

**KARAKTERISTIK MORFOLOGI DAN KEMAMPUAN
BAKTERI PROTEOLITIK LAHAN GAMBUT DALAM
MENGHAMBAT *Salmonella typhi* dan *Escherichia coli***

SKRIPSI

OLEH :

RIZNI SYAHPUTRI

16.870.0040



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2021**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 16/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)16/12/21

**KARAKTERISTIK MORFOLOGI DAN KEMAMPUAN
BAKTERI PROTEOLITIK LAHAN GAMBUT DALAM
MENGHAMBAT *Salmonella typhi* dan *Escherichia coli***

SKRIPSI

OLEH:

**RIZNI SYAHPUTRI
16.870.0040**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana di Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Medan Area*

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2021**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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


iii

Document Accepted 16/12/21


Access From (repository.uma.ac.id)16/12/21

Judul Skripsi : Karakteristik Morfologi dan Kemampuan Bakteri Proteolitik
Lahan Gambut dalam Menghambat *Salmonella typhi* dan
Escherichia coli.
Nama : Rizni Syahputri
NPM : 168700040
Prodi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing




Dr. Kiki Nurtjahja M.Si
Pembimbing I



Rahmiati S.Si, M.Si
Pembimbing II



Dr. Faisal Anji Tanjung, S.ST, MT
Dekan



Dra. Sartini, M.Sc
Ka. Prodi/WD I

Tanggal Lulus : 23 Juni 2021

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 16/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)16/12/21

Judul Skripsi : Karakteristik Morfologi dan Kemampuan Bakteri Proteolitik
Lahan Gambut dalam Menghambat *Salmonella typhi* dan
Escherichia coli.
Nama : Rizni Syahputri
NPM : 168700040
Prodi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi

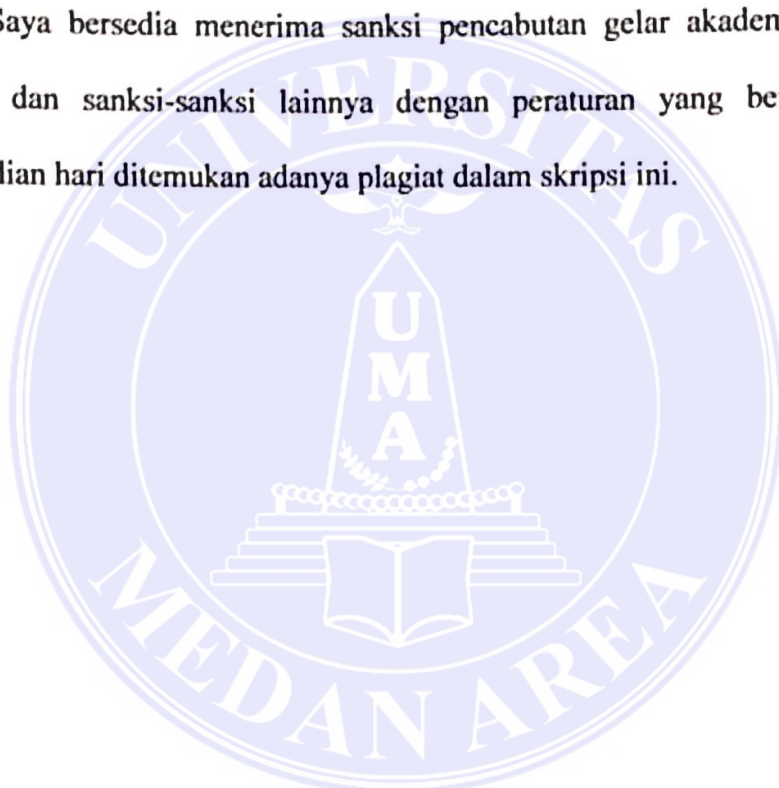
Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing



HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Medan, 03 Maret 2021



Rizni Syahputri
16.870.0040

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Rizni Syahputri
NPM : 168700040
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul : “Karakteristik Morfologi Dan Kemampuan Bakteri Proteolitik Lahan Gambut Dalam Menghambat *Salmonella typhi* dan *Escherichia coli*” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Bebas Hak Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemilik Hak Cipta.
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada Tanggal : 24 September 2021

Yang Menyatakan,



(Rizni Syahputri)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik isolat bakteri proteolitik lahan gambut dari daerah Kebun Meranti Panam, Labuhanbatu, Sumatera Utara dan potensinya dalam menghambat *Salmonella typhi* dan *Escherichia coli*. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental berskala laboratorium. Hasil uji hidrolisis kasein pada media *Skim Milk Agar* dilanjutkan dengan uji antimikrob terhadap pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi* dan *Escherichia coli*. Hasil penelitian menyatakan bahwa isolat bakteri proteolitik lahan gambut memiliki karakteristik morfologi koloni berbentuk bulat, bulat tidak beraturan, dan berombak, memiliki warna koloni putih dan cream, dengan hasil uji Gram yang termasuk Gram positif dan Gram negatif berbentuk batang dan *coccus*. Bakteri proteolitik pada lahan gambut sebanyak 6 isolat yang mampu menghasilkan zona bening pada pertumbuhan bakteri *E. coli* dengan zona bening terbesar terdapat pada Isolat PSp10 yaitu 14,88 mm dan zona bening terendah terdapat pada isolat PSp9 yaitu 10,1 mm.. Pada *S.typhi* menunjukkan tidak semua bakteri mampu menghasilkan zona bening. Isolat PSp9 menghasilkan diameter zona bening terbesar yaitu 10,25 mm dan isolat PSp8 menghasilkan zona bening terendah yaitu 8,50 mm. Isolat PSp7 dan PSp8 tidak memiliki zona bening.

Kata Kunci : Proteolitik, Lahan gambut, Antimikrob, *Salmonella typhi*, *Escherichia coli*, Hidrolisis.

ABSTRACT

This study aims to determine the characteristics of proteolytic bacteria isolates from peatlands from the Meranti Panam Garden area, Labuhanbatu, North Sumatra and their potential in inhibiting *Salmonella typhi* and *Escherichia coli*. The method used is an experimental method on a laboratory scale. The results of the casein hydrolysis test on *Skim Milk Agar* media were continued with the inhibition test for the growth of *Salmonella typhi* and *Escherichia coli* bacteria. The results showed that the proteolytic bacteria isolates of peatlands had colony morphological characteristics of round, irregular, and wavy shape, white and cream colony colors, with Gram test results including Gram positive and Gram negative with stem and *coccus* shapes. There were 6 proteolytic bacteria in peatlands which were able to produce clear zones in the growth of *E. coli* bacteria with the largest clear zone found in PSp10 isolate, namely 14.88 mm and the lowest clear zone found in PSp9 isolate, namely 10.1 mm. *S.typhi* shows that not all bacteria are able to produce clear zones. PSp9 isolate produced the largest clear zone diameter, namely 10.25 mm and PSp8 isolate produced the lowest clear zone, namely 8.50 mm. PSp7 and PSp8 isolates did not have clear zones.

Keywords : Proteolytic, Peatland, Antimicrob, *Salmonella typhi*, *Escherichia coli*, Hydrolysis.

