

**PEMANFAATAN CANGKANG KERANG DARAH
(*Anadara granosa*) PADA PROSES BIOREMEDIASI
PADA TANAH TERCEMAR PESTISIDA**

SKRIPSI

OLEH

**JEXON SYAHPUTRA SIPAYUNG
218210035**



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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/1/26

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)22/1/26

**PEMANFAATAN CANGKANG KERANG DARAH
(*Anadara granosa*) PADA PROSES BIOREMEDIASI
PADA TANAH TERCEMAR PESTISIDA**

SKRIPSI

*Skripsi Ini Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar sarjana di Program Studi
Agroteknologi Fakultas Pertanian
Universitas Medan Area*

OLEH

**JEXON SYAHPUTRA SIPAYUNG
218210035**

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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

HALAMAN PENGESAHAN

JUDUL SKRIPSI : PEMANFAATAN CANGKANG KERANG
DARAH (*Anadara granosa*) PADA PROSES
BIOREMEDIASI PADA TANAH TERCEMAR
PESTISIDA

NAMA : JEXON SYAHPUTRA SIPAYUNG

NPM : 218210035

FAKULTAS : PERTANIAN

Disetujui

Oleh:

Pembimbing



Indah Apriliya S.P, M.Si

Pembimbing

Diketahui oleh:



Dr. Siswa Panjang Hernosa, SP, M.Si

Dekan



Angga Ade Sahfitra, SP., M.Sc

Ketua Program Studi

Tanggal Lulus : 30 Juli 2025

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, 10 Juni, 2025

Jexon Syahputra Sipayung
218210035

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

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

Nama	: Jexon Syahputra sipayung
NPM	: 218210035
Program Studi	: Agroteknologi
Fakultas	: Pertanian
Jenis Karya	: Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non- exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul **Pemanfaatan Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Pada Proses Bioremediasi Pada Tanah Tercemar Pestisida**, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media atau formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*data base*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penuli/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat : Medan
Pada Tanggal : 10 Juni, 2025
Yang Menyatakan



Jexon Syahputra Sipayung

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh permasalahan pencemaran tanah akibat akumulasi residu pestisida, khususnya glifosat, yang banyak digunakan dalam sektor pertanian di Indonesia. Penggunaan pestisida secara berlebihan menyebabkan penurunan kesuburan tanah, perubahan pH, serta gangguan terhadap mikroorganisme tanah. Bioremediasi merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan ini dengan memanfaatkan mikroba sebagai agen degradasi. Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*) merupakan salah satu bahan alami yang kaya akan kalsium karbonat dan berpotensi sebagai nutrisi tambahan bagi mikroba dalam melakukan degradasi dan memperbaiki kualitas tanah tercemar. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari beberapa perlakuan dosis cangkang kerang darah pada tanah yang telah disimulasikan tercemar pestisida glifosat. Parameter yang diamati meliputi pH tanah, suhu tanah, populasi mikroba tanah (*Total Plate Count/TPC*), dan kadar residu pestisida selama periode bioremediasi. Proses penelitian meliputi persiapan tanah tercemar, pengolahan dan aplikasi cangkang kerang darah, serta pengukuran parameter secara berkala. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan cangkang kerang darah secara signifikan meningkatkan pH tanah dari kondisi asam menuju netral, menstabilkan suhu tanah, serta meningkatkan populasi mikroba tanah yang berperan dalam proses degradasi pestisida. Selain itu, terjadi penurunan kadar residu pestisida glifosat secara bertahap selama proses bioremediasi dengan perlakuan cangkang kerang darah, dibandingkan dengan kontrol tanpa perlakuan. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa cangkang kerang darah efektif digunakan sebagai stimulan alami dalam proses bioremediasi tanah tercemar pestisida, sehingga dapat mendukung upaya perbaikan kualitas tanah dan keberlanjutan pertanian ramah lingkungan.

