

**EKSPLORASI BAKTERI PENDEGRADASI HERBISIDA BERBAHAN AKTIF 2,4 D
DIMETIL AMINA 865G/L DARI RHIZOSFER PADI SAWAH**

SKRIPSI

OLEH:

NADIA AIZAWA

18.821.0115



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/3/25

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

Access From (repository.uma.ac.id)10/3/25

**EKSPLORASI BAKTERI PENDEGRADASI HERBISIDA BERBAHAN AKTIF 2,4 D
DIMETIL AMINA 865G/L DARI RHIZOSFER PADI SAWAH**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Medan Area*



OLEH:

NADIA AIZAWA

188210115

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/3/25

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

Access From (repository.uma.ac.id)10/3/25

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Eksplorasi Bakteri Pendegradasi Herbisida Berbahan Aktif 2,4
D Dimetil Amina 865 G/L Dari Rhizosfer Padi Sawah

Nama : Nadia Aizawa

NPM : 188210115

Fakultas : Pertanian

Disetujui Oleh:

Komisi Pembimbing



Dr. Ir. Sumihar Hutapea, MS
Pembimbing I



Indah Apriliya, SP., M.Si
Pembimbing II

Diketahui Oleh:



Dr. Siswa Panjang Hernosa, SP, M.Si
Dekan

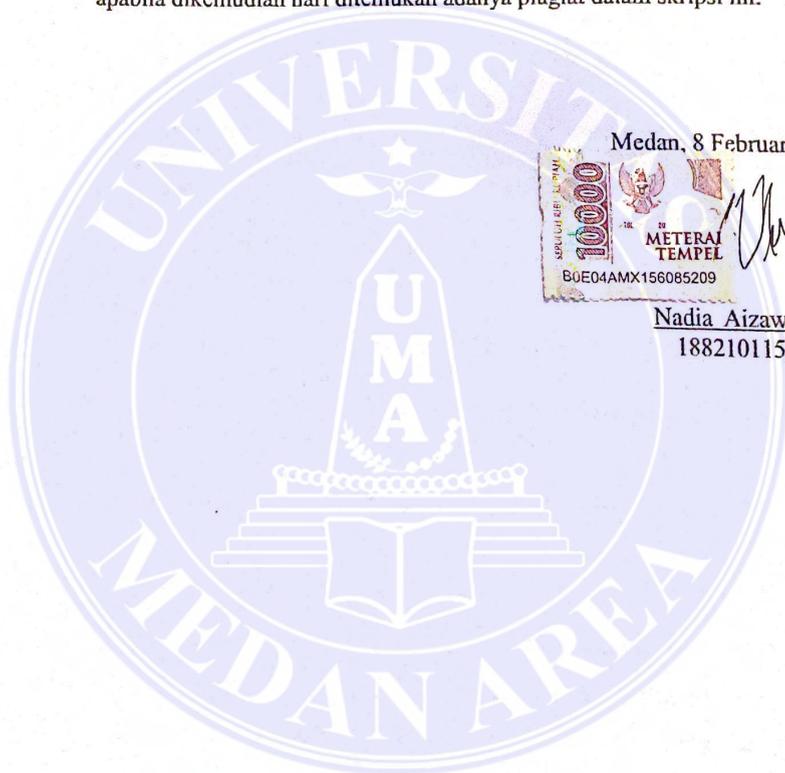


Angga Ade Safitra, SP., M.Sc
Ketua Program Studi

Tanggal Lulus : 26 September 2023

HALAMAN PERNYATAAN

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



Medan, 8 Februari 2025



Nadia Aizawa
188210115

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Nadia Aizawa
NPM : 188210115
Program Studi : Agroteknologi
Fakultas : Pertanian
Jenis Karya : Skripsi

Dengan 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 :“ EKSPLORASI BAKTERI PENDEGRADASI HERBISIDA BERBAHAN AKTIF 2,4 D DIMETIL AMINA 865 G/L DARI RHIZOSFER PADI SAWAH” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan dalam bentuk pangkalan data (*data base*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/ skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada Tanggal : 8 Februari 2025

Yang menyatakan



Nadia Aizawa

ABSTRAK

Penggunaan bahan-bahan agrokimia sintetik seperti pestisida dan herbisida dalam budidaya pertanian secara luas dan intensif berpotensi meninggalkan adanya residu bahan tersebut didalam tanah. Salah satu herbisida yang digunakan dalam dunia pertanian adalah herbisida dengan bahan aktif 2,4 D dimetil amina untuk membasmi gulma. Dimana herbisida 2,4 D dimetil amina ini sistemik yang bersifat selektif untuk gulma golongan daun lebar, dapat digunakan pada tanaman padi sawah. Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif dengan memberikan penjelasan data yang diperoleh dari bakteri yang didapat hasil identifikasi. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan 1). Pengamatan dilapangan; 2). Sterilisasi alat dan bahan; 3). Pengambilan sampel tanah yang ada dipertanian tanaman padi sawah; 4). Pembuatan media (Nutrient Agar); 5). Isolasi Bakteri. Isolat bakteri yang berhasil didapatkan sebanyak 2 isolat dengan kemampuan mendegradasi herbisida yaitu isolat S1 (Sampel 1) yang memiliki ciri-ciri morfologi berukuran sedang, berbentuk bundar, convex dan berwarna putih. Sedangkan Isolat S2 (Sampel 2) yang memiliki ciri morfologi yang berukuran besar, tidak teratur, raised dan berwarna kuning krem. Kedua isolat memiliki hasil uji gram yang berbeda S1 (Sampel 1) yang berbentuk Kokus dengan gram positif sedangkan S2 (Sampel 2) dengan bentuk basil uji gram negatif. Uji motilitas kedua isolat menunjukkan hasil positif (+), Uji kebutuhan Oksigen menunjukkan hasil yang sama yaitu positif (+), Uji katalase juga menunjukkan hasil yang sama yaitu positif (+), Dan untuk Uji Patogenitas pada daun tembakau menghasilkan hal yang sama yaitu negatif (-) atau daun tidak menunjukkan adanya gejala nekrosis atau perubahan warna yang ditimbulkan setelah penyuntikan.

Kata Kunci : Bakteri Pendegradasi, Herbisida 2,4 D dimetil, Rizhosfer

ABSTRACT

The extensive and intensive use of synthetic agricultural chemicals such as pesticides and herbicides in agricultural cultivation has the potential to leave residues of these substances in the soil. One of the herbicides used in agriculture is a herbicide with the active ingredient 2,4 D dimethyl amine to eradicate weeds. Where the herbicide 2,4 D dimethyl amine is systemic and selective against broadleaf weeds, so it can be used on rice paddies. The research method used was a descriptive method by providing an explanation of the data obtained from the bacteria obtained from the identification results. This research consisted of several stages 1). Field observations; 2). Sterilization of tools and materials; 3). Sampling of existing soil in the roots of paddy rice plants; 4). Making media (Nutrient Agar); 5). Bacterial Isolation. Bacterial isolates that were successful in obtaining as many as 2 isolates with the ability to degrade herbicides, namely isolate S1(Sample 1) which has morphological characteristics of medium size, round, convex and white in color. While isolate S2 (Sample 2) has morphological characteristics of large size, irregular, edged and creamy yellow. The two isolates have different gram test results, S1(sample 1) is a gram-positive cocci, while S2(Sample 2) is the a gram- negative bacillus.. The motility test of both isolates showed positive(+) results, the Oxygen demand test showed the same results, namely positive (+), the catalase test also showed the same results, namely positive (+), and for the Pathogenicity Test on tobacco leaves produces the same thing, namely negative (-) or leaves do not show any symptoms of necrosis or color changes caused after injection.

Keywords : Degrading bacteria, 2,4 D dimethyl herbicide, Rhizosphere



RIWAYAT HIDUP

Nadia Aizawa adalah nama penulis dalam penelitian ini. diahirkan pada tanggal 19 Februari 2000 di Panggautan Kecamatan Natal, Kabupaten Mandailing Natal, Provinsi Sumatera Utara. Anak ke tiga dari 6 bersaudara dari pasangan AFWAN dan HERLIANA.

Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar di SD NEGERI 364 Panggautan pada tahun 2012. Kemudian melanjutkan Sekolah Menengah Pertama (MTS) Muhammadiyah 20 NATAL pada tahun 2015. Setelah itu melanjutkan Pendidikan di Sekolah Menengah Atas (SMA) NEGERI 1 NATAL sampai pada tahun 2018. Pada bulan september 2018, menjadi mahasiswa pada Fakultas Pertanian Universitas Medan Area pada Program Studi Agroteknologi.

Selama mengikuti perkuliahan, pada tahun 2021 penulis menyelesaikan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Kelompok Tani Kawat Mekar Desa Karang Anyar, Kecamatan Beringin, Kabupaten Deli Serdang selama satu bulan yaitu dimulai pada bulan Agustus sampai September pada tahun 2021.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif guna penyempurnaan skripsi ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan.

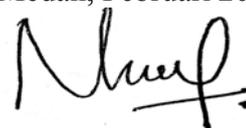
KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karuni yang telah diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul: “Eksplorasi Bakteri Pendegradasi Herbisida Berbahan Aktif 2,4 D Dimetil Amina 865 g/l dari Rhizosfer Padi Sawah” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana di Fakultas Pertanian Universitas Medan Area. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Siswa Panjang Hernosa, SP, M.Si selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Medan Area.
2. Bapak Angga Ade Safitra, SP., M.Sc selaku Ketua Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Medan Area
3. Ibu Dr. Ir. Sumihar Hutapea, MS selaku pembimbing I dan Ibu Indah Apriliya, SP, M.Si selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
4. Bapak dan Ibu Dosen serta seluruh Staf dan Pegawai Fakultas Pertanian Universitas Medan Area.
5. Kedua Orang Tua, Ayahanda dan Ibundatercinta atas jerih payah dan doa serta dorongan moril maupun materi kepada penulis.
6. Seluruh teman-teman yang telah membantu dan memberikan dukungannya kepada penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan yang terdapat dalam skripsi ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan Skripsi ini.

Medan, Februari 2025



Penulis



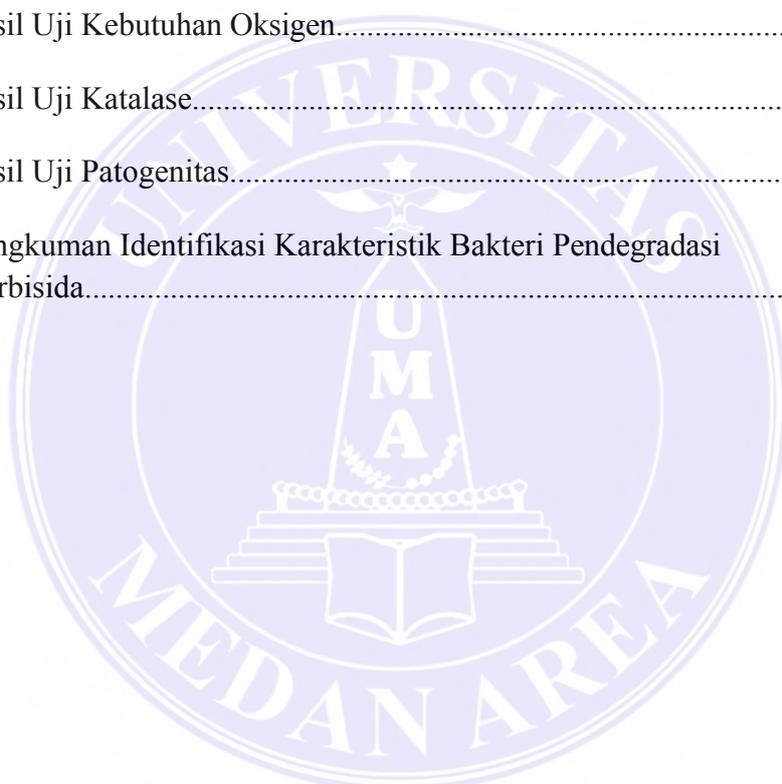
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
RIWAYAT HIDUP.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Hipotesis.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Tanaman Padi.....	5
2.2. Herbisida.....	6
2.2.1. Mekanisme Kerja Herbisida.....	6
2.2.2. Mekanisme 2,4-D dimetil Amina.....	7
2.3. Rhizosfer.....	8
2.4. Identifikasi Bakteri.....	9
2.4.1. Pewarna Gram.....	9
2.4.2 Uji Motilitas.....	11
2.4.3 Uji Katalase.....	12
2.4.4 Uji Kebutuhan Oksigen.....	13
2.4.5 Uji Patogenitas.....	13
2.5. Bioremediasi Bakteri Pendegradasi Herbisida.....	14
2.5.1 Bioremediasi.....	14
2.5.2 Macam Macam Bioremediasi.....	15
2.5.3 FaktoryangMempengaruhiBioremediasi	15
2.5.4 Teknik Dasar Bioremediasi.....	16
2.5.5 Bakteri Pendegradasi Herbisida.....	17
III. METODE PENELITIAN.....	19
3.1. Waktu danTempat Penelitian.....	19
3.2. Bahan dan Alat Penelitian.....	19
3.3. Metode Penelitian.....	19
3.4. Pelaksanaan Penelitian	20
3.4.1. Pengamatan Dilapangan.....	20
3.4.2. Sterilisasi Alat dan Bahan.....	20