KATA PENGANTAR

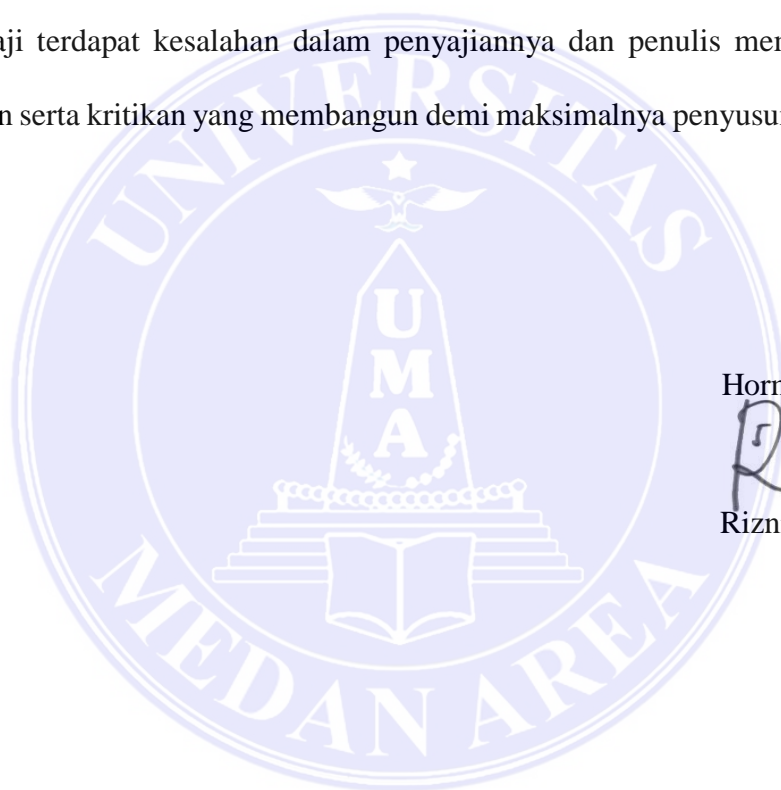
Puji dan syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan nikmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan salam tak lupa penulis sampaikan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang membuka mata hati dari alam kegelapan menuju alam yang terang dan penuh rahmat serta dihiasi dengan ilmu pengetahuan, semoga dengan memperbanyak shalawat kepadanya kita dapat memperoleh syafaatnya kelak.

Skripsi ini berjudul “Karakteristik Morfologi dan Kemampuan Bakteri Proteolitik Lahan Gambut dalam Menghambat *Salmonella typhi* dan *Escherichia coli*”, dibuat sebagai syarat untuk menyelesaikan studi pada program studi Biologi di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Medan Area. Penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Kiki Nurtjahja M.Sc selaku Pembimbing I yang telah membimbing dan memperhatikan selama masa penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Rahmiati S.Si, M.Si selaku Pembimbing II yang telah membimbing dan memperhatikan selama masa penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Ida Fauziah S.Si, M.Si selaku Sekretaris Komisi sekaligus Pembimbing Akademik.
4. Ibu Dra. Sartini, M.Sc selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Medan Area
5. Ayah, Alm. Ibu, Abang dan Kakak atas doa-doa, motivasi dan segalanya yang telah diberikan.
6. Rekan-rekan Mahasiswa dan Seluruh staff/pegawai Universitas Medan Area.

7. Husri Marliani Mawaddah Sihombing selaku Sahabat, sekamar kontrakan dan se-organisasi KAMMI yang banyak membantu dalam perkuliahan, penelitian hingga penyelesaian skripsi ini.
8. Semua pihak yang telah membantu selama penelitian dan penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari masih terdapat kesalahan dan kekurangan dalam skripsi ini, maka dari itu penulis meminta maaf apabila ada kata atau informasi yang tersaji terdapat kesalahan dalam penyajiannya dan penulis memohon adanya saran serta kritikan yang membangun demi maksimalnya penyusunan skripsi ini.



Hormat penulis

Rizni Syahputri
Rizni Syahputri

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
PENDAHULUAN.....	1
Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Hasil Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Lahan Gambut	4
2.2 Bakteri Proteolitik	5
2.3 Antimikrob	7
2.3.1 Penggolongan Antimikrob Berdasarkan Mekanisme Kerjanya.....	7
2.3.2 Metode Pengujian Daya Antimikrob	8
2.4 <i>Salmonella typhi</i>	90
2.5 <i>Escherichia coli</i>	101
BAB III. METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	133
3.2 Alat dan Bahan	133
3.2.1 Alat.....	133
3.2.2 Bahan	133
3.3 Prosedur Penelitian.....	133
3.3.1 Sampel Penelitian.....	134
3.3.2 Isolasi Bakteri Proteolitik.....	144
3.3.3 Karakterisasi Bakteri Proteolitik	144
3.3.4 Uji Aktivitas Proteolitik	155
3.3.5 Uji Antimikrob Bakteri Proteolitik terhadap Mikrob Uji	155
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	166
4.1 Isolat Bakteri Lahan Gambut dan Identifikasi Isolat Bakteri Proteolitik ..	166
4.2 Nilai Inhibisi Aktivitas Proteolitik	19
4.3 Hasil Uji Antimikrob Bakteri Proteolitik terhadap Mikrob Uji	212
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	255
5.1 Kesimpulan.....	255
5.2 Saran	255
DAFTAR PUSTAKA	266

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kategori kekuatan zat antimikrob berdasarkan diameter zona bening.....	7
Tabel 2. Morfologi koloni isolat bakteri asal lahan gambut.....	16
Tabel 3. Jenis dan jumlah bakteri (CFU/ml) asal lahan gambut.....	17
Tabel 4. Hasil pewarnaan Gram dan pengamatan isolat bakteri proteolitik secara mikroskopis.....	18
Tabel 5. Nilai hidrolisis kasein bakteri proteolitik pada media <i>Skim Milk Agar</i> ...	21
Tabel 6. Hasil uji antagonis bakteri proteolitik pada bakteri uji.....	22



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Isolat bakteri berasal dari lahan gambut.....	17
Gambar 2. Morfologi dan pewarnaan gram isolat-isolat bakteri proteolitik	18
Gambar 3. Zona bening bakteri proteolitik pada media <i>Skim Milk Agar</i>	20
Gambar 4. Uji antagonis antara bakteri proteolitik lahan gambut dengan <i>Salmonella typhi</i> dan <i>Escherichia coli</i>	22



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian.....	31
Lampiran 2. Tabel Pengamatan Morfologi Koloni, Nilai Hidrolisis Bakteri Proteolitik, Hasil Identifikasi dan Hasil Uji Antagonis.....	32
Lampiran 3. Dokumentasi Proses Penelitian.....	34



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data *Global Wetlands*, Indonesia memiliki lahan gambut terbesar kedua di dunia dengan luas mencapai 22,5 juta hektar (Katadata, 2019). Sekitar 5.241.473 ha atau 35,17% dari total luas lahan gambut Indonesia tergolong gambut dangkal (Wahyunto *et al.*, 2014), tersebar di Pulau Papua (2.425.523 ha), Pulau Sumatera (1.767.303 ha), dan Pulau Kalimantan (1.048.611 ha). Selain pemanfaatannya dalam pengembangan pertanian, lahan gambut yang mengandung mikroorganisme berupa bakteri ternyata berpotensi untuk dimanfaatkan dalam bidang kesehatan (Mahdiah, 2015). Tanah gambut merupakan tanah yang memiliki kandungan C-organik sangat tinggi, yakni 47,08-50,01% dikarenakan tanah gambut merupakan tanah organik (Salma *et al.*, 2019).

Bakteri sangat berperan aktif dalam memecah bahan-bahan organik sehingga banyak ditemukan di tanah gambut, karena tanah gambut terbentuk dari hasil dekomposisi bahan-bahan organik dalam keadaan anaerob. Tanah gambut bersifat masam karena dipengaruhi oleh kandungan asam-asam organik yang terdapat pada koloid gambut. Dekomposisi bahan organik pada kondisi anaerob menyebabkan terbentuknya senyawa fenolat dan karboksilat yang menyebabkan tingginya kemasaman gambut. Selain itu kandungan unsur hara yang terdapat pada gambut juga menyebabkan banyaknya mikroorganisme yang hidup disana dan memiliki peranan seperti kemampuan proteolitik, selulolitik, dan juga penambat nitrogen (Mahdiah, 2015).

Bakteri proteolitik adalah bakteri yang mampu mendegradasi protein, memproduksi enzim protease ekstraseluler. Pada umumnya bakteri penghasil

protease adalah bakteri dari genus *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Proteus*, *Streptobacillus*, *Staphylococcus*, *Streptococcus* (Puspitasari, 2012). Pada penelitian Mahdiyyah (2015), sebanyak lima isolat bakteri proteolitik diperoleh dari tanah gambut yang berasal dari Banjarmasin Kalimantan Selatan. Bakteri proteolitik penghasil enzim proteolitik dapat menghasilkan bakteriosin yang dapat menghambat pertumbuhan mikrob patogen. Hasil penelitian Afriani *et al.*, (2009), menyatakan bahwa *Lactobacillus brevis* merupakan bakteri proteolitik yang dapat menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dengan daya hambat sebesar 21,3 mm. Pada penelitian Apriyani *et al.*, (2017), bakteri rizosfer potensial proteolitik juga mampu menghambat pertumbuhan bakteri patogen isolat genus *Erwinia* dengan daya hambat sebesar 11,91 mm. Selain itu, penelitian oleh Erlindawati *et al.* (2015) terdapat 3 isolat bakteri dalam tanah gambut yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* yaitu *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter gergoviae*, dan *Proteus rettgeri*.

