

Arfa'at Nur Wahid

Isolasi dan Uji Patogenitas Bakteri Proteolitik Untuk Bioremediasi Limbah Industri Ampas Tahu di Kota Makassar



SKRIPSI DAN KTI



SKRIPSI DAN KTI 2024



Politeknik Kesehatan Kemenkes Makassar

Document Details

Submission ID

trn:oid:::1:3004652664

Submission Date

Sep 11, 2024, 1:14 PM GMT+7

Download Date

Sep 12, 2024, 1:42 PM GMT+7

File Name

SKRIPSI_FEBI_PRATIWI_FIX.pdf

File Size

1.4 MB

101 Pages

14,537 Words

95,437 Characters

76% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text

Top Sources

- 74%  Internet sources
- 20%  Publications
- 40%  Submitted works (Student Papers)

Top Sources

74% Internet sources
 20% Publications
 40% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	docplayer.info	8%
2	Internet	prosiding.unimus.ac.id	7%
3	Internet	87.106.201.35.bc.googleusercontent.com	6%
4	Internet	jurnalunwir.blogspot.com	5%
5	Internet	sakolaurang.blogspot.com	4%
6	Internet	www.gurupendidikan.co.id	4%
7	Internet	pdffox.com	2%
8	Student papers	Badan PPSPDM Kesehatan Kementerian Kesehatan	2%
9	Internet	repository.uin-suska.ac.id	2%
10	Internet	repository.poltekkes-tjk.ac.id	2%
11	Internet	indriagustianfitriani.blogspot.com	2%

12	Internet	www.siswapedia.com	2%
13	Internet	text-id.123dok.com	1%
14	Internet	prestasiherfen.blogspot.com	1%
15	Internet	ml.scribd.com	1%
16	Internet	semangattegar.blogspot.com	1%
17	Internet	ejurnal.stikes-bth.ac.id	1%
18	Internet	ekosistem.co.id	1%
19	Internet	jurnal.uns.ac.id	1%
20	Internet	www.kompasiana.com	1%
21	Internet	docobook.com	1%
22	Internet	repository.unimus.ac.id	1%
23	Internet	123dok.com	1%
24	Internet	eprints.undip.ac.id	1%
25	Internet	alitadisanjaya.blogspot.com	1%

26	Internet	etheses.uin-malang.ac.id	1%
27	Internet	pt.scribd.com	1%
28	Internet	www.scribd.com	1%
29	Internet	www.neliti.com	1%
30	Internet	jurnal.unimus.ac.id	1%
31	Internet	aguskrisnoblog.wordpress.com	1%
32	Internet	media.neliti.com	1%
33	Internet	pdfcoffee.com	1%
34	Internet	vdocuments.site	1%
35	Internet	www.kurniayoung.com	1%
36	Internet	areasains208.blogspot.com	1%
37	Internet	sputumutia.blogspot.com	1%
38	Internet	repository.unsri.ac.id	0%
39	Internet	buguruprakarya.blogspot.com	0%

40	Internet	es.scribd.com	0%
41	Student papers	Universiti Teknologi Petronas	0%
42	Internet	nursapitri.blogspot.com	0%
43	Internet	agus-jiddan.blogspot.com	0%
44	Internet	imtliregional3.wordpress.com	0%
45	Internet	repository.poltekeskupang.ac.id	0%
46	Internet	digilibadmin.unismuh.ac.id	0%
47	Student papers	Universitas Kristen Duta Wacana	0%
48	Internet	repositori.uin-alauddin.ac.id	0%
49	Internet	repository.radenintan.ac.id	0%
50	Internet	farhanbiouinsgd.wordpress.com	0%
51	Internet	eprints.umm.ac.id	0%
52	Internet	jurnal.ar-raniry.ac.id	0%
53	Internet	bumitempattinggalku.blogspot.com	0%

54	Internet	repository.ub.ac.id	0%
55	Internet	revinasriutami.blogspot.com	0%
56	Internet	www.researchgate.net	0%
57	Internet	yenniratna.blogspot.com	0%
58	Student papers	Politeknik Negeri Bandung	0%
59	Student papers	Southville International School and Colleges	0%
60	Internet	ifadiya.blogspot.com	0%
61	Student papers	Universitas Brawijaya	0%
62	Internet	repository.poltekkesbengkulu.ac.id	0%
63	Student papers	Universitas Airlangga	0%
64	Student papers	Forum Perpustakaan Perguruan Tinggi Indonesia Jawa Timur	0%
65	Publication	Ahadiyat Yugi Rahayu, Okti Herliana, Sapto Nugroho Hadi, Ida Widyawati et al. "E...	0%
66	Internet	repo.upertis.ac.id	0%
67	Publication	Maria I. Nesi, Stefanus Sio, Kristoforus W. Kia. "Kualitas Mikrobiologi Dendeng Sa...	0%

68	Internet	repository.its.ac.id	0%
69	Internet	repository.unhas.ac.id	0%
70	Internet	www.kimia.clas.web.id	0%
71	Internet	barcad.blogspot.com	0%
72	Publication	Ganisya Andriani, Tiara Dini Harlita, Lamri Lamri. "IDENTIFIKASI BAKTERI YANG D...	0%
73	Student papers	Cerritos College	0%
74	Student papers	Universitas Hang Tuah Surabaya	0%
75	Publication	Lola Malia Nurmalika, Ria Khoirunnisa Apriyani. "IDENTIFIKASI BAKTERI Coliform ...	0%
76	Internet	journal.uniku.ac.id	0%
77	Internet	ecampus.poltekkes-medan.ac.id	0%
78	Internet	repository.ucb.ac.id	0%
79	Publication	APRIZA APRIZA. "PERBEDAAN EFEKTIFITAS REBUSAN DAUN AVOCAD DAN JUS AVO...	0%
80	Publication	Susi Novaryatiin, Anggun Meilani Pratiwi, Syahrida Dian Ardhany. "Uji Daya Ham...	0%
81	Publication	Zinvie Carlina, Ummul Firmani, Saidah Luthfiah. "KARAKTERISASI BAKTERI SALU...	0%

82	Internet	ndrasendana.blogspot.com	0%
83	Internet	repository.iainbengkulu.ac.id	0%
84	Internet	repository.stikeswirahusada.ac.id	0%
85	Publication	Hasni Aida, Kartika Manalu. "Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pendegradasi Limba...	0%
86	Publication	Prilya Dewi Fitriasari, Nanda Amalia, Susiyanti Farkhiyah. "ISOLASI DAN UJI KOM...	0%
87	Student papers	Universitas Muhammadiyah Surakarta	0%
88	Internet	core.ac.uk	0%
89	Internet	digilib.unhas.ac.id	0%
90	Internet	link.springer.com	0%
91	Internet	nanopdf.com	0%
92	Internet	repository.ar-raniry.ac.id	0%
93	Internet	www.posoline.com	0%
94	Internet	ahlilaboratoriummedis.blogspot.com	0%
95	Internet	digilib.akbidyo.ac.id	0%

96	Internet	digilib.iain-jember.ac.id	0%
97	Internet	eprints.uny.ac.id	0%
98	Internet	librepo.stikesnas.ac.id	0%
99	Internet	repository.uksw.edu	0%
100	Internet	repository.usu.ac.id	0%
101	Internet	sipeg.unj.ac.id	0%
102	Publication	Riorifki Kabense, Elvy L. Ginting, Stenly Wullur, Nickson J. Kawung, Fitje Losung, J...	0%
103	Internet	journal.uniga.ac.id	0%
104	Internet	jurnal.untag-sby.ac.id	0%
105	Internet	medialaborananakesuit.blogspot.com	0%
106	Internet	ojs.uho.ac.id	0%
107	Internet	simplebooklet.com	0%

SKRIPSI**ISOLASI DAN UJI PATOGENITAS BAKTERI PROTEOLITIK
UNTUK BIOREMEDIASI LIMBAH INDUSTRI
AMPAS TAHU DI KOTA MAKASSAR****FEBI PRATIWI
PO.71.4.203.16.1.009****KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
POLITEKNIK KESEHATAN KEMENKES MAKASSAR
JURUSAN ANALIS KESEHATAN
PRODI TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS
PROGRAM SARJANA TERAPAN
2023**

SKRIPSI

ISOLASI DAN UJI PATOGENITAS BAKTERI PROTEOLITIK UNTUK BIOREMEDIASI LIMBAH INDUSTRI AMPAS TAHU DI KOTA MAKASSAR

FEBI PRATIWI
PO.71.4.203.16.1.009

KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
POLITEKNIK KESEHATAN KEMENKES MAKASSAR
JURUSAN ANALIS KESEHATAN PRODI
TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS
PROGRAM SARJANA TERAPAN
2023

**ISOLASI DAN UJI PATOGENITAS BAKTERI PROTEOLITIK UNTUK
BIOREMEDIASI LIMBAH INDUSTRI AMPAS TAHU DI KOTA
MAKASSAR**

**Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Terapan Kesehatan (S.Tr. Kes)
Pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis
Jurusan Teknologi Laboratorium Medis Politeknik Kesehatan
Makassar**

**FEBI PRATIWI
PO714203161009**

**KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
POLITEKNIK KESEHATAN MAKASSAR
JURUSAN TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS
PROGRAM SARJANA TERAPAN
2023**

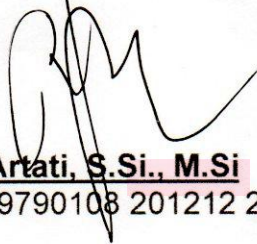
LEMBAR PERSETUJUAN

Skripsi Dengan Judul :

ISOLASI DAN UJI PATOGENITAS BAKTERI PROTEOLITIK UNTUK BIOREMEDIASI LIMBAH INDUSTRI AMPAS TAHU DI KOTA MAKASSAR

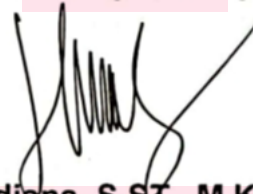
Telah Disetujui Untuk Diseminarkan / Diujikan Oleh Tim Penguji
Pada Hari Senin, Tanggal 10 April 2023

Pembimbing 1



Artati, S.Si., M.Si
NIP. 19790108 201212 2001

Pembimbing 2



Herdiana, S.ST., M.Kes
NIP.19840807 200812 2002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknologi Laboratorium Medis
Poltekkes Kemenkes Makassar



Rahman, S.Si. M.Si
NIP.19641231 198603 1 032

LEMBAR PENGESAHAN

**Skripsi Telah Disetujui Oleh Panitia Penguji
Pada Jurusan Teknologi Laboratorium Medis
Program Sarjana Terapan**

Pada Senin, 10 April 2023

Pembimbing 1/ Penguji

Artati, S.Si., M.Si
NIP. 19790108 201212 2001

Pembimbing 2/ Penguji

Herdiana, S.ST., M.Kes
NIP. 19840807 200812 2002

Penguji

Rafika, S.Si., M.Kes
NIP. 19840322 201012 2002

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Teknologi Laboratorium Medis
Poltekkes Kemenkes Makassar**

Rahman, S.Si. M.Si
NIP. 19641231 198603 1 032

KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **Isolasi dan Uji Patogenitas Bakteri Proteolitik Untuk Bioremediasi Limbah Industri Ampas Tahu di Kota Makassar**. Tujuan penulisan skripsi ini untuk memenuhi salah satu persyaratan menyelesaikan studi dalam rangka memperoleh gelar Sarjana Terapan Kesehatan pada Program Studi Diploma IV Analis Kesehatan Politeknik Kesehatan Makassar.

Shalawat serta salam tidak lupa kita curahkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW beserta keluarga, para sahabat dan umatnya hingga akhir zaman. Penghargaan dan terimakasih yang setulus-tulusnya kepada Ayahanda tercinta **Syahbudin Kadir** dan Ibunda yang kusayangi **(Alm) Nahrang Hasan** yang telah mencurahkan segenap cinta dan kasih sayang serta perhatian moril maupun materil. Rasa hormat dan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada kakak-kakak saya **Nurliang Kadir dan Suami, Syahril Kadir dan Istri, Risna Kadir dan Suami, dan Sumarni Kadir dan Suami**. Rasa hormat dan terima kasih juga yang setulus-tulusnya kepada Suami tersayang **Andri Baco** dan anak pertama kami **Mannaf Calief Andri** yang telah banyak berkontribusi dalam hidup saya, selama penyusunan skripsi dan menjadi salah satu alasan skripsi ini dapat selesai diwaktu yang tepat. terselesaikannya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini

dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terimakasih yang sebesar besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. **Bapak Dr. Drs. Rusli, Apt., Sp.FRS** Selaku Direktur Politeknik Kesehatan Makassar
2. **Bapak Rahman, S.Si.,M.Si** selaku Ketua Jurusan Analis Kesehatan Politeknik Kesehatan Makassar.
3. **Hj. Syahida Djasang, SKM.,M.M.KES** selaku Ketua Program Studi Analis Kesehatan Politeknik Kesehatan Makassar
4. **Ibu Artati, S.Si., M.Si** selaku pembimbing I dan **Ibu Herdiana, S.ST., M.Kes** selaku pembimbing II yang telah berkenan meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, pengarahan, dan saran mulai dari awal hingga akhir penyelesaian skripsi ini.
5. **Bapak Zulfikar Ali Hasan, S.ST., M.Kes** selaku kepala sub. Laboratorium Analis Kesehatan Politeknik Kesehatan Makassar yang telah banyak membantu.
6. **Dosen pendidik dan staf** Politeknik Kesehatan Makassar, Khususnya di Jurusan Analis Kesehatan yang telah memberikan masukan dan kerjasamanya selama ini.
7. **Keluargaku tercinta** yang senantiasa mendoakan dan memberikan support selama ini.

8. Teman-teman seperjuangan dan seperantauan di Kota Makassar. Khususnya **Keluarga Besar Active Advertising** dan **Keluarga Besar Persatuan Pemuda Mahasiswa Pelajar Morowali Utara (PPMP Morut-Makassar)** Terimakasih telah memberikan banyak pembelajaran kepada saya dan suatu kesyukuran bisa mengenal orang-orang yang hebat seperti kalian khususnya **Kakak Arief Ibrahim**.
9. Teman-teman seangkatan **GALAKTOSA 16 (DIV Analis Kesehatan)**, Dunia kampus itu penuh warna – warni layaknya perjalanan kita yang penuh suka duka. Setiap titik awal akan ada titik akhirnya. Bagaimana kita memulainya dengan susah payah, dan menjalani hari-hari selanjutnya. Hingga kita berada disuatu hari yang dinantikan, akhir dari semua perjalanan. Aku pun akan rindu tentang kita, bersama tumpukan kertas hingga pagi bertemu pagi.
10. Teruntuk sahabat-sahabatku yang tersayang **Dhebora, Dewi, Vira Ulfa**, kita memang tidak punya hubungan darah tapi kita tetap saudara. Terima kasih atas do'a dan dukungan kalian selama ini yang membuat saya termotivasi untuk segera menyelesaikan skripsi saya ini.
11. hak-pihak yang tidak bisa saya sebutkan namanya satu persatu yang telah membantu penulis selama penyusunan skripsi. Kekurangan dan keterbatasan ada pada manusia, karena

23

kesempurnaan hanya milik Allah tidak terkecuali dalam penulisan skripsi ini. Akhir kata, tiada kata yang patut penulis ucapkan selain do'a semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan ridho dan rahmatNya kepada kita semua.

Makassar, 19 Maret 2023

Penulis

Febi Pratiwi

ABSTRAK

Febi Pratiwi: Isolasi dan Uji Patogenitas Bakteri Proteolitik Untuk Bioremediasi Limbah Industri Ampas Tahu di Kota Makassar. (Pembimbing: Artati dan Herdiana)

Ampas tahu adalah salah satu bahan alami yang mengandung protein cukup tinggi. limbah industri tahu pada lingkungan jika dibuang langsung ke perairan dapat menyebabkan bau yang menyengat, polusi pada air, dan mengganggu ekologi perairan yang menyebabkan kematian ikan dan biota lainnya. Bakteri proteolitik untuk penanganan limbah dapat ditemukan di berbagai sumber yang mengandung protein tinggi seperti pada limbah cair industri tahu, sehingga dilakukan bioremediasi yang merupakan penggunaan mikroorganisme yang telah dipilih untuk ditumbuhkan pada polutan tertentu sebagai upaya menurunkan kadar polutan tersebut. Tujuan penelitian ini mengisolasi bakteri proteolitik dari limbah industri tahu dan melakukan uji patogenitas sehingga dapat digunakan sebagai agen bioremediasi, uji yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji penghasil enzim protease dengan menggunakan media Susu Skim Agar. Hasil penelitian adalah terbentuknya zona bening pada media Susu Skim Agar hal ini menunjukkan bakteri proteolitik yang berpotensi untuk digunakan dalam proses bioremediasi limbah ampas tahu.

Kata Kunci : Bakteri Proteolitik, Bioremediasi, Limbah Ampas Tahu

Daftar Pustaka : (2000-2018)

ABSTRACT

Febi Pratiwi: Isolation and Pathogenicity Test of Proteolytic Bacteria for Bioremediation of Tofu Dregs Industrial Waste in Makassar City.
(Supervisors: Artati and Herdiana)

Tofu dregs are natural ingredients that contain high levels of protein. Tofu industrial waste on the environment if discharged directly into the waters can cause a pungent odor, pollute the water, and disturb the aquatic ecology which causes the death of fish and other biota. Proteolytic bacteria for waste treatment can be found in various sources that contain high protein such as in tofu industrial wastewater, so bioremediation is carried out which is the use of microorganisms that have been selected to grow on certain pollutants as an effort to reduce these pollutant levels. The purpose of this study was to isolate proteolytic bacteria from tofu industrial waste and to carry out pathogenicity tests so that they can be used as bioremediation agents. The test conducted in this study was a test for producing protease enzymes using Skim Agar Milk media. The results of the study were the formation of clear zones on the Agar Skim Milk medium, indicating proteolytic bacteria that have the potential to be used in the bioremediation process of tofu dregs waste.

