 2019. Effect of Bio-Enzyme in the Treatment of Fresh Water Bodies. *International Journal of Recent Technology and Engineering*. Vol. 8 (153): 308-310.
- Peraturan Menteri Kesehatan No. 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum.
- Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan (Sbmkli) Dan Persyaratan Kesehatan Air, Udara, Tanah Pangan. Sarana Dan Bangunan, Vektor Dan Blnatang Pembawa Penyakit.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

- Perdana, R. H., Susilo, G. E., & Romdania. Y. 2017. Identifikasi Sumber Mata Air di Lampung Timur. *JRSDD*. Vol. 5 (3):1-12.
- Pranata, L., Kurniawan, I., Indrayati, S., Rini, M. T., Suryani, K., & Yuniarti, E. 2021. Pelatihan Pengolahan Sampah Organik Dengan Metode Ekoenzim. *Indonesian Journal Of Community Service*. Vol. 1(1): 171-179.
- Pratamadina, E., & Wikaningrum, T. 2022. Potensi Penggunaan Eco Enzyme pada Degradasi Deterjen dalam Air Limbah Domestik. *Jurnal Serambi Engineering*. Vol 7 (1): 2722–2728.
- Pratiwi, S, S, D. 2021. Analisis Dampak Sumber Air Sungai Akibat Pencemaran Pabrik Gula Dan Pabrik Pembuatan Sosis. *Journal of Research and Education Chemistry (JREC)*. Vol. 3 (2):122-142.
- Quddus & Rahmat. 2014. Teknik Pengolahan Air Bersih dengan Sistem Saringan Pasir Lambat (Downflow) yang Bersumber dari Sungai Musi. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. Vol. 2 (4): 669-675.
- Rachmawati, H., Raharjo, M., Lanang, H. 2019. Pengaruh Kondisi Fisik Sumur dan Penurunan Kualitas Air (BOD) terhadap Kejadian Penyakit (Studi Kasus Industri Soun di DesaxManjung Kecamatan Ngawen Kabupaten Klaten). *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*. Vol. 18 (2): 20-22.
- Rahardian, H., Nurdin., Nurlaila, A., Herlina, N. 2022. Analisis Karakteristik Eco-Enzyme Dari Buah Tropis. Vol. 16 (1): 38-43.
- Raihan, A., Shabbir, S., & Rahman, Z. (2020). Assessment of water quality parameters: a case study of well water contamination. *Journal of Environmental Studies*. Vol. 56(3): 455-467.
- Ramdyasari. 2014. Pengolahan Air Sumur Menjadi Air Siap Diminum Melalui Proses Reverse Osmosis. Laporan Akhir. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Rasit, N. Fern, L. H & Ghani, A. W. A. K. 2019. Production and Characterization of Eco Enzyme Produced From Tomato and Orange Wastes and Its Influence On The Aquaculture Sludge. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. Vol 10 (3): 967–980.
- Rini, A. R. S. 2016. Pemanfaatan Ekstrak Kulit Buah Nanas (*Ananas comosus* L. Merr.) untuk Sediaan Gel Hand Sanitizer Sebagai Antibakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang.
- Rochyani, N., Utpalasari, R.L., Dahliana, I. 2020. Analisis Hasil Konversi Ekoenzim Menggunakan Nenas (*Ananas comosus*) dan Pepaya (*Carica papaya* L.). *Jurnal Redoks*. Vol. 5(2): 135- 140.

- Rohman, F. (2021). Kajian Kualitas Air Tanah Menggunakan Metode Indeks Pencemaran Pada Perumahan Villa Mutiara Cikarang 2 Blok G Desa Sukasejati Kecamatan Cikarang Selatan [Tugas Akhir]. Universitas Pelita Bangsa Bekasi.
- Royani, S., Fitriana, A, S., Enarga, A, B, P., Bagaskara, H, Z. 2021. Kajian Cod dan Bod Dalam Air Di Lingkungan Tempat Pemrosesan Akhir (Tpa) Sampah Kaliori Kabupaten Banyumas. Vol. 13 (1): 40-49.
- Salsabila NF., Raharjo M., & Joko T. 2023. Indeks Pencemaran Air Sungai dan Persebaran Penyakit yang Ditularkan (Waterborne Disesase): Suatu Kajian Sistematis. *Environmental Occupational Health and Safety Journal*. Vol. 4 (1): 24-34. e : <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/EOHSJ>.
- Sharma, R., & Agarwal, M. (2017). Hydrocarbon contamination in well water and its remediation techniques. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol. 14(10): 1309-1321.
- Singh, A., & Verma, P. (2019). Groundwater contamination by organic pollutants: Mechanisms and remediation. *Environmental Science Journal*. Vol. 44(5): 623-635.
- Sinha, R., & Agarwal, A. 2017. Eco-friendly enzymes: green approach to synthesis. *International Journal of Applied and Natural Sciences*. Vol. 6(3): 109-113.
- Situmorang, M. 2017. *Kimia Lingkungan*, Depok: Raja Grafindo Persada.
- Sudibyoy., H. 2023. Pengembangan Pemnbangkit Listrik Tenaga Air Dalam Pandangan Kehidupan Masyarakat Islam Indonesia. *Prosiding Konferensi Integrasi Interkoneksi Islam Dan Sains*. Vol. 5: 267-273.
- Sukainah, A., Reski, P .P., Husnul., H. 2018. The Change In Aspergillus sp. Population During The Process Of Controlled Fermentation And The Rhegical Propertis Of Corn Flour Produces. Vol. 201.
- Suryana. 2013. Analisis Kualitas Air Sumur Dangkal di Kecamatan Biringkanayya Kota Makassar: Fakultas Teknik Universitas Hasanudin Makassar. Tinggi PAU Pangan dan Gizi IPB, Bogor.
- Suryani, M. V., Astuti, A. P., & Maharani, E. T. W. 2020. Perbandingan Uji Organoleptik pada Delapan Variabel Produk Ekoenzim. *Seminar Nasional Edusaintek FMIPA UNIMUS tahun 2020*, 393–399. <https://prosiding.unimus.ac.id/index.php/edusaintek/article/viewFile/580/582>.
- Suyono & Budiman. 2014. *Ilmu Kesehatan Masyarakat Dalam Konteks Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran. ECG