Beberapa bakteri proteolitik dari genus *Bacillus* menghasilkan enzim protease digunakan dalam skala industri terutama digunakan dalam industri detergen, farmasi, produk-produk kulit, pengempukan daging, hidrolisat protein, produk-produk makanan, maupun pengolahan limbah industri (Yusriah dan Kuswyasari, 2013). Selain itu protease dipakai untuk mengolah skleroprotein ulat sutera sebelum proses pemintalan benang dan untuk campuran salep penghalus bekas luka dan obat bantu pencernaan (Titin, 2011).

Escherichia coli dan *Salmonella typhi* merupakan bakteri yang dapat menimbulkan kerugian pada manusia yang muncul dalam bentuk berbagai penyakit. *Escherichia coli* dapat menimbulkan pneumonia, endocarditis, infeksi pada luka-luka dan abses pada berbagai organ (Entjang, 2003). *Salmonella typhi*

merupakan sumber penyebab berbagai macam infeksi, mulai dari gastroenteritis ringan sampai berat seperti demam tifoid dan bakterimia (Jawetz *et al.*, 2010).

Perlu dilakukan penelitian ini bertujuan mempelajari potensi bakteri proteolitik yang berasal dari lahan gambut, mengetahui karakteristik morfologi dan aktivitasnya sebagai antimikrob terhadap *Salmonella typhi* dan *Escherichia coli*.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah belum diketahui karakteristik dan potensi bakteri proteolitik lahan gambut di daerah Kebun Meranti Panam, Labuhanbatu, Sumatera Utara dalam menghambat *Salmonella typhi* dan *Escherichia coli*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah mengetahui karakteristik isolat bakteri proteolitik lahan gambut dari daerah Kebun Meranti Panam, Labuhanbatu, Sumatera Utara dan potensinya dalam menghambat *Salmonella typhi* dan *Escherichia coli*.

1.4 Manfaat Hasil Penelitian

Manfaat dalam penelitian adalah sebagai informasi ilmiah tentang karakteristik isolat bakteri proteolitik yang diisolasi dari lahan gambut Kebun Meranti Panam, Labuhanbatu, Sumatera Utara dan potensinya dalam menghambat *Salmonella typhi* dan *Escherichia coli*.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lahan Gambut

Gambut adalah material atau bahan organik yang tertimbun secara alami dalam keadaan basah yang berlebihan, bersifat tidak mampat atau hanya sedikit mengalami perombakan. Gambut dibentuk oleh bahan tanaman yang berlapis-lapis dalam jangka waktu yang sangat lama (Bintoro *et al.*, 2010).

Menurut Noor *et al.*, (2015) pembentukan gambut merupakan proses transformasi dan translokasi. Proses transformasi merupakan proses pembentukan biomassa dengan dukungan nutrisi terlarut, air, udara, dan radiasi matahari. Proses translokasi merupakan pemindahan bahan oleh gerakan air dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah oleh gerakan angin (udara) akibat perbedaan tekanan. Akibat proses pembentukan biomassa dari sisa tumbuhan setempat lebih cepat dari proses perombakannya, maka terbentuklah lapisan bahan organik dari waktu ke waktu.

Tanah gambut memiliki karakter unik disebabkan tingkat keasaman yang tinggi. Gambut merupakan jenis tanah organik yang terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang telah mati dan terurai menjadi endapan organik dengan bantuan bakteri aerobik dan anaerobik (Subiksa dan Wahyunto, 2011). Tanah gambut mempunyai kandungan bahan organik tinggi lebih dari 85%, dengan kandungan C-organik 12-18%, tergantung pada fraksi liat dengan keebalan gambut lebih dari 40 cm dengan BD di atas 0.1 g cm^3 . Tanah gambut yang terbentuk dari vegetasi hutan rawa tropika mempunyai komposisi yang heterogen, terdiri dari batang kayu, ranting, dan akar kasar yang masih mirip dengan tanaman aslinya (Zulman, 2015).

Tanah gambut mempunyai multifungsi yakni fungsi hidrologi, produksi, dan ekologi yang sangat vital bagi kelangsungan hidup manusia. Produktivitas

lahan gambut sangat tergantung dari pengelolaan dan tindakan manusia (Masganti, 2013). Karakteristik gambut dapat berubah akibat adanya tindakan manusia berupa pembukaan lahan, pembakaran lahan, pembuatan saluran drainase, dan penambangan (Hirano *et al.*, 2014).

Tanah gambut umumnya memiliki tingkat keasaman yang relatif tinggi dengan kisaran pH 3-5. Tingginya keasaman tanah gambut disebabkan oleh tingginya kadar asam fenolat humat dan fulvat yang dihasilkan dari proses dekomposisi (Bintoro *et al.*, 2010). Tanah gambut disusun oleh 65% senyawa organik yang terdiri atas lignin, selulosa, hemiselulosa, lilin, tanin, suberin, protein, dan senyawa humat. Selain berfungsi untuk menjamin ketersediaan air, gambut juga berperan sangat penting dalam menjaga kualitas lingkungan (Suriadikarta, 2012). Mikroorganisme berperan penting dalam perombakan bahan organik (Andersen *et al.*, 2013). Tanah gambut merupakan habitat yang sulit ditempati oleh makhluk hidup. Akan tetapi beberapa jenis bakteri dapat hidup dan tumbuh di tanah gambut, seperti *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter gergoviae*, *Proteus rettgeri* (Erlindawati *et al.*, 2015) dan *Bacillus* sp (Rossa & Dini, 2017).

2.2 Bakteri Proteolitik

Bakteri proteolitik adalah bakteri yang mampu mendegradasi protein, memproduksi enzim protease ekstraseluler. Protease merupakan enzim proteolitik yang mengkatalisis pemutusan ikatan peptida pada protein. Pada medium pertumbuhan bakteri proteolitik disertakan susu skim yang mengandung kasein agar bakteri dapat mensekresikan protease yang dapat mendegradasi protein.. Kasein 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. Pada umumnya bakteri proteolitik adalah

bakteri dari genus *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Proteus*, *Streptobacillus*, *Staphylococcus*, *Streptococcus* (Puspitasari, 2012). Protease merupakan enzim yang berfungsi menghidrolisis ikatan peptida pada protein menjadi oligopeptida dan asam amino. Protease (protease serin, protease sistein/tiol, protease aspartat dan protease logam) adalah enzim yang banyak digunakan dalam industri, misalnya industri farmasi, kulit, detergen, makanan dan pengolahan limbah. Protease yang digunakan di dalam industri jumlahnya sekitar 60% dari penjualan enzim di dunia. Protease dapat diisolasi dari berbagai organisme seperti bakteri 44,78%, tanaman 43,85%, dan hewan 11,15%, Protease dari bakteri merupakan jumlah yang paling banyak dibandingkan dengan sumber lain (Baehaki *et al.*, 2011).

Beberapa bakteri proteolitik dari genus *Bacillus* menghasilkan enzim protease digunakan dalam skala industri terutama digunakan dalam industri detergen, farmasi, produk-produk kulit, pengempukan daging, hidrolisat protein, produk-produk makanan, maupun pengolahan limbah industri (Yusriah dan Kuswyasari, 2013). Penggunaan mikroorganisme sebagai penghasil enzim juga merupakan salah satu upaya yang lebih mudah dan efisien karena pertumbuhannya yang cepat dan dapat tumbuh pada substrat yang mudah didapat. Kemampuan aktivitas proteolitik pada bakteri ditandai adanya zona bening disekeliling koloni bakteri yang merupakan hidrolisis kasein di dalam susu skim pada media (Badriyah & Ardyati, 2013).