Kata kunci: bioremediasi, cangkang kerang darah, Anadara granosa, pestisida, glifosat, tanah tercemar, mikroba tanah

ABSTRACT

*This study was motivated by the problem of soil contamination due to the accumulation of pesticide residues, particularly glyphosate, which is widely used in the agricultural sector in Indonesia. Excessive use of pesticides causes a decline in soil fertility, changes in pH, and disturbances to soil microorganisms. Bioremediation is one approach that can be used to address this problem by utilizing microbes as degradation agents. Blood clam shells (*Anadara granosa*) are a natural material rich in calcium carbonate and have the potential to serve as additional nutrients for microorganisms in degrading and improving the quality of contaminated soil. This study employed an experimental method with a randomized block design (RBD) consisting of several treatment doses of blood clam shells on soil simulated to be contaminated with glyphosate pesticides. The parameters observed included soil pH, soil temperature, soil microbial population (Total Plate Count/TPC), and pesticide residue levels during the bioremediation period. The research process included preparing contaminated soil, processing and applying blood clam shells, and periodically measuring parameters. The results showed that adding blood clam shells significantly increased soil pH from acidic to neutral, stabilized soil temperature, and increased soil microbial populations involved in pesticide degradation. Additionally, there was a gradual decrease in glyphosate pesticide residue levels during the bioremediation process with blood clam shell treatment compared to the untreated control. These findings demonstrate that blood clam shells are effective as a natural stimulant in the bioremediation of pesticide-contaminated soil, thereby supporting efforts to improve soil quality and promote sustainable, environmentally friendly agriculture.*

*Keywords: bioremediation, blood clam shells, *Anadara granosa*, pesticides, glyphosate, contaminated soil, soil microbes*

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 22 Januari 2003 di Tanjung Balai, Provinsi Sumatra Utara. Anak tunggal dari pasangan Hotlan Sipayung dan Hotmian Tiur Br Nainggolan. Pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 013 Ujung Batu dan Sekolah Menengah Pertama di SMP Advent Ujung Batu, selanjutnya Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 9 Tanjung Jabung Barat. Pada bulan September 2021, menjadi mahasiswa pada Fakultas Pertanian Universitas Medan Area pada Program Studi Agroteknologi. Selama mengikuti perkuliahan, penulis pernah mengikuti Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) di bidang Pengembangan Organisasi Sumber Daya Mahasiswa (POSDM) periode 2023 – 2024 dan periode 2024 – 2025. Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PT SOCFINDO, penulis pernah menjadi Asisten Dosen pada mata kuliah Dasar Ilmu tanah pada semester 7 di tahun 2025.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan kasih karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul “Pemanfaatan Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Pada Proses Bioremediasi Pada Tanah Tercemar Pestisida” yang merupakan salah satu syarat kelulusan strata satu pada program studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Medan Area. Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Karena itu pada kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Siswa Panjang Hernosa, SP., M.Si selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Medan Area.
2. Angga Ade Sahfitra, SP, M.Sc, selaku Kepala Prodi Fakultas Pertanian Universitas Medan Area.
3. Ibu Indah Apriliya, SP, M.Si selaku dosen Pembimbing yang telah membimbing dan memberikan saran dan motivasi selama masa penyusunan skripsi ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen serta seluruh staf dan pegawai Fakultas Pertanian Universitas Medan Area.
5. Kedua orang tua penulis, Ayahanda Hotlan Sipayung dan Ibunda Hotmian Tiur Br Nainggolan yang telah banyak memberi dukungan moral maupun material serta motivasi kepada penulis.
6. Seluruh Rekan-rekan Mahasiswa/Mahasiswi Agroteknologi 21, penulis mengucapkan banyak terimakasih atas kekompakan dan rasa tolong-

menolong yang sangat kuat dari awal perkuliahan sampai pada saatnya akan lulus masing- masing masih tetap bisa diandalkan dalam setiap hal.

7. Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Medan Area yang telah memberi banyak membantu dan memberikan dukungannya kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Semua pihak yang telah membantu selama penyusunan skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Penulis berharap agar para pembaca dan pihak lain yang membutuhkan dapat mengambil manfaat dari skripsi ini.