- Tampubolon, M.G. 2017. Pengaruh Kadar Mangan (Mn) Pada Air Baku dan Air Reservoir dengan Menggunakan Metode Colorimetri Laboratorium Instalasi Pengolahan Air Minum PDAM Tirtanadi Sunggal. balita BGM.
- Tanjungsari, H., Sudamo, & Andarani. 2016. Pengaruh Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terhadap Kualitas Air Sumur ditinjau dari Konsentrasi TDS, Klorida, Nitrat, COD dan total coliform (Studi Kasus : RT 01, RW 02, Pemukiman Tanjungsari, Kelurahan Tembalang). *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol. 1(5): 1–11.
- Widyasari, N., Moelyaningrum, A. D., & Pujiati, R.S. 2013. Analisis Potensi Pencemaran Timbal (Pb) Pada Tanah, Air Lindi, dan Air Tanah (Sumur Monitoring) di TPA Pakusari Kabupaten Jember. *Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa 2013*, 1–8.
- Wiradona, I., & Prasko, P. 2018. Effectiveness Consuming Pineapple (*Ananas comosus*) and Star Fruit (*Averrhoa Carambola* L) toward Plaque Score. *Jurnal Kesehatan Gigi*. Vol. 5(1): 16-23.
<https://doi.org/10.31983/jkg.v5i1.3595>.
- Xu, X., Hu, W., & Zhang, Y. (2018). Sulfur compounds in groundwater: sources, behavior, and impacts. *Hydrology Research*. Vol. 49 (6): 1567-1581.
- Z. Wang, X. Yu, J. Li, J. Wang, & L. Zhang. 2016. The use of biobased surfactant obtained by enzymatic syntheses for wax deposition inhibition and drag reduction in crude oil pipelines. *Catalysts*. Vol. 6 (5)
doi: 10.3390/catal6050061.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Standar Baku Mutu Kualitas Air

No.	Jenis Parameter	Kadar Maksimum Yang Diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
1.	Mikrobiologi			
	<i>Escherichia coli</i>	0	CFU/100 ml	SNI/APHA
2.	<i>Total coliform</i>	0	CFU/100 ml	SNI/APHA
3.	Fisik			
	Suhu	Suhu udara ± 3	$^{\circ}\text{C}$	SNI/APHA
4.	Total Dissolved Solid	< 300	Mg/L	SNI/APHA
5.	Kekeruhan	< 3	NTU	SNI atau yang setara
6.	Warna	10	TCU	SNI/APHA

(Standar Baku Mutu PERMENKES No.2 thn 2023)

Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	$^{\circ}\text{C}$	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5	Deviasi temperatur dari alamiahnya
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/L
KIMIA ORGANIK						
pH		6 - 9	6 - 9	6 - 9	5 - 9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total fosfat sbg P	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO_2 sebagai N	mg/L	10	10	20	20	
$\text{NH}_3\text{-N}$	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi Perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka $\leq 0,02$ mg/L sebagai NH_3
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	1	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $\text{Cu} \leq 1$ mg/L
Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $\text{Fe} \leq 5$ mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $\text{Pb} \leq 0,1$ mg/L
FISIKA						
Mangan	mg/L	0,1	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	

(Standar Baku Mutu PP RI No. 82 Th. 2001)

Lampiran 2. Tabel ANOVA Efektivitas Penambahan Ekoenzim Kulit Nanas (P1) Terhadap Nilai Kekeruhan.