3.4.3. Pengambilan Sample.....	21
3.4.4. Pembuatan Media NA (Nutrient Agar).....	22
3.4.5. Isolasi Bakteri.....	23
3.4.6. Seleksi Bakteri Pendegradasi Herbisida.....	25
3.5. Parameter Pengamatan	25
3.5.1. Identifikasi dan Karakteristik Bakteri Pendegradasi Herbisida.....	25
3.6 Analisis Data.....	29
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1 Isolasi Mikroba Pendegradasi Herbisida.....	30
4.2 Seleksi Bakteri Pendegradasi Herbisida.....	32
4.3 Identifikasi Karakteristik Bakteri Pendegradasi Herbisida.....	34
4.3.1 Identifikasi Pengamatan Morfologi Mikroba.....	35
4.3.2 Pewarna Gram.....	37
4.3.3 Uji Motilitas.....	39
4.3.4 Uji Kebutuhan Oksigen.....	42
4.3.5 Uji Katalase.....	44
4.3.6 Uji Patogenitas.....	46
V. PENUTUP.....	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN.....	55

DAFTAR TABEL

No.	Keterangan	Halaman
1.	Hasil Seleksi Bakteri Resisten Herbisida.....	32
2.	Hasil Pengamatan Morfologi Mikroba.....	35
3.	Hasil Pewarnaan Gram Dan Bentuk Bakteri Pendegradasi Herbisida.	37
4.	Hasil Uji Motilitas.....	40
5.	Hasil Uji Kebutuhan Oksigen.....	42
6.	Hasil Uji Katalase.....	44
7.	Hasil Uji Patogenitas.....	46
8.	Rangkuman Identifikasi Karakteristik Bakteri Pendegradasi Herbisida.....	49

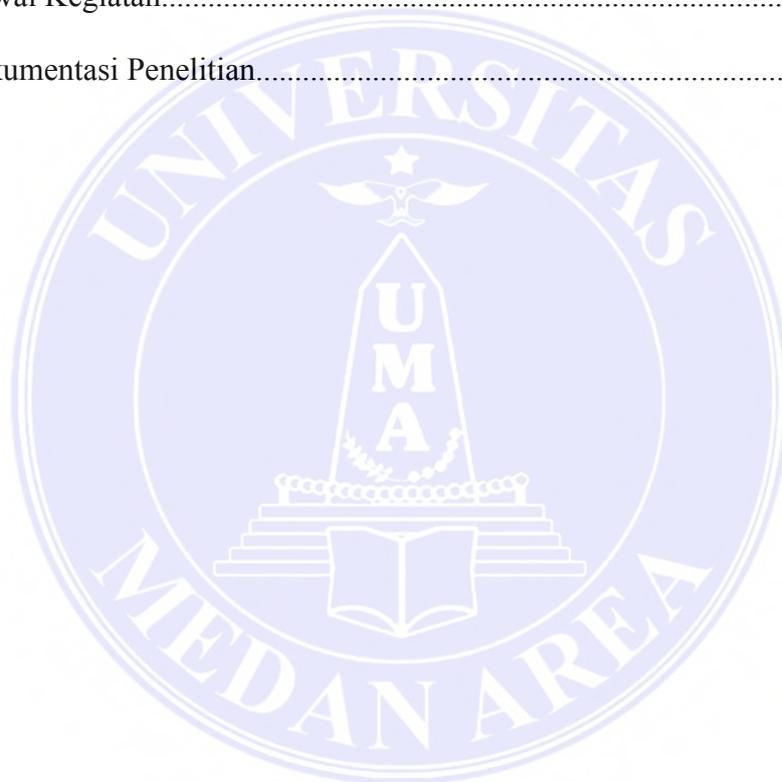


DAFTAR GAMBAR

No.	Keterangan	Halaman
1.	Senyawa Herbisida 2,4-D Dimetil Amina.....	8
2.	Sterilisasi (A) Dan Inkubator (B).....	21
3.	Contoh Petak Sampel Tanah Yang Diambil Secara Bersaman Dengan Perakaran Menggunakan Simpel Random Sampling.....	22
4.	Media Na (A) Penimbangan Media (B) Penuangan Media (C) Pemanasan Media (D).....	23
5.	Penimbangan Sampel (A) Pemindah Sampel(B) Vortex Pada Sampel (C) Pengisian Nacl Pada Tabung Reaksi (D) Pengenceran Sampel1 (E) Pengenceran Sampel 2 (F).....	24
6.	Uji Pewarnaan Gram.....	26
7.	Uji Motilitas.....	27
8.	Uji Katalase (A) Hasil Uji Katalase (B).....	27
9.	Uji Kebutuhan Oksigen.....	28
10.	Uji Patogenitas, Mengisi Syringe (A) Pengaplikasian PadaTembakau(B)....	28
11.	Isolasi Sampel 1 Putih (A) Isolasi Sampel 2 Kuning (B) Stock Miring Sampel 1 Dan Sampel 2 (C).....	30
12.	Hasil Uji Motilitas.....	41
13.	Hasil Uji Kebutuhan Oksigen.....	43
14.	Hasil Uji Katalase.....	45
15.	Hasil Uji Patogenitas.....	49

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Keterangan	Halaman
1.	Deskripsi Tanaman Padi Ciharang.....	55
2.	Peta Lokasi Pengambilan Sampel.....	56
3.	Skema Penelitian.....	57
4.	Kegunaan Alat dan Bahan.....	58
5.	Jadwal Kegiatan.....	59
6.	Dokumentasi Penelitian.....	60



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan bahan-bahan agrokimia sintetik seperti pestisida dan herbisida dalam budidaya pertanian secara luas dan intensif berpotensi meninggalkan adanya residu bahan tersebut didalam tanah. Pestisida merupakan sumber polutan yang sangat membahayakan lingkungan, baik diperairan maupun didalam tanah. Hal ini disebabkan oleh sifat pestisida dan herbisida yang persisten yang dapat mengkontaminasi area-area lain pada jarak yang jauh dari lingkungan aplikasinya. Akibat penggunaanya yang massal, pestisida dan herbisida dapat terakumulasi didalam tanah dan masuk ke ekosistem, hingga menunjukkan efek lethal (mematikan) pada sistem-sistem kehidupan (Naphade et al., 2012). Berdasarkan hal tersebut dekontaminasi area terpolusi merupakan suatu tantangan yang harus dihadapi untuk mewujudkan pertanian berkelanjutan.

Salah satu herbisida yang digunakan dalam dunia pertanian adalah herbisida dengan bahan aktif 2,4 D dimetil amina untuk membasmi gulma. Dimana herbisida 2,4 D dimetil amina ini sistemik yang bersifat selektif untuk gulma golongan daun lebar, dapat digunakan pada tanaman padi sawah. Herbisida 2,4 D dimetil amina ini termasuk dalam golongan asam fenoksi (phenoxycarboxylic acid), di formulasikan dalam garam dimetil amina yang banyak digunakan untuk pengendalian gulma berdaun lebar. Golongan ini ditemukan pada tahun 1940-an, senyawa ini ada dua jenis yaitu dalam bentuk garam dan ester (Sukmana, 2012).

Penggunaan herbisida sintetik yang berlebihan dalam meningkatkan produksi pertanian masih saja terus dilakukan, hal ini tentu saja menambah panjang daftar ancaman serius terhadap ketahanan dan keamanan pangan. Pendekatan sains terutama manajemen ekologi lingkungan kedalam sistem pertanian sangat dibutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan pertanian yang berkaitan dengan kesehatan lingkungan seperti masalah pencemaran herbisida padatanah. Salah satu teknologi untuk merehabilitasi tanah yang tercemar dikenal dengan bioremediasi yaitu merehabilitasi tanah yang tercemar dengan memanfaatkan mikroba baik bakteri maupun fungi (Kurnia *et al.*, 2009).

Bakteri berperan penting dalam transformasi dan degradasi residu herbisida yang semula sangat toksik menjadi tidak toksik bagi kesehatan lingkungan. Bahkan herbisida paling resisten dapat di metabolisme sampai batas tertentu oleh kultur mikroba. Senyawa dalam pestisida dapat dimanfaatkan oleh mikroba baik sebagai sumber energi atau nutrisi, atau sebagai ko-metabolisme dengan substrat lain yang dapat mendukung pertumbuhan mikroba (Castillo, 2006).

Bakteri pendegradasi herbisida dapat diisolasi dari berbagai daerah perakaran (rhizosfer) tanaman seperti tanaman padi sawah. Rhizosfer merupakan daerah yang ideal bagi tumbuh dan berkembangnya mikroba tanah. Hal ini berkaitan dengan disekresikannya beberapa macam nutrisi di dalam rhizosfer yang dapat dimanfaatkan oleh bakteri sebagai sumber energi untuk meningkatkan pertumbuhan dan aktivitas di sekitar rhizosfer. Bakteri pendegradasi herbisida dari rhizosfer tanaman padi sawah mampu menggunakan herbisida karena kemampuan bakteri tersebut dalam beradaptasi yang dilakukan secara artifisial di laboratorium sebagai sumber nutrisi dan energinya serta adanya metabolit

sekunder atau enzim yang dihasilkan oleh bakteri dalam mendegradasi residu herbisida (Sembodo, 2010).

Degradasi senyawa kimia oleh mikroba yang berlangsung melalui suatu sesi reaksi kimia yang cukup kompleks di lingkungan merupakan proses yang sangat penting untuk mengurangi kadar bahan-bahan berbahaya di lingkungan. Dalam proses degradasinya, mikroba menggunakan senyawa kimia tersebut untuk pertumbuhan dan reproduksinya. Karena itu, peran mikroorganisme dalam mendegradasi senyawa-senyawa pencemar herbisida perlu dikaji dan dikembangkan menjadi *bio-organicfertilizer* guna mengatasi permasalahan lingkungan dan mendukung pertanian berkelanjutan (Nunes *et al.*, 2013)

Kekayaan rhizosfer akan nutrisi yang bersumber dari eksudat tanaman, memungkinkan peningkatan populasi bakteri. Menurut Ferfi nia (2010), pada tanah di daerah rhizosfer memiliki jumlah bakteri, cendawan dan *actinomycetes* yang lebih banyak dibandingkan tanpa tanah sistem perakaran (tanpa rhizosfer).