Keywords: Proteolytic Bacteria, Bioremediation, Tofu Waste

Bibliography: (2000-2018)

DAFTAR ISI

Halaman

Sampul Dalam	i
Persyaratan Gelar	ii
Lembar Pengesahan	iii
Kata Pengantar	v
Abstrak	ix
Abstract	x
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel	xiv
Daftar Gambar	xv
Daftar Lampiran	xvi

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum Limbah	5
1. Pengertian Limbah.....	5
2. Limbah Ampas Tahu.....	8
3. Karakteristik Limbah Cair Tahu.....	10

49	4. Dampak Pencemaran Limbah Pabrik Tahu Terhadap Lingkungan	12
	5. Pemanfaatan Limbah Tahu.....	21
	B. Tinjauan Umum Bakteri.....	24
	1. Pengertian Bakteri	24
	2. Struktur Bakteri	29
6	3. Cara Perkembangbiakan Bakteri,Bentuk Tubuh Bakteri,Sifat Bakteri, Dan Alat Gerak Bakteri	33
	4. Bakteri Proteolitik.....	36
	5. Infeksi Bakteri	39
	6. Peranan Bakteri	44
	7. Media Pertumbuhan Bakteri.....	46
	C. Tinjauan Umum Bioremediasi	48
	1. Pengertian Bioremediasi.....	48
	2. Jenis – Jenis Bioremediasi.....	49
	3. Tujuan Bioremediasi	50
	4. Prinsip Bioremediasi	52
	5. Isolasi Bakteri Dengan Kemampuan Bioremediasi.....	53
	D. Pengertian Media MacConkey, Blood Agar Plate,Dan Skim Milk Agar	55
8	E. Kerangka Konseptual.....	56

BAB III METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian.....	58
--------------------------	----

B. Lokasi Dan Waktu Penelitian	58
C. Populasi, Sampel, Besar Sampel, Dan Teknik Pengambilan Sampel	58
D. Variabel Penelitian	59
E. Definisi Operasional	59
F. Alat Dan Bahan	59
G. Prosedur Penelitian	60
H. Analisa Data	62
I. Alur Penelitian	63

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian	65
B. Pembahasan	69

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	73
B. Saran	73

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

4.1 Tabel Karakteristik Morfologi Isolat Bakteri	65
4.2 Tabel Karakteristik Koloni Isolat Bakteri Pada Pewarnaan	66
4.3 Tabel Hasil pertumbuhan bakteri dari isolasi ampas tahu.....	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Dasar Sel Bakteri	29
Gambar 2.2 Struktur Dinding Sel	30
Gambar 2.3 Membran Respirator & Tilakoid	30
Gambar 2.4 Flagelum	31
Gambar 2.5 Pilus	31
Gambar 2.6 Endospora	32
Gambar 2.7 Kerangka Konsep	57
Gambar 3.1 Alur Isolasi Bakteri Proteolitik	63
Gambar 3.2 Alur Uji Patogenitas Bakteri Dengan Media MacConkey	63
Gambar 3.3 Alur Uji Patogenitas Bakteri Dengan Media Blood Agar Plate.....	64
Gambar 4.1 Koloni pada Media Skim Milk Agar sampel 1.....	67
Gambar 4.2 Koloni pada Media Blood Agar Plate sampel 1.....	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Permohonan Izin Penelitian

Lampiran 2 Dokumentasi Penelitian

Lampiran 3 Surat Laporan Hasil Penelitian

Lampiran 4 Rekomendasi Persetujuan Etik

Lampiran 5 Surat Keterangan Telah Melakukan Penelitian

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan Negara yang masyarakatnya sering mengkonsumsi tahu, sehingga banyak industri yang terdapat di setiap daerah. Proses pembuatan tahu masih menggunakan teknologi sederhana dan menghasilkan limbah. Limbah yang dihasilkan dalam proses pembuatan tahu berupa limbah padat dan cair. Limbah tersebut biasanya tidak dikelola sehingga mencemari lingkungan (Lestari,2016).

Kegiatan industri tahu biasanya dilakukan oleh usaha skala kecil dengan modal terbatas, sehingga tidak memiliki unit pengolahan limbah. Limbah padat biasanya langsung dibuang ke saluran-saluran pembuangan, selokan atau badan air tanpa pengolahan terlebih dahulu. Limbah padat tahu mengandung zat organik yang menyebabkan pertumbuhan mikroba dalam air. Hal tersebut akan mengakibatkan kadar oksigen dalam air turun. Limbah industri tahu juga mengakibatkan air kotor atau keruh (Handayani,2018).

Dampak limbah padat industri tahu pada lingkungan jika dibuang langsung ke perairan dapat menyebabkan bau yang menyengat, dan polusi lingkungan perairan sehingga mengganggu ekologi perairan yang menyebabkan kematian ikan dan biota lainnya. Upaya mengatasi permasalahan pembuangan limbah yang mengganggu lingkungan dan kesehatan, yaitu metode dengan mikroorganisme seperti proteolitik yang

memiliki kemampuan dalam mendegradasi bahan organik (Nugraha,2011).

Bakteri proteolitik untuk penanganan limbah dapat ditemukan di dalam berbagai sumber yang mengandung protein tinggi seperti pada limbah cair industri tahu (Fong dan Tan,2000). Bakteri proteolitik dapat digunakan sebagai agen bioremediasi. Bioremediasi merupakan penggunaan mikroorganisme yang telah dipilih untuk ditumbuhkan pada polutan tertentu sebagai upaya menurunkan kadar polutan tersebut (Priadie,2012).

Seleksi patogenitas bakteri dapat dilakukan dengan media *MacConkey* dan *Blood Agar Plate (BAP)*, seleksi bakteri proteolitik juga dapat dilakukan dengan metode yang sudah ada pada media *Skim Milk Agar (SMA)*.

Penelitian yang sebelumnya pernah dilaporkan oleh (Sabrina dan Ethica,2018) menyimpulkan bahwa bakteri yang dapat tumbuh pada media SMA merupakan bakteri proteolitik. Bakteri proteolitik adalah bakteri yang mampu memproduksi enzim protease ekstraseluler. Penelitian ini penting dilakukan untuk mengurangi limbah organik tahu industri pembuatan tahu (Afriani,2018).

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka permasalahan dalam penelitian apakah terdapat bakteri proteolitik pada

limbah industri ampas tahu yang bersifat non pathogen sehingga dapat digunakan sebagai agen bioremediasi?

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Mengisolasi bakteri proteolitik dari limbah industri tahu dan melakukan uji patogenitas sehingga dapat digunakan sebagai agen bioremediasi.

2. Tujuan Khusus

- a. Melakukan isolasi koloni bakteri yang terdapat pada limbah industri tahu menggunakan media *Nutrient Agar (NA)* dan melakukan pemurnian bakteri yang terdapat pada limbah industri tahu menggunakan media *Nutrient Agar (NA)*.
- b. Melakukan isolasi bakteri penghasil enzim protease yang terdapat pada limbah industri menggunakan media susu skim.
- c. Melakukan uji patogenitas bakteri yang terdapat pada limbah industri tahu menggunakan media *MacConkey (MCA)* dan *Blood Agar Plate (BAP)*.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Pendidikan

Penelitian ini diharapkan bisa memberikan pengetahuan, wawasan, dan informasi yang berhubungan dengan isolasi dan uji tingkat patogenitas bakteri proteolitik untuk bioremediasi limbah industri

ampas tahu dan sekaligus sebagai bahan masukan bagi instansi-instansi terkait.

2. Bagi Masyarakat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif solusi penanganan limbah industri tahu yang efektif dan efisien dengan diperolehnya bakteri indigen atau bakteri yang berpotensi dalam proses biodegradasi dapat di isolasi dari limbah itu sendiri.

3. Bagi Peneliti

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan wawasan mengenai bakteri proteolitik dan agen bioremediasi, serta dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi peneliti yang sejenis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum Limbah

1. Pengertian Limbah

Limbah adalah sisa dari suatu usaha maupun kegiatan yang mengandung bahan berbahaya atau beracun yang karena sifat, konsentrasi, dan jumlahnya, baik yang secara langsung maupun yang tidak langsung dapat membahayakan lingkungan, kesehatan, kelangsungan hidup manusia dan kelangsungan hidup lainnya. Bahan yang sering ditemukan dalam limbah antara lain senyawa organik yang dapat terbiodegradasi, senyawa organik yang mudah menguap, senyawa organik yang sulit terurai (raklsitran), logam berat yang toksik, padatan tersuspensi nutrient, mikroba pathogen, dan parasit.

Berdasarkan wujud limbah yang dihasilkan, limbah terbagi 3 yaitu:

a. Limbah padat

Limbah padat adalah limbah yang memiliki wujud opadat yang bersifat kering dan tidak dapat berpindah kecuali dipindahkan. Limbah padat ini biasanya berasal dari sisa makanan, sayuran, potongan kayu, ampas hasil industri, dll.

b. Limbah cair

Limbah cair adalah limbah yang memiliki wujud cair. Limbah cair ini selalu larut dalam air dan selalu berpindah (kecuali

ditempatkan pada wadah/bak). Contoh dari limbah cair ini adalah bekas cuci pakaian dan piring, limbah cair dari limbah industri, dll.

9

c. **Limbah Gas**

Limbah gas adalah limbah yang berwujud gas. Limbah gas bias dilihat dalam bentuk asap dan selalu bergerak sehingga penyebarannya luas. Contoh dari limbah gas adalah gas buangan dari kendaraan bermotor, buangan gas dari hasil industri.

Limbah cair merupakan gabungan atau campuran dari air dan bahan-bahan pencemar yang terbawa oleh air, baik dalam keadaan terlarut maupun tersuspensi yang terbuang dari sumber domestik (perkantoran, perumahan, dan perdagangan), sumber industri, dan pada saat tertentu tercampur dg air tanah, air permukaan, ataupun air hujan (Soeparman dan Suparmin, 2002).

Limbah cair merupakan salah satu jenis sampah. Adapun sampah (*Waste*) adalah zat-zat atau benda-benda yang sudah tidak terpakai lagi, baik yang berasal dari rumah maupun sisa-sisa proses industri. Secara umum limbah cair dapat dibagi menjadi, *Human Excreta* (feses dan urine), *Sewage* (air limbah), dan *Industrial Waste* (Bahan buangan dari sisa proses industri).

Menurut Soeparman dan Suparmin (2002), limbah cair bersumber dari aktifitas manusia dan aktifitas alam. Beberapa aktifitas manusia yang menghasilkan limbah cair diantaranya adalah aktifitas dalam

bidang rumah tangga, perkantoran, perdagangan, perindustrian, dan pelayanan jasa.

Air limbah yang tidak menjalani pengolahan yang benar tentunya dapat menimbulkan dampak yang tidak di inginkan. Dampak tersebut antara lain, Kontaminasi dan pencemaran pada air permukaan dan badan-badan air yang digunakan oleh manusia, Mengganggu kehidupan dalam air, mematikan hewan dan tumbuhan air, Menimbulkan bau (sebagai hasil dekomposisi zat anaerobik dan zat anorganik), dan Menghasilkan lumpur yang dapat mengakibatkan pendangkalan air sehingga terjafi penyumbatan yang dapat menyebabkan banjir. Pengelompokkan limbah berdasarkan bentuk atau wujudnya dapat dibagi menjadi 4 diantaranya yaitu:

- 1) Limbah cair domestik (*domestic WasteWater*), yaitu limbah cair hasil buangan dari perumahan (rumah tangga), bangunan, perdagangan, dan perkantoran. Contohnya yaitu: air sabun, air deterjen sisa cucian, dan air tinja.
- 2) Limbah cair Industri (*Industrial wastewater*), yaitu limbah cair hasil buangan industri. Contohnya: sisa pewarnaan kain/bahan dari industri tekstil, air dari industri pengolahan makanan, sisa cucian daging, buah, atau sayur.
- 3) Rembesan dan luapan (*infiltration and inflow*) yaitu limbah cair yang berasal dari berbagai sumber yang memasuki saluran pembuangan limbah cair melalui rembesan kedalam tanah atau melalui luapan

dari permukaan. Air limbah dapat merembes kedalam saluran pembuangan melalui pipa yang pecah, rusak, atau bocor, sedangkan luapan dapat melalui bagian saluran yang membuka atau terhubung ke permukaan. Contohnya yaitu: air buangan dari talang atap, pendingin ruangan (AC), bangunan perdagangan dan industry, serta pertanian atau perkebunan.

- 4) Air hujan (*Strom water*), yaitu limbah cair yang berasal dari aliran hujan diatas permukaan tanah. Aliran air hujan dipermukaan air tanah dapat melewati dan membawa partikel-partikel buangan padat atau cair sehingga dapat disebut limbah cair.

Limbah cair bersumber dari pabrik yang biasanya banyak menggunakan air dalam sistem prosesnya. Selain itu, ada juga bahan baku mengandung air sehingga dalam proses pengolahannya air harus dibuang. Air terikut dalam proses pengolahan kemudian dibuang misalnya ketika dipergunakan untuk pencuci suatu bahan sebelum diproses. Air ditambah bahan kimia tertentu kemudian diproses dan setelah itu dibuang. Semua jenis perlakuan ini mengakibatkan buangan air.

2. Limbah Ampas Tahu

Ampas tahu adalah salah satu bahan alami yang mengandung protein cukup tinggi dan harganya murah yang berasal dari limbah padat suatu industri tahu. Limbah ini dihasilkan setiap hari dalam jumlah yang cukup melimpah dan kandungan protein yang tertinggal

7

relative masih tinggi. Pemanfaatan ampas tahu saat ini hanya sebagai pakan ternak sapi dan babi, dan sebagian kecil diolah sebagai bahan pangan. Karakteristik kimia tepung ampas tahu mengandung protein 10.80% dalam 100-gram ampas tahu (Yustina,2012).

29 Limbah industri tahu adalah limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan tahu. Limbah yang dihasilkan terdiri dari dua jenis, yaitu limbah padat dan cair. Limbah padat belum dirasakan dampaknya terhadap lingkungan, karena limbah padat atau yang sering kita sebut ampas tahu dapat diolah kembali menjadi oncom atau dapat dimanfaatkan sebagai makanan ternak, seperti ayam, bebek, sapi, dan kambing. Akan tetapi limbah cairlah yang merupakan bagian terbesar dan berpotensi untuk mencemari lingkungan. Sebagian besar limbah cair yang dihasilkan bersumber dari cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu pada tahap proses prnggumpalan dan penyaringan yang disebut air didih. Pengelolaan limbah dalam industri pembuatan tahu merupakan salah satu dari contoh teknik pengelolaan limbah secara *wasrte to product* yaitu menggunakan kembali limbah industri tahu sebagai bahan baku produk baru yang memiliki nilai tambah. Upaya-upaya yang dapat dilakukan adalah pengolahan limbah cair tahu ini menjadi kecap tahu, pupuk cair, dan bahan bakar biogas serta dapat juga dilakukan untuk menghasilkan asam yang dapat digunakan kembali untuk proses penggumpalan susu tahu atau biasa disebut biang (Yudhistria, 2016).

23

3. Karakteristik Limbah Cair Tahu

Karakteristik limbah cair tahu dipengaruhi oleh metode atau cara pada proses pembuatan tahu. Proses pembuatan tahu dibedakan menjadi dua yaitu dengan penambahan CH_3COOH (asam asetat) dan CaSO_4 (kalsium sulfat) pada proses penggumpalan sari tahu (protein) menjadi tahu. Dengan adanya perbedaan bahan tambahan tersebut dimungkinkan menghasilkan limbah cair tahu yang berbeda pula. Limbah cair yang dihasilkan pada industri tahu ini akan mengalami proses yang dilakukan oleh mikroba (secara spontan) selama pembuangan. Hal ini terjadi melalui proses hidrolisis zat organik, seperti protein, karbohidrat dan lemak yang masih terkandung dalam limbah cair tahu, tahap ini disebut dengan tahap hidrolisis. Tahapan selanjutnya yaitu tahap asidifikasi atau pengasaman yaitu proses pembentukan asam-asam organik dari zat organik yang telah dihidrolisis pada tahap sebelumnya. Tahapan terakhir yaitu tahap pembentukan biogas hasil biokonversi dari asam organik yang dihasilkan. Sehingga diperlukan karakterisasi limbah cair tahu dengan perbedaan proses pembuatan tersebut. Salah satu karakterisasi yang dapat dilakukan diantaranya yaitu dengan kinetika pertumbuhan mikroba pada limbah cair tahu untuk menghasilkan asam (Yudhistira, 2016).

Untuk limbah industri tahu ada dua hal yang perlu diperhatikan yakni karakteristik fisika dan kimia. Karakteristik fisika meliputi padatan

total, suhu, warna dan bau. Karakteristik kimia meliputi bahan organik, bahan anorganik dan gas.

Suhu buangan industri tahu berasal dari proses pemasakan kedelai. Suhu limbah cair tahu pada umumnya lebih tinggi dari air bakunya, yaitu 40°C sampai 46°C. Suhu yang meningkat di lingkungan perairan akan mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen dan gas lain, kerapatan air, viskositas, dan tegangan permukaan.

Bahan-bahan organik yang terkandung didalam buangan industri tahu pada umumnya sangat tinggi. Senyawa-senyawa organik didalam air buangan tersebut dapat berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Diantara senyawa-senyawa tersebut lemaklah yang jumlahnya paling besar yang mencapai 40%-60% protein, 25-50% karbohidrat, dan 10% lemak. Semakin lama jumlah dan jenis bahan organik ini semakin banyak, dalam hal ini akan menyulitkan pengolahan limbah, karena beberapa zat sulit diuraikan oleh mikroorganisme, didalam air limbah air tahu tersebut. Untuk menentukan besarnya kandungan bahan organik digunakan beberapa teknik pengujian seperti BOD, COD dan TOM. Uji BOD merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran bahan organik, baik dari industri ataupun dari rumah tangga (Yudhistira, 2016).