2.3 Antimikrob

Antimikrob adalah zat atau komponen yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri/kapang (bakteristatik atau fungistatik) hingga membunuh bakteri atau kapang (bakterisidal atau fungisidal) (Zheng *et al.*, 2013). Adapun kategori kekuatan zat antimikrob dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kategori kekuatan zat antimikrob berdasarkan diameter zona bening

Diameter zona bening (mm)	Kekuatan Daya Hambat
>20	Sangat kuat
11-20	Kuat
6-10	Sedang
<5	Lemah

Sumber: Susanto, Sudrajat dan Ruga (2012)

2.3.1 Penggolongan Antimikrob Berdasarkan Mekanisme Kerjanya

Penggolongan antimikrob berdasarkan mekanisme kerjanya, yaitu

(Setiabudy., 2011) :

1. Menghambat sintesis atau merusak dinding sel bakteri. Dinding sel bakteri terdiri dari polipeptidoglikan yaitu suatu kompleks primer mukopeptida (glikopeptida). Pada umumnya bersifat bakterisidal.
2. Memodifikasi atau menghambat sintesis protein. Sel bakteri mensintesis berbagai protein yang berlangsung di ribosom dengan bantuan mRNA dan tRNA. Penghambatan terjadi melalui interaksi dengan ribosom bakteri. Pada umumnya bersifat bakteriostatik
3. Menghambat enzim-enzim esensial dalam metabolisme folat. Pada umumnya bersifat bakteriostatik.
4. Mempengaruhi sintesis atau metabolisme asam nukleat.
5. Mempengaruhi permeabilitas membrane sel bakteri.

Berdasarkan spektrum kerjanya, terbagi atas dua kelompok, yaitu dengan aktivitas spektrum luas (*broad spectrum*) dan aktivitas spektrum sempit (*narrow spectrum*).

1. Antimikrob spektrum luas, yaitu bekerja terhadap lebih banyak bakteri, baik gram negatif maupun gram positif serta jamur.
2. Antimikrob spektrum sempit, yaitu bekerja terhadap beberapa jenis bakteri saja.

2.3.2 Metode Pengujian Daya Antimikrob

Metode pengujian daya antimikrob bertujuan untuk menentukan konsentrasi suatu zat antimikrob sehingga memperoleh suatu sistem pengobatan yang efektif dan efisien. Terdapat dua metode untuk menguji daya antimikrob, yaitu difusi dan dilusi (Setiabudy, 2011).

1. Metode difusi adalah pengukuran dan pengamatan diameter zona bening yang terbentuk di sekitar cakram, dilakukan pengukuran setelah didiamkan selama 18-24 jam dan diukur menggunakan jangka sorong (Sari *et al.*, 2013)
 - a. Metode *disc diffusion* atau metode *Kirby Bauer*, metode ini menggunakan kertas cakram yang berisi zat antimikrob dan diletakkan pada media agar yang telah ditanami bakteri uji.
 - b. Metode *E-Test* digunakan untuk menentukan KHM (Kadar Hambat Minimum), yaitu konsentrasi minimal zat antimikrob dalam menghambat pertumbuhan bakteri uji. Metode ini menggunakan strip plastik yang telah berisi zat antibakteri dan diletakkan pada media agar.
 - c. *Dicth plate technique*, zat antimikrob diletakkan pada parit yang dibuat dengan cara memotong media agar dalam cawan petri pada bagian tengah secara membujur dan bakteri uji digoreskan ke arah parit.
 - d. *Cup-plate technique*, metode ini hampir sama dengan metode *disc diffusion* namun bedanya tidak menggunakan kertas cakram. Pada media agar dibuat sumur, dan pada sumur tersebut diberi zat antimikrob.
 - e. *Gradient-plate technique*, media agar dicairkan dan ditambahkan larutan uji kemudian campuran tersebut dituangkan ke dalam cawan petri dan diletakkan dalam posisi miring.

2. Metode Dilusi

Metode dilusi adalah metode yang digunakan untuk mengukur Kadar Hambat Minimum (KHM) dan Kadar Bunuh Minimum (KBM) dari antibiotik yang diuji.

Dalam metode ini, seri tabung reaksi akan diisi media cair dan beberapa sel bakteri yang akan diuji, lalu dilakukan pengenceran secara serial dengan konsentrasi tertentu, selanjutnya diisi dengan antibiotik yang akan diujikan, kemudian seri tabung tersebut diinkubasi pada suhu 37°C selama 18-24 jam, kemudian diamati kekeruhan yang terjadi pada serial tabung tersebut (Setiabudy, 2012).

Hasil KHM akan menunjukkan konsentrasi terendah jika tabung yang diamati adalah tabung dengan kejernihan paling baik (indikator tidak terdapat pertumbuhan bakteri). Selanjutnya hasil biakan dari semua tabung yang jernih diinokulasikan pada media agar. Kemudian, media agar tersebut diinkubasi dan dilihat ada atau tidaknya koloni bakteri yang tumbuh. Sedangkan hasil KBM adalah ada atau tidaknya koloni bakteri yang tumbuh pada media agar yang telah diinkubasi (Setiabudy, 2012).

2.4 *Salmonella typhi*

Salmonella typhi merupakan bakteri yang berbentuk batang, memiliki gram negatif, tidak berspora, memiliki ukuran lebar antara 0,7 – 1,5 µm dan panjang 2,0 – 5,0 µm, besar koloni rata-rata 24 mm, dominan bergerak dengan flagel peritrik (Batt dan Tortotello, 2014). Dinding selnya terdiri atas murein, lipoprotein, fosfolipid, protein, dan lipopolisakarida (LPS) yang tersusun sebagai lapisan-lapisan (Jawetz, 2016).

Bagian lipopolisakarida dapat berfungsi sebagai endotoksin, dan berperan penting dalam menentukan virulensi organisme. Kompleks endotoksin makromolekul ini terdiri dari tiga komponen, mantel O-polisakarida luar, bagian tengah (inti R), dan lapisan dalam lipid A. Secara umum, organisme yang berasal dari genus *Salmonella* merupakan sumber penyebab berbagai macam infeksi, mulai dari gastroenteritis ringan sampai berat seperti demam tifoid dan bakterimia. *Salmonella* adalah agen penyebab salmonellosis yaitu penyakit endemis dan menimbulkan kerugian yang besar di Indonesia (Jawetz *et al.*, 2010).

S. typhi mampu bertahan hidup selama beberapa bulan sampai setahun jika melekat dalam, tinja, mentega, susu, keju dan air beku (Yatnita, 2011). Pada feses diluar tubuh manusia tahan hidup 1-2 bulan. Pada air susu dapat berkembang biak dan hidup lebih lama, hal ini karena di dalam air susu terdapat protein lemak dan gula yang merupakan substrat saprofit (Monica *et al.*, 2013).

S. typhi bersifat parasit intraseluler fakultatif, yang dapat hidup dalam makrofag dan menyebabkan gejala-gejala gastrointestinal hanya pada akhir perjalanan penyakit, biasanya sesudah demam yang lama, bakterimia dan akhirnya lokalisasi infeksi dalam jaringan limfoid submukosa usus kecil (Yatnita, 2011)

2.5 *Escherichia coli*

Escherichia coli adalah bakteri gram negatif, anaerobik fakultatif berbentuk batang yang umumnya ditemukan di usus besar makhluk berdarah panas. Pada umumnya, strain dari *E. coli* tidak berbahaya, tetapi beberapa serotip dapat menyebabkan keracunan makanan yang serius dan penarikan produk makanan karena terkontaminasi bakteri ini (CDC, 2014b). *Escherichia coli*

secara normal dapat berada dalam saluran usus halus manusia dan hewan berdarah panas termasuk unggas. Bakteri ini dalam usus dapat mencapai jumlah jutaan per gram isi usus, sehingga sejak lama digunakan sebagai organisme indeks kontaminasi fecal, serta keberadaan patogen enterik dalam makanan dan minuman. Akumulasi *E.coli* dapat menyebabkan diare khususnya pada bayi (Tatang dan Wardah, 2014).

Escherichia coli memiliki sejumlah toksin dengan serotipe tertentu. Serotipe-serotipe ini memiliki beberapa adaptasi terspesialisasi dan menimbulkan penyakit melalui mekanisme yang berbeda (Irianto, 2014).

1. *Escherichia coli* enterotoksigenik (ETEC)

Memproduksi toksin LT dan ST. Toksin ini bekerja pada enterosit untuk menstimulasi sekresi cairan, menyebabkan terjadinya diare. Toksin LT memiliki 70% homologi engan toksin kolera. Toksin ini labil terhadap panas dan meningkatkan adenosine monofosfat siklik (cAMP) lokal pada sel enterik. Toksin ST bersifat stabil terhadap panas dan menstimulasi guanil monofosfat siklik. *E. coli* yang memiliki enterotoksin ini berhubungan dengan *traveller's diarrhoea*, penyakit diare cair yang singkat.