Berdasarkan penelitian sebelumnya adanya bakteri *E. Meliloti* yang resisten terhadap hidrogen peroksida, paraquat dan antrazin yang ditambahkan pada media padat. Cherni, et al., (2015) juga menyebutkan beberapa jenis Rhizobia mampu mendegradasi residu glisofat dalam tanah. Diantaranya *Sinorhizibium meliloti*. Dengan kondisi tersebut maka perlu dilakukan penelitian tentang Eksplorasi Bakteri Pendegradasi Herbisida 2,4 D Dimetil Amina 865 g/l dari Rhizosfer padi sawah.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah ditemukan bakteri pendegradasi herbisida 2,4 d dimetil amina 865 g/l pada area rhizosfer tanaman padi sawah?
2. Bagaimana karakteristik bakteri pendegradasi herbisida 2,4 d dimetil amina 865 g/l dari rhizosfer tanaman padi sawah?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan isolat bakteri pendegradasi herbisida 2,4 d dimetil amina 865g/l dari rhizosfer padi sawah
2. Mengidentifikasi dan karakterisasi bakteri pendegradasi herbisida 2,4 d dimetil amina 865 g/l dari rhizosfer padi sawah

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi tentang bakteri pendegradasi herbisida 2,4d dimetil amina 865 g/l dari rhizosfer padi sawah
2. Memberikan informasi tentang karakteristik bakteri pendegradasi herbisida 2,4 d dimetil amina 865 g/l dari rhizosfer padi sawah
3. Sebagai solusi alternatif untuk penanganan tanah tercemar herbisida di Indonesia.

1.5 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian yaitu ditemukan bakteri pendegradasi herbisida 2.4D Dimetil Amina pada Rhizosfer Padi Sawah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Padi

Padi (*Oryza sativa L.*) merupakan tanaman pangan karbohidrat utama di seluruh dunia terutama Indonesia. Padi yang telah diolah menjadi beras dikonsumsi sekitar 90% dari penduduk Indonesia sebagai makanan pokok sehari-hari. Sehingga keberadaan beras menjadi prioritas utama masyarakat dalam memenuhi kebutuhan karbohidrat yang dapat mengenyangkan dan mudah diubah menjadi energi. Beras sangat sulit digantikan dengan sumber karbohidrat lainnya seperti jagung, sagu maupun umbi-umbian (Donggulo dan Chandra, 2017)

Tanaman padi merupakan tanaman semusim yang termasuk golongan rumput-rumputan. Padi mempunyai umur yang pendek yaitu kurang dari satu tahun, hanya satu kali produksi, setelah berproduksi akan mati atau dimatikan. Tanaman padi dapat digolongkan menjadi beberapa berdasarkan keadaan berasnya, cara dan tempat bertanamnya, dan menurut umurnya (Donggulo dan Chandra, 2017)

Tanaman padi (*Oryza sativa L.*) merupakan tanaman semusim yang mempunyai kemampuan beradaptasi pada berbagai kondisi lingkungan. Tanaman ini termasuk golongan jenis *Graminae* atau rumput – rumputan. Menurut USDA(2019) Padi diklasifikasikan sebagai *Kingdom Plantae*, *Subkingdom Tracheobionta*, *Superdivision Spermatophyta*, *Division Magnoliophyta*, *Class Liliopsida*, *Subclass Commelinidae*, *Ordo Cyperales*, *Family Gramineae*, *Genus Oryza L*, *Species Oryza sativa L.*

2.2 Herbisida

2.2.1 Mekanisme Kerja Herbisida

Herbisida merupakan bahan kimia yang digunakan untuk mengendalikan gulma. Pengendalian gulma secara kimiawi dengan herbisida dianggap lebih praktis dan menguntungkan dibandingkan metode lain karena membutuhkan tenaga kerja yang lebih sedikit dan waktu pengendalian relatif lebih singkat (Hastuti *dkk.* 2014).

Herbisida yang digunakan secara terus menerus akan menyebabkan persistensi, gulma yang awalnya peka terhadap herbisida tersebut lama kelamaan akan menjadi toleran. Persistensi adalah lamanya aktivitas biologi herbisida dalam tanah yang merupakan akibat dari penyerapan, volatilisasi, pencucian, dan degradasi biologi ataupun nonbiologi. Pada umumnya persistensi herbisida di dalam tanah lebih pendek dari pada insektisida dan bervariasi dari beberapa minggu hingga beberapa tahun, bergantung pada struktur dan sifat tanah serta kandungan air dalam tanah. Herbisida persistensi rendah menandakan lamanya aktivitas biologi herbisida dalam tanah termasuk rendah (Riadi, 2011).

Herbisida bersifat racun terhadap gulma atau tumbuhan pengganggu juga terhadap tanaman. Sifat kimia herbisida tidak hanya menentukan daya kerja herbisida pada gulma yang dikendalikan (efikasi), tetapi juga menentukan tingkat keracunan (toksisitas) pada organisme nontarget misalnya tanaman (Sembodo 2010).

Proses pemberian herbisida ke lahan pertanian hanya efektif sebesar 20% mengenai gulma, sedangkan 80% lainnya herbisida tersebut jatuh ke tanah sehingga akumulasi residu dari aktivitas penambahan herbisida tersebut dapat

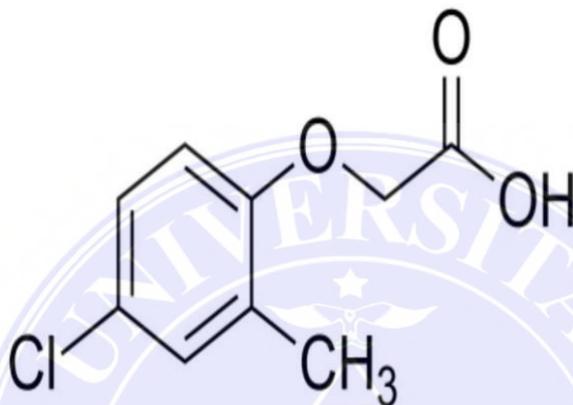
berpotensi menyebabkan pencemaran tanah. Ansori (2018) menyatakan bahwa pencemaran herbisida dapat masuk ke dalam rantai makanan menyebabkan terbunuhnya organisme non target, meracuni tanaman, mengurangi keanekaragaman hayati, mengundang hama dan penyakit, menimbulkan hama baru karena musuh alami hama tersebut terbunuh, dan perubahan flora. Herbisida memiliki tujuh proses untuk masuk ke dalam tanah, diantaranya : volatilisasi ke atmosfer, adopsi tanah, *leaching*(pencucian), terjadi reaksi kimia baik di dalam dan di permukaan tanah, perombakan oleh mikroorganisme, terbawa oleh *runoff*, masuk ke jaringan tanaman melalui rantai makanan (Ansori, 2018).

2.2.2 Mekanisme 2,4-D Dimetil Amina

Herbisida berbahan aktif 2,4 D dimetil amina termasuk dalam herbisida golongan fenoksi. Nama kimia dari herbisida ini adalah dimetihyl amina 2,4-dichloro phenoxy acetic Acid; DMA-2,4 D dimetil amina, pada dosis tinggi herbisida ini akan mengganggu pembentukan lemak. 2,4 D dimetil amina cenderung lebih mematikan jika diaplikasikan pada gulma berdaun lebar. Sifat herbisida ini kurang lebih hampir sama dengan metil metsulfuron yaitu sistemik dan selektif. Herbisida ini dapat digunakan untuk mengendalikan gulma berdaun lebar maupun teki pada padi sawah (Sukmana, 2012)

Kandungan 2,4 D dimetil amina 865 g/l setara : 720 g/l 2,4D dimetil amina. dengan rumus kimia: $C_8H_6C_{12}O_3.C_2H_7N$ dan berat molekul: 266.5 g/mol. Bahan ini larut dalam pelarut air karena dibuat dalam bentuk garamnya berada pada pH 7-9. Informasi sifat toksik diantaranya: LD50 = 1260 mg/k, kulit dan mata: LD50>2000 mg/kg dan pernafasan LC50 (24jam) > 1,5 mg/l. Sedangkan pengaruh terhadap ekosistem lingkungan, berpotensi bersifat sebagai limbah

organik perairan yang merusak beberapa organisme perairan LC50 (48 jam), EC50= 100 mg/l dan pada beberapa mikroorganisme tertentu seperti *selenastrum* *capricornutum* 33.2 mg/l (MSDS & National Pesticide Information Center) (Sukmana, 2012).



Gambar 1. Senyawa Herbisida 2,4-Dimetil Amina

Adapun beberapa jenis gulma yang dapat dikendalikan dengan herbisida 2,4-Dimetil Amina antara : *Lindernia sp*, *Monochoria vaginalis*, *paspalum distichum*, *scirpus juncoides*, *digitaria ciliaris*, *eleusine indica* dan lain-lain. Untuk mengetahui efektifitasnya maka herbisida tersebut harus diserap oleh gulma dan ditranslokasikan ke tempat lain seperti dari akar, batang dan daun (Chairul dkk., 2000).

2.3 Rhizosfer

Rhizosfer merupakan selapis tanah yang berada di area perakaran yang masih dipengaruhi oleh aktivitas akar dan sebagai habitat yang baik untuk pertumbuhan mikroba, karena akar dapat menyediakan berbagai bahan organik yang dibutuhkan mikroba yang berada dalam tanah (Astriani., 2014). Rhizosfer digunakan untuk menunjukkan bagian tanah yang dipengaruhi oleh perakaran

tanaman yang dicirikan oleh lebih banyaknya kegiatan mikrobiologis dibandingkan kegiatan di dalam tanah yang jauh dari perakaran tanah

Rhizosfer adalah daerah di sekitar akar tumbuhan yang secara langsung di pengaruhi oleh mikroba tanah dan eksudasi perakaran tanaman. Penyediaannutrisi pada tanaman sangat dipengaruhi oleh komposisi mikroba di daerah rhizosfer. Menurut Akbar (2007), beberapa mikroba rhizosfer seperti *Azospirillum sp*, *Azotobacter sp*, dan *Enterobacter sp*, dapat memberikan efek menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman. Tanaman menarik mikroba menguntungkan di daerah rhizosfer dengan cara mengeluarkan eksudat akar yang berperan sebagai sumber nutrisi bagi mikroba, sedangkan mikroba mengeluarkan metabolit berupa senyawa-senyawa aktif seperti (fitohormon) yang digunakan oleh tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Adanya eksudat akar tersebut yang menyebabkan populasi mikroba di daerah rhizosfer jauh lebih tinggi dari pada di tanah biasa.

2.4 Identifikasi Bakteri

2.4.1 Pewarnaan Gram

Pewarnaan gram pertama kali ditemukan oleh Cristian Gram (1884). Pewarnaan gram menggunakan lebih dari satu pewarna dan memiliki reaksi yang berbeda untuk setiap bakteri, sehingga digunakan untuk membedahkan bskteri. Pewarnaan gram dibagi menjadi dua kelompok yaitu bakteri gram positif dan gram negatif. bakteri gram positif berwarna ungu yang disebabkan oleh kompleks warna kristal violet – iodium tetap dipertahankan meskipun di beri larutan pemucat. Sedangkan bakteri gram negatif berwarna merah karena kompleks tersebut larut sewaktu pemberian larutan pemucat dan kemudian mengambil zat

warna yang kedua yang berwarna merah. Perbedaan hasil dalam pewarnaan tersebut disebabkan perbedaan struktur, terutama dinding sel kedua kelompok bakteri-bakteri tertentu dengan kelompok lainnya. Pewarnaan gram juga disebut pewarnaan difrensial. Pewarnaan gram merupakan pewarnaan diferensial yang sangat berguna dan paling banyak digunakan dalam laboratorium mikrobiologi (Rahayu,2017).

