

**KARAKTER DAN RESISTENSI BAKTERI *Bacillus sp.* DAN *Pseudomonas aeruginosa*. DARI TANAH DI KAWASAN PT. GREAT GIANT PINEAPPLE TERHADAP HERBISIDA DIURON**

**Skripsi**

**Oleh**

**AINA TUSA'DIAH**

**NPM 2017061026**



**JURUSAN BIOLOGI**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS LAMPUNG**

**2024**

## **ABSTRAK**

### **KARAKTER DAN RESISTENSI *Bacillus sp.* DAN *Pseudomonas aeruginosa*. DARI TANAH DI KAWASAN PT. GREAT GIANT PINEAPPLE TERHADAP HERBISIDA DIURON**

**Oleh**

**Aina Tusa'diah**

Penggunaan herbisida secara terus-menerus pada lahan pertanian dapat menyebabkan akumulasi residu yang akhirnya mencemari lahan pertanian. Salah satu herbisida yang dapat meninggalkan residu adalah diuron. Bioremediasi adalah cara untuk perbaikan lingkungan menggunakan organisme, salah satunya dengan memanfaatkan mikroba. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter morfologi resistensi dan kemampuan bakteri *Bacillus sp.* (CC20) dan *Pseudomonas aeruginosa*. (Y1), yang diisolasi dari tanah di kawasan PT. GGP terhadap herbisida diuron. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode observasi dan eksperimen. Penelitian eksperimen dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dua faktor. Faktor pertama adalah jenis isolat bakteri yaitu CC20 dan Y1 dan faktor kedua adalah herbisida diuron yang terdiri atas 4 taraf konsentrasi yaitu kontrol; 10 ppm; 50 ppm; dan 100 ppm. Setiap unit percobaan diulang 3 kali dan kelompok sebagai ulangan. Data yang diperoleh dianalisis dengan uji two way Anova, dilanjutkan dengan uji Tukey antar perlakuan pada taraf nyata 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua jenis mikroba tanah dari kawasan PT. GGP tersebut memiliki kemampuan resistensi terhadap diuron dan mampu hidup pada konsentrasi diuron paling tinggi. Isolat bakteri Y1 menunjukkan daya resistensi lebih tinggi dari CC20.

**Kata Kunci:** Bakteri tanah, resistensi, herbisida diuron.

## ABSTRACT

### CHARACTER AND RESISTANCE OF *Bacillus sp.* AND *Pseudomonas aeruginosa*. FROM SOIL IN PT. GREAT GIANT PINEAPPLE AREA TO DIURON HERBICIDE

By

**Aina Tusa'diah**

The continuous use of herbicides on agricultural land can lead to residue accumulation, which ultimately pollutes the environment. Diuron is one such herbicide known to leave persistent residues. Bioremediation, utilizing organisms such as microbes, offers a potential solution for mitigating environmental contamination. This study aimed to determine the morphological characteristics, resistance, and ability of *Bacillus sp.* (CC20) and *Pseudomonas aeruginosa* (Y1) isolated from soil in the PT GGP area to tolerate diuron herbicide. The research was conducted using observational and experimental methods. The experimental research was conducted using a two-factor Completely Randomized Block Design (CRBD). The first factor was the type of bacterial isolate (CC20 and Y1), and the second factor was the concentration of diuron herbicide, with four levels: control, 10 ppm, 50 ppm, and 100 ppm. Each experimental unit was replicated three times, with groups serving as the replication factor. Data were analyzed using a two-way ANOVA, followed by Tukey's test at a 5% significance level. The results indicated that both types of soil microbes from the PT GGP area exhibited resistance to diuron, with the ability to survive even at the highest concentration tested. The Y1 bacterial isolate demonstrated higher resistance compared to CC20.

**Keywords:** Soil bacteria, resistance, diuron herbicide.

**KARAKTER DAN RESISTENSI BAKTERI *Bacillus sp.* DAN *Pseudomonas aeruginosa*. DARI TANAH DI KAWASAN PT. GREAT GIANT PINEAPPLE TERHADAP HERBISIDA DIURON**

**Oleh**

**AINA TUSA'DIAH**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar**

**SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Biologi**

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung**



**JURUSAN BIOLOGI**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS LAMPUNG**

**2024**

Judul Skripsi : **KARAKTER DAN RESISTENSI BAKTERI  
*Bacillus sp.* DAN *Pseudomonas aeruginosa*. DARI  
TANAH DI KAWASAN PT. GREAT GIANT  
PINEAPPLE TERHADAP HERBISIDA DIURON**

Nama Mahasiswa : **Aina Tusa'diah**

NPM : 2017061026

Program Studi : S1 Biologi Terapan

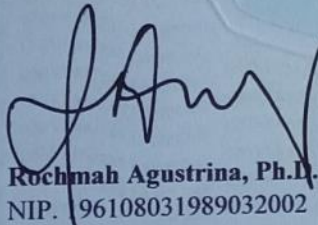
Jurusan : Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

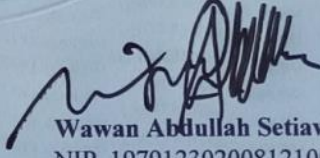


1. Komisi Pembimbing

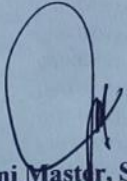
Pembimbing I

  
**Rochmah Agustrina, Ph.D.**  
NIP. 96108031989032002

Pembimbing II

  
**Wawan Abdullah Setiawan, S.Si., M.Si.**  
NIP. 197912302008121001

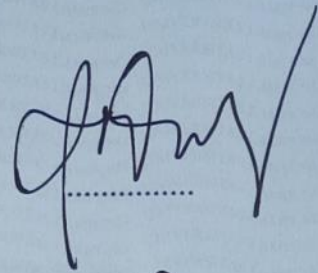
2. Ketua Jurusan Biologi FMIPA

  
**Dr. Jani Master, S.Si., M.Si.**  
NIP. 198301312008121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

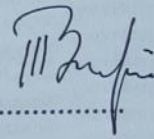
Ketua : Rochmah Agustrina, Ph.D.



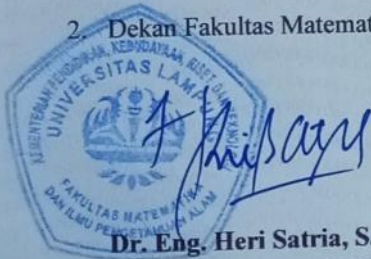
Sekretaris : Wawan A. Setiawan, S.Si., M.Si.



Anggota : Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.**  
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 13 Agustus 2024



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aina Tusa'diah

NPM : 2017061026

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, skripsi saya yang berjudul:

**“KARAKTER DAN RESISTENSI BAKTERI *Bacillus sp.* DAN *Pseudomonas aeruginosa*. DARI TANAH DI KAWASAN PT. GREAT GIANT PINEAPPLE TERHADAP HERBISIDA DIURON”**

Adalah benar karya saya sendiri, baik gagasan, metode, hasil dan analisisnya. Kemudian, saya juga tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data pada skripsi ini digunakan oleh dosen dan/atau program studi untuk kepentingan publikasi, sepanjang nama saya disebutkan.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ilmiah, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 21 Agustus 2024

Yang Menyatakan,



Aina Tusa'diah

NPM. 2017061026

## RIWAYAT HIDUP



**Aina Tusa'diah**, atau akrab disapa Aina, lahir di kota Bekasi, pada tanggal 18 Agustus 2002. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Ismail dan Ibu Sumini dengan satu saudara kandung.

Penulis menempuh pendidikan pertamanya di RA Bahrul Ulum pada tahun 2007, dan melanjutkan pendidikan dasar di SDN 2 Krawangsari Natar pada tahun 2008-2014, kemudian penulis melanjutkan jenjang pendidikannya di MTs Al-Khairiyah Natar pada tahun 2014-2017. Penulis melanjutkan jenjang yang lebih tinggi di SMAS Gajah Mada Bandar Lampung pada tahun 2017-2020. Setelah itu penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) angkatan 2020.

Selama menjadi mahasiswa di Jurusan Biologi FMIPA Unila, penulis pernah menjadi asisten pada mata kuliah Teknik Biomolekuler, Keselamatan Kerja Laboratorium (KKL), Mikrobiologi Umum dan Mikrobiologi Bahan Pangan. Selain itu penulis juga aktif mengikuti organisasi seperti Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) sebagai anggota Saintek dan Panitia Olimpiade PKSDA XXV, dan Anggota Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FMIPA Unila pada dinas Sosial dan Pengabdian Masyarakat (SPM).

Pada tahun 2020, penulis pernah mengikuti kegiatan karya wisata ilmiah (KWI) di desa Karang Anyar, Kec. Jati Agung, Kab. Lampung Selatan, Lampung. pada tahun 2021, penulis mengikuti program MBKM yaitu program Kurator Hayati



(KH) Fakultas Biologi UGM. Pada tahun 2023, Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Laboratorium Mikrobiologi, Department sustainable Agri Material Dev & Protec, PT. Great Giat Pineapple, Terbanggi Besar, Lampung Tengah, Lampung, pada bulan Januari-Februari 2023 dengan judul **“Uji Patogenitas Penyebab Penyakit Moko Pada Pisang Cavendish di PT. Great Giant Pineapple”**. Pada tahun 2023 juga, penulis mengikuti program MBKM Riset di PT. Great Giant Pineapple pada bulan Maret-Mei 2023, kemudian melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa reno Basuki, Kec. Rumbia, Kabupaten Lampung Tengah, Lampung, pada Juni-Agustus 2023. Penulis menyusun skripsi dengan judul **“Karakter dan Resistensi Bakteri *Bacillus sp.* dan *Pseudomonas aeruginosa.* Dari Tanah di Kawasan PT. Great Giant Pineapple Terhadap Herbisida Diuron”**.

## **PERSEMBAHAN**

*Dengan mengucap syukur kehadirat Allah SWT yang maha kuasa, saya persembahkan karya kecil ini dengan kesungguhan hati sebagai tanda cinta kepada:*

*Dua orang paling berharga di hidup saya, yakni Ibu Sumini dan Nenek Leginem, Serta Kakek Ngadiman dan Athaya Kiara Ramadhanti yang telah memberikan kasih sayang, dukungan, motivasi, serta menjaga dan melindungi saya dengan do'a yang ibu dan nenek panjatkan setiap saat hingga setiap langkah saya selalu di ringankan dan dimudahkan hingga saat ini;*

*Dosen-dosen yang telah membimbing, mengarahkan dan mengajarkan saya ilmu serta bimbingan dengan tulus dan ikhlas hingga saya berhasil mendapatkan gelar sarjana;*

*Orang-orang yang telah hadir dan memberikan saya pelajaran kehidupan;*

*Almamater tercinta, Universitas Lampung.*

## MOTTO

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

“Maka, sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan” (Qs. Al Insyirah: 5)

“No limit, gon’ touch the sky” (IKON)

“Yang tidak merasakan tidak akan paham, yang tidak mengalami tidak akan mengerti” (Naruto Shippuden)

“Hidup ini adalah sebuah petualangan. Semua orang memiliki petualangannya masing-masing, maka jadilah seorang petualang yang melakukan hal terbaik” (Tere Liye)

“Orang beradab sudah pasti berilmu, orang berilmu belum tentu beradab maka dahulukan lah adab yang baik sebelum kamu belajar ”

(Para dosen kebanggaan penulis)

“Rasa sakit akan membuatmu berkembang” (Penulis)

## SANWACANA

*Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT. Karena berkat rahmat dan hidayah NYA kepada penulis sehingga mampu dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Karakter dan Resistensi Bakteri *Bacillus sp.* dan *Pseudomonas aeruginosa.* Dari Tanah di Kawasan PT. Great Giant Pineapple Terhadap Herbisida Diuron”**. Dibuat sebagai bentuk pertanggungjawaban penulis selama menempuh pendidikan S1 dan merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Universitas Lampung.