1 Akibat banyak industri tahu maka limbah hasil pengolahan banyak membawa dampak terhadap lingkungan. Limbah dari pengolahan tahu mempunyai kadar BOD sekitar 5000-10.000mg/l, COD 7000-12.000

mg/l. Besarnya pencemaran yang ditimbulkan menyebabkan gangguan yang cukup serius terutama untuk perairan disekitar industri tahu. Teknologi pengolahan limbah yang ada saat ini pada umumnya berupa pengolahan limbah sistem anaerob, dengan proses biologis anaerob, efisiensi pengolahan hanya sekitar 70-80%, sehingga air lahannya masih mengandung polutan organik cukup tinggi, serta bau yang ditimbulkan dari sistem anaerob dan tingginya kadar fosfat merupakan masalah yang belum dapat teratasi. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan dengan cara kombinasi proses biologis anaerob/aerob yakni proses penguraian anaerob dan diikuti dengan proses pengolahan lanjut dengan sistem biofilter anaerob aerob. Dengan kombinasi proses tersebut diharapkan konsentrasi COD dalam air olahan yang dihasilkan turun menjadi 60 ppm, sehingga jika dibuang tidak lagi mencemari lingkungan sekitarnya.

4. Dampak Pencemaran Limbah Pabrik Tahu Terhadap Lingkungan

a. Dampak Pencemaran Limbah Tahu Terhadap Lingkungan Hidup

Pencemaran limbah tahu merupakan salah satu penyebab kerusakan lingkungan hidup dan dapat menyebabkan penyakit kepada umat manusia. Para industri tahu selalu melakukan apapun untuk mendapatkan keuntungan yang besar untuk kepentingan diri mereka sendiri, pabrik tahu di Indonesia cukup banyak. Tahu merupakan makanan ringan yang mudah untuk didapatkan yang mengandung banyak nutrisi seperti, protein, lemak, karbohidrat dll,

yang bagus untuk kesehatan manusia, namun mempunyai dampak buruk jikalau kita tidak mengelolanya dengan baik dan benar.

Analisa resiko lingkungan hidup juga merupakan perangkat pencegahan yang baru diadopsi dalam undang-undang 32/9. Menganalisa resiko lingkungan hidup diwajibkan bagi perusahaan “yang berpotensi menimbulkan dampak penting terhadap ekosistem dan kehidupan, dan/atau kesehatan dan keselamatan manusia” (pasal 47 ayat 1).

Sebagian besar industry tahu membuang limbahnya ke perairan macam polutan yang dihasilkan mungkin berupa polutan organik (bau busuk), polutan anorganik (berbau dan tidak berwarna). Pemerintah menetapkan tata aturan untuk mengendalikan pencemaran air untuk limbah industry, karena limbah dari industry tahu mengandung polutan organik dan anorganik, maka air limbah tersebut tidak bias langsung di buang ke sungai, agar tidak terjadi pencemaran. Dalam mengukur derajat kesamaan limbah cair dari air rebusan kedelai telah melampaui standar baku mutu. Air limbah dan bahan buangan dari kegiatan industry yang di buang ke perairan akan mengubah pH air, dan dapat mengganggu kehidupan organisme lainnya. Air normal yang memenuhi syarat mempunyai pH berkisar antara 6,5 sampai 7,5. Ekosistem air dapat melakukan “rehabilitasi” apabila terjadi pencemaran terhadap badan air. Kemampuan ini ada batasnya. Oleh karena itu perlu di upayakan untuk mencegah dan

menaggulangi pencemaran air. Untuk mengatasi pencemaran air dapat dilakukan usaha preventif, misalnya dengan tidak membuang limbah industry ke sungai. Kebiasaan membuang limbah ke sungai dan disembarang tempat hendaknya di berantas dengan memberlakukan peraturan-peraturan yang diterapkan di lingkungan masing-masing secara konsekuen. Limbah industry hendaknya di buang pada wadah yang telah di sediakan. Masyarakat disekitar sungai perlu memperhatikan kebersihakn lingkungan dan perlu memahami mengenai pemanfaatan sungai, agar sungai tidak lagi di pergunakan sebagai tempat pembuangan limbah. Peraturan pembuangan limbah industry hendaknya di pantau pelaksanaannya dan pelanggarnya di jatuhi hukuman.

Limbah industry hendaknya diproses dahulu dengan teknik pengolahan limbah, dan setelah memnuhi syarat baku mutu, air buangan baru bisa di alirkan keselokan-selokan atau sungai. Dengan demikian akan tercipta sungai yang bersih dan memiliki fungsi ekologis. Tindakan yang perlu dilakukan oleh masyarakat yaitu; pembuatan kolam pengelolaan limbah cair. baku mutu limbah cair ditetetapkan oleh Menteri yang membidangi lingkungan hidup. Menteri lain dan pimpinan lembaga pemerintah non-depertemen, untuk melindungi kualitas air, Gubernur setelah berkonsultasi dengan Menteri dapat baku mutu limbah cair lebih hebat dari baku mutu limbah cair yang di tetapkan.

Untuk kegiatan yang sudah berpotensi di tetapkan baku mutu limbah cair melalui keputusan Mneteri Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor: Kep-03/MENKLH/II/1191. Keputusan tersebut memuat tata cara pemberian izin pembuangan limbah cair yang di tetapkan berdasarkan kadar maksimum setiap parameter dan debit limbah cair maksimum yang tidak dapat di lampau. Kadar maksimum tiap parameter atau debit limbah cair maksimum hanya di perbolehkan di lampau selama beban pencemaran maksimum tidak dilampau.

21 Air buangan industry tahu kualitasnya bergantung dari proses yang di gunakan. Apabila air yang prosesnya baik, maka kandungan bahan organik pada air buangannya biasanya rendah. Pada umumnya konsentrasi ion hydrogen buangan industry tahu ini bersifat asam. Komponen terbesar dari limbah cair tahu yaiotu protein sebesar 226,06 sampai 434,78 mg/l. Sehingga masuknya limbah cair tahu ke lingkungan perairan akan meningkatkan total nitrogen di perairan tersebut.

Kesadaran lingkungan hidup yang baik dan sehat mengubah berbagi Negara untuk melakukan penanganan. Kemampuan yang ditujukan tidak lagi terbatas pada kondisi local atau batas wilayah, namun mengelobal. PBB melakukan konferensi untuk menunjang hasil-hasil pembangunan selama dasawarsa 1960-1970. Pembicaraan tentang lingkungan hidup pada pertemuan itu

dilontarkan oleh wakil dari swedia pada tahun 1968. Salah satu sarana perlunya konferensi internasional mengenai lingkungan hidup.

4

Pecemaran limbah sangat berbahaya bagi biota di perairan berbagai jenis ekosistem mengalami keracunan. Setiap spesies yang berada di perairan yang berbeda- beda ada spesies yang tahan terhadap pencemaran dan ada juga yang tidak tahan terhadap pencemaran yang terjadi di perairan. Setiap ekosistem selalu beradaptasi dengan tempatnya. Walaupun begitu tingkat adaptasinya terbatas, bila batas tersebut melampaui batas maka ikan tersebut akan mati. Punahnya spesies tertentu akan berakibat pada kehidupan manusia dan juga makhluk hidup lainnya.

Apa yang akan terjadi jikalau limbah dari pabrik tahu mencemari lingkungan kita? Negara kita merupakan Negara kepulauan, dan kaya akan kekayaan alam seperti fauna yang berada di perairan. Semua kejadian pencemaran yang terjadi terhadap lingkungan hidup pasti akan berdampak pada ekosistem (perairan dan laut), karena limbah cair industry tahu menyebabkan kerusakan lingkungan, dan juga bisa berdampak pada kesehatan manusia (Wardhana,2001)

b. Penerapan Sanksi-sanksi Dalam Menanggulangi Pencemaran Limbah Pabrik Tahu Terhadap Lingkungan Hidup

Penegakan hukum mengenai masalah lingkungan hidup di Negara kita, berdasarkan pasal 98 UU No. 32 Tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup memberikan sanksi pidana (1) setiap orang yang dengan sengaja melakukan perbuatan yang mengakibatkan dilampauinya baku mutu udara ambien, baku mutu air, baku mutu air laut, atau kriteria baku kerusakan lingkungan hidup, dipidana dengan pidana penjara paling singkat 3 (tiga) tahun dan paling lama 10 (sepuluh) tahun dan denda paling sedikit Rp.3.000.000.000,00 (tiga miliar rupiah) dan paling banyak Rp.10.000.000.000,00 (sepuluh miliar rupiah).

5 Pada pasal 78 ayat (2) UU No. 32 Tahun 2009 menyatakan perbuatan sebagaimana yang di maksud pada ayat (1) mengakibatkan orang luka dan/atau bahaya kesehatan manusia di pidana dengan pidana penjara paling singkat 4 (empat) tahun dan paling lama 12 (dua belas) tahun. 5 Dalam pasal 99 ayat (1) UU No. 32 Tahun 2009 menyatakan setiap orang yang karena kelalaiannya mengakibatkan dilampauinya baku mutu udara ambien, baku mutu air, baku mutu air laut, atau kriteria baku kerusakan lingkungan hidup, di pidana dengan pidana paling singkat 1 (satu) tahun dan paling lama 3 (tiga) tahun dan denda paling sedikit Rp.1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah) dan paling banyak Rp.3.000.000.000,00 (tiga miliar rupiah). Dalam pasal 101 UU No. 32 Tahun 2009 menyatakan setiap orang yang melepaskan dan/atau

mendengarkan produk rekayasa genetik ke media lingkungan yang bertentangan dengan peraturan perundang-undangan dan/atau izin lingkungan sebagaimana yang di maksud dengan pasal 69 huruf g, di pidana dengan pidana penjara paling singkat 1 (satu) tahun dan paling lama 3 (tiga) tahun dan denda paling sedikit Rp.1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah) dan paling banyak Rp.3.000.000.000,00 (tiga miliar rupiah). Dalam pasal 105 UU No. 32 tahun 2009 menyatakan setiap orang yang memasukkan limbah ke dalam wilayah Kesatuan Republik Indonesia sebagaimana yang di maksud dalam 69 huruf c di pidana dengan pidana penjara paling singkat 4 (empat) tahun dan paling lama 12 (dua belas) tahun dan denda paling sedikit Rp.4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah) dan paling banyak Rp.12.000.000.000,00 (dua belas miliar rupiah).

5

Ketentuan pidana sebagaomana di atur dalam UUPPLH tersebut di maksud untuk melindungi lingkungan hidup dari tindakan pencemaran dan/atau perusakan lingkungan dengan memberikan ancaman sanksi pidana tertentu pada pelanggarnya. Untuk membahas perbuatan pidana lingkungan tersebut perlu diperhatikan konsep dasar tingkat pidana lingkungan hidup untuk di tetapkan sebagai tindak pidana umum (*delic genu*) dan mendasari pengkajian pada tindak pidana khusus (*delic species*). Perbuatan pidana yang di maksud adalah perbuatan mencemari dan merusak lingkungan sebagai *delic genus*. ketentuan *delic genus* ini akan di jabarkan

dalam ketentuan ketentuan yang lebih khusus dalam UUPPLH maupun dalam ketentuan sektoral di luar KUHP.

Dalam sarana administratif dapat memberikan kemudahan-kemudahan dalam pengelolaan lingkungan. Sanksi administrative mempunyai fungsi instrumental, yaitu pengendalian perbuatan terlarang. Di samping itu, sanksi administratif terutama di tujukan pada perlindungan kepentingan yang di jaga oleh ketentuan yang di langgar tersebut. Beberapa jenis sarana penegakan hukum administratif adalah paksaan pemerintah atau tindakan paksa, uang paksa, penghentian kegiatan penting perusahaan dan pencabutan izin melalui proses tergugat, paksaan pemerintah, penutupan, dan uang paksa.

Delik lingkungan yang diatur dalam pasal 41,42,43,44,45,46, dan 47 UUPPLH delik material yang menyangkut penyiapan alat-alat bukti serta penentuan hubunga kasual antara perbuatan pencemaran dan tercemar. Tata cara penindakannya tunduk pada UU No. 8 Tahun 1981 tentang hukum acara pidana (KUHP). Peranan penyidik sangat penting karena berfungsi mengumpulkan bahan/alat bukti yang sering kali bersifat ilmiah. Dalam kasus kerusakan dan/atau pencemaran lingkungan terhadap kesulitan bagi aparat penyidik untuk menyediakan alat bukti sah sesuai dengna ketentuan Pasal 183 dan Pasal 184 KUHP.

Disamping itu, pembuktian unsur hubungan kasuan merupakan kendala tersendiri. Pencemaran lingkungan sering terjadi secara kumulatif, sehingga sulit untuk membuktikan sumber pencemaran, terutama yang sifatnya kimiawi. Peraturan pemerintah No. 20 Tahun 1990 pasal 37 memberi peluang kepada Bupati/Walikota maupun Gubernur untuk memberikan sanksi administratif, antara lain meliputi penyegelan semua saluran pembuangan limbah, penghentian sementara kegiatan dan pencabutan izin pembuangan limbah. Sanksi administratif oleh Bupati/Walikota ini diperlukan bagi suatu keadaan yaitu, seperti tidak menaati persyaratan yang ditetapkan dalam izin, melakukan pencemaran limbah cair ke tanah tanpa izin menteri lingkungan, penanggung jawab kegiatan tidak membuat saluran pembuangan limbah cair yang memudahkan pengambilan contoh dan pengukuran debit limbah cair yang terletak diluar area kegiatan, dan tidak menyampaikan laporan pembuangan limbah cair beserta analisisnya sekurang-kurangnya sekali dalam enam bulan.

Upaya perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup didasarkan pada norma-norma hukum lingkungan berarti secara seimbang antara kepentingan ekonomi, pelestarian fungsi lingkungan dan kondisi sosial. Perlindungan dan pengelolaan dilakukan secara terpadu mencakup bidang-bidang lingkungan hidup untuk berkelanjutan fungsi lingkungan hidup. Pada akhirnya keseimbangan dan berkelanjutan akan tercapai kesejahteraan

masyarakat. Dalam menciptakan lingkungan yang bersih, kita harus tetap menjalankan segala peraturan yang ada di Negara kita ini, karena Indonesia merupakan Negara Hukum. Dengan segala peraturan-peraturan yang ada, maka Badan Lingkungan Hidup (BLH) harus lebih memperhatikan lingkungan yang berada di tiap-tiap daerah. Dan diperlukan juga kerja sama dari masyarakat sekitar untuk tetap menjaga kelestarian lingkungan hidup. Pada dasarnya masalah pencemaran limbah tahu ini adalah masalah kita bersama. Jadi sebaiknya dalam mengatasi serta menanggulangi setiap kasus pencemaran limbah tahu harus dilakukan atau di berantas bersama-sama, yaitu kita memperhatikan lingkungan kita ini. Mulai dari badan lingkungan hidup, aparat penegak hukum hingga masyarakat setempat (Siombo, 2012)

5. Pemanfaatan Limbah Tahu

11 Pada dasarnya limbah merupakan bahan yang terbuang dari hasil limbah manusia maupun proses alam yang belum memiliki nilai ekonomis. Banyak jenis limbah dapat dimanfaatkan kembali melalui limbah ulang ataupun dikonversikan ke produk lain yang berguna, misal limbah dari industri pangan. Limbah tersebut biasanya masih mengandung serat, karbohidrat, protein, lemak, asam organik, dan mineral dan pada dasarnya dapat mengalami perubahan secara biologi sehingga dapat dikonversikan ke produk lain seperti energi, pangan, pakan, pupuk organik, dll.

Konsep pemanfaatan limbah sebagai upaya untuk membangun usaha kecil dan menengah, pertama-tama harus diketahui sifat kimia dan fisiknya, sehingga dapat diperkirakan berbagai produk yang mungkin dihasilkan. Kemudian produk yang dipilih dipertimbangkan dengan pasar dan tekno ekonominya. Sebagai contoh ampas tahu yang memiliki sifat kimiawi yang didominasi oleh protein sehingga dapat diolah menjadi produk yang berfungsi sebagai sumber protein.

39

Melihat sifat ampas tahu yang memiliki banyak kelebihan seperti mengandung protein yang sangat tinggi, banyak mengandung serat, serta murah dan mudah didapat, maka dapat dikembangkan suatu bentuk usaha baru yang memanfaatkan ampas tahu sebagai bahan dasarnya sebagai tujuan selain sebagai salah satu usaha mengurangi pencemaran dari limbah atau ampas tahu khususnya di daerah perairan, tetapi juga dapat memberikan alternative gizi sebagai sumber protein yang bermanfaat bagi tubuh manusia.

11

Tahu di produksi dan dimanfaatkan sebagai protein, yaitu akan menggumpal bila bereaksi dengan asam. Penggumpalan protein oleh asam cuka akan berlangsung secara cepat dan serempak diseluruh bagian cairan sari kedelai, sehingga sebagian besar air yang semula tercampur dalam sari kedelai akan tertangkap didalamnya. Pengeluaran air yang tertangkap tersebut dapat dilakukan dengan memberikan tekanan. Semakin besar tekanan yang diberikan, semakin

banyak air yang dapat dikeluarkan dari gumpalan protein. Gumpalan protein itulah yang kemudian disebut sebagai tahu.

Kandungan air dalam tahu ternyata bukan merupakan hal yang merugikan. Oleh beberapa pengusaha, hal tersebut justru dimanfaatkan untuk memproduksi tahu dengan tingkat kekerasan yang rendah. Adapula beberapa pengusaha tahu yang memproduksi tahu keras. Air yang terperangkap didalam gumpalan protein menyebabkan tahu mudah dibentuk/dicetak. Untuk membentuk tahu yang keras cetakan diberi tekanan/beban berat, sehingga dalam waktu singkat air akan keluar dengan sendirinya.

Air buangan industri tahu kualitasnya bergantung dari proses yang digunakan. Apabila air prosesnya baik, maka kandungan bahan organik pada bahan buangannya biasanya rendah (Nurhasan dan Pramudya, 1987). Pada umumnya konsentrasi ion hidrogen buangan industri tahu ini cenderung bersifat asam. Komponen terbesar dari limbah cari tahu, yaitu protein (N-total) sebesar 226,06 sampai 434,78mg/l. Sehingga masuknya limbah cair tahu kelingkungan perairan akan meningkatkan total nitrogen diperaian tersebut.

Gas-gas yang biasa ditemukan dalam limbah adalah gas nitrogen (N_2), Oksigen (O_2), Hidrogen Sulfida (H_2S), ammonia (NH_3), karbondioksida (CO_2), dan metana (CH_4). Gas-gas tersebut berasal dari dekomposisi bahan-bahan organik yang terdapat didalam air buangan.