Bakteri Gram negatif mengandung lipid, lemak atau substansi seperti lemak dalam persentase lebih tinggi dari pada yang dikandung bakteri gram positif. Dinding sel bakteri gram negatif juga lebih tipis dari pada dinding sel bakteri gram positif sehingga pewarna kristal violet tidak dapat bertahan pada dinding selnya setelah dicuci dengan alkohol, sehingga sel bakteri ini menyerap warna merah safranin. Hal ini menyebabkan bakteri gram negatif terlihat berwarna merah (Pelczar dan Chan, 1986). Bakteri gram memiliki tiga lapisan dinding sel. Lapisan terluar yaitu lipopolisakarida (lipid) kemungkinan tercuci oleh alkohol, sehingga pada saat diwarnai dengan safranin akan berwarna merah. Bakteri gram positif memiliki selapis dinding sel berupa peptidoglikanyang tebal. Setelah pewarnaan dengan kristal violet, pori-pori dinding sel menyempit akibat dekolorisasi oleh alkohol sehingga dinding sel tetap menahan warna ungu (Hidayat *et al*, 2006).

Pewarnaan Gram bakteri yang telah difiksasi dengan panas dapat membentuk noda pada kaca objek diwarnai dengan pewarna basa yaitu kristal ungu. Karena warna ungu memenuhi semua sel, maka pewarnaan ini disebut dengan pewarnaan primer. Selanjutnya pewarna dicuci dan pada noda spesimen ditetesi iodine yang merupakan mordant (penajam). Setelah iodine dicuci, baik bakteri gram positif maupun gram negatif tampak berwarna. Selanjutnya noda

spesimen dicuci dengan alkohol yang merupakan senyawa peluntur warna yang pada spesies bakteri tertentu dapat menghilangkan warna ungu dari sel. Setelah alkohol dicuci, noda spesimen diwarnai kembali dengan safranin yang merupakan pewarna basa berwarna merah. Bakteri yang tetap berwarna ungu digolongkan ke dalam gram positif, sedangkan bakteri yang berwarna merah digolongkan ke dalam gram negatif. Perbedaan warna bakteri gram positif dan bakteri gram negatif disebabkan adanya perbedaan struktur pada dinding selnya. Dinding bakteri gram positif banyak mengandung lipopolisakarida, kompleks kristal ungu-iodin yang masuk ke dalam sel bakteri gram positif tidak dapat tercuci oleh alkohol karena adalah lapisan peptidoglikan yang kokoh pada dinding sel, sedangkan pada bakteri gram negatif alkohol akan merusak lapisan lipopolisakarida. Kompleks kristal ungu-iodin pada bakteri gram negatif dapat tercuci dan menyebabkan sel bakteri tampak transparan yang akan berwarna merah setelah diberi oleh safranin (Pratiwi, 2008).

2.4.2 Uji Motilitas

Motilitas adalah salah satu ciri makhluk hidup, begitu juga Mikroorganisme, namun dengan alat gerak sederhana berupa silia atau flagella. Menurut Pendapat Tarigan (1988) gerak bakteri terjadi pada bakteri yang mempunyai flagel, karena flagel ini merupakan alat gerak bagi sel bakteri. Flagel merupakan bulu-bulu cambuk yang dimiliki oleh beberapa jenis bakteri dan letaknya berbeda-beda tergantung kepada spesiesnya.

Untuk mengamati gerak pada bakteri dengan baik maka bisa menggunakan metode tetesan bergantung (Hastuti, 2002). Dalam pengamatan gerak bakteri, ada dua hal yang harus diperhatikan yaitu motilitas bakteri dan

gerak brown. Bakteri yang bersifat motil akan nampak jelas bergerak, dan bergerak melaju ke arah tertentu, sedangkan sel bakteri yang tampak sebagai gerak brown adalah gerakan yang bukan berasal dari bakteri itu sendiri melainkan dikarenakan adanya partikel-partikel air yang ada di sekeliling sel atau adanya energi kinetik. Pada gerak brown, organisme bergetar dengan laju yang sama dengan menjaga hubungan ruang yang sama satu sama yang lain.

Uji motilitas berfungsi untuk mengetahui gerak. Hasil uji motilitas dapat diketahui negatif (-) ditandai dengan pada bekas tusukan inokulasi saja terdapat bentukan warna putih seperti akar yang menyebar. Apabila positif (+) ditandai dengan disekitar inokulasi terdapat bentukan warna putih seperti akar yang menyebar, dapat diartikan bahwa bakteri yang diinokulasi memiliki flagel sehingga dapat melakukan pergerakan (Handayani, *dkk.*, 2013).

2.4.3 Uji Katalase

Uji katalase, merupakan uji yang digunakan untuk membedakan spesies *Staphylococcus sp.* dan *Streptococcus sp.* Katalase positif ditunjukkan adanya gelembung gas (O_2) yang diproduksi oleh genus *Staphylococcus* (Toelle dan Lenda, 2014). Uji katalase digunakan untuk mengetahui aktivitas katalase pada bakteri yang diuji. Kebanyakan bakteri memproduksi enzim katalase yang dapat memecah H_2O_2 menjadi H_2O dan O_2 . Hidrogen peroksida terbentuk sewaktu metabolisme aerob, sehingga mikroorganisme yang tumbuh dalam lingkungan aerob dapat menguraikan zat toksik tersebut. Penentuan adanya katalase diuji dengan larutan H_2O_2 3% pada bakteri yang telah dibiakkan. Pada bakteri yang bersifat katalase positif terlihat pembentukan gelembung di dalam tabung reaksi (Rahmi *dkk.*, 2015).

2.4.4 Uji Kebutuhan Oksigen

Kebutuhan oksigen biokimia adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk metabolisme mikroba senyawa organik dalam air. Permintaan ini terjadi selama beberapa periode waktu yang bervariasi tergantung pada suhu, konsentrasi nutrisi, dan enzim yang tersedia untuk populasi mikroba asli. Jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik menjadi karbon dioksida dan air secara sempurna melalui pertumbuhan mikroba, kematian, pembusukan, dan kanibalisme.

Berdasarkan dari kebutuhan terhadap oksigen, bakteri dapat digolongkan menjadi: a) Bakteri aerob, yaitu bakteri yang dalam pertumbuhannya memerlukan adanya oksigen. b) Bakteri anaerob fakultatif, yaitu bakteri yang dapat tumbuh, apabila terdapat oksigen maupun tanpa adanya oksigen. c) Bakteri anaerob aerotoleran, yaitu bakteri yang tidak mati dengan adanya oksigen. d) Bakteri anaerob mutlak, yaitu bakteri yang hidup bila tidak ada oksigen. e) Bakteri mikroaerofilik, yaitu bakteri yang kebutuhan oksigennya rendah.

2.4.5 Uji Patogenitas

Uji reaksi patogenesis adalah pengujian terhadap patogen tanaman yang dilakukan untuk membuktikan bahwa sebuah identifikasi yang dilakukan dengan menginokulasikan ulang bakteri patogen pada tanaman inang yang terserang dengan jenis kultivar yang sama (Amrulloh, *dkk*, 2021). Pengujian reaksi patogenesis dilakukan dengan melukai bagian daun tanaman kemudian menginokulasi suspensi bakteri pada bagian daun yang luka tersebut. Suspensi dari bakteri tersebut kemudian masuk melalui luka pada tanaman kemudian menginfeksi tanaman tersebut. Respon dari tanaman

terhadap infeksi bakteri diamati untuk menentukan patogenesis dari bakteri patogen. Pengamatan dilakukan selama 5 - 7 hari.

2.5 Bioremediasi Bakteri Pendegradasi Herbisida

2.5.1 Bioremediasi

Bioremediasi merupakan metode yang digunakan untuk merubah lingkungan yang toksik menjadi tidak berbahaya menggunakan mikroorganisme khususnya mikroba. Umumnya pengaplikasian bioremediasi menggunakan bakteri atau fungi yang berasal dari daerah tercemar tersebut (*indigenous*). Penggunaan mikroorganisme juga dapat diisolasi dari daerah tercemar lain dan diaplikasikan pada daerah tujuan (Vidali, 2011).

Bioremediasi adalah proses pembersihan kembali lingkungan dari bahan pencemar dengan menggunakan agen biologi antara lain tumbuhan dan mikrobia. Keunggulannya yaitu periode hidupnya relatif singkat, dapat di produksi dalam jumlah yang besar dalam waktu yang singkat, aktivitas atau kinerjanya dapat diatur, hal ini di sebabkan karena mikroba lebih sensitif terhadap keberadaan ion logam berat di lingkungan (Yazid, 2007)

Bioremediasi merupakan penggunaan mikroorganisme yang telah dipilih untuk ditumbuhkan pada polutan tertentu sebagai upaya untuk menurunkan kadar polutan tersebut. Pada saat prosese bioremediasi berlangsung, enzim-enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme memodifikasi struktur polutan beracun menjadi tidak kompleks sehingga menjadi metabolit yang tidak beracun dan berbahaya. Bioremediasi telah berkembang pada pengolahan air limbah yang mengandung senyawa-senyawa kimia yang sulit untuk didegradasi dan biasanya dihubungkan

Dengan kegiatan industri, antaralain logam-logam berat, petroleumhidrokarbon, dan senyawa-senyawa organik terhalogenasi seperti pestisida dan herbisida (Priadie, 2012).

2.5.2 Macam–Macam Bioremediasi

Teknologi pada 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. Ex-situ terbagi atas:

- a) Land farming yaitu tanah yang terkontaminasi dipindahkan dan diamati sampai polutan terdegradasi.
- b) Composting yaitu melakukan kombinasi antara tanah yang terkontaminasi dengan tabah yang mengasndung pupuk atau senyawa organik yang dapat meningkatkan populasi suatu mikroorganisme.
- c) Biopiles yaitu perpaduan antara landfarming dan composting.
- d) Bioreactor yaitu menggunakan reaktor pada tanah atau air yang terkontaminasi.

Sedangkan In-situ adalah perlakuan yang langsung diterapkan pada bahan-bahan kontaminan dilokasi tercemar, In-situ terbagi atas:

- a) Biostimulasi yaitu penambahan nutrisi untuk menstimulasi pertumbuhan mikroorganisme.
- b) Bioaugmentasi yaitu penambahan mikroorganisme lain yang dapat melakukan degradasi.
- c) Bioventing yaitu penambahan O_2 pada lingkungan pertumbuhan mikroorganisme.
- d) Biosparging yaitu meningkatkan konsentrasi oksigen dan mempercepat kemampuan untuk mendegradasi. (Vidali, 2011)

2.5.3 Faktor Yang Mempengaruhi Bioremediasi

Mikroorganisme dalam mendegradasi senyawa kimia khususnya herbisida membutuhkan syarat khusus agar mikroorganisme dapat bekerja secara optimal dalam mengurai senyawa kimia. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses

bioremediasi adalah mikroba, nutrisi dan lingkungan. a) Mikroba memiliki kemampuan untuk mendegradasi, mentransformasi dan menyerap senyawa pencemar. Mikroba yang digunakan dapat berasal dari golongan fungi, bakteri, ataupun mikroalga. b) Nutrisi, jenis nutrisi yang dibutuhkan bagi mikroba diantaranya unsur Karbon (C), Nitrogen (N), Fosfor (P). c) Lingkungan yang berpengaruh pada proses bioremediasi antara lain oksigen, suhu, DO (*dissolved oxygen*), dan pH. (Puspitasari dan Khaerudin 2016).

2.5.4 Teknik Dasar Bioremediasi

Teknik bioremediasi ada 4 teknik dasar yang biasa digunakan dalam bioremediasi: a) Stimulasi aktivitas mikroorganisme pada lokasi yang tercemar dengan penambahan nutrisi, pengaturan kondisi redoks, optimasi pH. b) Inokulasi (penanaman) mikroorganisme di lokasi tercemar, yaitu mikroorganisme yang memiliki kemampuan biotransformasi khusus. c) Penerapan *immobilized enzymes*. d) Penggunaan tanaman (*phytoremediation*) untuk menghilangkan atau mengubah pencemar. (Suryani, 2011).

Bakteri mudah ditemukan di air, udara dan tanah. Mereka hidup dalam suatu koloni, baik bersimbiosis, bebas ataupun parasit pada makhluk hidup. Jumlah bakteri di alam sangat melimpah dengan keragaman yang sangat tinggi. Untuk mengetahui kehidupan dan keragaman bakteri diperlukan suatu usaha untuk mengembangbiakan mereka dalam skala laboratorium. Pengembangbiakan ini dilakukan dengan menumbuhkan bakteri dari sumber isolat, seperti tanah, udara sisa makanan dan lain-lain, dalam media yang mengandung nutrisi (Elfita dkk., 2010).