Penulis

Jexon Syahputra Sipayung

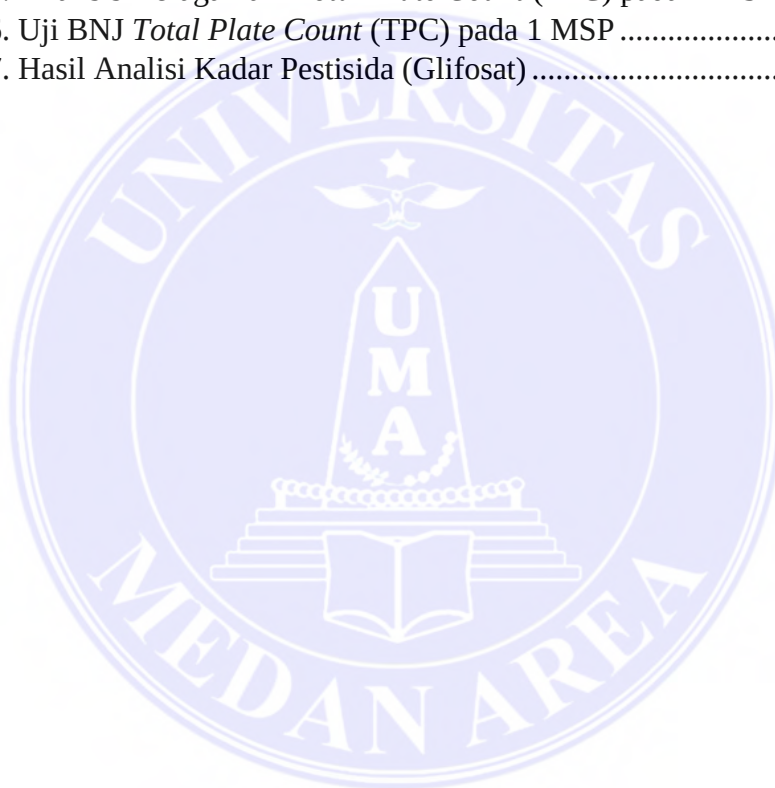
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
 I. PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Hipotesis Penelitian	7
 II. TINJAUAN PUSTAKA	 8
2.1 Penggunaan Pestisida	8
2.1.1 Definisi Pestisida	8
2.1.2 Manfaat Pestisida	9
2.1.3 Dampak Negatif Penggunaan Pestisida Dalam Kegiatan Pertanian	10
2.1.4 Residu Pestisida pada Tanah	13
2.1.5 Pengaruh Residu Pestisida Terhadap Kesuburan Tanah	14
2.1.6 Jenis Pestisida	16
2.2 Teknologi Bioremediasi	17
2.2.1 Material dan Jenis-Jenis Bioremediasi	18
2.2.2 Jenis-Jenis Bioremediasi	19
2.2.3 Syarat Bioremediasi	22
2.2.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Efisiensi Bioremediasi	23
2.2.5 Keuntungan Teknologi Bioremediasi	25
2.3 Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>)	26
2.3.1 Identifikasi Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>)	26
2.3.2 Morfologi Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>)	27
2.3.3 Manfaat Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>)	27
 III. METODE PENELITIAN	 29
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	29
3.2 Alat dan Bahan	29
3.3 Metode Penelitian	29
3.4 Pelaksanaan Penelitian	30

3.4.1 Simulasi Tanah Tercemar Pestisida	30
3.4.2 Persiapan Cangkrang Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>)	31
3.4.3 Aplikasi Bioremediasi	32
3.5 Parameter Penelitian	33
3.5.1 pH Tanah	33
3.5.2 Suhu Tanah.....	33
3.5.3 Populasi Mikroba	34
3.5.4 Kandungan Pestisida.....	34
 IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Pengaruh Cangkrang Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) terhadap pH Tanah....	35
4.2 Pengaruh Residu Pestisida Terhadap Temperatur Tanah (Suhu Tanah).....	39
4.3 Uji TPC (Total Plate Count).....	43
4.4 Kandungan Residu Pestisida	49
 V. KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	52
 DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN.....	60