B. Tinjauan Umum Bakteri

1. Pengetian Bakteri

Bakteri merupakan domain yang terdiri dari makhluk hidup yang tidak memiliki membran inti (prokarioa). Dahulu bakteri terbagi menjadi Bacteria dan ArchaeBacteria. Namun sekarang Archae bacteria memiliki domain sendiri yang disebut Archae. Bakteri memiliki ciri-ciri antara lain tidak memiliki membrane inti, tidak memiliki organel bermembran, memiliki dinding sel peptidoglikan, dan bakteri asam nukleatnya berupa plasmid (Nurhasan dan Pramudya, 1987). Bakteri berkembang biak dengan membelah diri dan karena begitu kecil maka hanya dapat dilihat menggunakan mikroskop. Bakteri mempunyai beberapa organel yang dapat melaksanakan beberapa fungsi hidup.

Pada umumnya, ukuran tubuh bakteri sangat kecil, sehingga memerlukan mikroskop untuk dapat mengamatinnya. Ada juga bakteri yang ukuran tubuhnya agak besar yang dapat dilihat tanpa menggunakan mikroskop. Mengamati sifat morfologi tersebut, agar lebih teliti tetap memerlukan mikroskop. Satuan ukuran tubuh bakteri adalah micron (μ) atau micrometer. Satuan micron (μ) sama dengan $1/1000(\text{mm})$ atau 10^{-3} mm. panjang tubuh bakteri sekitar 1-2 μ , sedangkan lebarnya sekitar 2-5 μ .

Bakteri yang terbentuk coccus mempunyai diameter 0.5 μ adapula yang diameternya 2,5 μ . Bakteri yang berbentuk basil (batang) mempunyai diameter 0.2- 2.0 μ , sedangkan panjang 1-1.5 μ micron

apabila terdapat ukuran bakteri dari ketentuan ini, maka pengukuran besar kecilnya bakteri yang menyimpang dari bakteri tersebut, perlu didasarkan atas standar yang sama. Sel-sel individu bakteri mempunyai beragam variasi seperti bola (kokus), batang (basil), dan spiral (spirillum). Masing-masing bentuk atau ciri ini penting dalam mencirikan morfologi suatu spesies.

a. Kokus

Kokus bentuk sel bakteri yang berbentuk bulat seperti bola kecil. Sel bakteri yang berbentuk kokus ini muncul dalam beberapa penataan yang khas bergantung pada spesiesnya. Kokus dibedakan menjadi: monokokus yang berbentuk bola tunggal, diplokokus yang membentuk bola bergandengan dua dua, sarkina berbentuk bola berkelompok empat empat menyerupai kubus, stertokokus bentuk bola berkelompok memanjang membentuk rantai, dan stafilokokus yang berbentuk bola yang berkoloni membentuk sekelompok sel tidak teratur sehingga mirip dempuan buah anggur (Irianto, 2012).

b. Basil

Bentuk sel bakteri yang berbentuk seperti batang dinamakan basilus. Ujung beberapa ada yang tampak persegi, ada yang bundar, dan ada pula yang meruncing, atau lancip seperti cerutu. Basilus juga ada yang saling melekat satu dengan lainnya, ujung dengan ujung sehingga memberikan penampilan rantai. Basil dapat dibedakan menjadi beberapa kelompok berdasarkan jumlah koloni,

yaitu monobasil yakni sel bakteri yang berebentuk satu batang tunggal, diplobasil yakni sel bakteri berbentuk batang bergandeng dua dua dan streptobasil yakni berbentuk batang yang bergandeng memanjang yang bentuknya rantai (Irianto, 2010).

c. Spiral (spirillum)

Bentuk sel bakteri yang berbentuk melilit atau berbengkok dinamakan *spirilla*. Ada 3, macam bentuk spiral, yaitu: spiral yakni sel bakteri yang bentuknya seperti spiral dan tubuhnya kaku, vibrio berbentuk dianggap sebagai bentuk spiral tak sempurna, (Irianto, 2012).

Bakteri adalah yang paling berkelebihan dari semua organisme. Mereka tersebar (berada di mana-mana) di tanah, air, dan sebagai simbiosis dari organisme lain. Banyak patogen merupakan bakteri. Kebanyakan dari mereka kecil, biasanya hanya berukuran 0,5-5 μm , meski ada jenis dapat menjangkau 0,3 mm dalam diameter (Thiomargarita). Mereka umumnya memiliki dinding sel, seperti sel hewan dan jamur, tetapi dengan komposisi sangat berbeda (peptidoglikan). Banyak yang bergerak menggunakan flagela yang berbeda dalam strukturnya dari flagela kelompok lain. Bakteri memiliki ciri-ciri yang membedakannya dengan makhluk lain yaitu, Organisme multiselluler, Prokariot (tidak memiliki membran inti sel), Umumnya tidak memiliki klorofil, Memiliki ukuran tubuh yang bervariasi antara 0,12 s/d ratusan mikron umumnya memiliki ukuran rata-rata 1 s/d 5

mikron, Memiliki bentuk tubuh yang beraneka ragam, Hidup bebas atau parasite, Yang hidup di lingkungan ekstrim seperti pada mata air panas,kawah atau gambut dinding selnya tidak mengandung peptidoglikan, Yang hidupnya kosmopolit diberbagai lingkungan dinding selnya mengandung peptidoglikan, Ciri umum bakteri yang pertama, mereka adalah Organisme prokariota (inti sel tidak diselimuti membran khusus) juga uniseluler (atau bersel tunggal), Bakteri memiliki dinding sel seperti tumbuhan yang tersusun atau peptidoglikan dan mukopolisakarida, Bakteri memiliki endospora yaitu kapsul yang muncul jika kondisi yang tidak menguntungkan sebagai perisai terhadap panas dan gangguan alam, Dari segi ukuran, bakteri pada umumnya bakteri terlalu kecil seperti Mycoplasma untuk dilihat mata telanjang yakni sekitar 0,5 mikrometer tapi ada juga yang sedikit lebih besar yakni Epulopiscium fishelsoni mencapai ukuran yaitu sekitar 10-100 mikrometer, Ciri umum lainnya dari bakteri hidup adalah mereka makhluk yang parasit (membutuhkan inang seperti manusia atau hewan) tapi ada juga yang hidup bebas, Secara umum bakteri tidak berklorofil, Habitat bakteri dapat tinggal dilingkungan yang keras seperti air panas, kawah, gambut, Dilihat dari bentuk penampakan, sel bakteri bisa terlihat seperti basil (atau batang), kokus (berbentuk bola), spirillum (spiral seperti pembuka tutup botol), kokobasil (bulat dan batang), dan Vibrio (seperti koma).

Sebagai bagian dari perlindungan, bakteri dapat mensekresikan lendir ke permukaan dinding sel. 8-10 % fosfolipid dan protein adalah penyusun membran sitoplasma dan bakteri. Bakteri ada yang memiliki ekor juga disebut dengan flagela untuk bergerak sedangkan bakteri yang tidak memiliki flagela bergerak dengan cara seperti berguling (Rosihan, 2015).

1 Pada umumnya daya tahan bakteri terhadap berbagai jenis logam berat disebabkan adanya faktor penentu memberikan resistensi terhadap suatu atau terhadap sejenis logam berat. Mekanisme resistensi pada bakteri ini meliputi pengaliran logam keluar sel bakteri (efluks logam), modifikasi spesies logam, pengurangan logam, atau kombinasi dari mekanisme tadi. Mayoritas penentu resistensi logam bersifat terinduksi oleh ion logam. Sistem metaloregulator yang telah diidentifikasi hingga saat ini adalah untuk kation Ag, As, Cd, Cl, Cu, Fe, dan Hg.

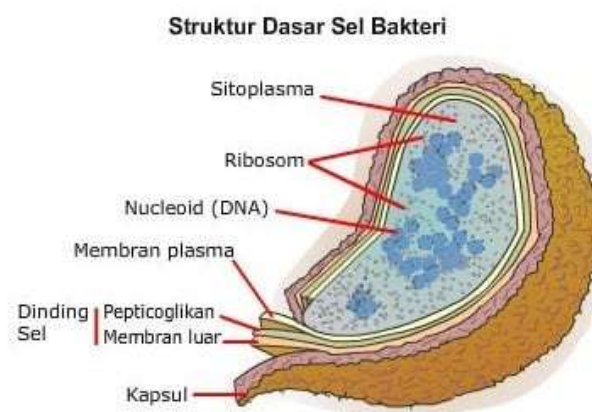
Adanya kemampuan bakteri dalam menetralisasi atau mengendapkan logam ini menunjukkan bahwa terdapat bakteri yang dapat bertahan hidup dalam tanah yang mengandung logam berat. Bakteri dapat menghasilkan senyawa pengkelat logam yang berupa ligan berberat molekul rendah yang disebut siderofor. Siderofor dapat membentuk kompleks dengan logam-logam termasuk logam berat. Pengkelatan logam berat oleh bakteri, sebagai mekanisme untuk mempertahankan diri terhadap toksisitas. Bakteri yang tahan terhadap

toksisitas logam berat tersebut mengalami logam sistem transport di membran selnya, sehingga terjadi penolakan atau pengurangan logam yang masuk kedalam sitoplasma. Dengan demikian logam yang tidak dapat melewati membran sel akan terakumulasi dan diendapkan dipermukaan sel.

2. Struktur Bakteri

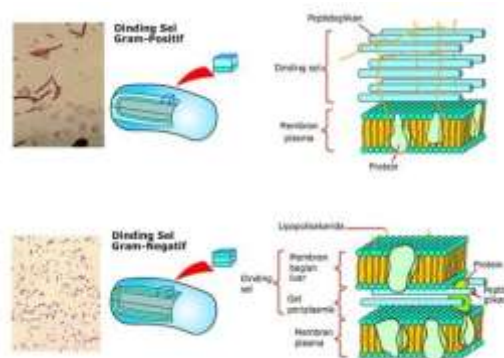
Terdapat beberapa struktur bakteri yaitu:

- a. Struktur dasar (dimiliki oleh hampir semua jenis bakteri). Meliputi: dinding sel, membran plasma, sitoplasma, ribosom, DNA, dan granula penyimpanan.
- b. Struktur tambahan (dimiliki oleh jenis bakteri tertentu). Meliputi kapsul, flagelum, pilus, fimbria, klorosom, Vakuola gas dan endospora.



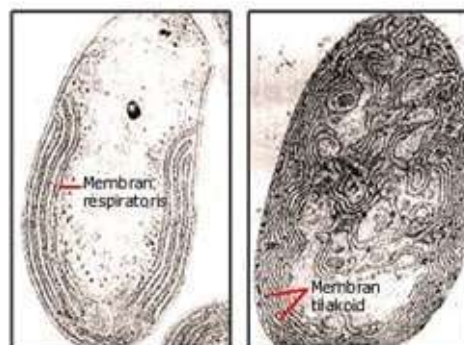
Gambar 2.1 Struktur Dasar Sel Bakteri

- c. Dinding sel tersusun dari *peptidoglikan* yaitu gabungan protein dan polisakarida (ketebalan peptidoglikan membagi bakteri menjadi bakteri gram positif bila peptidoglikannya tebal dan bakteri gram negatif bila peptidoglikannya tipis).
- d. *Membran* plasma adalah membran yang menyelubungi sitoplasma tersusun atas lapisan fosfolipid dan protein.



Gambar 2.2 Struktur Dinding Sel

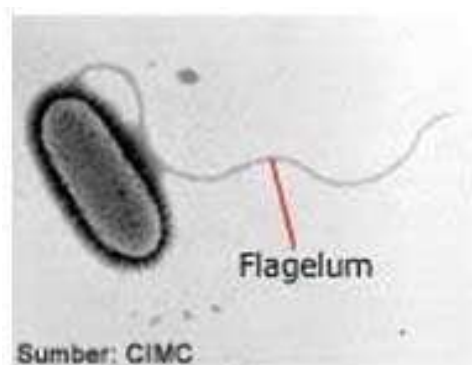
- e. *Sitoplasma* adalah cairan sel.
- f. *Ribosom* adalah organel yang tersebar dalam sitoplasma, tersusun atas protein dan RNA.
- g. *Granula* penyimpanan, karena bakteri menyimpan cadangan makanan yang dibutuhkan.



Gambar 2.3 Membran Respiratoris & Tilakoid

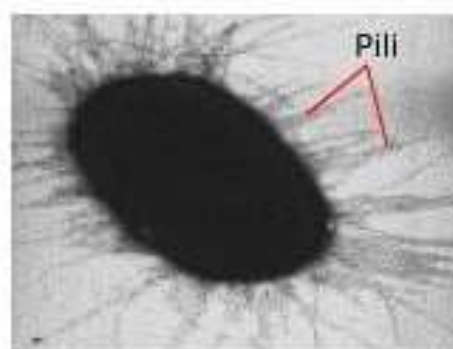
13

- h. *Kapsul* atau lapisan lendir adalah lapisan di luar dinding sel pada jenis bakteri tertentu, bila lapisannya tebal disebut kapsul dan bila lapisannya tipis disebut lapisan lendir. Kapsul dan lapisan lendir tersusun atas polisakarida dan air.
- i. *Flagelum* atau bulu cambuk adalah struktur berbentuk batang atau spiral yang menonjol dari dinding sel.



Gambar 2.4 *Flagelum*

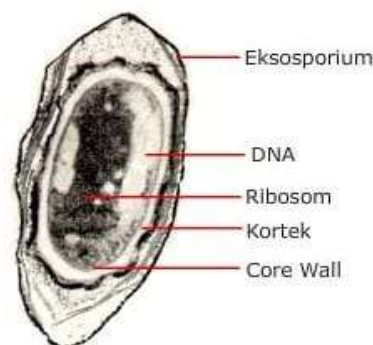
- j. *Pilus* dan *fimbria* adalah struktur berbentuk seperti rambut halus yang menonjol dari dinding sel, pilus mirip dengan flagelum tetapi lebih pendek, kaku dan berdiameter lebih kecil dan tersusun dari protein dan hanya terdapat pada bakteri gram negatif. *Fimbria* adalah struktur sejenis pilus tetapi lebih pendek daripada pilus.



Gambar 2.5 *Pilus*

25

- k. *Klorosom* adalah struktur yang berada tepat dibawah membran plasma dan mengandung pigmen klorofil dan pigmen lainnya untuk proses fotosintesis. Klorosom hanya terdapat pada bakteri yang melakukan fotosintesis.
- l. *Vakuola* gas terdapat pada bakteri yang hidup di air dan berfotosintesis.
- m. *Endospora* adalah bentuk istirahat (laten) dari beberapa jenis bakteri gram positif dan terbentuk didalam sel bakteri jika kondisi tidak menguntungkan bagi kehidupan bakteri. Endospora mengandung sedikit sitoplasma, materi genetik, dan ribosom. Dinding endospora yang tebal tersusun atas protein dan menyebabkan endospora tahan terhadap kekeringan, radiasi cahaya, suhu tinggi dan zat kimia. Jika kondisi lingkungan menguntungkan endospora akan tumbuh menjadi sel bakteri baru.



Gambar 2.6 Endospora

3. Cara Perkembangbiakan Bakteri, Bentuk Tubuh Bakteri, Sifat Bakteri dan Alat Gerak Bakteri

a. Cara perkembangbiakan Bakteri

Bakteri umumnya melakukan reproduksi atau berkembang biak secara asexual (vegetatif = tak kawin) dengan membelah diri. Pembelahan sel pada bakteri adalah pembelahan biner yaitu setiap sel membelah menjadi dua. Reproduksi bakteri secara seksual yaitu dengan pertukaran materi genetik dengan bakteri lainnya. Pertukaran materi genetik disebut rekombinasi genetik atau rekombinasi DNA.

Rekombinasi genetik dapat dilakukan dengan tiga cara yang pertama yaitu Transformasi adalah pemindahan sedikit materi genetik, bahkan satu gen saja dari satu sel bakteri ke sel bakteri yang lainnya. Kemudian yang kedua yaitu Transduksi adalah pemindahan materi genetik satu sel bakteri ke sel bakteri lainnya dengan perantaraan organisme yang lain yaitu bakteriofage (virus bakteri). Dan yang ketiga yaitu Konjugasi adalah pemindahan materi genetik berupa plasmid secara langsung melalui kontak sel dengan membentuk struktur seperti jembatan di antara dua sel bakteri yang berdekatan. Umumnya terjadi pada bakteri gram negatif.

b. Bentuk Tubuh Bakteri

Bentuk tubuh bakteri di pengaruhi oleh keadaan lingkungan, medium dan usia. Oleh karena itu untuk membandingkan bentuk serta ukuran bakteri, kondisinya harus sama. Pada umumnya bakteri yang usianya lebih muda ukurannya relative lebih besar daripada yang sudah tua.

12 Pada umumnya, bakteri berbentuk bulat dengan ukuran 0,7 – 1,3 mikron sedangkan sel bakteri berbentuk batang lebarnya sekitar 0,2 – 2,0 mikron dan panjangnya 0,7 – 3,7 mikron. Perlu diingat bahwa 1 mikron = 0,001 mm, nah dengan ukuran yang sangat kecil ini, maka bakteri ini hanya dapat diamati dengan menggunakan mikroskop. Adapun ukuran bakteri yang lebih kecil dari 0,1 m hanya dapat diamati dengan mikroskop elektron.

Bakteri dapat hidup secara berkoloni. Temen-temen dapat melihat koloni ini pada makanan yang telah busuk, maka akan keluar cairan kental dan lengket, warnanya putih agak kekuning-kuningan. Bisa dikatakan, seperti lendir. Bakteri merupakan makhluk yang mempunyai sel prokariot yaitu dimana selnya belum mempunyai membran inti. Dia bersel tunggal (satu) dan umumnya tidak mempunyai klorofil sehingga bersifat *heterotrof*. Namun ada juga yang bersifat *saprofit* atau *parasit* yaitu tidak bisa membuat makanan sendiri. Ada juga bakteri yang bersifat *autotrof* karena

memiliki klorofil sehingga dapat membuat makanan sendiri, misalnya: bakteri hijau dan bakteri ungu.