2.5.5 Bakteri Pendegradasi Herbisida

Bakteri tanah yang paling umum dijumpai termasuk dalam genus *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Clostridium*, *Achromobacter*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Corynebacterium*, *Sarcina* dan *Mycobacterium*, kelompok bakteri lain yang umum dijumpai dalam tanah adalah *Myxobacteria* yang termasuk genus *Myxococcus*, *Chondrococcus*, *Archangium*, *Polyangiun*, *Cytophage*, dan *Sporocytophage*. Dua genus terakhir termasuk selulolitik dan karenanya dominan dalam lingkungan yang kaya selulosa. *Myxobacteria* menjadi bakteri gram-negatif melalui proses lisis (Dewi, 2007).

Herbisida 2,4-D dimetil amina diformulasikan dalam garam dimetil amina yang banyak digunakan untuk pengendalian gulmaberdaun lebar. Golongan ini ditemukan pada tahun 1940-an. Senyawa ini ada dua jenis dalam bentuk garam atau ester. Akar gulma menyerap 2,4 D dimetil amina (garam) sementara daun menyerap 2,4 D dimetil amina (ester) daun yang terkena semprotan 2,4 D dimetil amina dapat menyerap dalam waktu 4-6 jam sekiranya tidak ada hujan selama penyemprotan. Senyawa dalam bentuk ester sukar dicuci dari permukaan daun karena senyawa ini akan diubah dalam bentuk asamnya oleh gulma. Senyawa 2,4 D yang diserap daun akan diangkut melalui proses transpirasi. Penimbunan dari senyawa ini akan berada dibagian meristem ujung dan akar (Sukmana, 2012).

Biodegradasi merupakan proses alami oleh mikroba yang mengkonsumsi hidrokarbon dan menghasilkan air, karbondioksida, proses biodegradasi adalah suatu oksidasi dasar, enzim dari bakteri mengkatalisasi penempatan oksigen ke dalam hidrokarbon sehingga molekul dapat digunakan dalam metabolisme seluler.

Biodegradasi juga bersifat sebagai katabolisme dari suatu senyawa menjadi metabolisme pusat (Gibson, 2011).

Biodegradasi senyawa herbisida oleh mikrobia diawali dengan pemutusan secara oksidatif ikatan eter menghasilkan fenol. Reaksi berikutnya adalah terjadinya hidrolisis katekol diikuti dengan pemutusan cincin secara ortho pada isolat. Beberapa strain mikrobia memiliki plasmid yang memiliki gen mengkode berbagai macam enzim yang dapat mendegradasi senyawa herbisida, yang merupakan mikrobia dengan plasmid “*broad range*” dan dapat di transfer secara bebas antar mikroorganisme didalam tanah (Hayati, 2018).



III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember - Maret 2023 di Laboratorium Biologi Universitas Negeri Medan.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk penelitian ini yaitu : timbangan *analytic*, *Magnetic stirrer*, inkubator, bunsen, membantu mengkondisikan steril pada proses inokulasi. spatula, *vortex*, mikropipet, *shaker*, *autoclave*, *laminar air flow*, jarum ose, cawan petri, aluminium foil, sekop, *Syringe*, penggaris, cool box, masker, sarung tangan, plastic klip dan seperangkat alat tulis.

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini yaitu : sampel tanah yang diambil dari rhizofe padi sawah pada saat 1 hari sebelum panen, aquadest, Kristal violet, Iodin, Safranin, *Minimal Salt Medium*, alkohol 70%, alkohol 96% spirtus, Nutrient Agar (NA), Nutrient Broth (NB). Herbisida berbahan aktif 2,4 D Dimetil Amina 865 g/l. Larutan fisiologis (NaCl 0,85%), tembakau dan beberapa indikator untuk pengamatan morfologi bakteri.

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif dengan memberikan penjelasan data yang diperoleh dari bakteri hasil identifikasi. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan 1). Pengamatan di lapangan, 2). Sterilisasi alat dan bahan, 3). Pengambilan sampel tanah yang ada di perakaran tanaman padi sawah, 4). Pembuatan media (Nutrient Agar), 5). Isolasi Bakteri. (dapat dilihat dari skema penelitian Lampiran 3).

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Identifikasi Lokasi Pengambilan Sampel

Tanah yang digunakan pada penelitian ini merupakan sampel tanah yang diambil dari pengamatan di lapangan pertanaman padi sawah di Desa Tanjung Rejo Kecamatan Percut Sei Tuan. (Peta lokasi terlampir di Lampiran 2). Pengamatan dilakukan dengan metode survei dan wawancara secara langsung dengan petani desa Tanjung Rejo. Setelah melakukan pengamatan juga dilanjutkan dengan wawancara kepada petani yang meliputi cara Pengolahan tanah, Mekanisasi atau pengolahan tanah yang dilakukan dalam Pengolahan tanah adalah dengan menggunakan jetor setelah itu tanah dipecah lalu ditanami. Varietas yang digunakan yaitu Ciherang (Deskripsi pada Lampiran 1). Kemudian untuk pemupukan di daerah pertanaman tersebut dilakukan sebanyak 2 kali pemupukan, pertama saat umur tanaman 8-15 hari dan yang kedua saat tanaman berumur 21-35 hari dengan jumlah pupuk 500kg / hektarnya. Kemudian penggunaan herbisida berupa Rhodamine, consil, dan ally plus, dilakukan pengaplikasian minimal 5 kali aplikasi sampai tanaman panen.

3.4.2 Sterilisasi Alat dan Bahan

Alat yang akan digunakan disterilkan terlebih dahulu. Alat-alat yang terbuat dari gelas atau kaca disterilkan dengan menggunakan metode panas kering yang diovenkan pada suhu 170⁰C-180⁰C selama 1-2 jam. Peralatan yang disterilkan dengan menggunakan oven adalah cawan petri untuk wadah media. Alat seperti jarum ose, pinset, dan batang kaca di sterilkan dengan pembakaran (*flaming*) dengan menggunakan bunsen. Untuk aquades dan NA

di sterilkan dengan menggunakan autoklaf. Sterilisasi ini dilakukan pada suhu 121°C dan tekanan 2 atm selama 15 menit. Tujuan dari pensterilan ini adalah untuk menjaga agar alat-alat yang digunakan tetap dalam kondisi aseptik dan bebas dari sumber kontaminasi (Lukmana dan Rahmawati, 2016).

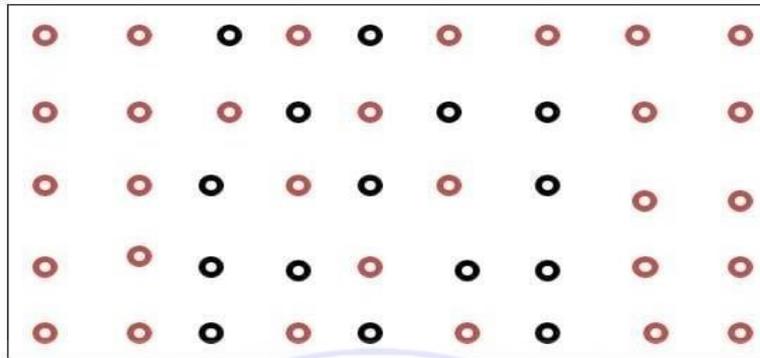


Gambar2:(a) Sterilisasi dan (b) Inkubator
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2022

3.4.3 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel penelitian dilakukan pada Rhizosfer padi sawah yang berasal dari lokasi pertanaman yang diambil dari tanah bersama dengan akarnya di Desa Tanjung Rejo Kecamatan Percut Sei Tuan (Lampiran 1). Tanah yang akan digunakan sebagai sampel tanah yaitu tanah yang telah terpapar herbisida 2,4 d dimetil amina 865 g/l kurang lebih 3 tahun sehingga pengambilan sampel tanah dilakukan dari rhizosfer padi sawah. Pengambilan sampel tanah dilakukan 1 hari sebelum panen dengan metode Simple Random sample. Sampel tanah yang ada di sekitar tanaman diambil secara bersamaan perakaran padi dengan kedalaman 0-15 cm. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam *plastic steril*. Jumlah sampel yang akan diambil dengan luas lahan 2 ha yaitu 2 sampel komposit dengan 1 sampel yang terdiri dari 15 sub sampel. Dengan luas pengambilan 2 ha pengambilan sampel diambil sebanyak

30 sub sampel Dan kemudian dikomposit kan menjadi 2 sampel komposit lalu dibawa ke laboratotium denggan menggunakan cool box.



Keterangan :

Merah: Titik Pengambilan Sampel

Hitam : Pertanaman Padi

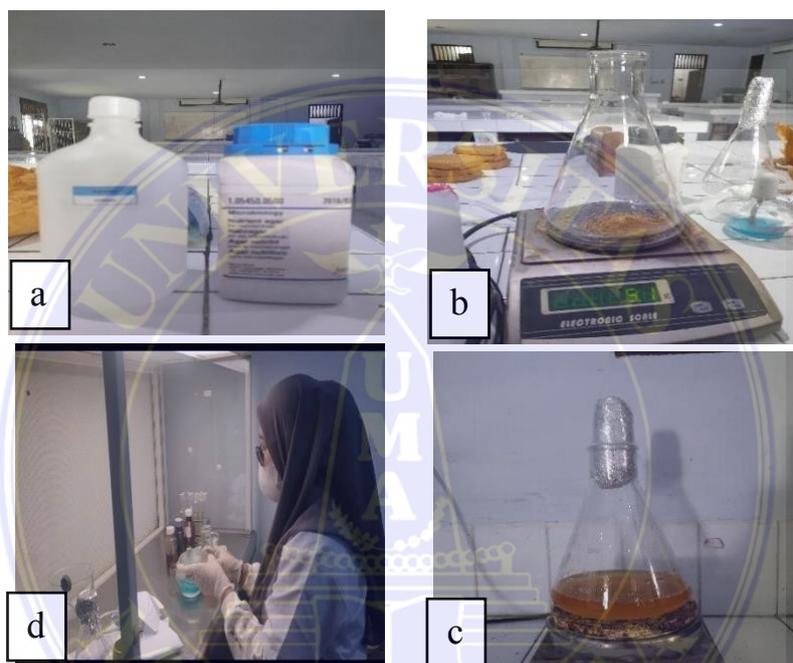
Gambar 3. Contoh Petak Sampel Tanah Yang Diambil Secara Bersamaan dengan Perakaran Menggunakan Simple Random Sampling

3.4.4 Pembuatan Media NA (Nutrient Agar)

Media NA (Nutrient Agar) merupakan medium yang dibuat dari campuran ekstrak daging dan pepton dengan menggunakan agar sebagai pematid dan berbentuk padatan. Media NA termasuk kedalam kelompok media semi alami yang merupakan media berbahan alami yang ditambahkan dengan senyawa kimia. Media padat dari NA umumnya digunakan untuk mengamati penampilan atau morfologi koloni bakteri. Media NA ini juga bisa digunakan untuk pertumbuhan sebagian besar koloni (Munandar, 2016).

Pembuatan media NA (*nutrient agar*) yaitu ditimbang media sebanyak 10 gram untuk membuat 500 ml media NA. *Nutrient agar* (NA) yang sudah ditimbang dicampurkan dengan 500 ml aquadest. Kemudian dimasukan kedalam Erlenmeyer 500 ml, kemudian Erlenmeyer ditutup menggunakan kapas dan aluminium foil dan diikat dengan plastik wrapping. Media di homogenkan dengan stirer sekaligus dipanaskan dengan menggunakan hot plate. Kemudian

disterilisasi dengan menggunakan autoklaf pada suhu 121⁰C selama 15 menit. Langkah selanjutnya yaitu penuangan media NA yang sudah di sterilisasi ke dalam cawan petri yang sudah steril dilakukan didalam *laminar air flow* dan didekatkan dengan api bunsen. Sebelum dituangkan kedalam cawan petri, mulut Erlenmeyer dan cawan petri di putar-putarkan pada terlebih dahulu untuk mengurangi kontaminasi terhadap media.