Skripsi ini menjadi saksi bisu perjuangan penulis dalam proses menuntut ilmu sekaligus penerapannya secara langsung melalui penelitian dan penulisan karya ilmiah. Penyusunan dan penulisan skripsi ini tentu tidak lepas dari pencerahan, kritik, saran, dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak sehingga dapat terselesaikan pada waktu yang tepat. Untuk itu penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan mengucapkan terimakasih kepada:

1. Orang tua penulis, Ibu Sumini dan Nenek Leginem, Kakek Ngadiman, dan Athaya Kiara Ramadhanti yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, motivasi, serta do'a yang tulus, ikhlas dan tak pernah putus disetiap sujud sehingga menemani perjalanan hidup penulis hingga saat ini;
2. Ibu Rochmah Agustrina, Ph.D., selaku Pembimbing I atas arahan waktu dan tenaganya yang telah sabar memberikan bimbingan, arahan serta masukan kepada penulis selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini;
3. Bapak Wawan Abdullah Setiawan, S.Si., M.Si. selaku pembimbing II yang telah memberikan arahan, masukan, kritik, dan saran kepada penulis selama melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi ini;

4. Bapak Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc., selaku Pembahas yang telah memberikan masukan kritik, saran, kepada penulis demi kesempurnaan dalam penelitian maupun penyusunan skripsi ini;
5. Ibu Dra. Elly Lestari Rustiati, S.Si., M.Sc. Selaku dosen pembimbing akademik yang senantiasa memberikan saran, semangat dan bimbingan selama penulis mengemban pendidikan di bangku perkuliahan;
6. Seluruh Dosen jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat di bangku perkuliahan dan mengantarkan penulis mencapai gelar sarjana;
7. Bapak Dr. Jani Master, S.Si., M.Si. selaku ketua jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung;
8. Ibu Gina Dania Pratami, S.Si., M.Si. selaku kaprodi S1 Biologi Terapan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung;
9. Ibu Oni Mastuti, S.Si. selaku Laboran Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Lampung atas dedikasi dan kepedulianya yang luar biasa kepada seluruh peneliti mikrobiologi selama bertugas, saran dan masukan, doa-doa, motivasi, hal positif dan semangat yang selalu diberikan untuk penulis;
10. Siti Nurlela Wati selaku sahabat sekaligus rekan seperjuangan penulis selama menjalankan perkuliahan dan penelitian yang telah berkerjasama, membantu, mendukung, susah senang bersama, berbagi keluh kesah, memberikan uluran tangan tulus, memberikan motivasi dan menghibur penulis;
11. Seluruh peneliti di Laboratorium Mikrobiologi angkatan 20 yang namanya tidak bisa disebutkan satu persatu atas bantuan dan arahan yang diberikan, pembelajaran, kerjasama, dan pengalaman yang didapat selama penulis menjalani penelitian;
12. Anggota GTP lela, nofa, lutfiah, khatarina, dyta, alvina dan aliya, selaku teman penulis yang senantiasa memberikan motivasi, dan semangat dan dukungan selama penulis menjalankan penelitian;
13. Anggota squad Alhamdulillah Siti Nurlela Wati dan Khusnul Nur Afifah yang selalu menemani penulis dari awal perkuliahan hingga sekarang.

14. Arini Rahma dan Erina Mauditia selaku teman masa kecil penulis hingga kini yang menjadi tempat bercerita segala hal, teman yang selalu menggilgila bersama dan teman yang selalu mengukir senyum di wajah penulis;
15. Sahabat dan teman-teman Biologi Terapan 20 yang telah berjuang bersama dari awal menjadi mahasiswa baru, mengalami pengkaderan bersama, belajar online dan offline bersama sampai saat ini dan seterusnya yang selalu memberi dukungan serta pelajaran dalam setiap perjalanan hidup penulis di bangku perkuliahan;
16. Takumi Kitamura dan seluruh anggota band Dish// yang selalu menghibur penulis dengan lagu-lagu yang berisi motivasi, semangat, dan hiburan disaat penulis bosan, bingung, kesulitan, stres, sedih dan juga senang.
17. Terimakasih untuk diri yang telah berjuang mencapai titik ini, menghadapi banyak hal sulit, keluar dari zona nyaman, melawan ketakutan, berani mengambil resiko, memiliki pemikiran yang positif, dan selalu memiliki keyakinan bahwa didepan sana pasti ada masa depan yang cerah.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini tidak lepas dari kesalahan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis akan dengan senang hati menerima kritik, saran, dan masukan yang membangun agar menjadi evaluasi dan perbaikan kedepannya sehingga skripsi ini dapat berguna serta bermanfaat bagi kita semua, Aamiin.

Bandar Lampung, 21 Agustus 2024

Penulis,

Aina Tusa'diah

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>MENGESAHKAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....</b>	<b>vii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>viii</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>x</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>xi</b>
<b>SANWACANA .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xix</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Kerangka Pemikiran.....	3
1.4 Hipotesis .....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Tanah.....	6
2.2 Herbisida .....	7
2.2.1 Herbisida Diuron.....	8
2.3 Resistensi Bakteri terhadap Herbisida .....	11
2.3.1 <i>Bacillus sp.</i> .....	12
2.3.2 <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	14



<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>17</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	17
3.2 Alat dan Bahan .....	17
3.3 Rancangan Penelitian .....	18
3.4 Bagan Alir Penelitian .....	20
3.5 Pelaksanaan Penelitian .....	21
3.5.1 Pembuatan Media .....	21
3.5.1.1 Medium MSM ( <i>Mineral Salt Medium</i> ) .....	21
3.5.1.2 Medium NA ( <i>Nutrient Agar</i> ) .....	21
3.5.1.3 Medium NB ( <i>Nutrient Broth</i> ) .....	22
3.5.2 Peremajaan dan Subkultur Isolat Bakteri .....	22
3.5.3 Karakterisasi Isolat Bakteri .....	22
3.5.3.1 Karakterisasi Secara Makroskopis .....	22
3.5.3.2 Uji Gram pada Bakteri .....	23
a. Pewarnaan Gram .....	23
b. Uji Bakteri dengan KOH 3% .....	24
3.5.4 Uji Biokimia Isolat Bakteri .....	25
3.5.4.1 Uji Katalase .....	25
3.5.4.2 Uji Protease .....	26
3.5.4.3 Uji Amilase .....	27
3.5.4.4 Uji Lipase .....	28
3.5.5 Uji Resistensi Isolat Bakteri Terhadap Herbisida .....	28
3.5.5.1 Pengukuran Kurva Pertumbuhan Isolat bakteri Terhadap Herbisida Diuron 100 ppm Menggunakan <i>Haemocytometer</i> .....	29
3.5.6 Analisis Data .....	30
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
4.1 Karakterisasi Isolat Bakteri .....	31
4.1.1 Karakterisasi Secara Makroskopis .....	31
4.1.2 Uji Gram pada Bakteri .....	32
a. Pewarnaan Gram .....	32
b. Uji Bakteri dengan KOH 3% .....	34
4.2 Uji Biokimia Bakteri .....	35
4.2.1 Uji Katalase .....	35
4.2.2 Uji Protease .....	37
4.2.3 Uji Amilase .....	39
4.2.4 Uji Lipase .....	40
4.3 Uji Resistensi Isolat Bakteri Terhadap Herbisida Diuron .....	42
4.3.1 Pengukuran Kurva Pertumbuhan Isolat Bakteri Terhadap Herbisida Diuron 100 ppm Menggunakan <i>Haemocytometer</i> .....	48
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>52</b>
5.1 Simpulan .....	52
5.2 Saran .....	52

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>54</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>62</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Tata Letak Satuan Percobaan .....	18
Tabel 2. Hasil Uji Karakterisasi Isolat Bakteri .....	31
Tabel 3. Hasil Uji Pewarnaan Gram Isolat Bakteri pada perbesaran 1000x ....	33
Tabel 4. Hasil Uji Bakteri dengan KOH 3% .....	34
Tabel 5. Hasil Uji Katalase Isolat Bakteri.....	36
Tabel 6. Hasil Uji Protease Isolat Bakteri .....	38
Tabel 7. Hasil Uji Amilase Isolat Bakteri .....	39
Tabel 8. Hasil Uji Lipase Isolat Bakteri.....	41
Tabel 9. Hasil Statistik Two Way Anova Pada Uji Daya Degradasi Isolat Bakteri Terhadap Herbisida Diuron .....	42
Tabel 10. Hasil Uji Tukey pada perlakuan Isolat Bakteri dan Konsentrasi Herbisida Diuron Terhadap Jumlah Sel Bakteri .....	43
Tabel 11. Hasil Uji Tukey Interaksi Antar Perlakuan Terhadap Jumlah Sel Bakteri.....	44
Tabel 12. Hasil Kurva Pertumbuhan Bakteri dengan <i>Haemocytometer</i> .....	48

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Rumus Bangun Herbisida Diuron .....	8
Gambar 2. Struktur kimia 3D Diuron .....	8
Gambar 3. Morfologi <i>Bacillus sp.</i> .....	13
Gambar 4. Morfologi <i>Pseudomonas aeruginosa.</i> .....	15
Gambar 5. Diagram Alir Penelitian .....	20
Gambar 6. Morfologi koloni bakteri .....	23
Gambar 7. Pewarnaan Gram bakteri, a. Gram positif, b. bakteri Gram negatif .....	24
Gambar 8. Uji bakteri dengan KOH positif .....	25
Gambar 9. Uji katalase positif.....	26
Gambar 10. Uji Protease positif.....	26
Gambar 11. Uji amilase positif .....	27
Gambar 12. Uji Lipase positif.....	28
Gambar 13. Kurva Pertumbuhan Bakteri CC20 dan Y1 Menggunakan <i>Haemocytometer</i> .....	49

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tanah memiliki banyak manfaat bagi kehidupan salah satunya untuk pertanian. Permasalahan yang selalu muncul pada lahan pertanian adalah adanya tanaman pengganggu atau gulma yang menyebabkan penurunan hasil panen (Ramadhani, 2018). Upaya membasmi gulma dilakukan dengan cara pencabutan secara manual, namun cara ini menghabiskan banyak tenaga dan hasilnya kurang efektif. Cara yang efektif dan cepat dalam membasmi gulma adalah dengan menggunakan herbisida sintetik. Namun penggunaan herbisida secara terus-menerus dapat mencemari lingkungan, yaitu adanya akumulasi residu herbisida pada lahan pertanian (Arif, 2015).

Salah satu herbisida yang sering digunakan adalah diuron. Diuron merupakan herbisida sistemik yang mudah diserap sistem perakaran gulma di dalam tanah sehingga mampu menyebabkan kematian gulma dengan cepat (Dinasqi, 2023). Pemakaian diuron yang berlebihan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan karena residu herbisida diuron mengandung senyawa toksik yang tidak mudah terurai baik secara kimiawi maupun oleh mikroorganisme dalam tanah (Dewi *et al.*, 2017). Akumulasi herbisida yang beracun di lingkungan dapat merubah struktur tanah, bila terserap oleh tanaman budidaya yang kemudian dikonsumsi akan mengakibatkan berbagai dampak buruk bagi kesehatan manusia (Ardiwinata & Nursyamsi, 2012). Akumulasi residu herbisida dalam tanah

juga dapat menyebabkan mikroorganisme non target mati sehingga tanah menjadi gersang dan miskin hara (Benu *et al.*, 2020).

Salah satu upaya perbaikan tanah tercemar residu herbisida adalah dengan proses bioremediasi. Bioremediasi adalah proses perbaikan lingkungan menggunakan organisme hayati, salah satunya yaitu dengan memanfaatkan mikroorganisme (Destania & Prihatini, 2022). Bakteri tanah merupakan mikroorganisme yang dapat dimanfaatkan sebagai pendegradasi residu herbisida karena kemampuan resistensinya terhadap senyawa kimia herbisida. Resistensi bakteri adalah kemampuan dari bakteri untuk menahan efek toksik senyawa kimia herbisida. Resistensi terjadi ketika bakteri mampu mengeluarkan gen resisten sehingga dapat mengurangi efektifitas dari suatu ekstrak dan bahan kimia yang memiliki aktivitas untuk menghambat bakteri (Nuzulia & Santoso, 2017). Degradasi senyawa kimia oleh bakteri berlangsung melalui suatu seri reaksi kimia yang cukup kompleks di lingkungan. Degradasi ini merupakan proses yang sangat penting untuk mengurangi kadar bahan-bahan berbahaya di lingkungan. Dalam proses degradasinya, bakteri menggunakan senyawa kimia tersebut untuk pertumbuhan dan reproduksinya (Apriliya *et al.*, 2020). Degradasi residu herbisida oleh bakteri difasilitasi oleh adanya enzim fungsional yang dimiliki oleh bakteri. Enzim hidrolase yang dihasilkan oleh mikroba tanah dapat memutuskan susunan kimia herbisida. Sel-sel bakteri mengeluarkan enzim oksidasi ke dalam tanah yang menyebabkan naiknya tingkat kelarutan residu herbisida menjadi unsur organik yang dapat diserap oleh tumbuhan (Dewi *et al.*, 2017). Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa mikroba yang termasuk ke dalam kelompok bakteri *Bacillus sp.* dan *Pseudomonas sp.* mampu mendegradasi senyawa residu herbisida (Hariadi, 2018). Penelitian Kumar *et al.*, (2019) menunjukkan, kelompok bakteri *Bacillus sp.* resisten terhadap herbisida sintetik dan dapat menguraikan senyawa tersebut menjadi senyawa yang tidak berbahaya. Sedangkan hasil penelitian Ngawit (2018) menunjukkan bahwa kelompok bakteri *Pseudomonas sp.* mampu

mendegradasi residu herbisida 2,4-D amine yang dibuktikan dengan semakin berkurangnya residu herbisida seiring dengan lamanya waktu inkubasi.