Bakteri harus melakukan proses respirasi (pernapasan) agar tetap bisa mendapatkan energi. Ada bakteri yang membutuhkan oksigen yang dinamakan sebagai *bakteri aerobik* misalnya bakteri *Nitrosomonas* yang mampu memecah gula menjadi CO₂, air dan energi namun ada pula bakteri yang tidak membutuhkan oksigen (*bakteri anaerobik*) misalnya bakteri asam susu.

c. Sifat Bakteri

Bakteri memiliki sifat yaitu, Inti sel tidak berdinding yang disebut prokariotik, Beberapa Jenis bakteri terutama Yang Berbentuk Batang dapat membentuk endospora. Yang Berguna Untuk Melindungi Diri Terhadap Lingkungan Yang Buruk, Bakteri Pada Suhu Yang Bervariasi Dan pH tertentu sesuai dengan jenisnya, Bakteri memiliki ukuran yang sangat kecil dan umumnya hanya berukuran antar 1 hingga 5 mikron, Prokariotik, Memiliki bentuk sel yang tetap sama karena memiliki dinding sel, Bakteri tidak memiliki klorofil sehingga bakteri umumnya memiliki bentuk tubuh yang transparan atau pun buram dan disebabkan tidak memiliki klorofil pada umumnya bakteri yang merupakan heterotrof. Akan tetapi beberapa jenis bakteri yang memiliki organel-organel klorofil dan juga fotosintesis sehingga bakteri tersebut disebut dengan fotoautotrof, Bakteri umumnya berkembang biak secara vegetative ataupun aseksual

dengan cara membelah dirinya sendiri, Bakteri adalah mikroorganisme yang memiliki satu sel atau biasa disebut dengan uni seluler. Ada bakteri yang mempunyai flagelata tapi ada juga yang tidak, Mikroskopis, Memiliki sifat kosmopolit, Bakteri ada yang hidup secara berkoloni namun ada pula yang soliter, Inti sel dari bakteri tidak mempunyai inti atau membrane karioteka atau yang bisa disebut juga dengan prokariotik, dan Bakteri bisa melakukan reproduksi dengan kawin dan juga membelah diri, atau dikawinkan atau konjugasi.

35 d. Alat Gerak Bakteri

Alat gerak pada bakteri berupa *flagellum* atau bulu cambuk adalah struktur berbentuk batang atau spiral yang menonjol dari dinding sel. Flagellum memungkinkan bakteri bergerak menuju kondisi lingkungan yang menguntungkan dan menghindari dari lingkungan yang merugikan bagi kehidupannya.

Flagellum memiliki juga jumlah yang berbeda-beda pada bakteri dan letak yang berbeda-beda pula yaitu, Monotrik bila hanya berjumlah satu, Lafotrik bila hanya flagellum disatu sisi, Amfitrik bila banyak flagellum di kedua ujung, dan Petirik bila tersebar diseluruh permukaan sel bakteri.

4. Bakteri Proteolitik

22 Bakteri adalah kelompok mikroorganisme bersel tunggal dengan konfigurasi selular prokariotik (tidak memiliki inti). Bakteri sebagai

makhluk hidup memiliki informasi genetik berupa DNA tetapi tidak terlokalisasi dalam tempat khusus (nukleus) dan tidak ada membran inti. DNA pada bakteri berbentuk sirkuler, panjang dan biasa disebut nukleoid. DNA bakteri tidak mempunyai nitron dan hanya tersusun atas ekson saja. Bakteri juga memiliki DNA ekstrakromosal yang tergabung menjadi plasmid yang berbentuk kecil dan sirkuler (Safitri, dkk,2018).

34 Bakteri proteolitik adalah bakteri yang mampu mendegradasi protein, karena memproduksi *enzim protease ekstraseluler*. *Protase* merupakan enzim proteolitik yang mengkatalisis pemutusan ikatan peptide pada protein. Untuk menentukan kemampuan mikroorganisme dalam mensekresikan protease yang dapat mendegradasikan protein, maka pada medium disertakan susu skim yang mengandung kasien. Kasien merupakan protein utama susu, suatu mikromolekul yang tersusun atas sub unit asam amino yang dihubungkan dengan ikatan peptida. Kasein berfungsi sebagai substrat bagi enzim protease. Umumnya bakteri proteolitik adalah bakteri dari *Genus Bacillus*, *Pseudomonas*, *Proteus*, *Sterptobacillus*, *Staphylococcus*, *Streptococcus* (Puspita et.al, 2012).

33 Bakteri proteolitik dapat digolongkan menjadi beberapa kelompok yaitu, bakteri aerobik dan atau enaerobik fakultatif tidak membentuk spora, bakteri aerobik dan atau enaerobik fakultatif tidak membentuk spora, dan bakteri anaerobik pembentuk spora. 40 Aktivitas proteolitik menghasilkan sedikit poenggumpalan. Aktivitas bakteri proteolitik juga

dapat diketahui secara kuantitatif dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang ultraviolet 280 nm. Panjang gelombang tersebut dapat ditangkap dan dipantulkan kembali oleh asam amino suatu protein berdasarkan gugus aromatik terutama asam amino tirosin, triptofan, dan venilalanin. Kelebihan metode ini yaitu sederhana mudah serta tidak mudah penambahan reagent tertentu. Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan semua pengenceran pada cawan sebar hasilnya positif, pada uji proteolitik yaitu dengan menghasilkan zona bening.

13 Semua bakteri umumnya mempunyai enzim protease didalam sel, tetapi tidak semua mempunyai enzim *protease ekstraseluler*. Struktur protein yang lebih kompleks menyebabkan dekomposisi protein oleh mikroorganisme lebih kompleks dibandingkan pemecahan karbohidrat dan produk akhirnya juga lebih bervariasi. Mikroorganisme melalui sistem enzim yang kompleks, memecah protein menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana. Senyawa-senyawa intermediet dan produk akhir hasil pemecahan asam amino sangat bervariasi (Puspita et.al,2012).

31 Pada dasarnya dari seluruh mikroorganisme yang ada di alam, hanya sebagian kecil saja yang merupakan patogen. Patogen adalah organisme/mikroorganisme yang menyebabkan penyakit pada organisme lain. Kemampuan patogen untuk menyebabkan penyakit dapat disebut dengan patogenitas. Dan pathogenesis disini adalah

mekanisme infeksi dan mekanisme perkembangan penyakit. Infeksi adalah invasi inang oleh mikroba yang memperbanyak dan berasosiasi dengan jaringan inang. Infeksi berbeda dengan penyakit.

Kapasitas bakteri menyebabkan penyakit tergantung pada patogenitasnya. Dengan kriteria ini bakteri dikelompokkan menjadi tiga, yaitu agen penyebab bakteri, pathogen opportunistik dan non pathogen. Agen penyebab penyakit adalah bakteri pathogen yang menyebabkan suatu penyakit (*salmonella sp*).

Mekanisme patogenitas, mikroorganisme yang secara tetap terdapat pada permukaan tubuh bersifat komensial. Permukaan pada bagian tubuh tertentu bergantung pada faktor-faktor biologis seperti suhu, kelembapan dan tidak adanya nutrisi tertentu serta zat-zat penghambat.

5. Infeksi Bakteri

Infeksi bakteri adalah masalah kesehatan yang disebabkan oleh bakteri, serta dapat menyerang seluruh organ tubuh. Demam, batuk, hingga tanda peradangan, seperti nyeri, merupakan beberapa gejala yang dapat dialami penderita kondisi ini. Penularan bakteri dapat terjadi dengan berbagai cara, bisa secara langsung seperti percikan ludah orang terinfeksi yang terhirup, melalui makanan, atau gigitan hewan yang terkontaminasi. Bakteri berbeda dengan virus. Bakteri tidak membutuhkan sel manusia untuk hidup dan berkembang biak, sedangkan virus justru membutuhkannya. Maka dari itu, proses

diagnosis hingga penanganan infeksi bakteri dan infeksi virus dapat berbeda.

a. Penyebab Infeksi Bakteri

Banyak bakteri yang bermanfaat dan dibutuhkan oleh tubuh. Hanya sebagian di antaranya yang dapat menyebabkan penyakit. Infeksi terjadi saat bakteri merugikan masuk ke dalam tubuh dan berkembang biak dengan cepat. Beberapa penyakit yang disebabkan oleh infeksi bakteri, antara lain Anthrax yang disebabkan oleh bakteri *Bacillus anthracis*, Penyakit Lyme yang disebabkan oleh bakteri *Borrelia burgdorferi*., Demam Q yang disebabkan oleh bakteri *Coxiella burnetii*, Demam reumatik yang disebabkan oleh bakteri *Streptococcus* tipe A, Tuberkulosis yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*, Pneumonia yang disebabkan oleh bakteri *Streptococcus pneumoniae* atau *Mycoplasma pneumoniae*, Vaginosis yang disebabkan oleh bakteri *anaerobes*, Meningitis yang dapat disebabkan oleh beragam bakteri, di antaranya *Streptococcus* tipe B, *Neisseria meningitidis*, dan *Listeria monocytogenes*, Gonore yang disebabkan oleh bakteri *Neisseria gonorrhoeae*.

Penularan bakteri dapat terjadi dengan cara yang berbeda-beda, diantaranya yaitu Secara langsung penularan bakteri dapat terjadi ketika orang yang terinfeksi bersin, batuk, ciuman, atau berhubungan seksual. Ibu hamil juga dapat menularkan bakteri ke

anak yang tengah dikandung melalui plasenta atau kontak dengan jalan lahir saat persalinan, Secara tidak langsung bakteri dapat tertinggal pada benda-benda sekitar, seperti handuk, meja, hingga gagang pintu. Bakteri yang terdapat pada benda tersebut dapat berpindah ketika benda tersebut disentuh orang lain, dan Melalui gigitan hewan. Misalnya pada penyakit Lyme, yang ditularkan oleh gigitan kutu.

Resiko infeksi bakteri dapat meningkat jika seseorang memiliki sistem kekebalan tubuh yang lemah seperti tengah menggunakan obat kortikosteroid, menderita HIV/AIDS, dan memiliki kanker yang mengganggu system kekebalan tubuh. Selain gangguan kekebalan tubuh, meningkatnya resiko infeksi bakteri juga dapat terjadi ketika seseorang memiliki alat medis yang di tanam atau dipasang di tubuhnya, kurang nutrisi, dan berusia lanjut.

b. Gejala Infeksi Bakteri

Gejala infeksi bakteri pada tiap orang dapat berbeda-beda, tergantung organ yang terinfeksi dan jenis bakteri yang menyebabkannya. Beberapa gejala yang umum dirasakan ketika seseorang menderita infeksi bakteri adalah Demam, Batuk, Bersin, Muntah, Diare, dan Lemas.

c. Diagnosis Infeksi Bakteri

Proses diagnosis diawali dengan pemeriksaan gejala, riwayat kesehatan, dan faktor risiko yang dimiliki. Setelah itu, dokter

dapat melanjutkan proses diagnosis dengan melakukan pemeriksaan fisik dan tes penunjang, guna memastikan dan mendeteksi jenis bakteri yang menyebabkan infeksi. Beberapa tes yang digunakan untuk mendiagnosis infeksi bakteri, antara lain Tes kultur darah. Dokter akan mengambil 2 atau lebih sampel darah untuk diuji di laboratorium. Biasanya, darah diambil dari lokasi atau pembuluh darah yang berbeda, Tes pewarnaan gram dalam prosesnya, dokter akan mengambil sampel berupa dahak, nanah, atau menyeka cairan yang terdapat pada bagian tubuh yang terinfeksi, Pemeriksaan Basil Tahan Asam (BTA) tes ini biasanya digunakan untuk mendiagnosis tuberkulosis. Pemeriksaan BTA dilakukan dengan mengambil sampel, setidaknya sebanyak 3 kali. Masing-masing sampel diambil pada waktu yang berbeda, Tes urine tes ini menggunakan sampel berupa urine yang nantinya akan diperiksa dalam laboratorium. Dokter akan meminta terlebih dahulu membersihkan alat genital sebelum menempatkan urine pada wadah yang disediakan, dan Tes tinja hampir sama seperti tes urine, namun bedanya tes ini menggunakan tinja sebagai sampel untuk diuji di laboratorium.

Selain itu, pemeriksaan foto Rontgen atau biopsi juga dapat dilakukan. Biasanya, metode pemeriksaan tersebut juga bertujuan untuk mendeteksi kondisi selain infeksi bakteri yang mungkin di derita.

d. Pengobatan Infeksi Bakteri

Infeksi bakteri ditangani dengan pemberian antibiotik. Antibiotik pada dasarnya memiliki dua fungsi utama, yaitu membunuh bakteri atau memperlambat perkembangbiakannya. Dokter akan menyesuaikan jenis antibiotik dengan gejala yang muncul, riwayat kesehatan, keparahan kondisi, dan hasil tes yang dilakukan. Beberapa jenis antibiotik, antara lain Penisilin, Sefalosporin, Aminoglikosida, Tetrasiklin, Makrolid, dan Quinolone. Dokter dapat meresepkan antibiotik dahulu tanpa menunggu hasil dari pemeriksaan penunjang atau biasa disebut antibiotik empiris. Hal ini dilakukan agar pengobatan tidak tertunda.

Terdapat juga kondisi yang membuat bakteri tidak lagi dapat ditangani dengan antibiotik yang biasa diberikan atau bakteri resisten terhadap antibiotik. Kondisi ini memerlukan pemeriksaan kultur dan resistensi bakteri terhadap antibiotik, sehingga dapat diberikan antibiotik yang lebih sesuai. Namun, pada beberapa kasus kondisi ini sulit untuk diatasi.

Selama masa pengobatan, sangat dianjurkan untuk tetap menggunakan antibiotik meskipun kondisi sudah membaik. Selain dapat mencegah kambuhnya infeksi, dengan menggunakan antibiotik sampai habis juga dapat menurunkan risiko terjadinya resisten antibiotik.

e. Pencegahan Infeksi Bakteri

Infeksi bakteri adalah kondisi yang dapat dicegah. Beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah infeksi bakteri adalah Rutin mencuci tangan setelah beraktivitas, Menerima vaksin, Menjaga kebersihan ketika mempersiapkan makanan, Melakukan hubungan seksual yang aman, dan tidak berbagi barang pribadi, seperti handuk atau baju.

6. Peranan Bakteri

Dalam kehidupan manusia bakteri mempunyai peranan yang menguntungkan maupun yang merugikan. (Rosihan,2015)

Bakteri yang menguntungkan adalah sebagai berikut:

- a. Pembuatan makanan dan minuman hasil fermentasi contohnya *Acetobacter* pada pembuatan Pembusukan (penguraian sisa-sisa makhluk hidup contohnya *Escherichia coli*).
- b. asam cuka, *Lactobacillus bulgaricus* pada pembuatan yoghurt, *Acetobacter xylinum* pada pembuatan nata de coco dan *Lactobacillus casei* pada pembuatan keju yoghurt.
- c. Berperan dalam siklus nitrogen sebagai bakteri pengikat nitrogen yaitu *Rhizobium leguminosarum* yang hidup bersimbiosis dengan akar tanaman kacang-kacangan dan *Azotobacter chlorococcum*.
- d. Penyubur tanah contohnya *Nitrosococcus* dan *Nitrosomonas* yang berperan dalam proses nitrifikasi menghasilkan ion nitrat yang dibutuhkan tanaman.

- e. Penghasil antibiotik contohnya adalah *Bacillus polymyxa* (penghasil antibiotik polimiksin B untuk pengobatan infeksi bakteri gram negatif, *Bacillus subtilis* penghasil antibioti untuk pengobatan infeksi bakteri gram positif, *Streptomyces griseus* penghasil antibiotik streptomisin untuk pengobatan bakteri gram negatif termasuk bakteri penyebab TBC dan *Streptomyces rimosus* penghasil antibiotik terasiklin untuk berbagai bakteri.
- f. Pembuatan zat kimia misalnya aseton dan butanol oleh *Clostridium acetobutylicum*.
- g. Berperan dalam proses pembusukan sampah dan kotoran hewan sehingga menghasilkan energi alternatif metana berupa biogas. Contohnya *methanobacterium*.
- h. Penelitian rekayasa genetika dalam berbagai bidang. sebagai contoh dalam bidang kedokteran dihasilkan obat-obatan dan produk kimia bermanfaat yang disintesis oleh bakteri, misalnya enzim, vitamin dan hor.

36 Dalam kehidupan manusia ada juga bakteri yang merugikan adalah sebagai berikut:

- i. monPembusukan makanan contohnya *Clostridium botulinum*.
- a. Penyebab penyakit pada manusia contohnya *Mycobacterium tuberculosis* (penyebab penyakit TBC), *Vibrio cholerae* (penyebab kolera atau muntaber), *Clostridium tetani* (penyebab penyakit tetanus) dan *Mycobacterium leprae* (penyebab penyakit lepra).

- b. Penyebab penyakit pada hewan contohnya *Bacillus anthracis* (penyebab penyakit antraks pada sapi).
- c. Penyebab penyakit pada tanaman budidaya contohnya *Pseudomonas solanacearum* (penyebab penyakit pada tanaman tomat, lombok, terung dan tembakau) serta *Agrobacterium tumefaciens* (penyebab tumor pada tumbuhan).

7. Media Pertumbuhan Bakteri

Media merupakan nutrient yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk perumbuhan secara *in vitro* (Harti,2014). Pemilihan media yang akan digunakan disesuaikan sifat penelitian atau pemeriksaan. Fungsi dari media yaitu secara kualitatif digunakan untuk isolasi dan identifikasi mikroorganisme, sedangkan dengan cara kuantitatif digunakan untuk perbanyakan dan perhitungan jumlah mikroorganisme. Media digolongkan menjadi tiga yaitu media berdasarkan konsistensinya, media berdasarkan bahan penyusunannya, dan media berdasarkan sifat dan fungsinya. Menurut golongan media yang berdasarkan sifat dan fungsinya, media terbagi lagi menjadi beberapa kelompok antara lain media transport, media diperkaya, media selektif (*selective and differential media*), media pengujian, media perhitungan jumlah (*universal media*) atau media umum (Harti,2014).

Menurut Rizky (2013), media berdasarkan komposisinya terdiri dari dua macam meliputi, media alami yaitu media yang terdiri dari bahan-

7 bahan alami contohnya ekstrak kentang, sari wortel. Media sintetis (*chemically defined media*) yaitu media yang terdiri dari bahan-bahan yang telah diketahui komposisinya. Sedangkan media berdasarkan konsistensinya, ada tiga macam yaitu media padat (*solid media*), media yang mengandung agar-agar 1.5-2%, biasanya dalam bentuk plate agar (lempeng agar) atau lant agar atau agar miring (Brooks, Butel dan Morse,2008).