2. *Escherichia coli* enteroagregatif (EAggEC)

Beberapa strain *E. coli* dapat melekat ke sel enterik dan menyebabkan agregasi sel. Bakteri ini tidak menginvasi sel, dan dikenal sebagai EAggEC) dan dapat menyebabkan diare kronik. Bakteri ini diselubungi struktur fibril yang diduga memerantarai penempelan. Strain mengekspresikan toksin yang menyerupai ST atau toksin yang menyerupai hemolisin.

3. *Escherichia coli* enteropatogenik (EPEC)

Menyerupai *E. coli* yang pertama kali dikenali sebagai patogen primer yang menyebabkan wabah diare pada anak. Penempelan berhubungan dengan hilangnya mikrovili dan disebabkan oleh pengaturan ulang dari aktin sel penjamu.

4. *Escherichia coli* enterohemoragik (EHEC)

Strain ini memproduksi veretoksin yang beraktivitas pada sel vero in vitro. Diare berdarah yang disebabkan dapat dipersulit oleh hemolisis dan gagal ginjal akut. Toksin yang serupa (toksin shiga) merupakan determinan virulensi utama pada *Shigella dysenteriae*.



BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus hingga November 2020 di Laboratorium Mikrobiologi Universitas Negeri Medan.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ialah cawan petri, tabung reaksi, rak tabung reaksi, pisau, spatula, neraca analitik, pipet tetes, *magnetic stirrer*, cotton bud steril, jarum ose, mikroskop, gelas objek (*slide*), gelas penutup, pinset, vortex, labu erlenmeyer, lampu bunsen, jangka sorong, batang pengaduk, *Laminar Air Flow* (LAF), autoklaf dan inkubator.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan yaitu tanah gambut, *Skim Milk Agar* (SMA), *Nutrient Agar* (NA), *blank disc* (oxoid), NaCl fisiologis, aquades, spiritus, desinfektan, alkohol 70%, kultur *Salmonella typhi* dan *Echerichia coli*, Safranin, kristal violet, larutan lugol, kapas, *tissue*, aluminium foil, kertas buram, kertas label, plastik tahan panas, dan plastik wrap.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Sampel Penelitian

Sampel tanah gambut diambil sebanyak 100 g dari 5 titik di areal seluas 20 m² dari lahan gambut di Kebun Meranti Panam, PTPN IV, PT Cisadane Sawit Raya Negeri Lama, Labuhanbatu, Sumatera Utara dengan metode *Purposive Sampling*. Sehingga diperoleh 5 sampel tanah pada kedalaman yang sama yaitu 40 cm. Tanah yang diambil sebagai sampel adalah tanah yang berada di sekitar piringan tanaman kelapa sawit. Lokasi sampel yang diambil tanahnya dibersihkan dari seresah (Irfan,

2014). Pengambilan sampel dilakukan secara steril. Sampel dimasukkan ke dalam kantong polietilena kemudian dibawa ke laboratorium untuk diisolasi.

3.3.2 Isolasi Bakteri Proteolitik

Sampel tanah sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 ml yang berisi 9 ml NaCl 0,9% dan dilakukan serangkaian pengenceran dari 10^{-1} sampai dengan 10^{-5} (Mahdiyah, 2015). Bakteri yang telah diencerkan kemudian diisolasi pada media SMA (*Skim Milk Agar*). Isolasi bakteri proteolitik menggunakan media *Skim Milk Agar* (SMA) diinkubasi pada suhu 37°C selama ± 48 jam (Fajar Diah, 2012). Populasi bakteri pada setiap sampel dihitung. Penghitungan populasi bakteri (CFU/ml) dilakukan dengan rumus menurut Omar *et al.*, (1996).

$$\frac{1}{X.Y} \cdot x \text{ rata - rata jlh koloni}$$

Keterangan :

X = Faktor Pengenceran

Y = Volume sampel yang ditambahkan (ml)

3.3.3 Karakterisasi Bakteri Proteolitik

Bakteri proteolitik yang tumbuh pada media diinokulasi pada media agar miring sebagai stok bakteri, selanjutnya diidentifikasi secara makroskopis dan mikroskopis. Identifikasi bakteri secara makroskopis meliputi bentuk koloni bakteri, warna koloni, tepi koloni dan elevasi koloni (A. L. Putri & Kusdiyantini, 2018). Identifikasi secara mikroskopis dilakukan dengan pewarnaan Gram (Waidil *et al.*, 2014).

3.3.4 Uji Aktivitas Proteolitik

Kemampuan bakteri proteolitik dalam menghasilkan enzim protease dapat diketahui dengan melakukan inokulasi pada media *Skim Milk Agar*. Isolat bakteri yang telah dimurnikan kemudian dibiakkan pada media *Skim Milk Agar* yang telah beku pada cawan petri dengan membuat lingkaran berdiameter ± 1 cm. Biakan bakteri selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Setelah 24 jam diukur diameter zona bening yang terdapat di sekitar koloni bakteri menggunakan jangka sorong (Badriyah dan Ardyati, 2013). Selanjutnya isolat yang menghasilkan zona bening pada uji aktivitas proteolitik digunakan dalam uji antimikrob (Apriyani *et al.*, 2017).

3.3.5 Uji Antimikrob Bakteri Proteolitik terhadap Mikrob Uji

Uji antimikrob bakteri proteolitik menggunakan Metode *Disc Diffusion* (Tes Kirby-Bauer) yaitu pengukuran dan pengamatan diameter zona bening yang terbentuk di sekitar kertas cakram, dilakukan pengukuran setelah didiamkan selama 18-24 jam dan diukur menggunakan jangka sorong (Sari *et al.*, 2013).

Bakteri uji yang digunakan yaitu *Salmonella typhi* dan *Escherichia coli*. Kedua bakteri uji tersebut kemudian dibuat suspensi dan dioleskan pada permukaan media *Nutrient Agar* menggunakan *cotton bud* steril. Sebanyak 0,1 ml suspensi bakteri proteolitik diteteskan pada kertas cakram kosong (oxid). Kertas cakram uji diletakkan pada sisi media yang telah diolesi bakteri uji kemudian di inkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C . Zona hambat yang terbentuk selanjutnya diukur dan dicatat. (Suryani *et al.*, 2017).

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Bakteri proteolitik lahan gambut memiliki karakteristik morfologi koloni berbentuk bulat, bulat tidak beraturan, dan berombak, memiliki warna koloni putih dan cream, dengan hasil uji Gram yang termasuk Gram positif dan Gram negatif dengan bentuk batang dan *coccus*.
2. Bakteri proteolitik lahan gambut memiliki aktivitas antimikrob terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella typhi*
3. Aktivitas antimikrob terhadap bakteri *Escherichia coli* memiliki diameter zona bening tertinggi 14,88 mm pada isolat bakteri PSp10 dan zona bening terendah yaitu 10,1 mm pada isolat PSp9.
4. Aktivitas antimikrob terhadap bakteri *Salmonella typhi* memiliki diameter zona bening tertinggi yaitu 10,25 mm pada isolat PSp9 dan zona bening terendah yaitu 8,50 mm pada isolat bakteri PSp8.
5. Tidak semua bakteri proteolitik memiliki aktivitas antimikrob terhadap bakteri *Salmonella typhi*, terdapat dua isolat bakteri proteolitik yang tidak memiliki aktivitas antimikrob terhadap bakteri *Salmonella typhi* yaitu bakteri PSp7 dan PSp11, terlihat dari tidak terbentuknya zona bening pada sekitar kertas cakram.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang ekstrak bakteri proteolitik asal lahan gambut untuk melihat konsentrasi paling efektif dalam menghasilkan daya hambat terhadap bakteri patogen.