Gambar 4 .(a) Media NA (b) Penuangan Media (c) Pemanasan Media (d) Penimbangan media

3.4.5 Isolasi Bakteri

Isolasi bakteri dilakukan dengan metode *spread-p late* menggunakan media garam minimal. Metode ini diawali dengan melakukan pengenceran 10 g sampel tanah ke dalam larutan fisiologis 90 ml (NaCl 0,85 %), lalu di *vortex* hingga homogen sehingga didapatkan konsentrasi 10⁻¹. Pengenceran dilakukan dengan cara yang sama hingga konsentrasi 10⁻⁷.Sebanyak 1ml dari konsentrasi 10⁻⁷ diinokulasikan kedalam media garam minimal (*Minimal Salt Medium* /

MSM) dengan konsentrasi herbisida berbahan aktif 2,4 D Dimetil Amina 856 g/l sebanyak 50 ppm. Hasil inokulasi diinkubasi pada suhu 28°C selama 7 hari. Kemudian dilakukan pemurnian dan single koloni yang diperoleh disimpan dalam agar miring sebagai *stock culture* dalam inkubator.



Gambar 5. (a) Penimbangan sampel (b) Pemindahan sampel (c) Dilakukan vortex pada Sampel tanah (d) Pengisian NaCl pada Tabung reaksi (e) Pengenceran sampel 1 (f) Pengenceran sampel 2

3.4.6 Seleksi Bakteri Pendegradasi Herbisida

Seleksi bakteri dilakukan dengan menumbuhkan isolat pada media agar yang mengandung herbisida (Liawati, 2001). Isolat murni yang telah diperoleh kemudian diinokulasikan ke media NB dan *shaker* selama 24 jam pada suhu ruang. Isolat sebanyak 1 ml disubkulturkan pada media NA yang telah ditambah herbisida sebagai sumber energi dengan konsentrasi 0, 10, 15, 20 dan 25 ppm kemudian ditingkatkan hingga 500 ppm dan dua kali ulangan. Apabila isolat bakteri masih tumbuh, konsentrasi herbisida dapat ditingkatkan hingga seluruh isolat tidak dapat tumbuh. Isolat bakteri yang tumbuh pada media dengan penambahan herbisida dengan konsentrasi tertinggi dipilih sebagai agen bioremediasi residu herbisida.

3.5 Parameter Pengamatan

3.5.1 Identifikasi dan karakteristik Bakteri Pendegradasi Herbisida

Isolat yang telah terpilih selanjutnya dilakukan identifikasi dan karakterisasi bakteri yang terdiri dari :

1. Pewarnaan Gram

Koloni yang diduga murni tersebut dilakukan pewarnaan gram untuk memastikan bahwa koloni benar-benar murni. Pewarnaan gram dilakukan dengan 1-2 tetes aquades steril diletakkan diatas kaca preparat, koloni bakteri diambil 1 ose dari media diletakkan diatas aquades steril dan disebarakan hingga merata, kemudian di fiksasi diatas lampu spirtus. Setelah dingin di teteskan cairan Gram A (kristal violet) 2-3 tetes selama 1 menit, kemudian di cuci dengan air mengalir dan di keringkan diudara. Setelah itu ditetesi dengan Gram B (iodium) selama 1 menit, dicuci dengan air mengalir dan di keringkan di

udara. Kemudian di tetesi dengan Gram C (alkohol 95%) selama 30 detik, lalu di cuci dengan air mengalir dan dikeringkan diudara. Terakhir di tetesi dengan Gram D (safranin) selama 45 detik, lalu dicuci dengan air mengalir dan kelebihan air dihilangkan dengan kertas serap. Pengamatan ini dilakukan dengan melihat bentuk dan warna sel dibawah mikroskop dengan perbesaran tertentu (Sari, 2014). Bakteri gram negatif akan berwarna merah, sedangkan gram positif akan berwarna ungu.



Gambar 6. Uji Pewarnaan gram

2. Uji Motilitas

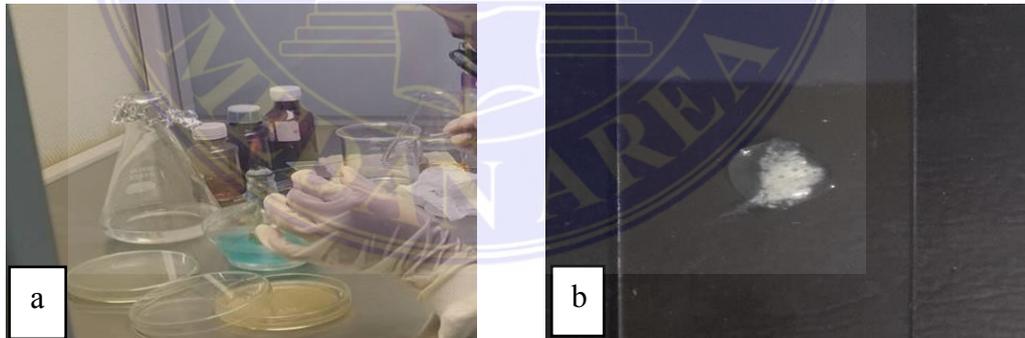
Uji motilitas dilakukan dengan diambil 1 ose isolat bakteri, kemudian ditanam dalam media agar tegak dengan metode stab (tusuk) kurang lebih $\frac{3}{4}$ tinggi tabung reaksi. Lalu inkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dan diamati perubahannya (Apriliya *dkk*, 2020).



Gambar 7. Uji Motilitas

3. Uji Katalase

Uji katalase dilakukan dengan menggosokkan isolat bakteri pada kaca preparat, kemudian ditetesi larutan H_2O_2 3% dan dibiarkan selama beberapa menit. Jika terdapat gelembung udara berarti katalase positif, sedangkan bila tidak ada gelembung berarti katalase negatif (Chasanah,2018).



Gambar 8. (a) Uji Katalase (b) Hasil Uji Katalase

4. Uji Kebutuhan Oksigen

Biakan bakteri diambil dengan aseptik menggunakan jarum ose, kemudian inokulasikan ke dalam aquadest steril di dalam tabung. Media NA semi-solid di sterilisasi kemudian inokulasikan 1 ml suspensi bakteri dan inkubasi selama 24

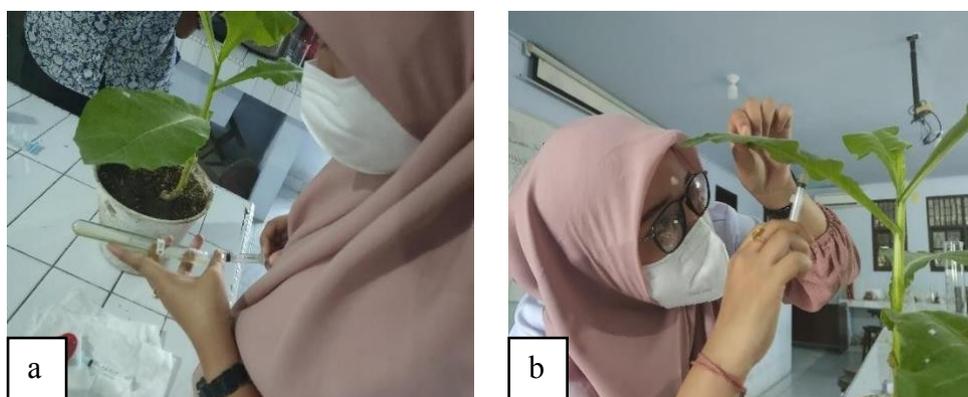
jam. Pertumbuhan bakteri di tunjukan dengan adanya kekeruhan pada media didalam tabung reaksi (pada permukaan tabung, tengah media, dasar tabung maupun tersebar di dalam media) (Apriliya *dkk.*, 2020).



Gambar 9. Uji Kebutuhan Oksigen

5. Uji Patogenitas

Uji patogenitas dilakukan untuk mengetahui sifat patogenetik bakteri uji. Isolat yang diperoleh kemudian dilakukan uji patogenitas dengan menyuntikan suspense sebanyak 3 ml ke daun tembakau dengan menggunakan *syringe steril* tanpa jarum kemudian diamati selama 5 hari. Jika terjadi nekrosis pada titik suntikan, maka isolat tersebut berpotensi sebagai pathogen dan tidak bisa dikembangkan lagi untuk proses berikutnya (Arief Prambudi *dkk.*, 2017)



Gambar 10. (a) Mengisi syringe (b) Pengaplikasian Pada Daun Tembakau

3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh pada semua tahapan penelitian dianalisis secara deskriptif, yaitu dengan memberikan penjelasan tentang hasil identifikasi bakteri yang ditemukan di perakaran padi sawah yang diteliti. dan isolat yang mampu mendegradasi herbisida.



V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan diatas, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Isolat bakteri yang berhasil didapatkan sebanyak 2 isolat dengan kemampuan mendegradasi herbisida yaitu isolat S1 yang memiliki ciri-ciri morfologi berukuran sedang, berbentuk bundar, convex dan berwarna putih. Sedangkan Isolat S2 yang memiliki ciri morfologi berukuran besar, tidak teratur, raised dan berwarna kuning krem.
2. Isolat yang diperoleh mampu mendegradasi herbisida sampai dengan 400 ppm.
3. Kedua isolat memiliki hasil uji gram yang berbeda S1 berbentuk kokus dengan gram positif sedangkan S2 bentuk basil dan uji gram negatif. Uji motilitas kedua isolat memunjukkan hasil positif (+) Motil, Uji kebutuhan Oksigen menunjukkan hasil yang sama yaitu positif(+) aerob, Uji katalase juga menunjukkan hasil yang sama yaitu positif(+) gelembung, Uji Patogenitas pada daun tembakau menghasilkan hal yang sama yaitu negatif(-) atau daun tidak menunjukkan adanya gejala nekrosis atau perubahan warna yang ditimbulkan setelah penyuntikan.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah diuraikan di atas, dapat disarankan adanya penelitian selanjutnya mengidentifikasi isolat bakteri sampai pada tahap spesies. Disarankan untuk peneliti selanjutnya mengubah luas dan waktu penelitian sehingga akan di peroleh hasil penelitian yang akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya Mushoffa. 2010. *Teknik Metode Dasar Mikrobiologi*. Malang
- Agrios, G.N. 2005. *Plant Pathology*. 5th ed. Academic Press. New York.
- Akbar, A. 2007. *Anatomi & Fisiologi Kulit Wajah*.: PT Elex Media Komputindo. Jakarta, 16-17.
- Ansori, Imam. 2018. *Dampak Negatif Pestisida Terhadap Lingkungan Pertanian*. Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran.
- Apriliya, I., Prasetyo, D., & Selvany, R. (2020). Isolasi Bakteri Rhizosfer Resisten Pestisida dan Herbisida pada Berbagai Jenis Tutupan Lahan. *Agrotekma: Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian*, 5(1), 64-71.
- Arief Pambudi, Susanti, Taufiq Wisnu Priambodo. 2017. *Isolasi dan Karakteristik Bakteri Tanah Sawah di Desa Sukawali Dan Desa Belimbing, Kabupaten Tangerang*. Jakarta selatan. Universitas Al Azhar Indonesia.
- Arifin, M. I. 2013. *Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pendeградasi Senyawa Fenol Dari Limbah Cair Industri Kertas*.
- Astriani F. 2014. *Seleksi isolat jamur dalam menghasilkan hormon IAA (Indole Acetic Acid) asal tanah gambu*.
- Castillo, M.A., Felis N., Arago P., Cuesta G., dan Sabater C.. 2006. *Biodegradation of The Herbicide Diuron by Streptomyces Isolated from Soil*. *International Biodeterioration & Biodegradation* 58: 196–20.
- Chairul, S. M., Mulyadi dan Idawati. 2000. *Translokasi Herbisida 2,4-D-14c pada Tanaman Gulma dan Padi pada Sistem Persawahan*. *Risalah Pertemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radas*, 1 (1) :1-5.
- Chasanah, E. 2018. *Identifikasi Fenotip Bakteri Amilolitik dan Selulolitik dari Isolat Bekatul dengan Metode Profile Matching Berdasarkan Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*.
- Cherni, A.E., Trabelsi, D., Chebil, S., Barhoumi, F., Rodríguez-Llorente, I.D. & Zribi, K. (2015). *Effect of glyphosate on enzymatic activities, Rhizobiaceae and total bacterial communities in an agricultural Tunisian Soil*. *Water Air Soil Pollution*. 226, 145-155. doi:10.1007/s11270-014-2263-8.