Di PT. Great Giant Pineapple diketahui ada berbagai jenis isolat bakteri dari tanah diantaranya yaitu Isolat bakteri CC20 dan Y1, CC20 adalah bakteri *Bacillus sp.* dan Y1 adalah bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Dalam penelitian ini dilakukan uji karakter dan resistensi isolat bakteri CC20 dan Y1 yang diperoleh dari tanah di kawasan GGP terhadap herbisida diuron. Metode uji yang digunakan adalah uji karakter ISASI, uji biokimia dan uji resistensi isolat bakteri terhadap herbisida diuron.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah;

1. mengetahui karakter morfologi dan kemampuan resistensi bakteri *Bacillus sp.* dan *Pseudomonas aeruginosa*. dari tanah di kawasan GGP terhadap herbisida diuron dan
2. mengetahui bakteri *Bacillus sp.* dan *Pseudomonas aeruginosa*. yang memiliki kemampuan resistensi terhadap herbisida diuron paling baik.

## 1.3 Kerangka Pemikiran

Herbisida merupakan bahan kimia yang digunakan untuk membasmi gulma. Salah satu herbisida yang sering digunakan yaitu diuron. Diuron termasuk herbisida sistemik yang mudah diserap oleh sistem perakaran dari dalam tanah sehingga dapat menyebabkan kematian gulma dengan cepat. Penggunaan herbisida diuron secara terus-menerus dapat menyebabkan akumulasi residu pada permukaan tanah sehingga



mencemari lingkungan. Herbisida diuron dapat merubah struktur tanah dan beracun sehingga dapat mengakibatkan kematian pada mikroorganisme non target, tanah menjadi gersang, dan miskin unsur hara. Akumulasi senyawa toksik di dalam tanah juga dapat terserap oleh tanaman budidaya sehingga jika termakan oleh manusia akan mengakibatkan berbagai dampak buruk bagi kesehatan manusia.

Upaya dalam mengatasi akumulasi residu herbisida diuron yang mencemari tanah dapat dilakukan dengan bioremediasi yaitu dengan memanfaatkan bakteri tanah yang resistensi terhadap suatu senyawa kimia sebagai pendegradasi residu herbisida. Beberapa penelitian menyatakan bahwa degradasi senyawa kimia oleh bakteri yang berlangsung melalui suatu seri reaksi kimia yang cukup kompleks di lingkungan ini merupakan proses yang sangat penting untuk mengurangi kandungan bahan-bahan berbahaya di lingkungan. Dalam proses degradasinya, bakteri menggunakan senyawa kimia tersebut untuk pertumbuhan dan reproduksinya. Degradasi residu herbisida oleh bakteri difasilitasi oleh adanya enzim-enzim yang disintesis oleh bakteri. Enzim hidrolase yang dihasilkan oleh mikroba tanah dapat menguraikan susunan kimia herbisida. Enzim oksidasi yang disekresikan sel-sel bakteri ke dalam tanah menyebabkan naiknya tingkat kelarutan residu herbisida menjadi unsur-unsur yang dapat diserap oleh tumbuhan. Beberapa hasil penelitian sebelumnya membuktikan bahwa mikroba dari kelompok bakteri *Bacillus sp.* dan *Pseudomonas sp.* mampu mendegradasi residu herbisida. Kelompok bakteri *Bacillus sp.* terbukti resisten terhadap herbisida sintetik dan dapat menguraikan senyawa tersebut menjadi senyawa yang tidak berbahaya. Sedangkan kelompok bakteri *Pseudomonas sp.* terbukti mampu mendegradasi residu herbisida 2,4-D amine yang dibuktikan dengan semakin berkurangnya residu herbisida seiring dengan lamanya waktu inkubasi.

PT. Great Giant Pineapple (GGP) diketahui memiliki beberapa isolat bakteri dari tanah diantaranya isolat bakteri *Bacillus sp.* (CC20) dan *Pseudomonas aeruginosa* (Y1). Kedua isolat mikroba ini belum diketahui kemampuan resistensinya terhadap herbisida diuron. Dalam penelitian ini dilakukan uji resistensi kedua isolat bakteri tersebut terhadap herbisida diuron.

#### **1.4 Hipotesis**

Hipotesis dilakukannya penelitian ini sebagai berikut:

1. bakteri *Bacillus sp.* dan *Pseudomonas aeruginosa.* dari tanah di kawasan GGP memiliki karakter morfologi yang beragam dan memiliki kemampuan resistensi terhadap herbisida diuron dan
2. diperoleh salah satu dari bakteri *Bacillus sp.* dan *Pseudomonas aeruginosa.* yang memiliki kemampuan resistensi terhadap herbisida diuron paling baik.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanah

Tanah merupakan lingkungan hidup bagi mikroorganisme seperti bakteri, jamur, protozoa, dan actinomycetes karena mengandung berbagai bahan organik, anorganik, dan mineral. Tanah dapat diumpamakan sebagai suatu gudang hidup yang di dalamnya terdapat miliaran mikroba yang bertindak sebagai pabrik yang dapat menghasilkan bio-nitrogen dan unsur hara lainnya untuk tanaman. Mikroorganisme pengikat N mampu mengubah nitrogen di atmosfer yang tidak bisa digunakan oleh tanaman menjadi bentuk yang dapat digunakan oleh tanaman (Herman *et al.*, 2010).

Kesehatan tanah di dalam sistem pertanian ditunjukkan oleh organisme dalam tanah yang dinamis yang mampu mendukung perkembangan serta pertumbuhan tanaman yang sehat. Daya dukung tanah dipengaruhi oleh tekstur serta struktur tanah, kandungan hara, siklus bahan organik, kedalaman lapisan permukaan, serta terbebas dari keberadaan bahan-bahan berbahaya di dalam tanah. Penggunaan tanah pada sektor pertanian tanpa diimbangi dengan upaya perbaikan akan menyebabkan degradasi atau kerusakan tanah. Degradasi atau kerusakan tanah ditandai dengan hilang atau menurunnya fungsi tanah sehingga tanah mengalami penurunan kemampuannya dalam mendukung pertumbuhan tanaman yang produktif (Puspitasari & Khairuddin, 2016). Salah satu faktor yang dapat mendegradasi kualitas tanah yaitu dengan penggunaan bahan kimia pertanian seperti herbisida secara berlebihan. Akumulasi kelebihan herbisida akan mencemari tanah dalam bentuk residu herbisida. Menurut

Tarumingkeng (1992), akumulasi residu herbisida disebabkan karena lapisan atas tanah memiliki kandungan organik paling banyak sehingga herbisida mudah terabsorpsi dan terikat kuat sehingga akan menghambat terjadinya penguapan herbisida.

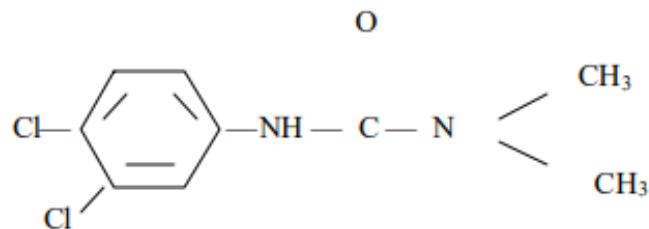
## 2.2 Herbisida

Herbisida merupakan bahan kimia yang biasanya digunakan untuk membasmi gulma dan menghambat tanaman liar yang mengganggu tanaman budidaya (Widowati *et al.*, 2017). Menurut Santoso *et al* (2015) herbisida adalah senyawa yang jika digunakan dalam dosis yang tepat dapat menghentikan pertumbuhan gulma sementara atau permanen karena bersifat racun yang cepat menyerap ke dalam permukaan tanah. Herbisida yang diaplikasikan dengan dosis yang tinggi akan menyebabkan seluruh bagian tanaman gulma mati. Pada dosis yang lebih rendah, herbisida hanya akan membunuh tumbuhan gulma tertentu dan tidak merusak tumbuhan gulma lainnya. Menurut Tjitrosoedirdjo *et al* (1984), kontak antara partikel tanah dan molekul herbisida dapat terjadi dengan beberapa cara, yaitu adsorpsi, pencucian, volatilitas, dan degradasi herbisida di dalam tanah.

Herbisida yang secara-terus menerus digunakan akan menyebabkan resistensi, sehingga gulma yang awalnya peka terhadap herbisida lama kelamaan menjadi toleran. Resistensi merupakan lamanya aktivitas biologi herbisida dalam tanah akibat penyerapan, volatilitas, pencucian dan degradasi. Herbisida dengan persistensi rendah menandakan bahwa lamanya aktivitas biologi herbisida di dalam tanah rendah. Sedangkan herbisida dengan persistensi tinggi menandakan bahwa lamanya aktivitas biologi herbisida dalam tanah tinggi. Dengan demikian, semakin rendah tingkat persistensi suatu herbisida semakin baik kualitas tanah (Firmansyah, 2016).

### 2.2.1 Herbisida Diuron

Diuron adalah herbisida yang termasuk ke dalam golongan urea. Herbisida ini berbahan aktif 3,4-D, dengan unsur kimia  $C_9H_{10}Cl_2N_2O$  dan rumus kimia *3-(3,4-dichlorophenyl)-1,1-dimethylurea* (Gambar 1) (Maria *et al.*, 2006). Diuron memiliki 35 ikatan yang terdiri dari 26 ikatan non-H, 8 ikatan rangkap tiga, 3 ikatan putar, 2 ikatan rangkap dua, 6 ikatan aromatik, 1 cincin beranggota 6, 1 turunan urea, dan 1 imida (Chemical Compound Deep Data Source, 2022). Struktur 3D diuron dapat dilihat pada (Gambar 2).



*3-(3,4-dichlorophenyl)-1,1-dimethylurea*

**Gambar 1.** Rumus Bangun Herbisida Diuron (Maria *et al.*, 2006)



ChemEssen.com

**Gambar 2.** Struktur kimia 3D Diuron. (Chemical Compound Deep Data Source, 2022)

Herbisida diuron banyak digunakan untuk mengendalikan gulma pada perkebunan tebu, kapas, karet, teh, nanas, pisang, jagung dan sebagainya. Herbisida diuron dalam keadaan murni berbentuk kristal putih, tidak menguap, tidak mudah terbakar, dan tidak berbau, meleleh pada suhu 158-159°C, larut dalam air pada suhu 25°C dan tahan terhadap dekomposisi. Toksisitas diuron terhadap manusia dan ternak rendah (Maria *et al.*, 2006).

Diuron merupakan herbisida sistemik yang mudah terserap oleh sistem perakaran gulma dari dalam tanah dan akan dengan cepat ditranslokasikan ke seluruh bagian tumbuhan khususnya batang dan daun melalui sistem transpirasi yang bergerak dalam xilem (Sembodo, 2023; Maria *et al.*, 2006), sehingga menyebabkan tumbuhan mengalami kematian total (Dinasqi, 2023). Di dalam jaringan tumbuhan herbisida diuron menyebabkan dehidrasi, yang paling utama melalui pelepasan gugus metil. Mekanisme kerja primer herbisida diuron dalam gulma adalah dapat menghambat reaksi pemecahan air pada proses fotosintesis pada fotosistem II, yang mengakibatkan adanya produksi sejumlah oksidan yang dapat merusak membran dan pigmen sehingga merusak sel lebih cepat (Fauziah, 2018), akibatnya pembentukan ATP dan NADPH terganggu (Maria *et al.*, 2006). Gejala yang akan terlihat pada gulma yang terkena diuron yaitu klorosis, nekrosis, dan kekeringan (Fauziah, 2018).