DAFTAR PUSTAKA

- A. L. Putri & Kusdiyantini E. 2018. Isolasi dan identifikasi bakteri asam laktat dari pangan fermentasi berbasis ikan (Inasua) yang diperjualbelikan di Maluku-Indonesia. *Jurnal Biologi Tropika*. 1(2) : 6-12.
- Adinarayana K, Sllaiah P, Prasad DS. 2003. *Production and partial characterization of thermostable serine alkaline protease from a newly isolated Bacillus subtilis PE11*. *AAPS PharmSciTech*. 4:E56-64.
- Afriani, Raguati dan P. Rahayu. 2009. Potensi Bakteri Asam Laktat Dadih dari Kabupaten Kerinci sebagai Biopreservatif Pangan. *Laporan Penelitian*. Fakultas Peternakan Universitas Jambi.
- Agustono, Suprpto, H, & Muhajir, 2012, 'Strategi Bakteri Probiotik Untuk Menekan Pertumbuhan Bakteri Patogen didalam Pencernaan Kerapu *Chromileptes altivelis* dengan Memproduksi Beberapa Bakteri Substansi', *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, vol. 4, no. 2, hal. 199-205
- Andersen, R., C. Wells, M. Macrae, dan J. Price. 2013. Nutrient mineralisation and microbial functional diversity in a restored bog approach natural conditions 10 years post restoration. *Soil Biology & Biochemistry* 64:37-47.
- Apriyani, Rahmawati, Mukarlina. 2017. Uji Antagonis Bakteri Rizosfer Potensial terhadap *Erwinia* spp. dari Batang Tanaman Buah Naga (*Hylecereus polyrhizus* (Haw) Britt & Ros)
- Badriyah IB, & Ardyati, T, 2013, 'Deteksi Aktivitas Proteolitik Isolat Bakteri Asal Ampas Tahu Pada Substrat Bekatul', *Jurnal Biotropika*, vol. 1, no. 3, hal. 109-113.
- Baehaki A, Rinto, Budiman A. 2011. Isolasi dan Karakterisasi Protease dari Bakteri Tanah Rawa Indralaya Sumatera Selatan. *J. Teknol. dan Industri Pangan*, Vol. XXII (1):37-42.
- Batt, C.A. & Tortotello. M.-L., 2014. *Encyclopedia Food Microbiology II.*, USA: Elsevier.
- Bintoro, Purwanto, S. Amarilis. 2010. Sagu di Lahan Gambut. Penerbit IPB Press. Bogor.
- CDC. 2014b. *E.coli* (*Escherichia coli*). Diakses tanggal 5 Desember 2020. Tersedia dari: <http://www.cdc.gov/ecoli/index.html/>

- Dewi KA. 2011. Isolasi, Identifikasi dan Uji Sensitivitas *Staphylococcus aureus* terhadap Amoxicillin dari Sampel Susu Kambing Peranakan Ettawa (PE) Penderita Mastitis di Wilayah Girimulyo, Kulonprogo, Yogyakarta. *Jurnal Sain Veteriner*, 31:2. 140-14
- Djide dan Sartini. 2008. *Dasar-Dasar Mikrobiologi Farmasi*. Makasar: Lepas, 340-342.
- Entjang, I., 2003, *Mikrobiologi dan Parasitologi untuk Akademi Keperawatan dan Sekolah Tenaga Kesehatan yang Sederajat*, 58-61, PT. Citra Aditya Bakti, Jakarta.
- Erlindawati, Puji A., Afghani J., 2015. Identifikasi dan Uji Aktivitas Antibakteri dari Tiga Isolat Bakteri Tanah Gambut Kalimantan Barat. *JKK*, 4(1):13-17
- Fajar, D.P., Maya, S., & Nengah, D.K., 2012. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Aerob Proteolitik dari Tangki Septik. *Jurnal Sains Dan Seni ITB* 1(1).
- Hamzah, HM, Ali, AHL, & Hassan, HG, 2009, 'physiological Regulation of Protease and Antibiotics in *Penicillium* sp. Using Submerged and Solid State Fermentation Techniques', *Jurnal Of Engineering Science and Technology*, vol. 4, no. 1, hal. 81-89.
- Hirano, T., K. Kusin, S. Limin, dan M. Osaki. 2014. Carbon dioxide emissions through oxidative peat decomposition on a burn tropical peatland. *Glob. Chang. Biol.* 20:555-65
- Husen, E. 2007. Pengambilan Contoh Tanah untuk Analisis Mikroba. In: *Metode Analisis Biologi Tanah*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor. 5-12 hal.
- Irfan, M. 2014. Isolasi dan Enumerasi Bakteri Tanah Gambut di Perkebunan Kelapa Sawit PT. Tambang Hijau Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar. *Jurnal Agroteknologi*, 5(1) : 1 – 8.
- Irianto K. 2014. *Epidemiologi Penyakit Menular dan Tidak Menular Panduan Bandung Klinis*. Bandung : Alfabeta.
- Jawetz, M. A. (2010). *Mikrobiologi Kedokteran* (25 ed.) (G.F. Brooks, K. C. Carroll, J. S. Butel, S. A. Morse, T. A. Mietzner, Penyunt., A. W. Nugroho, D. Ramadhani, H. Santasa, N. Yasdelita, & K. W. Nimala, Penerj.) New York: Mc Graw Hill.
- Jawetz; Melnick; Adelberg's, 2016. *Mikrobiologi Kedokteran*. Edisi 25, Jakarta: EGC.
- Katadata.co.id. 2019. *Luas Gambut Indonesia Terbesar Kedua di Dunia*. Dikutip 17 Maret 2020 dari Infografik Katadata.co.id pada

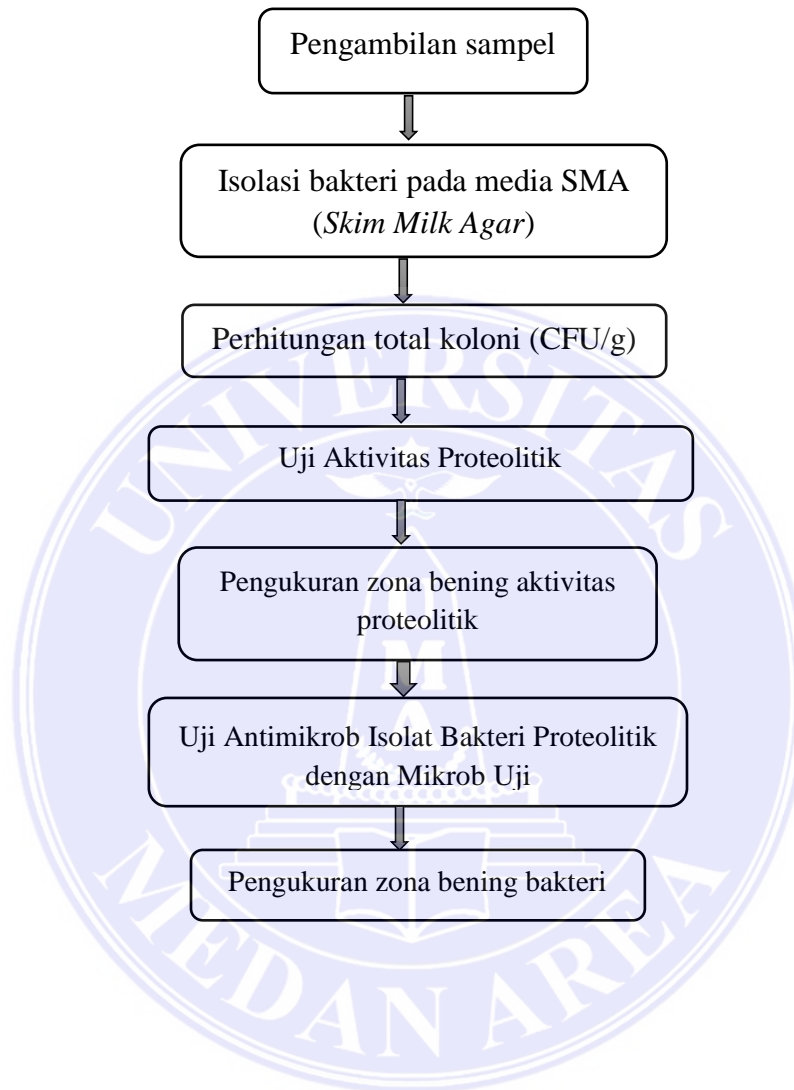
<https://www.google.com/amp/s/katadata.co.id/amp/infografik/2019/04/29/luas-gambut-indonesia-terbesar-kedua-di-dunia>