Media padat sangat bermanfaat untuk isolasi kultur murni, perhitungan mikroba, dan seleksi galur yang diinginkan. Media padat berisi substansi yang memadat ketika didinginkan pada suhu kamar. Substansi pematat yang sering digunakan adalah agar-agar (Ariesta,2013). Media semi padat (*semi solid media*), media yang mengandung agar-agar 0.6-0.75%. Contohnya media SIM (*Sulfide Indole Motility*) untuk pengamatan motilitas bakteri. Media cair (*liquid media*), media yang tidak mengandung bahan pematat, contohnya Nutrient Broth (Brooks, Butel dan Morse,2008).

a. Macam-macam Medium Bakteri

7 Media pembiakkan yang digunakan untuk mengembangkan bakteri dapat dibedakan menjadi:

1) Media pembiakan dasar

Media pembiakan dasar adalah media pembiakan sederhana yang mengandung zat-zat umum yang diperlukan oleh mikroorganisme.

2) Media pembiakkan penyubur

Media pembiakkan penyubur dibuat dari media pembiakkan dasar dengan penambahan zat-zat lain untuk mempersubur pertumbuhan bakteri tertentu, yang tidak dapat tumbuh dengan baik pada media pembiakan dasar. Untuk keperluan ini kedalam media pembiakkan dasar ditambahkan darah, serum, ekstrak hati, otak dan sebagainya.

3) Media pembiakkan selektif

Media pembiakkan selektif digunakan untuk menyeleksi bakteri yang diperlukan, dari campuran bakteri-bakteri lain yang terdapat dalam bahan pemeriksaan (Irianto,2014).

C. Tinjauan Umum Bioremediasi

1. Pengertian Bioremediasi

Bioremediasi adalah proses penguraian limbah organik/anorganik polutan dari sampah organik dengan menggunakan organisme (bakteri, fungi, tanaman, atau enzimnya) dalam mengendalikan pencemaran pada kondisi terkontrol menjadi suatu bahan yang tidak berbahaya atau konsentrasinya di bawah batas yang ditentukan oleh lembaga berwenang dengan tujuan mengontrol atau mereduksi bahan pencemar dari:

- Melakukan stimulasi aktivitas mikroorganisme asli pada lokasi tercemar dengan penambahan nutrient, pengaturan kondisi redoks, optimalisasi pH.

- b. Inokulasi mikroorganisme dilokasi tercemar.
- c. Penerapan immobilized enzim.
- d. Penggunaan tanaman (*phytoremidisi*).

Teknologi bioremediasi ada dua jenis, yaitu ex-situ dan in situ. Ex-situ adalah pengelolaan yang meliputi pemindahan secara fisik bahan-bahan yang terkontaminasi ke suatu lokasi untuk penanganan lebih lanjut. Penggunaan bioreaktor, pengolahan lahan (*landfarming*), pengkomposan dan beberapa bentuk perlakuan fase padat lainnya adalah contoh dari teknologi ex-situ, sedangkan teknologi in situ adalah perlakuan yang langsung diterapkan pada bahan-bahan kontaminan dilokasi tercemar (Vidali,2011).

2. Jenis-jenis Bioremediasi

Jenis-jenis bioremediasi adalah sebagai berikut:

1) Biostimulasi

Nutrient dan oksigen, dalam bentuk cair atau gas, ditambahkan kedalam air atau tanah yang tercemar untuk memperkuat pertumbuhan dan aktivitas bakteri remediasi yang telah ada di dalam air atau tanah tersebut.

2) Bioaugmentasi

Mikroorganisme yang dapat membantu membersihkan kontaminan tertentu ditambahkan ke dalam air atau tanah yang tercemar. Cara ini yang paling sering digunakan dalam menghilangkan kontaminasi di suatu tempat.

3) Bioremediasi intrinsik

Bioremediasi jenis ini terjadi secara alami di dalam air atau tanah yang tercemar.

3. Tujuan Bioremediasi

Tujuan bioremediasi adalah untuk memecah atau mendegradasi zat pencemar menjadi bahan yang kurang beracun atau tidak beracun (karbon dioksida dan air) atau mengontrol dan mereduksi bahan pencemar dari lingkungan. Bioremediasi telah memberikan manfaat yang luar biasa pada berbagai bidang, diantaranya sebagai berikut:

1) Bidang lingkungan

Pengolahan limbah yang ramah lingkungan dan bahkan mengubah limbah tersebut menjadi ramah lingkungan. Contoh bioremediasi dalam lingkungan yakni telah membantu mengurangi pencemaran dari limbah pabrik, misalnya pencemaran limbah di laut Alaska berhasil diminimalisir dengan bantuan bakteri yang mampu mendegradasi oli tersebut.

2) Bidang industri

Bioremediasi telah memberikan suatu inovasi baru yang membangkitkan semangat industri sehingga terbentuklah suatu perusahaan yang khusus bergerak dibidang bioremediasi, contohnya regensis bioremediation product, INC; di SAN Clemente, Calif.

3) Bidang ekonomi

Karena bioremediasi menggunakan bahan-bahan alami yang hasilnya ramah lingkungan, sedangkan mesin-mesin yang digunakan dalam pengolahan limbah memerlukan modal dan biaya yang jauh lebih, sehingga bioremediasi memberikan solusi ekonomi yang lebih baik.

4) Bidang pendidikan

Penggunaan mikroorganisme dalam bioremediasi dapat membantu penelitian terhadap mikroorganisme yang masih belum diketahui secara jelas. Pengetahuan ini akan memberikan sumbangan yang besar bagi dunia pendidikan sains.

1 Bioremediasi merupakan penggunaan mikroorganisme yang ditumbuhkan pada polutan tertentu sebagai upaya untuk menurunkan kadar polutan tersebut. Pada proses bioremediasi, mikroorganisme memproduksi enzim-enzim yang mampu mengubah struktur polutan beracun atau struktur polutan yang kompleks menjadi tidak kompleks sehingga menjadi metabolit yang tidak beracun dan berbahaya (Priadie, 20120).

4. Prinsip Bioremediasi

Prinsip bioremediasi yaitu memanfaatkan mikroorganisme untuk mendegradasi zat-zat kimia berbahaya yang ada di lingkungan yang tercemar agar kondisi lingkungan pulih seperti kondisi sebelum tercemar. Proses bioremediasi ditentukan oleh kemampuan mikroba

1 untuk mendegradasi pencemar. Faktor yang memengaruhi pertumbuhan dan kemampuan degradasi mikrobat, yaitu pH, temperature (suhu), kelembapan, faktor substrat, oksigen, dan nutrisi. Prinsip dasar bioremediasi bahan kimia berbahaya yaitu secara biologis terjadi proses katalisasi kimia. Katalisasi kimia yang terjadi adalah proses perubahan senyawa-senyawa kompleks menjadi senyawa-senyawa yang sederhana melalui proses enzimatis. Bioremediasi termasuk rumit karena menggunakan katalisator berupa enzim yang disediakan oleh mikroorganisme untuk mempercepat penguraian komponen kimia berbahaya. Komponen kimia tersebut adalah sebagai makanan untuk mikroorganismenya. Reaksi katalisasi ini bias terjadi didalam sel dan juga diluar sel. Prinsip dari reaksi metabolisme mikrobiologis untuk menguraikan senyawa organik merupakan suatu reaksi redoks (reduksi-oksidasi) yang dilakukan oleh mikroba untuk menghasilkan energi. Bioremediasi membutuhkan kehadiran sumber energy yang sesuai, system donor-aseptor electron, dan nutrisi).

1 Kesuksesan dalam bioremediasi tergantung pada penerapan metode, jenis mikroba, tempat/kondisi, dan dengan factor lingkungan yang tepat untuk mendukung proses degradasi. Bioremediasi sendiri memiliki keunggulan dibandingkan teknik konvensional lain seperti *fee/* atau insinerasi. Bioremediasi dapat dilakukan di lokasi pencemaran, biaya lebih murah, menghilangkan limbah secara permanen, waktu yang relative singkat, dan lebih diterima oleh masyarakat karena

ramah lingkungan, serta dapat diikuti dengan perlakuan secara fisik atau metode kimia lainnya. Beberapa bahan kimia tidak dapat untuk dibiodegradasi, seperti logam berat, dan radio nukleotida serta beberapa senyawa klorinasi. Dalam beberapa kasus metabolisme, mikroba dapat menghasilkan metabolit beracun.

5. Isolasi Bakteri dengan Kemampuan Bioremediasi

Isolasi merupakan metode yang bertujuan untuk mengetahui mikroorganisme yang terdapat pada suatu substrat. Seleksi patogenitas dapat dilakukan menggunakan media selektif bakteri patogen yaitu MC dan BAP.

Isolasi bakteri merupakan proses pengambilan bakteri dari media atau lingkungan asalnya dan menumbuhkan pada media buatan sehingga diperoleh biakan atau kultur murni hasil isolasi tersebut. Populasi bakteri pada isolasi menjadi biakan atau kultur murni, terdiri dari satu jenis bakteri yang dapat dipelajari morfologi, sifat, dan kemampuan biokimianya. Dalam memindahkan bakteri dari satu bakteri ketempat lain harus menggunakan prosedur aseptik. Aseptik dalam hal ini berarti bebas dari sepsis, yaitu kondisi terkontaminasi karena terdapat mikroorganisme lain yang tidak dikehendaki. Teknik aseptik ini sangat penting apabila bekerja dengan bakteri, selain melindungi laboran juga menghindari mikroorganisme lain (Safitri,

2018). Teknik kultur untuk mendapatkan biakan murni terbagi menjadi 3 yaitu, cara penuangan, cara penggoresan, dan cara penyebaran.

1) Cara penuangan

Isolasi bakteri dengan cara penuangan bertujuan untuk menentukan perkiraan jumlah bakteri hidup dalam suatu cairan. Hasil perhitungan jumlah bakteri pada cara penuangan dinyatakan dalam kolon (Irianto, 2012).

2) Cara penggoresan

Isolasi bakteri dengan cara penggoresan bertujuan membuat garis sebanyak mungkin pada permukaan medium pembiakan, dengan jarum ose yang terlepas pada garis-garis tersebut semakin lama semakin sedikit, sehingga pada garis terakhir koloni yang terbentuk akan terpisah agak jauh (Irianto, 2012). Cara penggoresan dilakukan dengan menuangkan terlebih dahulu media agar pada cawan petri steril. Jarum ose yang digunakan dipnaskan dahulu hingga memijar, setelah itu disentuh pada koloni bakteri yang akan diisolasi, kemudian digoreskan pada media yang tersedia. Menginkubasi selama 2x24 jam pada suhu ruang, lalu melakukan pengamatan.

3) Cara penyebaran

Tujuan dari isolasi dari bakteri dengan penyebaran serupa dengan isolasi bakteri cara penuangan. Hal yang dapat

membedakan kedua teknik tersebut adalah teknik penuangan suspensi sampel dan media.

Isolasi dengan cara penyebaran diawali dengan pengenceran sampel. Pengenceran sampel dilakukan sama seperti cara penuangan. Media yang telah disiapkan dituangkan kedalam cawan petri steril tunggu hingga memadat, setelah itu suspensi sampel dituangkan diatas permukaan agar. Penyebaran suspensi sampel dilakukan dengan menyebarkan suspensi dengan batang druggalsky yang telah dipanaskan terlebih dahulu.

D. Media MacConkey, *Blood Agar Plate* dan *Skim Milk Agar*

1. Media MacConkey

Media MacConkey Agar digunakan untuk mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri enterik. Medium berisikan garam empedu laktosa dan indikator pH. Garam empedu berfungsi untuk mematikan pertumbuhan bakteri selain bakteri enterik, sedangkan adanya laktosa dan indikator pH bakteri yang memfermentasi laktosa menghasilkan lingkungan asam yang menyebabkan indikator pH menjadi merah atau pink pada koloni sedangkan bakteri yang tidak memfermentasi laktosa koloni akan berwarna jernih (Locke dkk,2013).

2. Media *Blood Agar Plate* (BAP)

Media *Blood Agar Plate* (BAP) merupakan media diferensial karena dapat membedakan bakteri berdasarkan kemampuan dalam

33

2

menghemolisis sel darah merah. BAP media diperkaya, mengandung 5% darah, sehingga mampu mengisolasi dan mengkultivasi berbagai macam bakteri yang umumnya sulit ditumbuhkan. Ada tiga jenis hemolysis, yaitu α -hemolisis, β -hemolisis, λ -hemolisis. Bakteri dengan tipe α -hemolisis disekitar koloni terdapat zona bening, mampu mendestruksi sel-sel darah merah dan hemoglobin dengan sempurna. Bakteri β -hemolisis disekitar koloni terdapat daerah kehijauan, mampu mendestruksi sel darah merah sebagian. (Irianto,2014).

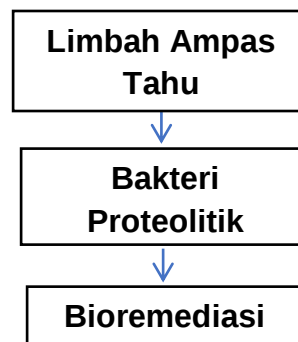
3. Media *Skim Milk Agar* (SMA)

Media *Skim Milk Agar* (SMA) merupakan media selektif untuk menumbuhkan dan menyeleksi bakteri hidrolitik berdasarkan proses koagulasi dan *proteolysis* dari kasien. Hasil dari media SMA adalah terdapat zona bening disekitar koloni. Bakteri yang dapat menghasilkan enzim protease diameter zona bening yang dihasilkan ≥ 12 mm (Ethica dkk,2018).

E. Kerangka Konseptual

Limbah ampas tahu terbuat dari kedelai yang kemudian diolah menjadi makanan yang memiliki protein nabati yang tinggi. Limbah industri tahu pada lingkungan jika di buang langsung ke perairan dapat menyebabkan bau yang menyengat, polusi pada air, dan mengganggu ekologi perairan yang menyebabkan kematian ikan dan biota lainnya. Bakteri proteolitik untuk penanganan limbah dapat ditemukan diberbagai sumber yang mengandung protein tinggi seperti pada limbah cair industri

tahu, sehingga dilakukan bioremediasi yang merupakan penggunaan mikroorganisme yang telah dipilih untuk ditumbuhkan pada polutan tertentu sebagai upaya menurunkan kadar polutan tersebut. Tujuan penelitian ini mengisolasi bakteri proteolitik dari limbah industri tahu dan melakukan uji patogenitas sehingga dapat digunakan sebagai agen bioremediasi, uji yang dilakukan media Skim Milk Agar. Hasil penelitian adalah terbentuknya zona pada penelitian ini adalah uji penghasil enzim protease dengan menggunakan pada media Skim Milk Agar hal ini menunjukkan bakteri proteolitik yang berfungsi digunakan dalam proses bioremediasi limbah ampas tahu.



Gambar 2.7 Kerangka Konseptual

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian Deskriptif Observatif. Dengan dilakukan pemeriksaan laboratorium untuk mengetahui uji patogenitas bakteri proteolitik terhadap limbah industri ampas tahu di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar.

2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2023.

C. Populasi, Sampel, Besar Sampel dan Teknik Pengambilan Sampel

1. Populasi Penelitian

Populasi pada penelitian ini adalah industri-industri tahu yang berada di Kota Makassar.

2. Sampel Penelitian

Sampel pada penelitian ini adalah limbah industri ampas tahu di Kota Makassar.

3. Besar Sampel

Penentuan besar sampel pada penelitian ini yaitu dengan cara sampling jenuh karena jumlahnya 4 sampel.

4. Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini adalah secara sampling jenuh yaitu penentuan sampel yang menjadikan semua anggota populasi sebagai sampel.

D. Variabel Penelitian

1. Variabel Tunggal

Variabel tunggal dalam penelitian ini adalah bakteri proteolitik.

E. Definisi operasional

1. Bakteri Proteolitik adalah bakteri yang mampu memproduksi enzim protease ekstraseluler, yaitu enzim pemecah protein yang diproduksi didalam sel kemudian dilepaskan keluar dari sel.
2. Limbah ampas tahu adalah limbah yang berasal dari buangan atau sisa pengolahan kedelai menjadi tahu yang terbuang karena tidak terbentuk dengan baik menjadi tahu sehingga tidak dapat dikonsumsi.
3. Isolasi merupakan metode yang bertujuan untuk mengetahui mikroorganisme yang terdapat pada suatu substrat. Seleksi patogenitas dapat dilakukan menggunakan media selektif bakteri patogen yaitu MacConkey dan *Blood Agar Plate* (BAP).

F. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik, autoclave, microwave, incubator, cawan petri, tabung reaksi, pipet ukur,

ose, lampu Bunsen, mikro pipet, yellow tip, blue tip, dan dirgal sky (Afriani dan Eticha, 2018).

2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolate bakteri yang berasal dari limbah cair industri tahu, media yang digunakan yaitu, *Nutrient Agar* (NA), *Blood Agar Plate* (BAP), *MacConkey Agar* (MCA), NaCl fisiologis, *Skim Milk Agar* (SMA) (Sigma Aldrich, USA), dan *aquadest steril* (Afriani dan Eticha, 2018).

G. Prosedur Penelitian

1. Pengenceran Sampel

Pengenceran dilakukan terhadap sampel padat limbah industri tahu menggunakan pelarut NaCl fisiologis. Pengenceran dilakukan untuk melarutkan atau melepaskan mikroorganisme dari substratnya ke dalam NaCl fisiologis agar mengurangi kepadatan bakteri yang ditanam. Pengenceran awal dituang sampel sebanyak 10-gram kedalam 90 ml NaCl fisiologis kemudian di homogenkan. Kemudian Pengenceran selanjutnya dilakukan dengan cara menyiapkan lima tabung reaksi steril, masing-masing tabung reaksi diberi label 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} , kemudian di isi 9 ml NaCl fisiologis, kemudian di pipet sampel yang telah di encerkan sebanyak 1 ml dimasukkan kedalam tabung reaksi pengenceran 10^{-1} dan dihomogenkan. Kemudian dari tabung pengenceran 10^{-1} diambil sampel sebanyak 1 ml lalu dimasukkan

kedalam tabung pengenceran 10^{-2} . Pengenceran dilakukan bertingkat hingga 10^{-5} (Afriani dan Eticha, 2018).