Diuron di dalam tanah dapat didegradasi salah satunya oleh mikroba tanah. Beberapa mikroba yang dapat mendegradasi diuron berasal dari kelompok *Bacillus sp.* dan *Pseudomonas sp.* (Dellamatrice and Monteiro, 2004; Khastini *et.al.*, 2022). Degradasi diuron di dalam tanah dimulai dengan hilangnya gugus N-methyl yang menyebabkan penurunan aktivitas diuron dalam tanah, kemudian diikuti dengan hilangnya gugus urea, dan terbentuk 3,4-dichloroaniline, amonia dan

CO<sub>2</sub> yang merupakan produk degradasi diuron (Dellamatrice and Monteiro, 2004).

Dampak negatif penggunaan diuron, yaitu meninggalkan residu pada permukaan tanah yang dalam waktu lama akan membuat tanah tercemar. Diuron menyebabkan pencemaran karena umumnya mempunyai persistensi dan mobilitas yang tinggi dalam tanah, karakter diuron seperti ini memang diperlukan agar kinerja herbisida optimum, sebagai herbisida residual. Diuron dapat membentuk lapisan tipis pada permukaan tanah (Fauziah, 2018) dalam waktu relatif lama (Maria *et al.*, 2006), karena 2 alasan berikut:

1. diuron tidak mudah larut dalam air sehingga tahan dari pencucian dan
2. diuron memiliki tingkat absorpsi yang tinggi oleh koloid tanah.

Akumulasi residu herbisida dalam tanah merupakan akibat penggunaan herbisida yang kurang terkontrol dan berlebihan yang dalam waktu lama dapat menyebabkan tanah mengalami perubahan komposisi yang cukup signifikan karena beberapa herbisida tertentu memiliki ikatan kimia yang sulit didegradasi, akibatnya lingkungan tercemar dan menyebabkan keracunan pada tanaman budidaya (Rahmansyah & Sulistinah, 2009; Santoso *et al.*, 2015). Akumulasi herbisida maupun pestisida dapat menyebabkan populasi fauna tanah menurun karena residu senyawa kimia herbisida seringkali mengandung senyawa aktif yang kompleks sehingga sulit diuraikan oleh mikroba untuk menjadi senyawa yang lebih sederhana (Dewi *et al.*, 2017). Residu herbisida juga berdampak buruk bagi manusia karena residu herbisida yang terbawa pada hasil pertanian, apabila dikonsumsi oleh manusia akan menimbulkan berbagai dampak buruk bagi kesehatan manusia (Ardiwinata & Nursyamsi, 2012).



### 2.3 Resistensi Bakteri terhadap Herbisida

Secara alami mikroba tertentu mampu beradaptasi pada tanah yang tercemar residu herbisida. Sejumlah mikroba tanah dapat merespon cemaran herbisida dan menjadikannya sebagai sumber karbon dalam proses metabolismenya. Keberadaan bahan organik tanah dimanfaatkan mikroba secara penuh ketika melakukan dekomposisi bahan beracun (Rahmansyah & Sulistinah, 2009). Contoh mikroba tanah yang dapat dimanfaatkan sebagai pendegradasi residu herbisida adalah bakteri yang resistensi terhadap herbisida.

Resistensi merupakan kemampuan mikroorganisme untuk bertahan terhadap efek toksik yang disebabkan senyawa kimia, yaitu dengan cara memperoleh gen resisten melalui mutasi atau perubahan/ pertukaran plasmid (Sukertiasih *et al.*, 2021). Degradasi atau penguraian residu herbisida pada tanah dapat terjadi karena beberapa hal berikut seperti; keberadaan mikroba, reaksi kimia, dan sinar matahari. Proses degradasi residu herbisida dapat terjadi setiap saat dari hitungan jam, hari, sampai tahun tergantung pada kondisi lingkungan dan sifat-sifat kimia herbisida. Bakteri yang tetap bertahan hidup di lingkungan yang mengandung residu herbisida adalah bakteri yang mampu bertahan hidup dalam lingkungan tersebut dan dapat mendegradasi herbisida (Rafsanjani *et al.*, 2020).

Degradasi senyawa kimia herbisida dalam tanah oleh bakteri berlangsung melalui serangkaian reaksi kimia yang cukup kompleks dan merupakan proses yang sangat penting untuk mengurangi kandungan senyawa-senyawa berbahaya di lingkungan. Dalam proses degradasi nya, bakteri menggunakan senyawa kimia tersebut untuk pertumbuhan dan reproduksinya (Apriliya *et al.*, 2020). Degradasi residu herbisida oleh bakteri difasilitasi oleh adanya sintesis enzim-enzim oleh bakteri. Enzim hidrolase yang dihasilkan oleh bakteri dapat memutuskan susunan kimia herbisida. Sel-sel bakteri mengeluarkan enzim oksidasi ke dalam tanah

yang menyebabkan naiknya tingkat kelarutan residu herbisida menjadi unsur organik yang dapat diserap oleh tumbuhan (Dewi *et al.*, 2017). Beberapa jenis bakteri tanah yang resistensi terhadap suatu senyawa kimia diantaranya adalah *Bacillus sp.* dan *Pseudomonas aeruginosa*.

### 2.3.1 *Bacillus sp.*

*Bacillus sp.* adalah bakteri gram positif yang mempunyai sel berbentuk batang, dan dapat tumbuh baik pada kondisi aerob. Spesies tertentu *Bacillus sp.* dapat tumbuh pada kondisi anaerob. *Bacillus sp.* dapat hidup pada suhu lingkungan tinggi dan menghasilkan enzim katalase dan oksidase. Suhu maksimum pertumbuhan *bacillus sp.* adalah 50-55°C dan suhu minimum 15°C, *Bacillus* masih dapat bekerja dengan baik pada kisaran pH antara 7,3-10,5 dan beberapa spesies bahkan mampu hidup pada pH sangat tinggi hingga >11. *Bacillus sp.* dapat hidup pada konsentrasi garam tinggi di atas 10 ppt (Lestari, 2022).

Bakteri *Bacillus sp.* memiliki sifat fisiologis yang berbeda-beda tergantung jenisnya. Kemampuan fisiologis bakteri diantaranya dapat mendegradasi senyawa organik seperti protein, pati, selulosa, hidrokarbon dan agar, mampu menghasilkan antibiotik, berperan dalam proses denitrifikasi dan nitrifikasi, pengikat nitrogen, bersifat kemolitotrof, aerob atau fakultatif anaerob, termofilik, psikrofilik, atau asidofilik (Claus & Barkeley, 1986). Beberapa jenis bakteri *Bacillus sp.* merupakan bakteri yang berasal dari tanah (Astriani and Murtiyaningsih, 2018).

Menurut Vos *et al.*, (2011) klasifikasi *Bacillus sp.* adalah sebagai berikut.

Kerajaan : *Bacteria*

Filum : *Firmicutes*

Kelas : *Bacilli*  
Bangsa : *Bacillales*  
Suku : *Bacillaceae*  
Marga : *Bacillus*  
Jenis : *Bacillus spp.*



**Gambar 3.** Morfologi *Bacillus sp.* (Janah, 2022)

Bakteri *Bacillus sp.* telah banyak dilaporkan mampu mendegradasi senyawa aktif herbisida. Menurut Effendy & Widajatno (2010), bakteri *Bacillus sp.* mampu mendegradasi senyawa herbisida 2-4-diklorofenol yang ditunjukkan dengan adanya penurunan konsentrasi residu senyawa aktif herbisida dalam tanah. Penelitian Kumar *et al.*, (2019) menunjukkan *Bacillus sp.* resisten terhadap herbisida sintetik dan dapat menguraikan senyawa tersebut menjadi senyawa yang tidak berbahaya. Menurut Khastini *et al* (2022), *Bacillus sp.* dapat digunakan dalam proses bioremediasi karena kemampuannya dalam memanfaatkan senyawa hidrokarbon menjadi sumber energi. *Bacillus sp.* juga menunjukkan kemampuan untuk beradaptasi terhadap lingkungan ekstrim. Hasil penelitian Effendy & Widajatno (2010), membuktikan bakteri *Bacillus sp.* mampu mendegradasi senyawa herbisida 2-4-diklorofenol yang ditunjukkan oleh hasil pengukuran konsentrasi residu yang semakin lama semakin rendah.

### 2.3.2 *Pseudomonas aeruginosa*

*Pseudomonas aeruginosa*. merupakan bakteri gram negatif, yaitu memiliki dinding sel yang terdiri atas tiga lapisan polimer yang berada di luar lapisan peptidoglikan yaitu lipoprotein, membran luar lipopolisakarida, dan fosfolipid. Bakteri gram negatif mampu bertahan dalam kondisi stress akibat tingginya konsentrasi senyawa kimia seperti herbisida. Adanya DNA plasmid pada bakteri gram negatif mengakibatkan bakteri mampu mentoleransi efek racun pada tanah akibat penggunaan bahan kimia herbisida (Naphade *et al.*, 2012).

*Pseudomonas aeruginosa* termasuk ke dalam bakteri dari kelompok *Pseudomonas sp.* Bakteri ini berkapsul, mempunyai flagella polar berukuran 0,5-1,0  $\mu\text{m}$  dan bersifat motil (Anggraeni and Triajie, 2021).

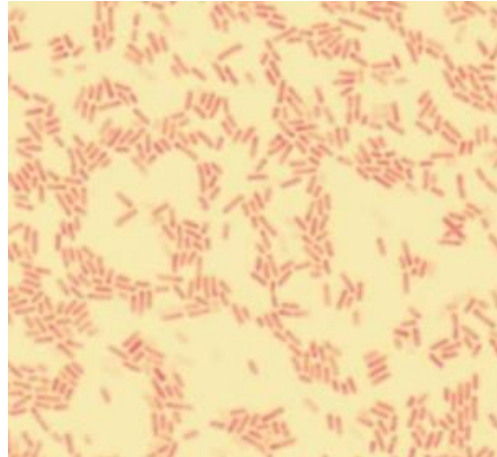
*Pseudomonas aeruginosa*. bersifat patogen bagi manusia dan hewan karena merupakan penyebab penyakit *pneumonia* (Savitri *et al.*, 2019). Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dapat ditemukan hidup bebas di tanah, air, dan flora kulit. *Pseudomonas aeruginosa* tahan terhadap faktor lingkungan dengan konsentrasi yang tinggi seperti kadar garam, zat warna, antiseptik lemah dan berbagai jenis antibiotik.

*Pseudomonas aeruginosa* dapat tumbuh pada suhu optimum 37°C namun dapat juga pada suhu tinggi 42°C. *Pseudomonas aeruginosa* dapat hidup pada minyak diesel sehingga bakteri ini kerap disebut sebagai mikroorganisme pengguna hidrokarbon yang menyebabkan terjadinya pengkaratan (*microbial corrosion*) (Israningsih, 2020).

Menurut Israningsih (2020) klasifikasi bakteri *Pseudomonas aeruginosa* adalah sebagai berikut.

Kerajaan : *Bacteria*  
Filum : *Proteobacteria*  
Kelas : *Gamma Proteobacteria*  
Bangsa : *Pseudomonadales*

Suku : *Pseudomonadaceae*  
Marga : *Pseudomonas*  
Jenis : *Pseudomonas aeruginosa*



**Gambar 4.** Morfologi *Pseudomonas aeruginosa*. (Israningsih, 2020).

Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* adalah salah satu spesies bakteri yang dikenal memiliki kemampuan adaptasi yang sangat baik pada lingkungan ekstrim, termasuk pada lingkungan yang memiliki kandungan residu herbisida dengan konsentrasi tinggi (Syafwan *et al.*, 2023). Menurut Hariadi (2018), kelompok bakteri *Pseudomonas sp.* secara umum memiliki enzim hidrolitik yang penting dalam mendegradasi senyawa polimer menjadi monomer namun *Pseudomonas* memiliki sistem inducible operon yang mampu menghasilkan enzim tertentu dalam proses metabolisme sumber karbon yang tidak biasa digunakan. Oleh sebab itu *Pseudomonas sp.* memiliki peran yang sangat penting dalam proses degradasi berbagai macam polimer seperti senyawa xenobiotik dan pestisida.