- Krairitthichai, S. dan Thongwai, N., 2005 Isolation And Screening For Cellulase Producing Bacteria, In 34th Congress On Science And Technology Of Thailand.
- Mahdiyah, D. 2015. Isolasi Bakteri Dari Tanah Gambut Penghasil Enzim Protease. *Jurnal Pharmascience*, 2(2): 71-79
- Masganti. 2013. Teknologi inovatif pengelolaan lahan suboptimal gambut dan sulfat masam untuk peningkatan produksi tanaman pangan. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 6(4):187-197
- Monica, W.S., Mahatmi, H. & Besung, K., 2013. Pola Resistensi Salmonella typhi yang diisolasi dari Ikan Serigala (Hoplais Malabaricus) terhadap Antibiotik. *Jurnal Ilmu Kesehatan Hewan*, 1(2), PP.64-69.
- Mulia S., 2015. Uji Bakteriologis dan Resistensi Antibiotik Terhadap Bakteri *Echericia coli* dan *Shigella* sp. Pada Makanan Gado-Gado di Kantin UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. *Laporan Penelitian*. UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta
- Noor, M., Masganti, dan F. Agus. 2015. Pembentukan dan karakteristik gambut Indonesia. Dalam Agus et al. (Eds.). *Lahan Gambut Indonesia: Pembentukan, Karakteristik, dan Potensi Mendukung Ketahanan Pangan*. IAARD Press. Hlm 7-32.
- Olajuyigbe FM, Ajele JO. 2008. *Some properties of extracelullar protease from Bacillus licheniformis Lbbl-1 isolated from 'iru', a traditionally fermented African locust bean condiment*. *Glob. J. Biotechnol. Biochem.* 3 (1): 42-46
- Olivera, FC, Geruza, RC, Amanda, SM, Andre, AS, & Adriano, B, 2006, 'Bacteriocin Like Substance Inhibits Potato Soft Rot caused by Erwinia carotovora', *Canadian Journal of Microbiology*, vol. 56, hal. 533-539.
- Omar, I. C., I. Ibrahim, dan B. Salleh. 1996. *Mikrobiologi Makanan*. Dewan Bahasa dan Pustaka. Kuala Lumpur. 310 hal.
- Pastor, M.D., Lorda, G.S., & Blatti, A. 2001. *Protease obtention using Bacillus subtilis 3411 and amaranth seed meal medium at different aeration rates*. *Braz. J. Microbiol.* 32:1-8.
- Pelczar MJ, Chan ECS. 2004. *Dasar Mikrobiologi*. Edisi Kelima. Terjemahan: Ratna Siri Hadioetomo. Jakarta: Universitas Indonesia.

- Puspitasari, F.D., Shovitri, M. and Kuswytasari, N.D., 2012. Isolasi dan Karakterisasi bakteri aerob proteolitik dari tangki septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1(1), pp. E1- E4.
- Rosa, D., dan Dini, F. 2017. Isolasi Bakteri Selulolitik dari Tanah Gambut Giam Siak Kecil Bukit Batu Riau. *LP2M-UMRI*, vol. 2. Analisis Kesehatan Yayasan Fajar Pekanbaru.
- Sadhu, S., Saha, P., Sen, S.K., Mayilraj, S., & Miti, T. 2013. Production, Purification and Characterization of Novel Thermotolerant Endoglucanase (CMCase) from *Bacillus* Strain Isolated from Cow Dung. *mSpringerplus Jurnal*. India.
- Sahnouni, F., Matallah, B.A., Chemlal, D., and Boutiba, Z., 2012, *Technological Characterization of Lactic Acid Bacterial isolated from Intestinal microbiota of Marine Fish in the Oran Algeria Coast*, *African Journal of Microbiology Research*, Vol. 6(13): 3125-3133. Savadogo
- Salma J. F, Sugeng P., Maswar. 2019. Pengaruh Pemupukan Pada Lahan Gambut Terhadap Karakteristik Tanah, Emisi CO₂, dan Produktivitas Tanaman Karet. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 6 (1) : 1145-1156.
- Sari KIP, Periadnadi, Nasir N. 2013. Uji antimikroba ekstrak segar jahe-jahean (*Zingiberaceae*) terhadap *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Candida albicans*. *J Bio UA* 2(1): 20-24. ISSN: 2303-2162
- Setiabudy, R. 2012. Farmakologi dan Terapi edisi 5. Departemen Farmakologi dan Terapeutik Fakultas Kedokteran. Jakarta: Badan Penerbit FKUI. Hal 673, 714, 720.
- Subiksa, IGM, dan Wahyunto. 2011. Genesis Lahan Gambut di Indonesia. Balai Penelitian Tanah.
- Suriadikarta, D.A. 2012. Teknologi pengelolaan lahan gambut berkelanjutan. *Jurnal Sumberdaya lahan Pertanian* 6(2):197-211.
- Suryani M.F, Musthari, Riadi S., 2017. Solasi dan Uji Aktivitas Antimikroba Bakteri Asam Laktat (BAL) dari Yoghurt dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella typhi*. *Jurnal Biosains*. Vol. 3 No. 3.
- Susanto, Sudrajat D, Ruga R. 2012. Studi kandungan bahan aktif tumbuhan meranti merah (*Shorea leprosula* Miq) sebagai sumber senyawa antibakteri. *Mulawarman scientific*. ; 11(2):181-90.
- Tatang Sopandi dan Wardah. 2014. Mikrobiologi Pangan – Teori dan Praktik. Penerbit CV. Andi Offset. Yogyakarta.

- Titin K. 2011. Seleksi Bakteri Proteolitik dan Aplikasi Enzim Protease untuk meningkatkan Kualitas Pakan dan Kinerja Pertumbuhan Ikan Nila. Tesis Ilmu Akuakultur IPB, Bogor
- Wahyunto, K. Nugroho, S. Ritung, dan Y. Sulaiman. 2014. *Indonesian peatland map: method, certainty, and uses*. Hlm 81-96. Dalam Wihardjaka et al. (Eds.). Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi untuk Mitigasi GRK dan Peningkatan Nilai Ekonomi. Balitbangtan, Kementerian Pertanian.
- Waidil A., Andi D., Christine J., 2014. Isolasi Bakteri Selulolitik Dari Perairan Dumai. *JOM FMIPA UNRI* 1(2).
- Yatnita Paramita Cita. 2011. Bakteri Salmonella Typhi dan Demam Tifoid. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 6(1) :42-45.
- Yuniati, R, Nugroho, TT, & Puspita, F, 2015, 'Uji Aktivitas Enzim Protease Dari Isolat Bacillus sp. Galur Lokal Riau', *Jurnal Jom Fmipa*, vol. 1, no. 2, hal. 116-122.
- Yunita, S. P. 2012. Skrining dan Uji Aktivitas Enzim Protease Bakteri dari Limbah Rumah Pemotongan Hewan. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga. Jakarta.
- Yusriah dan N.D Kuswytasari. 2013. Pengaruh pH dan Suhu Terhadap Aktivitas Protease Penicillium sp. *Jurnal Sains dan Seni POMITS*2(1)
- Zheng, L, Bae, Y, M, Jung, K, S, Heu, S, Lee, S, Y. 2013. Antimicrobial activity of natural antimicrobial substances against spoilage bacteria isolated from fresh produce. *Food Control*. 32(2):665-672
- Zulman H. Utama. 2015. Budidaya Padi Pada Lahan Marjinal. CV. Andi Offset. Yogyakarta.

Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian



**Lampiran 2. Tabel Pengamatan Morfologi Koloni, Nilai Hidrolisis Bakteri Proteolitik,
Hasil Identifikasi dan Hasil Uji Antagonis**

1.. Morfologi koloni isolat bakteri asal lahan gambut.