- Damayanti, SC., Komala, O., Effendi, EM. 2018. Identifikasi bakteri dari pupuk organik cair isi rumen sapi. *Ekologia : Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar dan Lingkungan Hidup*, 18(2) : 63-71.
- Dewi, I. H. 2007. Totalbakteriasam laktatdan kualitas fisik ekstrak limbah kubis pada aras garam (NaCl) dan lama pemeraman berbeda. Laporan penelitian.
- Diyan Herdiyantoro, Mieke Rochimi Setiawati, dan Tualar Simarmata. 2022. Reaksi Hipersensitif Daun Tembakau Oleh Isolat Bakteri Pelarut Kalium Pada Praformulasi Pupuk Hayati. Fakultas Pertanian. Universitas Padjadjaran.
- Donggulo, Chandra V. 2017. Pertumbuhan dan HasilTanaman Padi(*Oryza sativa* L) pada Berbagai Pola Jajar Legowo dan Jarak Tanam. Palu : Fakultas Pertanian. Universitas Tadulako.
- Elfita, Muharni, Munawar, Salni, dan Ade Oktasari. 2010. Senyawa Antimalaria dari Jamur Endofitik Tumbuhan Sambiloto (*Andographis Paniculata* Nees). *Jurnal Natur Indonesia*. No. 13(2) : 123-129.
- Ferfi nia A, 2010, Eksplorasi bakteri dan Cendawan rizofer yang berasosiasi Dengan penyakit busuk basah pada Batang pepaya (*Caricapapaya*) di PasirKuda, Desa Ciomas, Bogor, Skripsi, Departemen Pertanian Fakultas Pertanian IPB, Bogor.
- Gibson, D.T., 2011. Biodegradation, biotransfonnation and the Belmont. *J. Ind. Microbiol.* 12:1-12.
- Handayani, K., Ekowati, C. N., & Pakpahan, M. (2013). Karakterisasi fisiologi dan pertumbuhan isolat bakteri *Bacillus thuringiensis* dari tanah naungan di lingkungan Universitas Lampung. Seminar Nasional Sains dan Teknologi V, Lembaga Penelitian Universitas Lampung, Lampung.
- Hastuti, D., Rusmana. dan Z. Krisdianto. 2014. Respons Pertumbuhan Gulma Tukan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Terhadap Pemberian Beberapa Jenis dan Dosis Herbisida di PTPN VIII Kebun Cislak Baru. *Jurnal Agroekoteknologi*, 6 (2) : 178–187.
- Hayati. 2018. Isolasi dan Identifikasi Molekular Serta Uji Ketahanan Bakteri Tanah Penghasil Enzim Dehalogenase Terhadap Herbisida DMA6(2,4D *Dimetil Amina*). Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Alauuddin Makassar.
- Kurnia, U., Husien S., Rasti S dan Nurjaya. 2009. Teknologi Pengendalian Lahan Sawah. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian Pengembangan Inovasi Pertanian. 2(4): 272-280

- Lay, W. B. 1994. *Analisis Mikroba Di Laboratorium*. PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Lestari R. (2012) Pewarnaan sederhana, negatif, kapsul, dan gram [makalah]. Yogyakarta [ID]: Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Yogyakarta.
- Lukmana, M., dan Rahmawati, L. 2016. Pengaruh Perlakuan Sterilisasi terhadap Kontaminasi pada Ekspansi Daun Karet (*Hevea brasiliensis*) Klon PB 260 dalam Kultur In Vitro. *Jurnal Agrisains*. Volume 02 No. 1, 6-12
- Munandar, K. (2016). Pengenalan laboratorium IPA-biologi sekolah. Refika Aditama Sari, N. I. 2014. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Tanah di Kecamatan Pattallassang Kabupaten Gowa. SKRIPSI.
- Naphade, S.R., Durve, A.A., Bhot, M., Varghese, J., and Chandra, N. 2012. Isolation, Characterization, and Identification of Pesticide Tolerating Bacteria from Garden Soil. *Euro J Exp Bio* 2(5):1943-1951.
- Ngawit, I. K. (2018). Degradasi Herbisida Turunan 2, 4-D Amine Oleh Bakteri Pelarut Fosfat Dan Efek Residunya Terhadap Bawang Merah Yang Diberi Pupuk Kandang. *CROP AGRO, Jurnal Ilmiah Budidaya*, 3(2), 121-132.
- Nontji, M. (2022). Fenomena dan Dinamika Rhizobakteri pada Rhizosfer Padi Sawah. FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS MUSLIM INDONESIA MAKASSAR – INDONESIA
- Nunes, O.C., Ana R. Land Célia M.M. 2013. Microbial degradation of the herbicide Moline by defined cultures and in the environment. *Appl Microbiol Biotechnol* (2013) 97:10275–10291.
- Panjaitan, F. J., Adirianto, B., & Bachtiar, T. (2015). Isolasi Bakteri Pendeградasi Herbisida dari Rhizosfer Tanaman Padi Sawah dan Tanaman Hutan. *Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.*
- Pelczar, M.J., Chan, ECS. 1986. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. UI Press. Jakarta.
- Pratiwi, Sylvia, T., 2008, *Mikrobiologi Farmasi*, Jakarta, Erlangga.
- Priadie, B. 2012. Teknik bioremediasi sebagai alternatif dalam upaya pengendalian pencemaran air. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 10(1):39-40 Puspitasari, D.J, dan Khaeruddin. 2016. Kajian bioremediasi pada tanah tercemar pestisida. *Kovalen* 2(3):98-106

- Puspitasari, D., dan Khaeruddin. (2016). Kajian Bioremediasi Pada Tanah Tercemar Pestisida. (Online). Vol. 2, No. 3, (<http://jurnal.untad.ac.id>, Diakses pada 25 Mei 2017).
- Rahmi, Y., Darmawi, M. Abrar, F. Jamin, Fakhurrazi dan Y. Fahrimal. 2015. Identifikasi bakteri *Staphylococcus aureus* pada preputium dan vagina kuda (*Equus caballus*). *Jurnal Medika Veterinaria*.9(2):154-158.
- Riadi, Muhammad. 2011 Mata Kuliah : Herbisida Dan Aplikasinya. Jurusan Budidaya Pertanian. Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin.
- Saputri, R., Ratnadewi, Y. D., Tjitrosoedirdjo, S., & Setyawati, T. (2023). Analisis Residu Herbisida dalam Pengendalian Gulma Berdaun Lebar Di Savana Bekol Taman Nasional Baluran. *EKOTONIA: Jurnal Penelitian Biologi, Botani, Zoologi dan Mikrobiologi*, 8(1), 17-21.
- Sarah M.P., Fatimawali., Aaltje M. 2014. Identifikasi Bakteri Resisten Merkuri Pada Urine Feses dan Kalkulus Gigi Pada Individu Di Kecamatan Malalayang, Manado, Sulawesi Utara. *Jurnal e-Biomedik*. 2(2): 532540.
- Sembodo, J.R. 2010. *Gulmadan Pengelolaannya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sukmana Widi, 2012 Studi Daya Adsorpsi Organoclay Tapanuli Terhadap Senyawa Herbisida 2,4-D Dimetil Amina. Skripsi. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam program Studi Kimia Depok.
- Suryani, Y. 2011. Bioremediasi limbah merkuri dengan menggunakan mikroba pada lingkungan yang tercemar. 5:1-2
- Tarigan, J., 1988, Pengantar Mikrobiologi, 279-286, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan, Jakarta.
- Tivani, Innur, Amananti, Wilda, dan Sunardi, Ahmad. 2019. Uji identifikasi *Escherichia coli* pada jamu gendong kunyit asem di kabupaten Tegal. *E-journal poltektegal*. Vol.8.No.1.Hal. 34.
- Vidali, M. 2011. Bioremediation. An overview. *Pure Appl. Chem.*,73(7):1163-1172
- Yazid, M. 2007. Kajian pemanfaatan bakteri hasil isolasi sebagai agen bioremediasi radionuklida uranium di lingkungan. Pusat Teknologi Akselerator dan Proses bahan BATAN. Hlm:116-117

Lampiran1.DeskripsiTanamanPadiVarietas Ciherang

1. Varitastanaman : Ciherang
2. Kategori :Cere
3. Tahun 2000
4. Tetua :IR18349-53-131-3/³*IR19661-131-3-1-3//⁴*IR64

5. Rataanhasil :6,0 t/ha
Potensihasil :8,5 t/ha
6. Nomor seleksi :S3383-1D-PN-41-3-1
7. Umurtanaman :116-125 hari
8. Bentuktanaman :Tegak
9. Tinggitanaman :107-115 cm
10. Anakanproduktif :14-17 batang
11. Warnakaki : Hijau
12. Warnabatang : Hijau
13. Warnatelingadaun :Tidakberwarna
14. Warnalidahdaun :Tidakberwarna
15. Warnadaun : Hijau
16. Mukadaun :Kasar padasebelah bawah
17. Posisidaun :Tegak
18. Daunbendera :Tegak
19. Bentukgabah :Panjangramping
20. Kerontokan : Sedang
21. Teksturnasi :Pulen
22. Kadaramilosa :23%
23. Bobot1000 butir :28g
24. Ketahananterhadaphama :Tahanterhadapwerengcoklatbiotipe2 danagaktahanbiotipe3

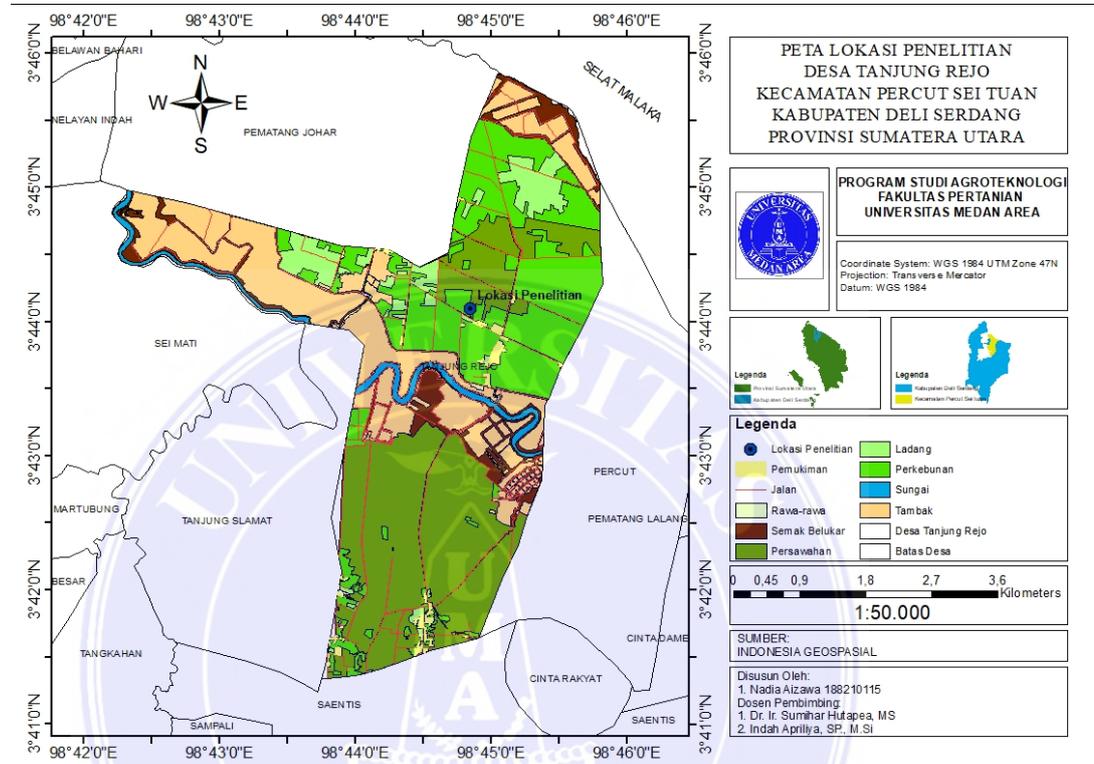
25. Ketahananterhadappenyakit: Tahanterhadaphawardaunbakteri strainIIIIdanIV