Menurut Ngawit (2018), kelompok bakteri *Pseudomonas sp.* mampu mendegradasi residu herbisida 2,4-D amine yang dibuktikan dengan semakin berkurangnya konsentrasi residu herbisida sampel seiring dengan lamanya waktu inkubasi. Beberapa jenis enzim yang dihasilkan oleh *pseudomonas sp.* yang berperan dalam mendegradasi adalah

serine hydrolase, esterase dan lipase (Shimao, 2001). Beberapa penelitian juga melaporkan beberapa spesies *Pseudomonas* terbukti dapat menguraikan senyawa-senyawa beracun dalam logam berat yang teresidu cukup lama dalam tanah (Ngawit, 2018).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari 2024 hingga Mei 2024 di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, Bandar Lampung.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain timbangan analitik, autoclave, vortex, shaker, lampu spirtus, biological safety cabinet, *haemocytometer*, hot plate stirrer, mikroskop, oven, inkubator, erlenmeyer 100 ml, tabung reaksi, petridisk, jarum ose, rak tabung reaksi, mikroskop, kaca preparat, pipet tetes, mikropipet, beaker glass, gelas ukur, syringe membrane filter 0,2  $\mu$ l, aluminium foil, tissue, sarung tangan, spidol permanen, plastik wrap, kertas cakram, kertas, karet, kapas, dan kain kasa.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain medium *Mineral salts medium* (MSM) pH 7.0-7.2, medium *Nutrient Agar* (NA), medium *Nutrient Broth* (NB), medium skim milk agar, tween 80, metil merah, minyak zaitun, tryptone, starch,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , NaCl agar, herbisida diuron, alkohol, akuades, KOH 3%,  $\text{H}_2\text{O}_2$  3% , Crystal violet, safranin, iodin dan isolat bakteri CC20 dan Y1 yang diperoleh dari tanah di kawasan PT. Great Giant Pineapple, Lampung Tengah.



### 3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode observasi dan eksperimen. Metode observasi digunakan untuk mengetahui karakter mikroba secara makroskopis, mikroskopis, dan biokimia. Sedangkan metode eksperimen digunakan untuk menguji kemampuan resistensi isolat bakteri terhadap residu herbisida diuron. Adapun tata letak satuan percobaan disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Tata Letak Satuan Percobaan

<b>Kelompok Ulangan 1</b>	<b>Kelompok Ulangan 2</b>	<b>Kelompok Ulangan 3</b>
YD1	CD4	YD1
CD2	CD1	CD2
YD2	YD4	YD4
CD3	CD3	CD3
CD4	YD2	YD2
YD3	YD3	YD3
YD4	YD1	CD4
CD1	CD2	CD1

Keterangan :

C = Isolat bakteri CC20

Y = Isolat bakteri Y1

D = Herbisida Diuron

1 = Kontrol (Media MSM tanpa pemberian herbisida diuron)

2 = Konsentrasi herbisida diuron 10 ppm

3 = Konsentrasi herbisida diuron 50 ppm

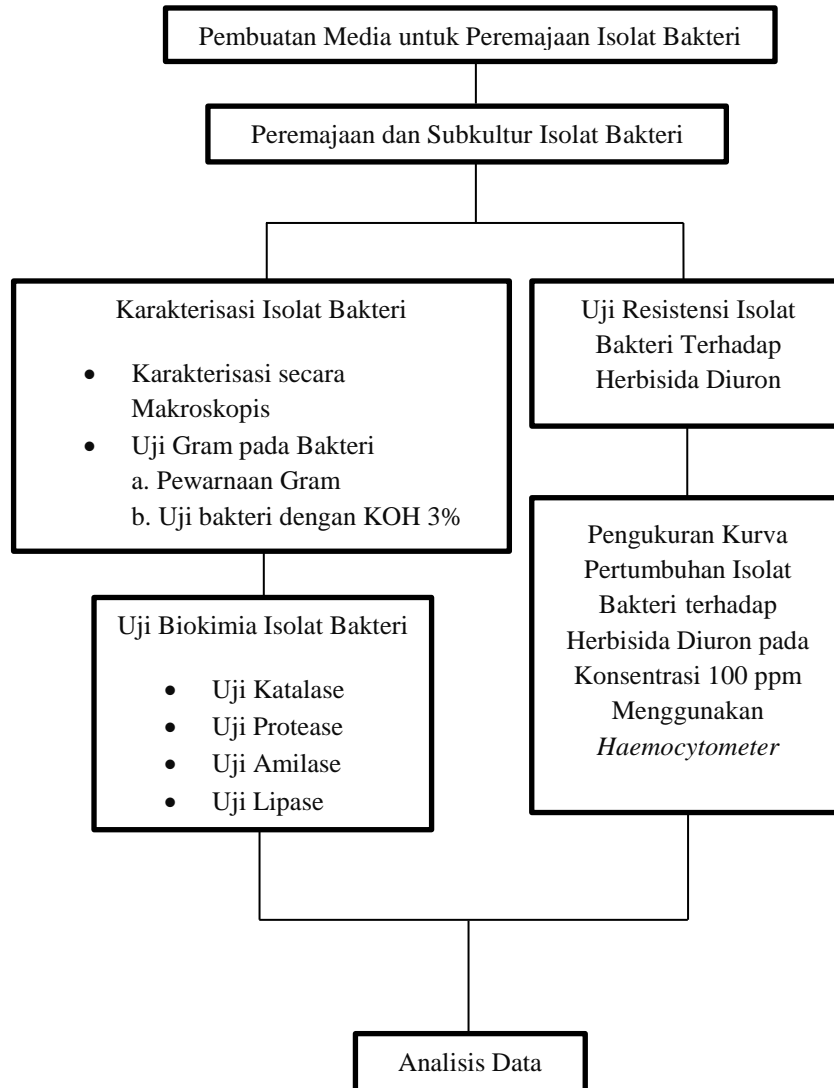
4 = Konsentrasi herbisida diuron 100 ppm

Eksperimen disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan 2 faktor. Faktor pertama adalah 2 isolat bakteri yang berbeda (CC20 dan Y1) dan faktor kedua adalah konsentrasi herbisida diuron yang terdiri atas 4 taraf, yaitu kontrol; 10 ppm; 50 ppm; 100 ppm. Setiap unit percobaan diulang sebanyak 3 kali dan kelompok sebagai

ulangan sehingga total unit percobaan adalah 30 unit percobaan. Parameter yang diamati adalah kemampuan resistensi isolat bakteri terhadap herbisida diuron.

### 3.4 Bagan Alir Penelitian

Berikut merupakan bagan alir tahapan penelitian



**Gambar 5.** Diagram Alir Penelitian

## 3.5 Pelaksanaan Penelitian

### 3.5.1 Pembuatan Media

#### 3.5.1.1 Medium MSM (*mineral salt medium*)

MSM (*mineral salt medium*) adalah media yang tidak mengandung sumber karbon. Media MSM digunakan untuk menguji bakteri yang resistensi terhadap herbisida karena media ini diharapkan akan mendorong bakteri untuk memanfaatkan sumber karbon lain seperti herbisida yang sengaja ditambahkan (Fitria & Zulaika, 2019). Medium MSM disiapkan sebagai berikut; 0,2 MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 1.0 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 1.0 K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0,5 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0,9 CaCl<sub>2</sub>, 0,001 FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 0,5 NaNO<sub>3</sub> (Ginting & Yuniarti, 2022), dimasukkan dalam erlenmeyer, dan ditambahkan 1000 ml aquades dan dihomogenkan. Kemudian disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit.

#### 3.5.1.2 Medium NA (Nutrien Agar)

Medium NA (*Nutrien Agar*) disiapkan dengan menimbang 20 gram media NA dilarutkan dengan 1000 ml aquades, kemudian disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121°C tekanan 1 atm selama 15 menit. Medium NA steril sebanyak 5 ml dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian dibuat medium agar miring untuk peremajaan isolat bakteri CC20 maupun Y1 (Magvirah *et al.*, 2019).

### **3.5.1.3 Medium NB (Nutrien Broth)**

Medium NB (Nutrien Broth) disiapkan dengan menimbang 2 gram medium NB dilarutkan dalam 250 ml aquades, kemudian disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121°C tekanan 1 atm selama 15 menit. Medium NB steril sebanyak 50 ml dimasukkan ke dalam tabung erlenmeyer 100 ml untuk inokulasi isolat bakteri (CC20 dan Y1) pada uji protease.

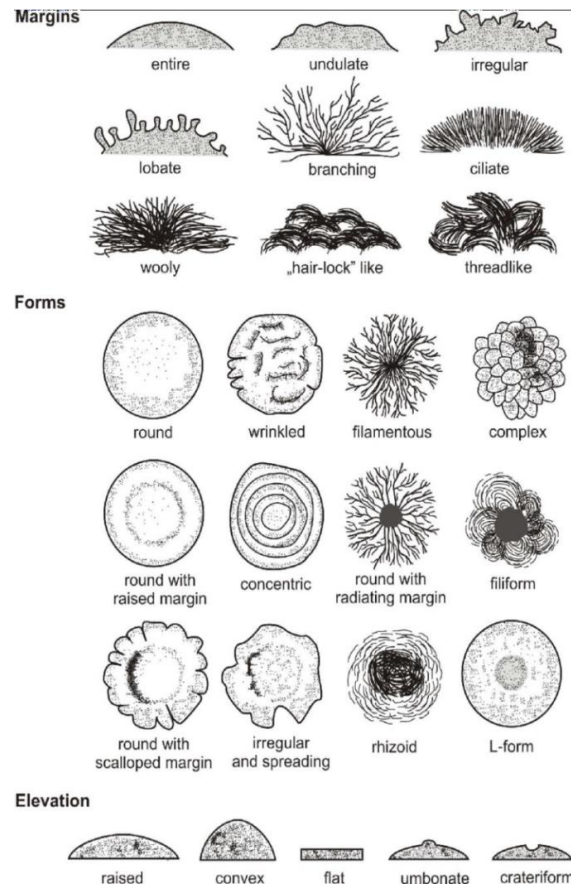
### **3.5.2 Peremajaan dan Subkultur Isolat Bakteri**

Sebanyak 1 ose isolat bakteri diinokulasikan ke dalam medium agar NA miring dalam tabung reaksi secara zig zag. Isolat diinkubasi dalam inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam (Yanti & Rosmania, 2020).

### **3.5.3 Karakterisasi Isolat Bakteri**

#### **3.5.3.1 Karakterisasi Secara Makroskopis**

Karakter makroskopis morfologi bakteri diamati langsung pada media agar untuk mengamati warna, tepi, bentuk, permukaan, dan sudut elevasi yang terbentuk pada isolat (Ekowati *et al.*, 2021). Bentuk morfologi koloni bakteri dapat dilihat pada Gambar 6.