2. Prosedur Isolasi Bakteri

Isolasi dilakukan dari sampel yang telah dilakukan pengenceran sebelumnya. Sampel tersebut kemudian di pipet sebanyak 0,1 ml pada media *Nutrient Agar* (NA) lalu di sebar menggunakan spreader dan diinkubasi selama 1x24 jam pada suhu 37° Celcius. Pertumbuhan bakteri pada hari selanjutnya diamati dan dicatat hasil pengamatan morfologi koloni tersebut. Koloni bakteri dari media NA diambil satu jenis dengan morfologi yang unik kemudian dilakukan penawaran Gram dan dilakukan purifikasi koloni bakteri agar didapatkan koloni murni (Safitri, 2018).

Proses purifikasi dilakukan dengan cara mengambil satu koloni bakteri dari media *Nutrient Agar* (NA) sebelumnya, kemudian ditanam kembali pada media NA dan diinkubasi selama 1x24 jam dengan suhu 37°C . Koloni yang tumbuh diamati morfologinya. Purifikasi bakterinya dilakukan sebanyak 3 kali atau hingga diperoleh koloni murni yang konsisten dan tidak bercampur dengan koloni bakteri lain (Safitri, 2018).

3. Prosedur Uji Penghasil Enzim Protease

Dilakukan isolasi bakteri penghasil protease yang menggunakan media *Skim Milk Agar* yang dibuat dengan menimbang 2,5-gram media susu skim yang dilarutkan dalam 250 ml *aquadest*. Sampel bakteri yang murni hasil purifikasi diinokulasikan pada media susu skim dan

diinkubasi selama 1x24 jam pada suhu 37°C. Terbentuknya zona bening disekelilingi koloni bakteri pada media susu skim digolongkan sebagai penghasil enzim protease (Ethica dkk, 2018).

4. Uji Patogenitas

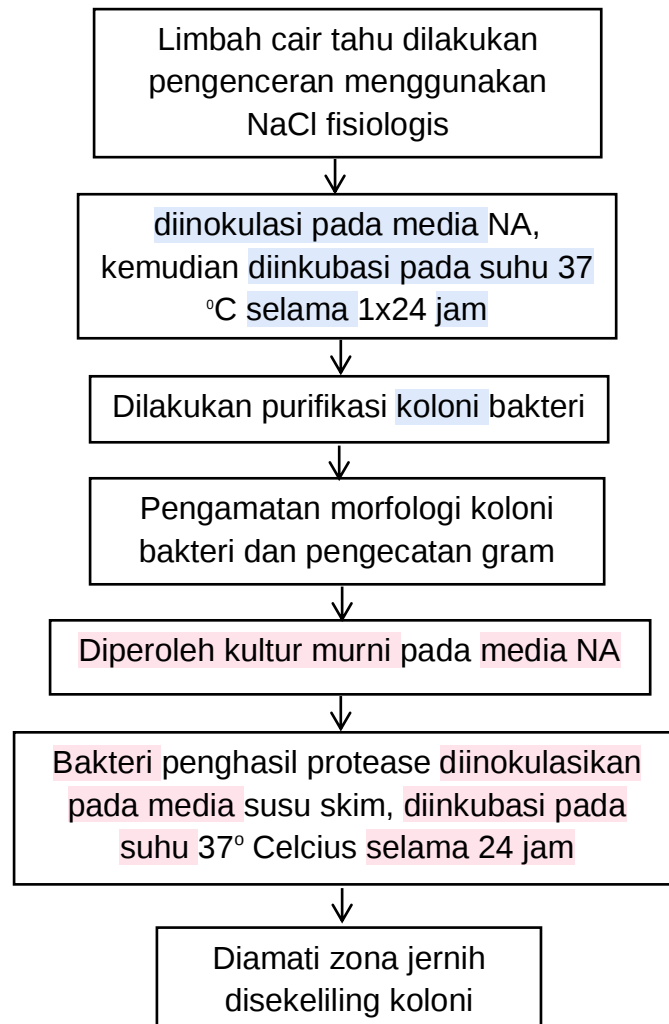
Setiap koloni bakteri berbeda yang diperoleh pada media NA dilakukan uji patogenitas pada media MacConkey Agar (MC) dan *Blood Agar Plate* (BAP) dengan cara menginkulasikan koloni bakteri. Bakteri yang diinokulasi diinkubasi 1x24 jam pada suhu 37°C. Bakteri nonpatogen pada media MacConkey umumnya mampu memfermentasikan laktosa, dan pada media BAP bakteri tidak mampu melisiskan darah (hemolysis). Jika isolat pada Mac Conkey tidak mampu memfermentasikan laktosa (NLF) tetapi pada media Blood Agar Plate tidak mendegradasi sel darah merah (hemolisis), isolat tersebut dianggap memiliki sifat patogenitas relatif rendah.

H. Analisa Data

Analisa data dalam penelitian ini yaitu data deskriptif yang diperoleh dari hasil pemeriksaan uji patogenitas bakteri proteolitik bakteri limbah industri ampas tahu di Kota Makassar akan dikumpulkan kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan dianalisa secara deskriptif.

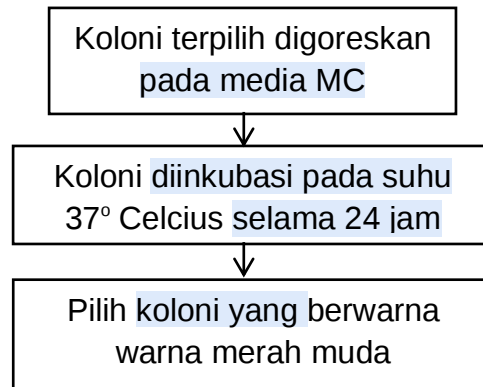
I. Alur Penelitian

1. Alur Isolasi Bakteri Proteolitik



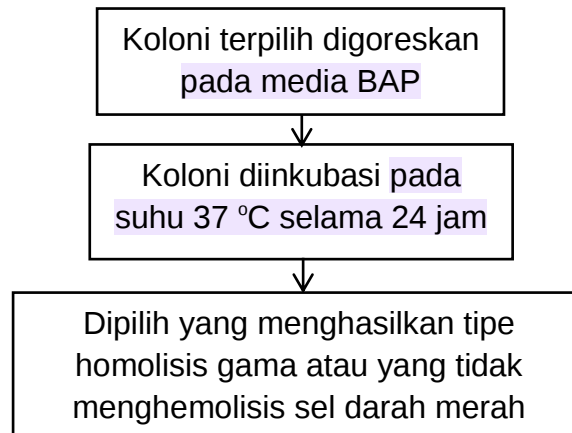
Gambar 3.1 Alur isolasi bakteri proteolitik

2. Alur Uji Patogenitas Bakteri dengan Media MacConkey



Gambar 3.2 Alur uji patogenitas bakteri dengan media MC

3. Alur Uji Patogenitas Bakteri dengan Media Blood Agar Plate



Gambar 3.3 Alur uji patogenitas bakteri dengan media BAP

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar pada bulan Januari 2023, dengan melakukan isolasi bakteri pada ampas tahu hasil proses pembuatan tahu didapatkan isolate bakteri dengan melakukan dua uji yaitu uji penghasil protease dan uji patogenitas.

1. Hasil Isolasi Bakteri dari ampas tahu

Hasil isolasi bakteri dari 4 sampel ampas tahu berdasarkan karakteristik morfologi, dapat dikelompokkan seperti dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Karakteristik Morfologi Isolat Bakteri pada Media Nutrient Agar

Kode	Bentuk	Warna	Ukuran	Tepi	Permukaan	konsistensi
Sampel 1	Bulat	putih keruh	0,10	Rata	Cembung	Kering
Sampel 2	Bulat	putih keruh	0,10	Rata	Rata	Kering
Sampel 3	Bulat	putih keruh	0,10	Rata	Rata	Kering
Sampel 4	Bulat	putih keruh	0,10	Rata	Cembung	Kering

Sumber: Data primer, 2023

Pada Tabel 4.1 menunjukkan gambaran umum koloni bakteri yang diisolasi dari sampel ampas tahu, keempat isolat bakteri yang berhasil diisolasi memiliki bentuk bulat, warna putih keruh, tepi rata dan elevasi yang berbeda. Pada koloni bakteri dari sampel 1 dan 4 memiliki permukaan cembung sedangkan pada koloni dari sampel 2 dan 3 memiliki

permukaan rata. Untuk konsistensi semua bakteri yang diisolasi tekstur kering dan memiliki bau khas ampas tahu yang sudah basi.

2. Pewarnaan Gram

Hasil isolat bakteri pada ampas tahu berdasarkan karakteristik koloni isolat bakteri pada pewarnaan gram dapat dikelompokkan seperti dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Karakteristik koloni Isolat Bakteri pada pewarnaan

kode	Karakteristik Koloni
Sampel 1	Coccus, gram positif
Sampel 2	Coccobasil, gram negatif
Sampel 3	Coccus, gram positif
Sampel 4	Coccobasil, gram negatif

Sumber: Data primer, 2023

Hasil pewarnaan Gram bakteri yang diisolasi dari ampas tahu pada Tabel 4.2 menunjukkan bakteri yang ditemukan pada isolat bakteri pada sampel ampas tahu diidentifikasi karakteristik dan jenisnya berdasarkan pewarnaan gram dimana karakteristik koloni sampel 1 Coccus gram positif, sampel 2 Coccobasil gram negatif, sampel 3 Coccus gram positif, dan sampel 4 Coccobasil gram negatif.

3. Pertumbuhan Isolat Bakteri dari Ampas Tahu Pada Media NA (*Nutrient Agar*), SKM (*Skim Milk Agar*), BAP (*Blood Agar Plate*) dan MCA (*MacConkey Agar*)

.

Tabel 4.3. Hasil pertumbuhan bakteri dari isolasi ampas tahu

Sampel	Media NA	Media SMA	Media BAP	Media MCA
Sampel 1	Bentuk bulat kecil berwarna putih keruh	Terdapat zona bening	Bentuk bulat cembung ukuran sedang, gamma hemolisa	Tidak ada pertumbuhan bakteri
Sampel 2	Bentuk bulat kecil berwarna putih keruh	Tidak terdapat zona bening pada media	Tidak dilanjutkan	Tidak dilanjutkan
Sampel 3	Bentuk bulat kecil berwarna putih keruh	Tidak terdapat zona bening pada media	Tidak dilanjutkan	Tidak dilanjutkan
Sampel 4	Bentuk bulat kecil berwarna putih keruh	Tidak terdapat zona bening pada media	Tidak dilanjutkan	Tidak dilanjutkan

Sumber: Data primer, 2023

Gambar 4.1 Koloni pada Media SMA sampel 1



Sumber: Data primer, 2023

Gambar 4.2 Koloni pada Media BAP sampel 1



Sumber: Data primer, 2023

Pada tabel 4.3 menunjukkan hasil pertumbuhan bakteri dari pengenceran sampel ampas tahu pada media NA (*Nutrient Agar*), dimana semua isolat ampas tahu yang ditanam menunjukkan adanya pertumbuhan bakteri.

Pertumbuhan bakteri pada media SKM (*Skim Milk Agar*) dapat di lihat pada gambar 4.1 menunjukkan kemampuan isolat bakteri dari sampel 1 menghasilkan zona bening protease di sekitar koloni bakteri. Sedangkan isolat bakteri dari sampel 2, 3, dan 4 tidak terdapat zona bening pada media.

Pada penanaman dengan media MC (*MacConkey*) menunjukkan tidak terdapat pertumbuhan bakteri. Sedangkan pada media BAP (*Blood Agar Plate*) dapat di lihat pada gambar 4.2 dari isolat sampel 1, didapatkan koloni berwarna putih abu bentuk bulat cembung dengan ukuran sedang, gamma hemolisa yang berarti sel darah tidak mengalami lisis.

Isolat bakteri dari sampel 2, 3 dan 4 tidak dilanjutkan penanamannya pada media BAP dan MCA, karena koloni bakteri dari sampel tersebut

2 tidak menghasilkan zona bening protease pada media SKM (Skim Milk Agar).

B. Pembahasan

30 Bakteri Proteolitik adalah bakteri yang mampu memproduksi enzim protease ekstraseluler, yaitu enzim pemecah protein yang diproduksi didalam sel kemudian dilepaskan keluar dari sel. Semua bakteri mempunyai enzim protease di dalam sel, tetapi tidak semua mempunyai enzim protease ekstraseluler. Protease merupakan salah satu enzim yang paling banyak digunakan dalam industri dan telah banyak di komersilkan. 38 Protease yang di gunakan dalam industri biasanya dimanfaatkan untuk memecah protein daging pada pengolahan sosis kering, menghasilkan peptide bioaktif, serta dapat meningkatkan sifat-sifat organoleptik produk olahan (Purnomo, 2012). Keuntungan lain dari protease asal mikroba adalah produksi yang lebih menguntungkan bagi lingkungan karena sangat sedikit menghasilkan limbah yang bahkan dapat dimanfaatkan Kembali menjadi kompos (Hamza, 2017).

17 Pewarnaan gram dilakukan untuk mengelompokkan bakteri menjadi 2 yaitu bakteri gram negatif dan bakteri gram positif. Pada pewarnaan gram, hasil yang didapat akan ditentukan dari komposisi dinding sel pada bakteri. Pada pewarnaan gram ini reagen yang digunakan ada 4 jenis, yaitu kristal violet, lugol, etanol, dan safranin (Maristiasa, 2019). Hasil dari pewarnaan gram bakteri yang diisolasi dari ampas tahu yang tumbuh pada media NA pada pembesaran 100 kali untuk sampel 1 dan 3

menunjukkan bakteri coccus gram positif dimana bakteri berwarna ungu dan berbentuk bulat bergerombol seperti buah anggur, sedangkan pada sampel 2 dan 4 menunjukkan bakteri coccobasil gram negatif dimana bakteri berwarna merah berbentuk batang pendek.

Pada media SMA (*Skm Milk Agar*) terlihat pertumbuhan koloni bakteri dari sampel 1 mampu menghasilkan zona bening protease di sekitar koloni bakteri. Terbentuknya zona bening protease ini membuktikan bahwa pertumbuhan koloni bakteri pada sampel 1 yang diperoleh dalam penelitian ini merupakan penghasil enzim protease

Susu skim mengandung kasein yang disertakan dalam medium pertumbuhan bakteri berfungsi sebagai substrat enzim. Hidrolisis kasein digunakan untuk memperhatikan aktivitas hidrolitik protease. Protease mengkatalisis degradasi kasein yaitu dengan memutuskan ikatan peptide CO-NH dengan masuknya air dengan molekul. Reaksi tersebut melepaskan asam amino. Susu skim tersuspensi dalam medium setelah di inokulasi dan inkubasi kultur plate agar, bakteri mensekresikan protease. Hal ini diperlihatkan dengan adanya daerah bening disekeliling pertumbuhan bakteri. Luasnya daerah bening disekeliling pertumbuhan bakteri tidak mewakili jumlah protease yang dihasilkan oleh suatu mikroorganisme, karena daerah bening yang dihasilkan akan bertambah dengan bertambahnya waktu inkubasi (Winahyu, 2019).

Pada media MC (*MacConkey*) menunjukkan tidak ada pertumbuhan bakteri karena pada umumnya media MC (*MacConkey*) adalah media

selektif untuk bakteri golongan gram negative dengan menghambat pertumbuhan bakteri golongan gram positif, juga untuk mengisolasi bakteri batang gram negative berdasarkan kemampuan bakteri memfermentasi laktosa atau tidak. Media MC (*Mac Conkey*) digunakan terutama untuk famili Enterobacteriaceae dan genus *Pseudomonas*. Media MC (*Mac Conkey*) bisa dikatakan sebagai media uji penguat dimana media ini mengandung laktosa, kristal violet dan neutral red bile salt yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri gram positif. Hal ini menyebabkan tidak semua bakteri dapat tumbuh dengan baik sehingga media ini dapat digunakan secara khusus untuk mengidentifikasi bakteri gram negatif (Sari et al. 2019).

Pada media BAP (*Blood Agar Plate*) dapat terlihat bahwa koloni tumbuh berwarna putih abu bentuk bulat cembung dengan ukuran sedang dengan gamma hemolisa yang berarti sel darah tidak mengalami lisis hal ini menunjukkan bahwa bakteri tersebut tidak mampu melisis darah (γ -hemolisis). Hemolisin merupakan toksin yang dikeluarkan oleh bakteri dengan membentuk suatu zona hemolisis disekitar koloni (Rahmi et al. 2015). Aktivitas hemolisin suatu bakteri memiliki hubungan kolerasi terhadap pembentukan faktor virulensi bakteri tersebut (Boriollo et al. 2017). Hal ini berhubungan dengan bakteri yang memiliki aktivitas proteolitik juga memiliki peranan dalam faktor virulensinya (Monod, 2008). Protease memainkan peranan penting dalam berbagai proses patologis (Vermelho et al. 1996).

Umumnya bakteri yang mampu melakukan fermentasi laktosa merupakan bakteri non patogen. Jika isolat pada MC tidak mampu memfermentasikan laktosa (NLF) tetapi pada media BAP tidak mendegradasi sel darah merah (γ -hemolisis), isolat tersebut dianggap memiliki sifat patogenitas relatif rendah (Arifyani & Ethica, 2018).