26. Anjurananam :Baikditanamdilahansawahirigasi dataran rendahsampai500mdpl

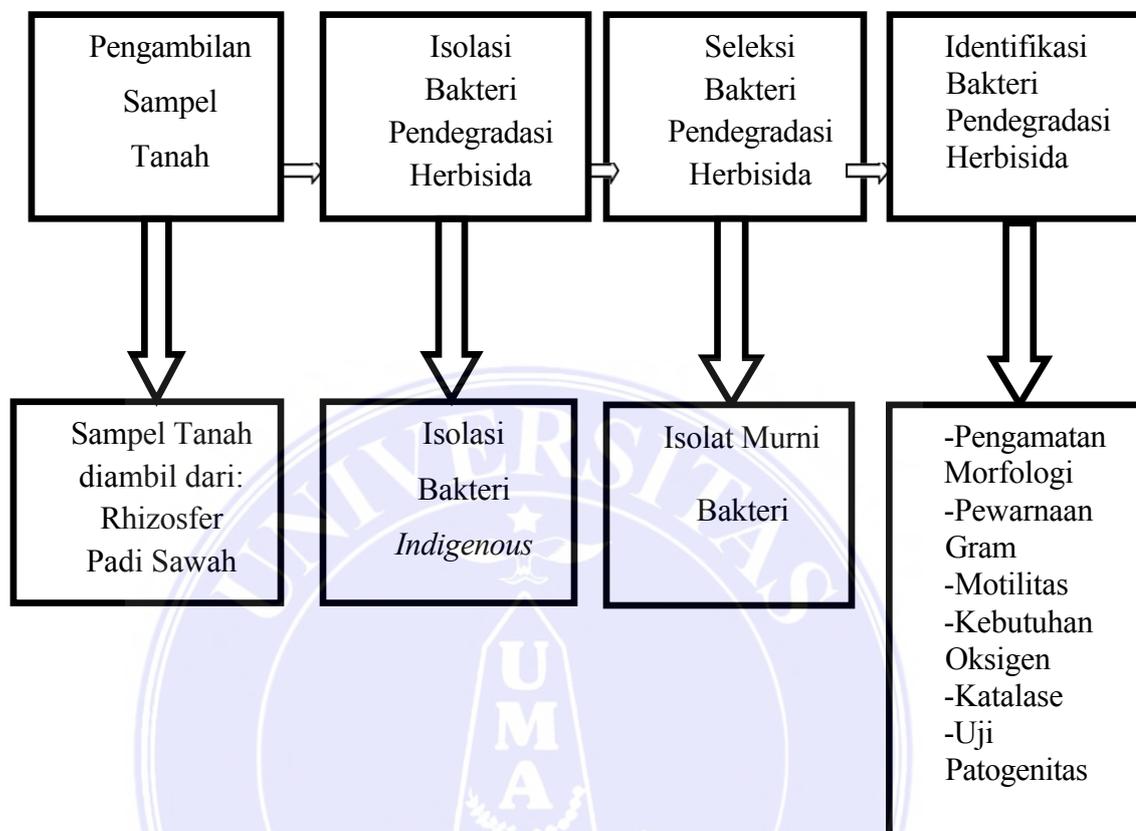
Sumber:Puslitbangtan,2016

Lampiran2. Lokasi Penelitian

Peta lokasi penelitian di Desa Tanjung Rejo, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang



Lampiran3.SkemaPenelitian

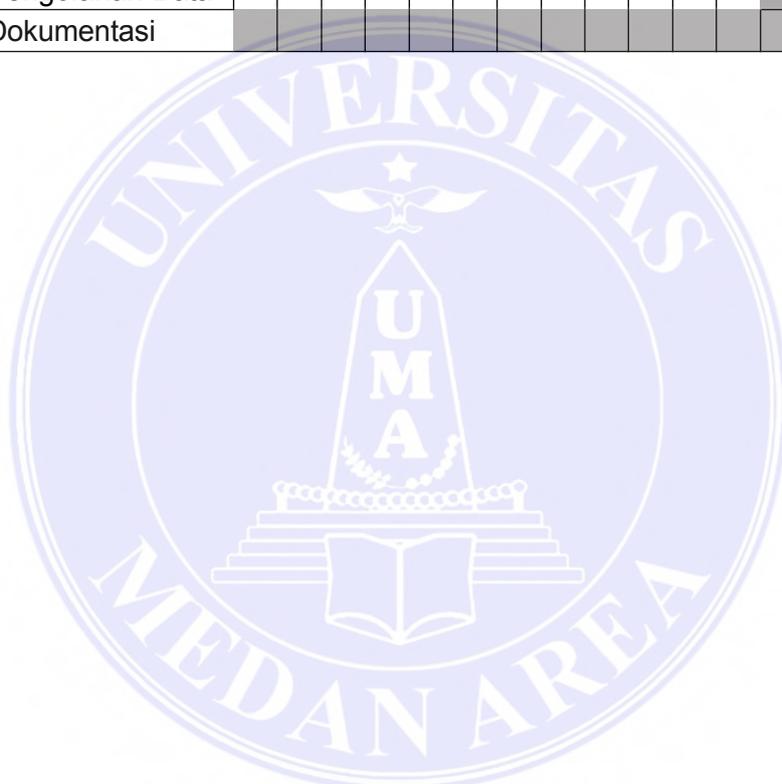


Lampiran 4. Kegunaan alat dabahan

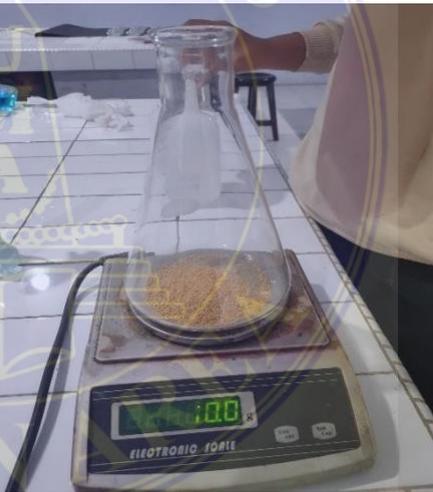
Alat	Kegunaan
Timbangan	
Analitik	Untuk menimbang bahan-bahan laboratorium
Magnetikstirer	Untuk mengaduk larutan satu dengan larutan yang lain
Inkubator	Untuk menumbuhkan kultur mikroba sterilisasi
bunsen	Untuk membantu mengkondisikan steril pada proses inokulasi
Spatula	Untuk mengambil media
Vortex	Untuk mencampur larutan yang ada dalam tabung reaksi
Mikropipet	Untuk memindahkan larutan atau cairan dari tempat satu ketempat yang lain dengan volume kecil
Shaker	Untuk pengaduk suatu bahan atau larutan
autoclave	Untuk mensterilkan alat-alat seperti cawan petri
laminarair	
flaw	Untuk menanam isolat dalam kondisi steril
jarumose	Untuk menginokulasikan mikroba dari suatu media kedia media lainnya
cawanpetri	Untuk sebagai tempat perkembangan mikroba
aluminiumfoil	Untuk menutup botol atau tabung secara rapat
Sekop	Untuk mengambil sampel
Syringe	Untuk menyutikan atau menghisap cairan
penggaris	Untuk mengukur kedalaman sampel
coolbox	Untuk tempat membawa sampel kelaboratorim
Masker	Untuk tetap steril
sarungtangan	Untuk menjaga tetap steril
plastik	Untuk tempat sampel
alattulis	Untuk mencatat
kamerahp	Untuk dokumentasi kegiatan selama penelitian
beakerglass	Untuk tempat mencampur media
Bahan	Kegunaan
Spiritus	Untuk bahan bakar api Bunsen
aquadest	Sebagai pelarut media
alkohol 70%	Untuk mensterilkan alatalat ketika di dalam LAF
alkohol96%	Untuk bahan melakukan pewarnaan gram
kristalviolet	Untuk memeberikan warna ungu pada mikroba
Iodine	Untuk memperkuat pengikatan warna oleh bakteri
Safranin	Untuk memebrikan warna merah pada mikroba
minimalsalt	
medium	Sebagai media yang digunakan pada saat isolasi
NutrientAgar	Sebagai media tempat tumbuhnya mikroba
herbisida	Sebagai media yang digunakan pada seleksi bakteri
tembakau	Untuk digunakan uji patogenitas
Tissue	Untuk membersihkan alat alat setela dicuci

Lampiran 5. Jadwal Penelitian

NO	Jadwal Kegiatan	2022				2023											
		Desember				Januari				Februari				Maret			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pengambilan Sampel	■	■	■	■												
2	Persiapan sampel tanah	■	■	■	■												
3	Isolasi Bakteri					■	■	■	■								
4	Seleksi Bakteri					■	■	■	■								
5	Identifikasi Bakteri									■	■	■	■				
6	Pengolahan Data													■	■	■	■
7	Dokumentasi	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■



Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian

	
<p>Gambar 16: Persiapan Sampel</p>	<p>Gambar 17: Pengambilan Sampel</p>
	
<p>Gambar 18: Sterilisasi Alat</p>	<p>Gambar 19: Penimbangan Media</p>



Gambar 20: Media MSM



Gambar 21: Pengenceran media



Gambar 22: Pemanasan media



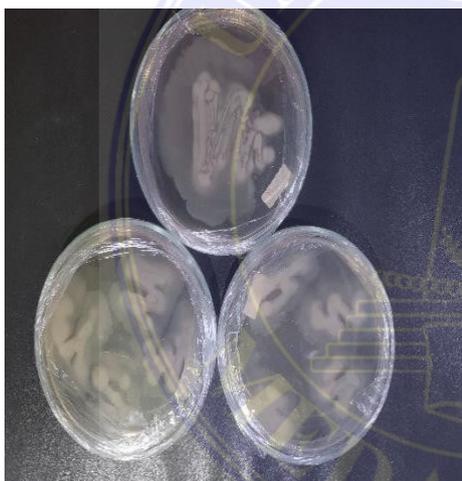
Gambar 23: Pemberian kertas Label



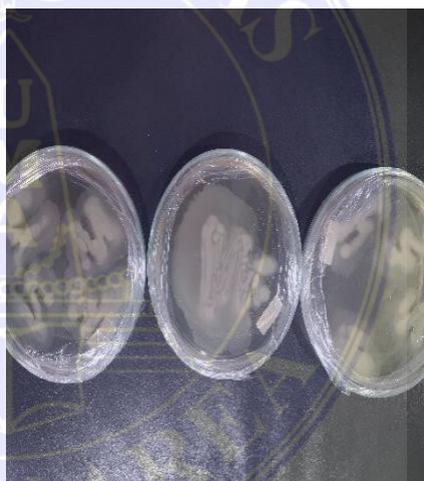
Gambar 24: Penyuntikan bakteri



Gambar 25: Isolasi Bakteri



Gambar 26: Seleksi bakteri S1



Gambar 27: Seleksi bakteri S2