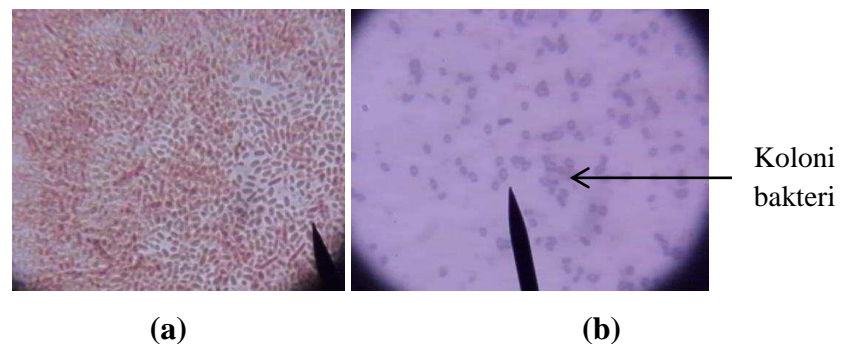
**Gambar 6.** Morfologi koloni bakteri (Istikhory, 2022)

### 3.5.3.2 Uji Gram pada Bakteri

#### a. Pewarnaan Gram

Kaca objek ditetesi 1-2 tetes aquades steril, kemudian ditambahkan 1 ose biakan isolat bakteri. Kaca objek dikering anginkan dan difiksasi di atas bunsen. Isolat yang sudah difiksasi kemudian ditetesi dengan cairan Crystal Violet, didiamkan selama 1 menit kemudian dibilas dengan air mengalir. Selanjutnya isolat ditetesi iodin, didiamkan selama 1 menit kemudian dibilas dengan air mengalir. Selanjutnya

dilakukan dekolorisasi isolat bakteri menggunakan alkohol 96% selama 30 detik. Pemberian cat penutup pada isolat bakteri dilakukan menggunakan safranin dan didiamkan selama 1 menit kemudian dibilas dengan air mengalir. Tutup isolat yang telah diperoleh dengan kaca penutup dan diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 1000x (Ratnaningsih *et al.*, 2020). Jika hasil pewarnaan yang didapatkan berwarna ungu maka bakteri tersebut merupakan bakteri Gram positif, sedangkan jika hasil pewarnaan berwarna merah maka bakteri tersebut merupakan bakteri gram negatif, hal ini dapat dilihat pada Gambar 7.

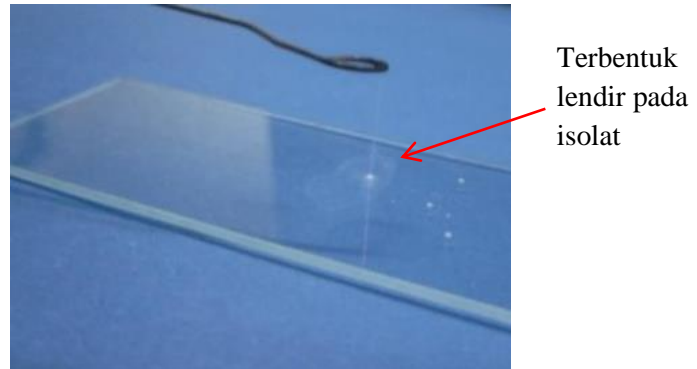


**Gambar 7.** Pewarnaan Gram bakteri, a. Gram negatif, b. Bakteri Gram positif (Fitri & Yasmin, 2011)

#### **b. Uji Bakteri dengan KOH 3%**

Selanjutnya untuk memastikan apakah dalam pewarnaan bakteri jenis gram yang dihasilkan sudah benar maka dilakukan uji bakteri dengan KOH 3% untuk melihat sifat Gram suatu bakteri. Uji bakteri dilakukan menggunakan KOH 3%. Pada objek gelas ditetaskan satu tetes KOH 3%, kemudian ditambahkan satu ose isolat bakteri dan dihomogenkan. Jika hasil penghomogenan isolat bakteri dan

KOH 3% menghasilkan lendir maka bakteri tersebut positif sebagai bakteri Gram negatif (Gambar 8), sebaliknya jika tidak terbentuk lendir maka bakteri tersebut adalah bakteri Gram positif (Anggraini *et al.*, 2016).



**Gambar 8.** Uji bakteri dengan KOH positif (Baroroh *et al.*, 2014)

### 3.5.4 Uji Biokimia Isolat Bakteri

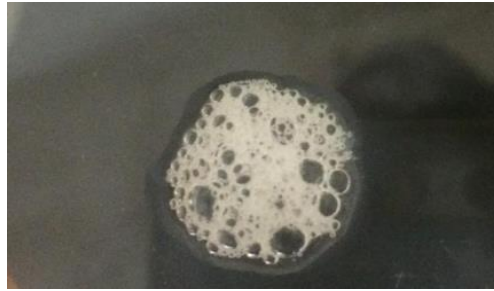
Uji biokimia dilakukan untuk mengidentifikasi dan mendeterminasi suatu biakan murni bakteri hasil isolasi berdasarkan sifat-sifat fisiologisnya. Proses biokimia erat hubungannya dengan metabolisme sel, yaitu berbagai reaksi kimiawi yang dilakukan oleh sel untuk menghasilkan energi yang diperoleh untuk proses pertumbuhan dan perkembangbiakannya (Rahayu & Gumilar 2017).

#### 3.5.4.1 Uji Katalase

Larutan  $H_2O_2$  3% satu tetes diletakan pada kaca objek kemudian ditambahkan satu ose isolat bakteri dan dihomogenkan. Jika terbentuk gelembung-gelembung menandakan hasil uji katalase



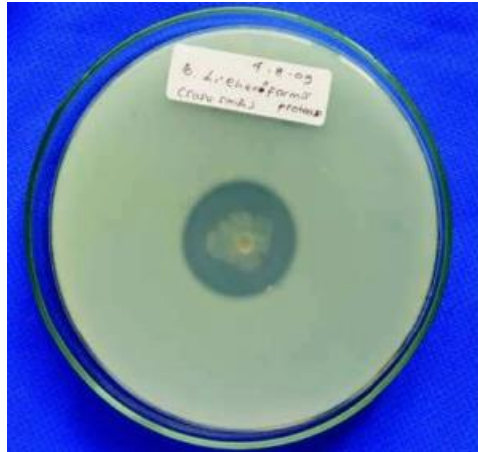
pada bakteri tersebut positif dan jika tidak terbentuk gelembung-gelembung maka hasil uji katalase pada bakteri tersebut negatif (Angraini *et al.*, 2016). Hasil positif uji katalase dapat dilihat pada Gambar 9.



**Gambar 9.** Hasil uji katalase positif (Pulungan & Tumangger, 2018)

#### 3.5.4.2 Uji Protease

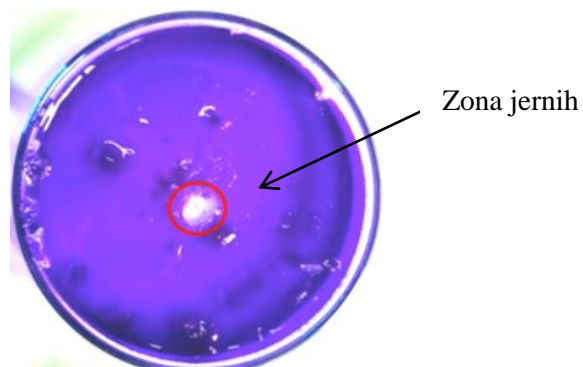
Isolat bakteri diinokulasikan ke dalam medium NB kemudian digoyang dengan shaker selama 24 jam. Rendam kertas cakram pada masing-masing suspensi bakteri selama 15 menit.. Kemudian kertas cakram tersebut diletakan diatas medium skim milk agar dan diinkubasi selama 24 jam. Hasil positif akan ditandai dengan adanya zona jernih di sekitar isolat (Mahdiyah, 2015). Hasil positif uji protease dapat dilihat pada Gambar 10.



**Gambar 10.** Uji Protease positif (Soeka *et al.*, 2011)

#### 3.5.4.3 Uji Amilase

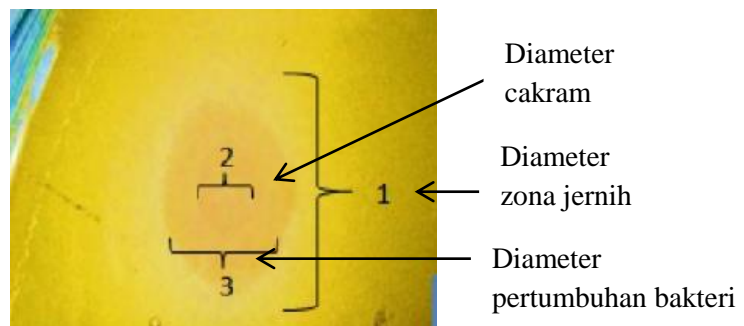
Isolat bakteri diinokulasikan ke dalam medium *agar starch*, kemudian diinkubasi selama 24 jam. Setelah diinkubasi, media yang sebelumnya sudah diinokulasi isolat bakteri ditetesi lugol. Kemudian amati perubahan yang terjadi, medium akan berubah warna menjadi hitam karena adanya kandungan amilum dalam medium tersebut. Jika pada sekitar koloni bakteri terlihat adanya zona jernih, menandakan bahwa isolat bakteri tersebut memiliki enzim amilase yang menghidrolisis amilum (Ulfa *et al.*, 2016). Hasil positif uji amilase dapat dilihat pada Gambar 11.



**Gambar 11.** Uji amilase positif (Silaban & Simamora, 2018)

### 3.5.4.4 Uji Lipase

Isolat bakteri diinokulasikan ke dalam medium selektif dengan komposisi pepton 1 gram, medium *Nutrient Agar* 2 gram, NaCl 0,5 gram, CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O 0,01 gram, Tween 80 2,5 ml, Metil merah 0,04 gram, Minyak Zaitun 5 ml dan Aquades 100 ml. Kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Setelah itu amati perubahan yang terjadi, jika terdapat zona jernih pada media padat menandakan bahwa hasil uji isolat bakteri positif (Bestari & Suharjono 2015). Hasil positif uji lipase dapat dilihat pada Gambar 12.



**Gambar 12.** Uji Lipase positif (Bestari & Suharjono 2015)

### 3.5.5 Uji Resistensi Isolat Bakteri Terhadap Herbisida Diuron

Uji resistensi adalah uji yang dilakukan dengan menambahkan beberapa konsentrasi herbisida ke media pertumbuhan bakteri. Tujuan penambahan herbisida adalah untuk mengetahui ketahanan hidup isolat bakteri pada media pertumbuhan yang telah ditambahkan beberapa konsentrasi herbisida didalamnya. Uji resistensi isolat bakteri CC20 dan Y1 terhadap herbisida diuron dilakukan menggunakan Mineral Salt Medium (MSM) (Pantjara *et al.*, 2017). Isolat bakteri hasil peremajaan pada medium NA

berumur 24 jam diambil sebanyak 1 ose lalu disuspensikan ke dalam 9 ml larutan NaCl fisiologis 0,9% dalam tabung reaksi steril dan dihomogenkan menggunakan vortex selama 15 detik (Iswandari, 2022), kemudian suspensi bakteri diukur kekeruhannya dengan McFarland pada kekeruhan 0.5. Masing-masing suspensi bakteri (CC20 dan Y1) sebanyak 2,5 ml diinokulasikan pada erlenmeyer ukuran 100 ml berisi 25 ml MSM dan konsentrasi herbisida diuron yang telah disterilkan menggunakan syringe membrane filter 0,2  $\mu\text{m}$  (Carranza *et al.*, 2017). Erlenmeyer kemudian digoyang menggunakan shaker dengan kecepatan 120 rpm pada suhu 37°C selama 24 jam (Pratiwi *et al.*, 2012). Bakteri kemudian diamati dan dihitung menggunakan *haemocytometer* di bawah mikroskop pada perbesaran 100x10 (Tyas *et al.*, 2012). Rumus perhitungan jumlah sel bakteri menggunakan *hemocytometer* sebagai berikut (Herlinda *et al.*, 2006).

$$C = \frac{t}{n \times 0,25} \times 10^6$$

Keterangan:

- C : Kepadatan sel  
 T : Jumlah total sel dalam kotak sampel yang diamati  
 N : Jumlah kotak sampel yang digunakan  
 0,25 : Faktor koreksi penggunaan kotak sampel

### **3.5.5.1 Pengukuran Kurva Pertumbuhan Isolat Bakteri Terhadap Herbisida Diuron Pada Konsentrasi 100 ppm Menggunakan *Haemocytometer***

Kurva pertumbuhan bakteri adalah representasi grafis pertumbuhan populasi bakteri dari waktu ke waktu. Kurva pertumbuhan diperlukan untuk mengetahui fase pertumbuhan

bakteri. Metode pengukuran kurva pertumbuhan isolat bakteri CC20 dan Y1 sama dengan metode 3.5.5, namun konsentrasi herbisida diuron yang digunakan hanya pada konsentrasi tertinggi (100 ppm). Kemudian kurva pertumbuhan dibuat dengan mengambil suspensi sebanyak 0,2 ml dari isolat dan dilakukan pengamatan setiap jam ke 3 jam sekali selama 24 jam. Perhitungan jumlah sel bakteri menggunakan *haemocytometer* (Tyas *et al.*, 2012).