Isolat sampel 1 merupakan isolat bakteri indigen (bakteri asal) yang terdapat pada ampas tahu. Ampas tahu merupakan bahan alami yang mengandung protein cukup tinggi sehingga diyakini banyak mengandung bakteri penghasil protease terbukti dengan diperolehnya pertumbuhan koloni bakteri pada sampel 1 dalam penelitian ini yang memiliki kemampuan menghasilkan enzim protease. Enzim protease merupakan salah satu enzim hidrolitik yang penting dalam degradasi limbah organik. Selain merupakan isolat bakteri yang menghasilkan enzim protease, isolat bakteri yang di dapatkan dari hasil isolasi dan seleksi bakteri proteolitik berpotensi untuk digunakan dalam proses bioremediasi limbah ampas tahu (Pamungkas dkk, 2018).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan:

1. Dari 4 sampel ampas tahu yang dijadikan bahan penelitian diperoleh 1 isolat bakteri dari sampel 1 yang dapat menghasilkan enzim protease. Hasil uji penghasil enzim protease terbukti isolat sampel 1 mampu menghasilkan zona bening protease yang berarti menghasilkan enzim protease.
2. Hasil isolasi pertumbuhan koloni bakteri pada media MC (*MacConkey*) diperoleh tidak adanya pertumbuhan bakteri. Sedangkan pada media BAP (*Blood Agar Plate*) dapat terlihat bahwa koloni bakteri sampel 1 tumbuh dan menunjukkan hasil gamma hemolisa (γ -hemolisis).
3. Seleksi patogenitas isolate bakteri dari sampel 1 menunjukkan sifat yang tidak patogen. Sehingga isolat bakteri yang diperoleh dari penelitian ini berpotensi untuk digunakan dalam proses bioremediasi limbah ampas tahu.

B. Saran

1. Perlu dilakukan identifikasi jenis bakteri yang telah berhasil di isolasi dari ampas tahu.
2. Perlu dikembangkan isolate bakteri dari sampel 1 agar dapat digunakan sebagai agen bioremediasi limbah tahu.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriani, N., & Eticha, S.N. 2018. Isolasi Bakteri penghasil lipase dan Protease yang berpotensi Sebagai Agen Bioremediasi dari Limbah Biomedis Cair Puskesmas Al Mahera Kota Semarang. *In Prosiding Seminar National MAhasiswa Unimus*. Vol 1.
- Anggraini, M. T. dan Fitriani, N. 2018. Limbah Ampas Tahu Sebgaai Bahan Baku untuk produksi Biodiesel. 7(1), pp 13-19.
- Ariesta, R. (2013). Jumlah Bakteri Pada Media Nutrient Agar dengan Pemadat Swallow Globe Putih dan Bacto- Agar dengan Variasi Konsentrasi pada Metode Tuang, Skripsi. Program Studi DIII Analis Kesehatan Universitas Muhammadiyah Semarang. Semarang.
- Brooks, G.F., Butel, J.S, & Morse, S.A 2008. Jawetz, Melnick & Adlerbeg's. Mikrobiologi Kedokteran. (23 th ed). Jakarta
- Eticha, S. N., Muchlissin, S.I., Sabtaini tyas, R. & Sabdono, A. 2018. Sampling Mikrobiologi Limbah Biomedis Rumah Sakit Di Kota Semarang Jawa Tengah. *In Prosiding Seminar National*. Vol.1. No.1.
- Fong, K. P. Y., & Tan, H. M. 2000. Isolation Of a Microbial Consortium From Activated Sludge For The Biological Treatmen Of Food Waste. *Journal Of Mocrinology And Biotechnology*. 16(5). PP 441-443
- Handayani, T., & Niam, A. M. 2018. Pemanfaatan Limbah TAhu Sebagai Pupuk Cair Organik dan Es krim untuk meningkatkan pendapatan dan Pengembangan Produk. *Jurnal Dedikasi*. 15(1). Pp 1693-3214.
- Hamza, T. A. 2017. Bacterial Protease Enzyme: Safe and Good Alternative for Industrial and Commercial Use. *International Journal of Chemical and Biomolecular Science*. 3 (1): 1 – 10.
- Harti, A.S. 2014. Mikrobiologi Kesehatan. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Irianto, K. 2014. *Bakeriologi Medis , Mikologi Medis, dan Virologi Medis (Medical Bacteriology, Medical Micology, and Medical Virology)* Alfabeta. Bandung.
- Lestari, P.B. 2016. Bioredegradasi Limbah Cair Tahu dari Mikroorganisme Indigen Sebagai Bahan Ajar Mikrobiologi Lingkungan di Perguruan Tinggi *Jurnal Edukasi Matematika dan Sains* 2(1). Pp 84-94.

- Locke, T. Keat, S., Walker., & Mackinnon, R. 2013. *Microbiology and infectious Diseases on the move*. Diterjemahkan oleh Akbarini, R. Jakarta: PT. Indeks.
- Maristiasa Nadhila P, dkk. 2019. Prosiding Mahasiswa Seminar Nasional Unimus. Vol 2: Isolasi Dan Uji Tingkat patogenitas Bakteri proteolitik untuk Bioremediasi Limbah Industri Tahu. ISSN: 2580-3913. ISSN:2654-766X.
- Monod M. Secreted Proteases from Dermatophytes. *Mycopathologia*. 166(5-6), 285–294.
- Nugraha, H., & Hari, S. 2011. Pengukuran Produktifitas Dan Waste Reduction Dengan Pendekatan Productivity. Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh November. PP 1-11
- Pamungkas, N. D., Firmansyah, A., Eticha, S.N. 2018. Isolasi dan Uji Patogenitas Bakteri Indigen Penghasil Enzim Selulase dari Limbah Ampas Kelapa di Pasar Tradisional Ngawen untuk Bioremediasi. In *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Unimus*. Vol 1.
- Priadie, B. 2012. Teknik Bioremediasi Sebagai Alternative dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air. Pusat Litbang Sumber DAYa Air, Kementrian PU. Jl. Ir. H. JUanda No. 193 Bandung
- Puspita, D. F.,m Shovitri, M., & Kuswyartari, D. N. 2012. Isoplasi dan Karakterisasi Bakteri Aerob Proteolitik dari tangki septik. *Jurnal Sains Seni ITS*. 1(1). Pp 2301-928x.
- Risky, W.D. 2013. Pengaruh Kandungan Protein Tepung Bulu Ayam Sebagai Media Pertumbuhan Bakteri Escherichia Coli.Semarang: Jurusan Analis Kesehatan,Poltekkes Kemenkes Semarang. Semarang.
- Rosihan, amha. 2015.<http://astalog.com/7303/jelaskan-peranan-bakteri-di-bidang-kedokteran.htm> (diakses 6 maret 2016).
- Sabrina, A. N., & Eticha, S. N, 2018. Potensi Bakteri Indigen Penghasil Enzim Protease Dan Lipase Sebagai Agen Bioremediasi Limbah Biomedis Puskesmas Tlogosari Kulon. In *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Unimus Vol. 1*.
- Safitri, R. 2018. Isolasi Bakteri Penghasil Protease Pada Oncom Merah Paska Fermetasi 24 Jam Dan Identifikasi Molkuler Bakteri Berbasis Gen 16S rRNA. Skripsi. Fakultas Ilmu Keperawatan Semarang. Semarang

- Sari, D. P., Rahmawati, & W, E. R. P. (2019). Deteksi dan Identifikasi Genera Bakteri Coliform Hasil Isolasi dari Minuman Lidah Buaya. *Jurnal Labora Medika*, 3(1), 29–35.
- Siombo Marhaeni, Hukum Lingkungan & Pelaksanaan Pembangunan Berkelanjutan Di Indonesia, Jakarta: PT Gramedia, 2012)
- Soeparman & Suparmin, 2002 Isolasi Dan Uji patogenitas Bakteri Indigen Penghasil Enzim Selulase Dari Limbah Ampas Kelapa Di Pasar Tradisional Ngawen Untuk Bioremediasi. *In Prosiding Seminar Nasional Unimu. Vol. 1.*
- Vermelho, A.B., Meirelles, M. N., Lopes, A., Petinate, S.D., Chaia, A.A., and Branguinha, M.H. (1996). Detection of Extracellular Proteases from Microorganisms on Agar Plates. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, 91(6), 755–760/
- Vidali, M. 2011. Bioremediation. An Overview. *Pure Apl. Chem.* 73. Pp 1163-11172.
- Wardhana Wisnu, Dampak Pencemaran Lingkungan, Yogyakarta: Andi, 2001.
- Yudhistria, B., Andriani, M & Utami. 2016. Karakterisasi: Limbah Cair Industri Tahu dengan Koagulasi yang Berbeda (Asam Asetat dan Kalsium Sulfat). *Journal of Sustainable Agriculture*. 31 (2). Pp 137-145.
- Yuliana, A., 2015. Uji Aktivitas Antijamur Formulasi Emulsi Minyak Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L. Merr). *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada: Jurnal Ilmu-ilmu Keperawatan, Analisis Kesehatan dan Farmasi*, 11(1), pp.46-58.
- Yustina dan Abadi. 2012. Potensi tepung dari ampas industri pengolahan kedelai sebagai bahan Pangan. Seminar Nasional: Kedaulatan pangan dan energy. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo Mafura. Madura

LAMPIRAN

Lampiran 1: Surat Permohonan Izin Penelitian

KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
BADAN PENGEMBANGAN DAN PEMBERDAYAAN SDM KESEHATAN
POLITEKNIK KESEHATAN MAKASSAR
 Jalan Wijayakusuma Raya No. 52 Banta-Bantaeng Makassar, 90222, ☎0411-672668
 Website : www.poltekkes-mks.ac.id Email : info@poltekkes-mks.ac.id

Makassar, 09 Januari 2023

Nomor : DL. 02.02.01. C18
 Lampiran : -
 Perihal : Izin Penelitian

Kepada Yth
 Balai Besar Laboratorium Kesehatan (BBLK)
 Di,
 Makassar

Selubungan dengan penyelesaian semester akhir untuk penyusunan Skripsi, maka mahasiswa kami ingin melakukan Penelitian sebagai salah satu persyaratan dalam mengikuti Ujian Akhir Program Prodi Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis Jurusan Analis Kesehatan Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Makassar, maka mohon kesediaan Bapak/Ibu kiranya mahasiswa kami di bawah ini

Nama : Fehi Pratiwi
 NIM : PQ.71.4.203.16.1.009
 Alamat : Jl. Swadaya Mas, No. 7A Makassar
 Judul Penelitian : "Isolasi dan Uji Patogenitas Bakteri Proteolitik Untuk Bioremediasi Limbah Industri Ampas Tahu di Kota Makassar"

Dapat diberikan izin untuk melakukan penelitian di tempat yang Bapak/Ibu pimpin.
 Atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih


 H. Kalngor, Pd, M.Si
 NIP. 80810 198303 1 008

Tembusan :

1. Yang bersangkutan
2. Asup

Lampiran 2: Dokumentasi Penelitian

Timbang sampel dan engenceran awal 10 gr / 90 ml



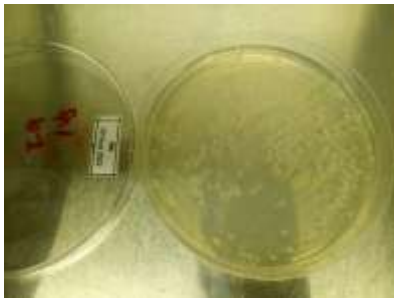
Pengenceran bertingkat



Penanaman di Media Nutrient Agar



Hasil pengamatan koloni dari media NA



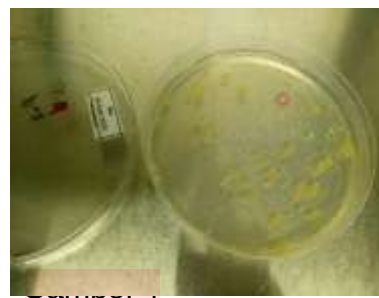
Sampel 1



Sampel 2

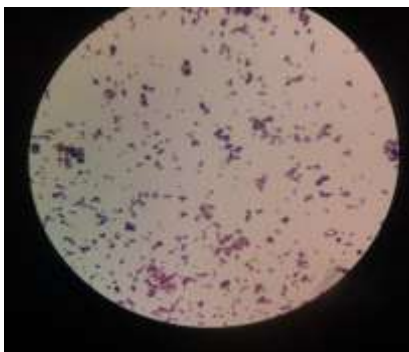


Sampel 3

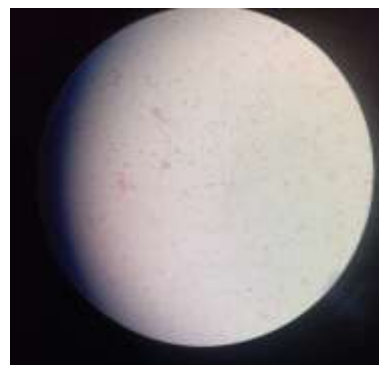


Sampel 4

Hasil Pewarnaan Gram



Sampel 1



Sampel 2



Sampel 3



Sampel 4

Hasil Meremajakan Koloni dari NA



Sampel 1

Sampel 2



Sampel 3

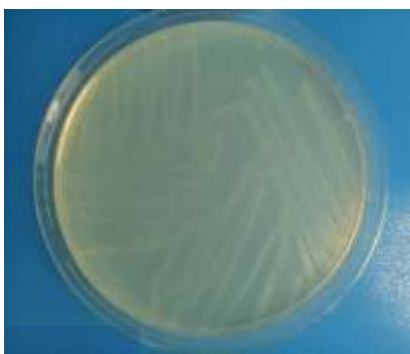
Sampel 4

Hasil pengamatan di Media Skim Milk Agar (SMA)



Sampel 1

Sampel 2



Sampel 4

66

Hasil pengamatan di Media Blood Agar Plate (BAP) & Media Mac Conkey Agar (MCA) sampel 1



Lampiran 3: Surat Laporan Hasil Penelitian

KEMENTERIAN KESEHATAN RI
DIREKTORAT JENDERAL PELAYANAN KESEHATAN
BALAI BESAR LABORATORIUM KESEHATAN MAKASSAR
Jl. Perintis Kemerdekaan KM.11 Tamalanrea Makassar 90248

LAPORAN HASIL UJI
No. 21091496-23091496 / L.HU / BBLK-MKRS / 1 / 2023

Nama Pasien:	Siti Pratiwi
NIDN (Kantor Asal):	PT/430161000
Program Studi:	PROSES KEMENTERIAN KESEHATAN RI
Teknik/Spesialisasi:	ATLM
Tanggal Mulai Penelitian:	18/11/2023
Tanggal Selesai Penelitian:	22/11/2023
Tempat Penelitian:	Teknik dan uji pengujian kultur jaringan untuk identifikasi isolat bakteri dari jaringan manusia
Penelitian:	Kultur bakteri dengan pengujian biologi, pemeriksaan gram dan kultur bakteri pada media Skirt, Muc Conkry Agar dan Blood Agar
Jenis Sampel:	Asap Tisu
Jumlah Sampel:	4 Sampel

HASIL UJI MIKROBIOLOGI

Hasil pemeriksaan gram:

Sampel 1	Coccus gram positif
Sampel 2	Coccobacilli gram negatif
Sampel 3	Coccus gram positif
Sampel 4	Coccobacilli gram negatif

Pengamatan hasil pada media Skirt MHE Agar:

Sampel 1	Terdapat zona bening pada media
Sampel 2	Tidak terdapat zona bening pada media
Sampel 3	Tidak terdapat zona bening pada media
Sampel 4	Tidak terdapat zona bening pada media

Pengamatan hasil pada media Muc Conkry Agar dan Blood Agar pada Sampel 1:

Muc Conkry	Tidak ada pertumbuhan bakteri
Blood Agar	Kultur bakteri pada alas, bentuk isolat seragam, ukuran sedang, bentuk beraturan



Telp. 0411 586457, 586458, 586270, Fax. 0411 586270
Surat Elektronik : bblk.mksr@gmail.com, bblk_makassar@yahoo.com



Lampiran 4 : Rekomendasi Persetujuan Etik



KOMISI ETIK PENELITIAN KESEHATAN
HEALTH RESEARCH ETHICS COMMITTEE
POLITEKNIK KESEHATAN MAKASSAR
HEALTH POLYTECHNIC MAKASSAR

REKOMENDASI PERSETUJUAN ETIK
RECOMMENDATIONS FOR APPROVAL OF ETHICS
"ETHICAL APPROVAL"

No. : 0147/ KEPK-PTKMKS/ IV /2021

Komisi Etik Penelitian Kesehatan Politeknik Kesehatan Makassar dalam upaya melindungi hak asasi manusia subyek penelitian kesehatan, telah mengkaji dengan teliti dan seksama protokol yang berjudul :

The Ethics Commission of the Health Polytechnic Makassar, with regards of the protection of Human Rights and welfare in medical research, has carefully reviewed the research protocol entitled :

"Isolasi dan Uji Patogenitas Bakteri Proteolitik Untuk Bioremediasi Limbah Industri Ampas Tahu di Kota Makassar"

Peneliti Utama : FEBI PRATIWI
Principal Investigator

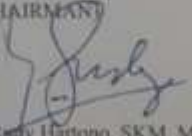
Nama Institusi : Prodi D.IV Analis Kesehatan Poltekkes Kemenkes Makassar
Name of the Institution

Telah menyetujui protokol tersebut di atas
Approved the above-mentioned protocol



Makassar, 19 April 2021

CHAIRMAN



Dr. Rully Hartono, SKM, M.Kes
NIP. 19700613 199803 1 002

Lampiran 5: Surat Keterangan Telah Melakukan Penelitian

 **KEMENTERIAN KESEHATAN RI**
DIREKTORAT JENDERAL PELAYANAN KESEHATAN
BALAI BESAR LABORATORIUM KESEHATAN MAKASSAR
Jl. Perintis Kemerdekaan KM. 11 Tamboora Makassar 90245 Telp. (0411) 525457-586458 Fax. (0411) 588270
Surel Elektronik : BBK_makassar@yahoo.com



**SURAT KETERANGAN
TELAH MELAKUKAN PENELITIAN**

Nomor : SR.04.01/D.L/1563/2023

Yang bertanda tangan di bawah ini Kepala Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar dengan ini menerangkan bahwa Mahasiswa Prodi D4 Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Makassar, yaitu:

Nama	: Febi Pratiwi
NIM	: P0714203161009
Judul Penelitian	: Isolasi dan Uji Patogenitas Bakteri Proteolitik Untuk Bioremediasi Limbah Industri Ampas Tahu di Kota Makassar

Telah Melakukan Penelitian Pada Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar pada tanggal 18 s.d 22 Januari 2023

Demikian surat keterangan ini diberikan untuk dipergunakan seperlunya.

Makassar, 28 Maret 2023

An: Kepala,
Sub Koordinator Bimbingan Teknis


Hasriatul S.M. M.Kes
NIP. 196912051991012009