Nama Isolate	Morfologi koloni			
	Bentuk	Tepi	Elevasi	Warna
PSp1	Bulat	Utuh	Rata	Cream
PSp2	Tidak beraturan	Berombak	Rata	Cream
PSp3	Amoeboid	Utuh	Rata	Kuning
PSp4	Bulat	Utuh	Cembung	Kuning
PSp5	Bulat	Utuh	Cembung	Putih
PSp6	Tidak beraturan	Bergerigi	Rata	Cream
PSp7	Amoeboid	Berombak	Rata	Putih
PSp8	Berkerut	Utuh	Rata	Cream
PSp9	Tidak beraturan	Bergerigi	Rata	Putih
PSp10	Tidak beraturan	Bergerigi	Cembung	Cream
PSp11	Bulat	Utuh	Cembung	Putih
PSp12	Tidak beraturan	Berombak	Rata	Putih

2. Nilai hidrolisis kasein bakteri proteolitik pada media *Skim Milk Agar*

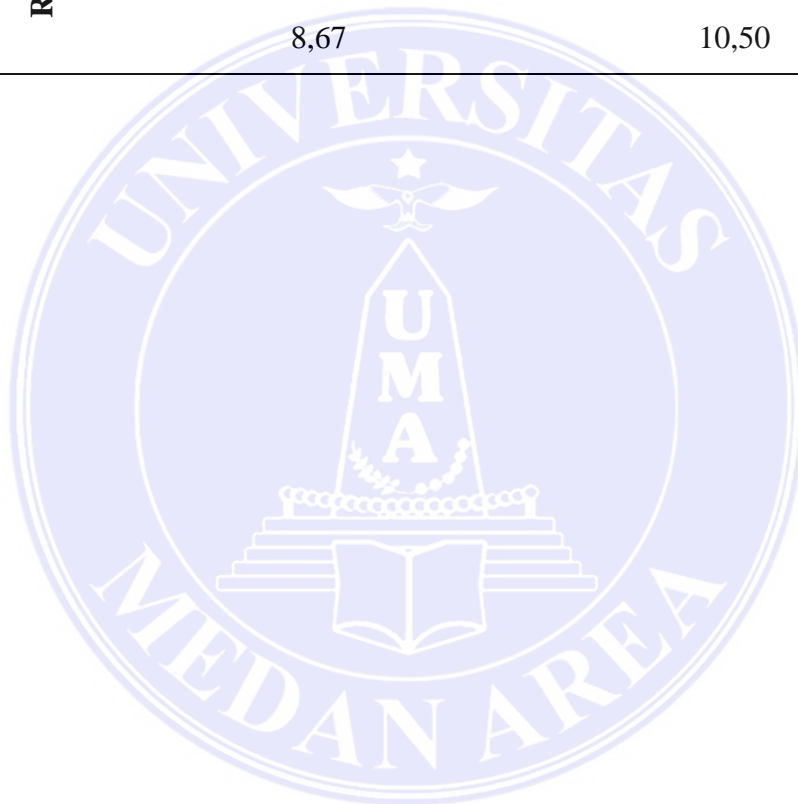
Bakteri	Nilai Inhibisi (mm)
PSp7	9
PSp8	8,5
PSp9	8
PSp10	8,5
PSp11	10
PSp12	8,5

3. Hasil pewarnaan Gram dan pengamatan isolat bakteri proteolitik secara mikroskopis

Nama isolate	Bentuk	Penataan	Pengecatan Gram
P.Sp7	Coccus	Strepto	- (Merah)
P.Sp8	Coccus	Strepto	+ (Ungu)
P.Sp9	Coccus	Strepto	- (Merah)
P.Sp10	Coccus	Mono	- (Merah)
P.Sp11	Basil	Mono	+ (Ungu)
P.Sp12	Coccus	Staphylo	+ (Ungu)

4. Hasil Uji Antagonis Bakteri Proteolitik pada bakteri uji

Bakteri	Rata-rata daya hambat	Mikrob Uji	
		<i>Salmonella typhi</i> (mm)	<i>Escherichia coli</i> (mm)
P.Sp7		0	12,45
P.Sp8		8,50	10,37
P.Sp9		10,25	10,1
P.Sp10		9,35	14,88
P.Sp11		0	10,50
P.Sp12		8,67	10,50



Lampiran 3. Dokumentasi Proses Penelitian



Lokasi Pengambilan Sampel



Pengukuran kedalaman sampel



Alat Penelitian



Sampel tanah gambut



Sterilisasi Alat dan Media



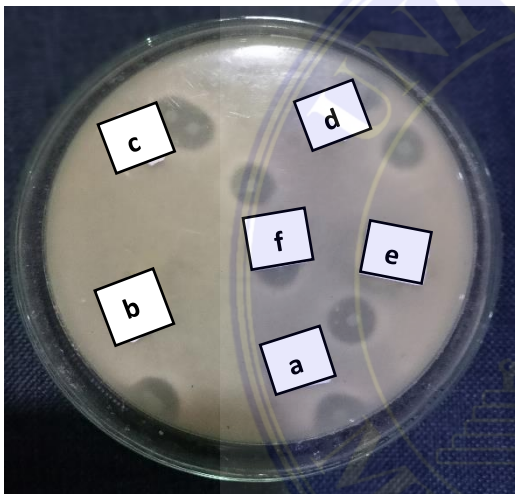
Pengenceran sampel dengan vortex



Isolat murni proteolitik pada Media Agar Miring SMA (*Skim Milk Agar*)



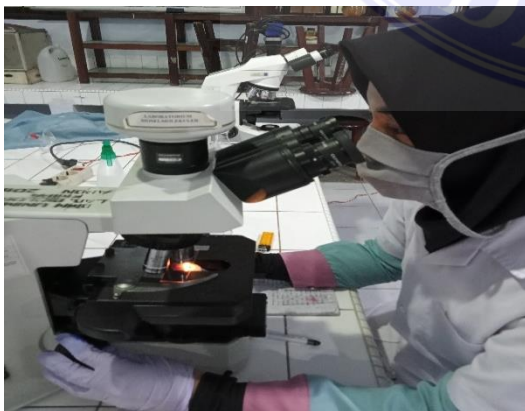
Uji aktivitas bakteri proteolitik



Hasil aktivitas proteolitik



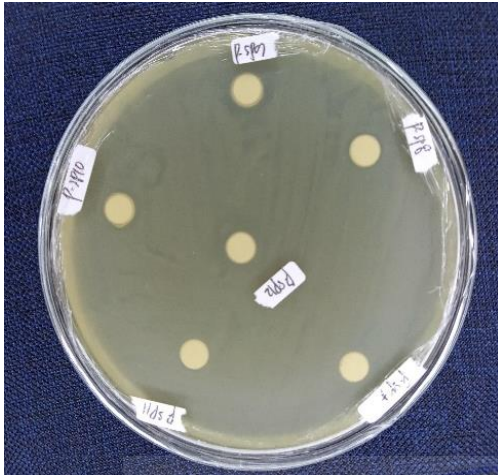
Bahan Pewarnaan bakteri



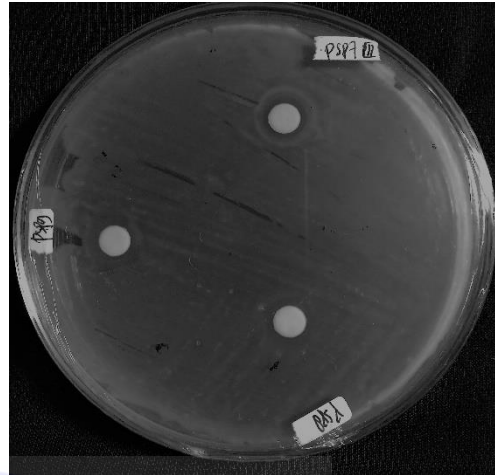
Pengamatan Bakteri dengan Mikroskop



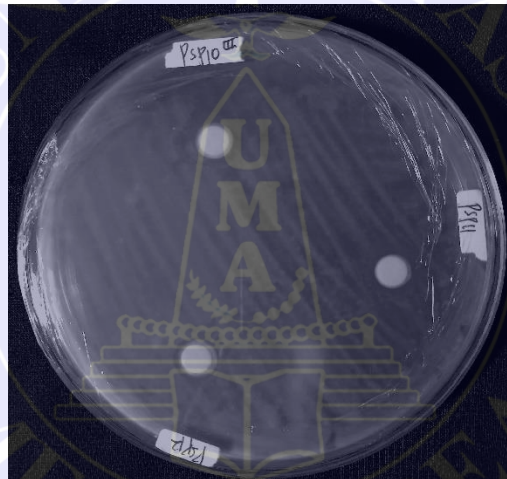
Uji antagonis bakteri



Zona bening Bakteri Proteolitik
terhadap Bakteri *Salmonella typhi*



Zona bening Bakteri Proteolitik
terhadap Bakteri *Escherichia coli*



Zona bening Bakteri Proteolitik
terhadap Bakteri *Escherichia coli*