### **3.5.6 Analisis Data**

Data pengamatan yang diperoleh selanjutnya akan dianalisis dengan analisis Two Way Anova menggunakan *software Statistical Product and Service Solutions* (SPSS) versi 26.0, untuk mengetahui pengaruh perlakuan. Apabila hasilnya berbeda nyata maka akan dilanjutkan dengan uji Tukey pada taraf nyata 5% .

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini disimpulkan bahwa:

1. kedua jenis bakteri memiliki karakter morfologi yang beragam, yaitu pada bakteri *Bacillus sp.* memiliki karakter morfologi koloni berwarna putih keruh, bentuk *circular*, elevasi *raised*, margin *undulate*, bentuk sel basil dan Gram positif. Sedangkan karakter morfologi bakteri *Pseudomonas aeruginosa* yaitu koloni berwarna putih kekuningan, bentuk *circular*, margins *entire*, elevasi *raised*, bentuk sel Basil dan Gram negatif.
2. bakteri *Bacillus sp.* dan *Pseudomonas aeruginosa.* dari tanah di kawasan PT. GGP memiliki kemampuan resistensi terhadap herbisida diuron pada konsentrasi herbisida tertinggi.
3. bakteri *Pseudomonas aeruginosa.* merupakan jenis bakteri tanah dari kawasan PT. GGP yang memiliki kemampuan resistensi terhadap herbisida diuron paling baik pada konsentrasi herbisida tertinggi yaitu dengan rata-rata jumlah sel bakteri  $4,9 \times 10^7$  sel/ml.

### 5.2 Saran

Disarankan pada penelitian selanjutnya untuk melakukan uji daya degradasi isolat bakteri terhadap residu herbisida diuron secara molekular menggunakan metode kromatografi cair spektrometri massa (LC-MS/MS)

untuk mengukur banyaknya residu herbisida sebelum dan sesudah perlakuan agar hasil degradasi herbisida yang didapatkan lebih signifikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, A., & Triajie, H. (2021). Uji Kemampuan Bakteri (*Pseudomonas aeruginosa*) dalam Proses Biodegradasi Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb), di Perairan Timur Kamal Kabupaten Bangkalan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 2(3), 176–185.  
<https://doi.org/10.21107/juvenil.v2i3.11754>
- Anggraini, R., DwinnaAliza, & Siska Mellisa. (2016). Uji positif ditandai dengan perubahan warna kertas menjadi biru dan uji negatif ditandai dengan tidak terjadi perubahan warna pada kertas. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah*, 1(2), 270–286.
- 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.
- Ardiwinata, A. N., & Nursyamsi, D. (2012). Residu pestisida di sentra produksi padi di Jawa Tengah. *Jurnal Pangan*, 21(1), 39-58.
- Arif, A. (2015). Pengaruh bahan kimia terhadap penggunaan pestisida lingkungan. *Jurnal Farmasi UIN Alauddin Makassar*, 3(4), 134-143.
- Astriani, M., & Murtiyaningsih, H. (2018). Pengukuran Indole-3-Acetic Acid ( IAA ) pada *Bacillus* sp . dengan. *Bioeduscience*, 2(2), 116–121.
- Baroroh, H. F., Aini, L. Q., & Abadi, A. L. (2014). Uji Efektivitas Antibakteri Ekstrak Daun dan Buah Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) terhadap Blood Disease Bacterium. *Jurnal HPT*, 2(2), 87–97.
- Bengi, W. T. M., Erina, E., & Darniati, D. (2017). Isolasi dan Identifikasi *Pseudomonas aeruginosa* pada Kasus Ear mites Kucing Domestik (*Felis domesticus*) di Kecamatan Syiah Kuala, Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Veteriner*, 1(2).
- Benu, M. M. M., Adutae, A. S., & Mukkun, L. (2020). Dampak Residu Pestisida Terhadap Keanekaragaman Jamur Tanah Pada Lahan Sayuran. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 22(2), 80-88.
- Bestari, N. C., & Suharjono, S. (2015). Uji Kualitatif dan Kuantitatif Isolat



- Bakteri Lipolitik dari Limbah Cair Pabrik Pengolahan Ikan Kecamatan Muncar, Banyuwangi. *Biotropika: Journal of Tropical Biology*, 3(3), 151-155.
- Carranza, C. S., Barberis, C. L., Chiacchiera, S. M., & Magnoli, C. E. (2017). Assessment of growth of *Aspergillus spp.* from agricultural soils in the presence of glyphosate. *Revista Argentina de Microbiología*, 49(4), 384-393.
- Chandra, T. J., & Mani, P. S. (2011). A study of 2 rapid tests to differentiate Gram positive and Gram negative aerobic bacteria. *Journal of Medical & Allied Sciences*, 1(2).
- Chemical Compound Deep Data Source. (2022). Structure & Deep Data of Diuron, HFBA (C13H9Cl2F7N2O2). Diakses pada 23 Februari 2024 pada Pukul 07.30, <https://www.molinstincts.com/structure/Diuron-HFBA-cstr-CT1080429774.html>
- Claus, D. & R.C.W. Berkeley. 1986. Genus *Bacillus*, In : Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Vol 2 (Sneath, P.H.A., ed.) Baltimore : 1105 – 1139
- Dellamatrice, P. M., & Rosim Monteiro, R. T. (2004). Isolation of diuron-degrading bacteria from treated soil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47(6), 999–1003. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132004000600020>
- Destania, F., & Prihatini, N. S. 2022. Kajian Perbaikan Sifat Fisika dan Kimia Tanah Pasca Tambang Menggunakan Metode Composting Berbahan Dasar Sampah Organik Dengan Variasi Aktivator MOL dan EM4. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 8(1).
- Dewi, M. K., Ratnasari, E., & Trimulyono, G. (2014). Aktivitas antibakteri ekstrak daun Majapahit (*Crescentia cujete*) terhadap pertumbuhan bakteri *Ralstonia solanacearum* penyebab penyakit layu. *LenteraBio*, 3(1), 51-57.
- Dewi, N. K. W. S., Darmayasa, I. B. G., & Sundra, I. K. (2017). Skrining Bakteri Toleran Pestisida dengan Bahan Aktif Klorantraniliprol Asal Tanah Pertanian Baturiti Tabanan Bali. *Jurnal Biologi Udayana*, 21(1), 1-6.
- Dinasqi, A. S. (2023). Uji Pencampuran Herbisida Berbahan Aktif Diuron 80% dan Propaquizafop 100 g/l Terhadap Gulma *Borreria alata*, *Eleusine indica*, dan *Cyperus iria* di Perkebunan Nanas (*Ananas comosus* [L.] merr.) PT Great Giant Pineapple.
- Effendy, E., & Laksmono Widajatno, R. (2010). Biodegradasi 2, 4-diklorofenol oleh Bakteri *Alcaligenes sp* dan *Bacillus sp*.
- Ekowati, C. N., Mirani, M., Handayani, K., & Agustrina, R. (2021). Detection of Nitrogenase Producing Bacteria From the Soil of Liwa Botanical Garden. *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen Dan Keanekaragaman Hayati (J-BEKH)*, 8(2), 53–58. <https://doi.org/10.23960/jbekh.v8i2.204>

- Fajarfika, R., Hilamny, T., Nafi'ah, H. H., & Sativa, N. (2022). Isolasi *Pseudomonas* sp. untuk Pengendalian Biologi terhadap Layu Bakteri. *JAGROS: Jurnal Agroteknologi Dan Sains (Journal of Agrotechnology Science)*, 6(2), 106. <https://doi.org/10.52434/jagros.v6i2.1970>
- Fauziah, N. N. (2018). Uji Resistensi Gulma Golongan Daun Lebar (*Asystasia gangetica*, *borreria alata* dan *Praxelis clematidea*) Terhadap Herbisida Diuron di Perkebunan Nanas Lampung Tengah.
- Firliani, W., Agustien, A., & Febria, F. A. (2015). Karakterisasi bakteri termofilik penghasil enzim protease netral. *Jurnal Biologi UNAND*, 4(1).
- Firmansyah, T. (2016). *Efikasi Herbisida Campuran Glifosat, Mesotrion dan Metolaktor untuk Mengendalikan Gulma Umum pada Tanaman Jagung (Zea mays L.)*.
- Fitri, L., & Yasmin, Y. (2011). Isolasi dan pengamatan morfologi koloni bakteri kitinolitik. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 3(2), 20-25.
- Fitria, A. N., & Zulaika, E. (2019). Aklimatisasi pH dan Pola Pertumbuhan *Bacillus cereus* S1 pada Medium MSM Modifikasi. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 7(2), 3–5. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v7i2.36788>
- Ginting, R. C. B., & Yuniarti, E. (2022). Mikroba Pendegradasi Polutan. *Metode Analisis Biologi Tanah*, 151.
- Handayani, D., Putra, R., & Ismed, F. (2017). Isolasi dan karakterisasi senyawa antibakteri dari fraksi etil asetat bakteri *Bacillus* sp. 3 (A1) yang bersimbiosis dengan spon laut *Haliclona fascigera*. *JSFK (Jurnal Sains Farmasi & Klinis)*, 4(1), 24-29.
- Herlinda, S., Utama, M. D., & Pujiastuti, Y. (2006). Kerapatan dan viabilitas spora *Beauveria bassiana* (Bals.) akibat subkultur dan pengayaan media, serta virulensinya terhadap larva *Plutella xylostella* (Linn.). *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 6(2), 70-78.
- Hariadi, Cukup. (2018). Potensi Bakteri Pada Serasah Tanaman Pinus Di Ub Forest Sebagai Bioremediator Bagi Tanaman Jagung Tercemar Herbisida Glifos. *Sarjana thesis*, Universitas Brawijaya.
- Israningsih. (2020). Uji Sinergitas Antibakteri dari Ekstrak Bawang Hitam (Black Garlic) dengan Amoxicillin Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas* sp. Antibacterial Synergy Test of Black Garlic Extract With Amoxicillin Against The Growth of *Pseudomonas* sp. Bacteria. *Program Studi Farmasi fakultas Farmasi universitas Hasanuddin makassar*.
- Istikhory, N. M. (2022). Eksplorasi Bakteri Dominan Pada Ipal Komunal Dengan resiko Sanitasi Sedang Di Ngaglik, Sleman, Yogyakarta.
- Iswandari, R. (2022). Pengaruh Waktu Ekstraksi Senyawa Antimikroba Pada

Bunga Waru (*Hibiscus tiliaceus* L.) Menggunakan Metode Ultrasonik  
(*Doctoral dissertation*, Universitas Lampung).

- Janah, S. M. (2022). Potensi *Bacillus* sp. Asal Tanah Kebun Raya Liwa Kabupaten Lampung Barat Sebagai Agen Biokontrol Terhadap Serangga.
- Khastini, R. O., Zahranie, L. R., Rozma, R. A., & Saputri, Y. A. (2022). Review : Peranan Bakteri Pendeградasi Senyawa Pencemar Lingkungan melalui Proses Bioremediasi. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(1), 345. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v10i1.4836>
- Lestari, T. A. (2022). Skripsi: Aplikasi *Bacillus* sp Pada Pakan dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Benih Ikan Nila Gift (*Oreochromis niloticus*) (*Doctoral dissertation*, Politeknik Negeri Lampung).
- Magvirah, T., Marwati, & Ardhani, F. (2019). Uji Daya Hambat Bakteri *Staphylococcus aureus* Menggunakan Ekstrak Daun Tahongai (*Kleinhovia hospita* L.). *Jurnal Peternakan Lingkungan Tropis*, 2(2), 41–50.
- Mahdiyah, D. (2016). *Isolasi Bakteri Dari Tanah Gambut Penghasil Enzim Protease*. June. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1353.4326>
- Mahtuti, E. Y., & Masyitoh, F. D. (2019). Isolasi dan Identifikasi Mikroba Berpotensi Pendeградasi Limbah Cair Laboratorium Kesehatan STIKes Maharani Malang. *Jurnal Ilmiah Biosaintropis (Bioscience-Tropic)*, 5(1), 38-44.
- Maria, V., Agustanti, F., & Lontoh, P. (2006). *Ametrin untuk Mengendalikan Gulma Pada Pertanaman Tebu ( Saccharum officinarum L .) Program Studi Agronomi*.
- Marzuki, I., Noor, A., Nafie, N. L., & Djide, M. N. (2014). Isolasi dan identifikasi bakteri shymbion spons penghasil enzim amilase asal pantai melawai balikapapan. *Jurnal Ilmiah "dr. Aloe Saboe*, 1(2), 11-18.
- Mugiastuti, E., Rahayuniati, R. F., & Sulistyanto, P. (2012, October). Pemanfaatan *Bacillus* sp. Dan *Pseudomonas fluorescens* Untuk Mengendalikan Penyakit Layu Tomat Akibat Sinergi R. Solanacaerum Dan *Meloidogyne* sp. In *Seminar Nasional" Pengembangan Sumber Daya Pedesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan II"*. Jenderal Soedirman University.
- Mukamto, M., Ulfa, S., Mahalina, W., Syauqi, A., Istiqfaroh, L., & Trimulyono, G. (2015). Isolasi dan karakterisasi *Bacillus* sp. pelarut fosfat dari rhizosfer tanaman leguminosae. *Sains dan Matematika*, 3(2).
- Murali, A., & Patel, S. (2017). The effect of different heavy metal acetate solutions on the inhibition of catalase enzyme. *Journal of the South Carolina Academy of Science*, 15(2), 13.
- Naphade, S. R., Durve, A. A., Bhot, M., Varghese, J., Chandra, N., & Thane, D.