Sourc Var	df	SS	MS	F hit	Sig.	F 0.05	F 0.01
12 Kombinasi VH	11	2306.92	209.719939	4.51	**	1.986	2.625
4 Volume	3	1297.53	432.508667	9.31	**	2.790	4.199
3 Hari	2	576.47	288.236167	6.20	**	3.183	5.057
Interaksi V*H	6	432.92	72.1535	1.55	ns	2.286	3.186
Error	48	2231.05	46.4802083				
60 Total	59						

Lampiran 3. Tabel ANOVA Efektivitas Penambahan Ekoenzim Kulit Semangka (P2) Terhadap Nilai Kekeruhan.

Sourc Var	df	SS	MS	F hit	Sig.	F 0.05	F 0.01
12 Kombinasi VH	11	37,833	3,439	154,580	**	1.986	2.625
4 Volume	3	30,252	10,084	453,217	**	2.790	4.199
3 Hari	2	4,658	2,329	104,672	**	3.183	5.057
Interaksi V*H	6	2,923	487	21,897	**	2.286	3.186
Error	48	1.07	0.02				
60 Total	59						

Lampiran 4. Tabel ANOVA Efektivitas penambahan ekoenzim kombinasi kulit nanas dan semangka (P3) terhadap nilai kekeruhan.

Sourc Var	df	SS	MS	F hit	Sig.	F 0.05	F 0.01
12 Kombinasi VH	11	4,301.01	391.00	8,423.72	**	1.986	2.625
4 Volume	3	2,411.24	803.75	17,315.91	**	2.790	4.199
3 Hari	2	1,263.92	631.96	13,614.94	**	3.183	5.057
Interaksi V*H	6	625.85	104.31	2,247.22	**	2.286	3.186
Error	48	2.23	0.05				
60 Total	59						

Lampiran 5. Tabel ANOVA Efektivitas penambahan ekoenzim kulit nanas (P1) terhadap nilai BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Sourc Var	df	SS	MS	F hit	Sig.	F 0.05	F 0.01
12 Kombinasi VH	11	65.02	5.91115803	1,900.69	**	1.986	2.625
4 Volume	3	49.59	16.5309217	5,315.41	**	2.790	4.199
3 Hari	2	7.86	3.92842667	1,263.16	**	3.183	5.057
Interaksi V*H	6	7.57	1.26218667	405.85	**	2.286	3.186
Error	48	0.15	0.00311				
60 Total	59						

Lampiran 6. Tabel ANOVA Efektivitas penambahan ekoenzim kulit semangka (P2) terhadap nilai BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Sourc Var	df	SS	MS	F hit	Sig.	F 0.05	F 0.01
12 Kombinasi VH	11	370	34	347,985	**	1.986	2.625
4 Volume	3	246	82	846,740	**	2.790	4.199
3 Hari	2	90	45	468,039	**	3.183	5.057
Interaksi V*H	6	34	6	58,590	**	2.286	3.186
Error	48	0.00	0.00				
60 Total	59						

Lampiran 7. Tabel ANOVA Efektivitas penambahan ekoenzim kombinasi kulit nanas dan semangka (P3) terhadap nilai BOD (*Biological Oxygen Demand*).

Sourc Var	df	SS	MS	F hit		F 0.05	F 0.01
12 Kombinasi VH	11	4,301.01	391.00	8,423.72	**	1.986	2.625
4 Volume	3	2,411.24	803.75	17,315.91	**	2.790	4.199
3 Hari	2	1,263.92	631.96	13,614.94	**	3.183	5.057
Interaksi V*H	6	625.85	104.31	2,247.22	**	2.286	3.186
Error	48	2.23	0.05				
60 Total	59						

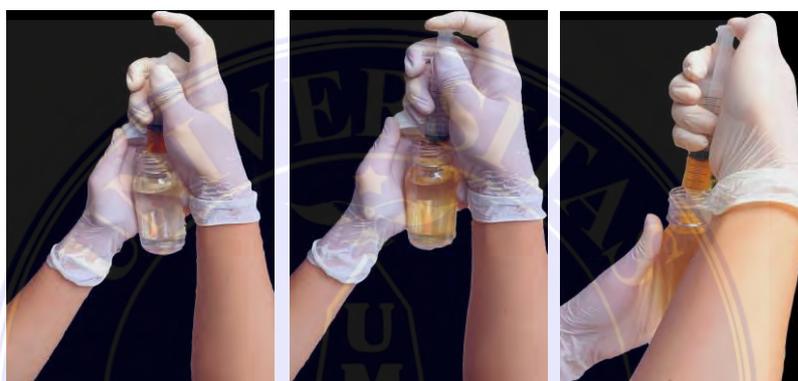
Lampiran 8. Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian



(Pembuatan Ekoenzim)



(Proses Pengambilan Sampel Air Sumur Gali)



(Pengaplikasian ekoenzim ke sampel air sumur gali)



(Pengujian Kadar *Biological Oxygen Demand*)



(Pengujian Kadar Kekeruhan)

Lampiran 9. Sampel Pengujian Air Sumur Gali



(Hasil pengaplikasian 3 jenis ekoenzim dengan konsentrasi dan pendiaman terbaik pada sampel air sumur gali)



(Sampel Air Sumur Gali Sebelum Pengaplikasian Ekoenzim)