- (2012). Isolation , characterization and identification of pesticide tolerating bacteria from garden soil,India. *Europian Journal of Experimental Biology*, 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.
- Nikmah, A. L., & Lisdiana, L. (2024). Penapisan Bakteri Rizosfer Pendegradasi Herbisida Glifosat dari Tanah Pertanian Cabai Rawit (*Capsicum frutescent L.*). *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*, 13(1), 24–31. <https://journal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/index24>.
- Nuzulia, R., & Santoso, O. (2017). Pengaruh ekstrak daun kemangi (*Ocimum Basilicum Linn*) pada berbagai konsentrasi terhadap viabilitas bakteri *Streptococcus Mutans*: studi pada mahasiswa fakultas kedokteran Universitas Diponegoro. *Jurnal Kedokteran Diponegoro (Diponegoro Medical Journal)*, 6(4), 1565-1571.
- Panjaitan, F. J., Adirianto, B., & Bachtiar, T. (2015). Isolasi Bakteri Pendegradasi Herbisida dari Rhizosfer Tanaman Padi Sawah dan Tanaman Hutan. *Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor*. Bogor.
- Pantjara, B., Mustafa, A., Hanafi, A., & Muliani, M. (2017). Pengaruh Aplikasi Pestisida Terhadap Bakteri *Pseudomonas spp.* Sebagai Pengurai Bahan Organik pada Tanah Gambut. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 4(4), 36. <https://doi.org/10.15578/jppi.4.4.1998.36-46>
- Pratiwi, A. A., Suprihadi, A., Raharjo, B., Wahyudi, P., & Parmiyatni, S. (2012). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Pestisida Dicofol Dari Tanah Sawah Di Kabupaten Karawang. *Jurnal Biologi*, 1(1), 23–32.
- Primaharinastiti, R., & Poernomo, A. T. (2004). Bioakumulasi logam berat Cu oleh *Bacillus sp.* *Berkala Penelitian Hayati*, 10(1), 19-23.
- Pulungan, A. S. S., & Tumangger, D. E. (2018). Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Endofit Penghasil Enzim Katalase Dari Daun Buasbuas (*Premna Pubescens Blume*). *BIOLINK (Jurnal Biologi Lingkungan Industri Kesehatan)*, 5(1), 71–80. <https://doi.org/10.31289/biolink.v5i1.1665>.
- Puspita, F., Ali, M., & Pratama, R. (2017). Isolasi dan karakterisasi morfologi dan fisiologi bakteri *Bacillus sp.* endofitik dari tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*). *Jurnal Agroteknologi Tropika*, 6(2), 44-49.
- Puspitasari, D. J., & Khairuddin, K. (2016). Kajian bioremediasi pada tanah tercemar pestisida. *Kovalen: Jurnal Riset Kimia*, 2(3).
- Rafsanjani, M. E. D., Sabdon, A., & Djunaedi, A. (2020). Uji Resistensi Bakteri Karang *Galaxea sp.* dan *Porites sp.* terhadap Pestisida Triazofos. *Journal of Marine Research*, 9(2), 186–192. <https://doi.org/10.14710/jmr.v9i2.26699>.

- Rahayu, S. (2015). Pengaruh sumber karbon dan nitrogen pada produksi biosurfaktan oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa* BIOPA 2411 (*Doctoral dissertation*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Rahayu, S. A., & Gumilar, M. M. H. (2017). Uji cemaran air minum masyarakat sekitar Margahayu Raya Bandung dengan identifikasi bakteri *Escherichia coli*. *Indonesian journal of pharmaceutical science and technology*, 4(2), 50-56.
- Rahayu, Y. P. (2018). Uji Aktivitas Lipase dan Biosurfaktan dari Bakteri Keratinolitik.
- Rahmansyah, M., & Sulistinah, N. (2009). Bacterial Perform in Soil Contaminated with Pesticide. *Berita Biologi*, 9(5), 657–664.
- Ramadhani, K. (2018). Efikasi Herbisida Campuran Pirazosulfuron+ Pendimetalin Terhadap Pertumbuhan Gulma, Tanaman, dan Hasil Padi Sawah (*Oryza sativa L.*)
- Ratnaningsih, H. R., Prameswari, D. A., & Taopan, R. A. (2020). Isolasi Bakteri Pendegradasi Pestisida Dan Herbisida. *Science Tech: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 6(1), 17–25.  
<https://doi.org/10.30738/jst.v6i1.6759>
- Remijawa, E. S., Rupidara, A. D., Ngginak, J., & Radjasa, O. K. (2020). Isolasi dan seleksi bakteri penghasil enzim ekstraseluler pada tanah mangrove di pantai noelbaki. *Jurnal Enggano*, 5(2), 164-180.
- Rizki, A. S. (2017). *Perbedaan uji kepekaan pseudomonas aeruginosa pada media mueller hinton agar dengan nutrient agar menggunakan gentamicin, ciprofloxacin, ofloxacin* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Semarang).
- Santoso, P., Arman, Y., & Ihwan, A. (2015). Penyemprotan Herbisida Sistem Kontak Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Dipole Dipole. *Prisma Fisika*, III(3), 87–92.
- Savitri, N. H., Indiasuti, D. N., & Wahyunitasari, M. R. (2019). Inhibitory Activity of *Allium Sativum L.* Extract Against *Streptococcus Pyogenes* and *Pseudomonas Aeruginosa*. *Journal of Vocational Health Studies*, 3(2), 72.  
<https://doi.org/10.20473/jvhs.v3.i2.2019.72-77>
- Sembodo, D. R. J., & Wati, N. R. (2023). Uji Campuran Herbisida Berbahan Aktif Diuron, Hexazinon, dan Diuron + Hexazinon Terhadap Beberapa Jenis Gulma. *Jurnal Agrotek Tropika*, 11(1), 143-149.
- Setyati, W. A., Habibi, A. S., Subagiyo, S., Ridlo, A., Soenardjo, N., & Pramesti, R. (2016). Skrining dan seleksi bakteri simbiosis spongs penghasil enzim ekstraseluler sebagai agen bioremediasi bahan organik dan biokontrol vibriosis pada budidaya udang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 19(1), 11-20.

- Shimao, M. (2001). Biodegradation of plastics Masayuki Shimao. *Current Opinion in Biotechnology*, 12, 242–247.
- Silaban, S., & Simamora, P. (2018). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Penghasil Amilase dari Sampel Air Tawar Danau Toba. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, 3(2), 222. <https://doi.org/10.30870/educhemia.v3i2.3438>
- Siti, A. J. (2022). Profil Pertumbuhan dan Aktivitas Enzim Protease dari Isolat Bakteri Termofilik Sumber Air Panas Curup, Bengkulu (*Doctoral dissertation*, Universitas Andalas).
- Soeka, Y. S., Rahayu, S. H., Setianingrum, N., & Naiola, E. (2011). Kemampuan *Bacillus Licheniformis* Dalam Memproduksi Enzim Protease Yang Bersifat Alkalin Dan Termofilik. *Media Litbang Kesehatan*, 21(2), 89–95.
- Sudjadi, B., & Laila, S. (2006). Biologi Sains dalam kehidupan. Surabaya: *Yudhistira*.
- Suhartono, M. T. (1989). Enzim dan bioteknologi. *PAU Bioteknologi IPB, Bogor*.
- Sukertiasih, N. K., Megawati, F., Meriyani, H., & Sanjaya, D. A. (2021). Studi Retrospektif Gambaran Resistensi Bakteri terhadap Antibiotik. *Jurnal Ilmiah Medicamento*, 7(2), 108–111. <https://doi.org/10.36733/medicamento.v7i2.2177>
- Susilawati, S. (2016). Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Asam Laktat (Bal) Dari Air Cucian Beras. In Universitas Riau.
- Syafwan, A., Pulungan, S., Damanik, J., Dalimunthe, K., Sihite, R., & Samuel, T. (2023). Bioremediasi Pestisida Metomil oleh Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. *Jurnal Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis*, 01(01), 5–9. <http://jurnal.minartis.com/index.php/jepag/>
- Tarumingkeng, R. C. (1992). Insektisida: Sifat, mekanisme kerja dan dampak penggunaannya. *Ukrida*.
- Tjitrosoedirdjo, S., I. H. Utomo, dan J. Wiroatmojo. 1984. *Pengelolaan Gulma di Perkebunan*. Gramedia. Jakarta. 207 hlm.
- Turnbull, G., Cullington, J., Walker, A., & Morgan, J. (2001). Identification and characterisation of a diuron-degrading bacterium. *Biology and fertility of soils*, 33, 472-476.
- Tyas, J. K., Supriyadi, A., & Raharjo, B. (2012). Dari Tanah Sawah Di Kabupaten Brebes. *Jurnal Biologi*, 1(1), 1–15.
- Ulfa, A., Suarsini, E., Henie, M., & Al Muhdhar, I. (2016). Isolasi dan Uji Sensitivitas Merkuri pada Bakteri dari Limbah Penambangan Emas di Sekotong Barat Kabupaten Lombok Barat: Penelitian Pendahuluan Isolation and Mercury Sensitivity Test of Bacterias Isola. *Seminar Nasional XIII Pendidikan Biologi FKIP UNS 793*, 13(1), 793–799.

- Virgianti, D. P. (2017). Penggunaan Ekstrak Kombinasi Angkak Dan Daun Jati Sebagai Pewarna Penutup Pada Pewarnaan Gram. *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada: Jurnal Ilmu-Ilmu Keperawatan, Analisis Kesehatan Dan Farmasi*, 17(1), 66. <https://doi.org/10.36465/jkbth.v17i1.191>
- Vos, P., Garrity, G., Jones, D., Krieg, N. R., Ludwig, W., Rainey, F. A., ... & Whitman, W. B. (Eds.). (2011). *Bergey's manual of systematic bacteriology: Volume 3: The Firmicutes (Vol. 3)*. Springer Science & Business Media.
- Wahyuningsih, N., & Zulaika, E. (2019). Perbandingan Pertumbuhan Bakteri Selulolitik pada Media Nutrient Broth dan Carboxymethyl Cellulose. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 7(2), 7–9. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v7i2.36283>
- Widowati, T., Ginting, R. C. B., Widyastuti, U., Nugraha, A., & Ardiwinata, A. (2017). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Resisten Herbisida Glifosat Dan Paraquat Dari Rizosfer Tanaman Padi-(Isolation and Identification of Resistant Bacteria to Glyphosate and Paraquat Herbicide From Rhizosphere of Rice Plants). *Biopropal Industri*, 8(2), 63-70.
- Xu, X., Liu, W., Tian, S., Wang, W., Qi, Q., Jiang, P., & Yu, H. (2018). Petroleum hydrocarbon-degrading bacteria for the remediation of oil pollution under aerobic conditions: a perspective analysis. *Frontiers in microbiology*, 9, 2885.
- Yanti, F., & Rosmania. (2020). Perhitungan jumlah bakteri di laboratorium mikrobiologi menggunakan pengembangan metode Spektrofotometri. *Jurnal Penelitian Sains*, 22(2), 76–86. <https://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/index>