DAFTAR TABEL

No	Keterangan	Halaman
Tabel 1.	Analisis Keragaman Pengaruh Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Terhadap pH Tanah pada 0-8 MSP	38
Tabel 2.	Uji BNJ Pengaruh Cangkang Kerang Darah Terhadap pH Tanah 0-8 MSP.....	39
Tabel 3.	Analisis Keragaman Pengaruh Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Terhadap Suhu Tanah pada 0-8 MSP	42
Tabel 4.	Uji BNJ Pengaruh Cangkang Kerang Darah Terhadap suhu tanah 0-8 MSP.....	43
Tabel 5.	Analisis Keragaman <i>Total Plate Count</i> (TPC) pada 1 MSP dan 8 MSP	47
Tabel 6.	Uji BNJ <i>Total Plate Count</i> (TPC) pada 1 MSP	47
Tabel 7.	Hasil Analisa Kadar Pestisida (Glifosat)	49



DAFTAR GAMBAR

No	Keterangan	Halaman
Gambar 1.	Penggunaan Pestisida.	8
Gambar 2.	Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>).	26
Gambar 3.	Ilustrasi Proses Bioremediasi	32
Gambar 4.	Analisis pH tanah selama proses bioremediasi 0 – 8 MSP	36
Gambar 5.	Analisis suhu tanah selama proses bioremediasi 0 – 8 MSP	40
Gambar 6.	Hasil Uji TPC	44



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Keterangan	Halaman
Lampiran 1.	Jadwal Kegiatan Penelitian.....	60
Lampiran 2.	Proses Pengambilan Tanah.....	61
Lampiran 3.	Proses Simulasi Tanah Tercemar Pestisida	62
Lampiran 4.	Pembuatan Amelioran Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>)	63
Lampiran 5.	Hasil Analisis <i>Total Plate Count</i> (TPC) Tanah Awal	64
Lampiran 6.	Hasil Analisis Laboratorium <i>Total Plate Count</i> (TPC) Tanah 1 MSP	65
Lampiran 7.	Hasil Analisis Laboratorium <i>Total Plate Count</i> (TPC) Tanah 8 MSP	67
Lampiran 8.	Tabel Nilai pH 0 MSP	69
Lampiran 9.	Tabel Analisis Sidik Ragam Nilai pH 0 MSP	69
Lampiran 10.	Tabel Nilai pH 1 MSP	69
Lampiran 11.	Tabel Analisis Sidik Ragam Nilai pH 1 MSP	69
Lampiran 12.	Tabel Nilai pH 2 MSP	69
Lampiran 13.	Tabel Analisis Sidik Ragam Nilai pH 2 MSP	70
Lampiran 14.	Tabel Nilai pH 3 MSP	70
Lampiran 15.	Tabel Analisis Sidik Ragam Nilai pH 3 MSP	70
Lampiran 16.	Tabel Nilai pH 4 MSP	70
Lampiran 17.	Tabel Analisis Sidik Ragam Nilai pH 4 MSP	70
Lampiran 18.	Tabel Nilai pH 5 MSP	71
Lampiran 19.	Tabel Analisis Sidik Ragam Nilai pH 5 MSP	71
Lampiran 20.	Tabel Nilai pH 6 MSP	71
Lampiran 21.	Tabel Analisis Sidik Ragam Nilai pH 6 MSP	71
Lampiran 22.	Tabel Nilai pH 7 MSP	71
Lampiran 23.	Tabel Analisis Sidik Ragam Nilai pH 7 MSP	72
Lampiran 24.	Tabel Nilai pH 8 MSP	72
Lampiran 25.	Tabel Analisis Sidik Ragam Nilai pH 8 MSP	72
Lampiran 26.	Tabel Rataan Suhu Tanah 0 MSP	72
Lampiran 27.	Tabel Analisis Sidik Ragam Suhu Tanah 0 MSP	72
Lampiran 28.	Tabel Rataan Suhu Tanah 1 MSP	73
Lampiran 29.	Tabel Analisis Sidik Ragam Suhu Tanah 1 MSP	73
Lampiran 30.	Tabel Rataan Suhu Tanah 2 MSP	73
Lampiran 31.	Tabel Analisis Sidik Ragam Suhu Tanah 2 MSP	73
Lampiran 32.	Tabel Rataan Suhu Tanah 3 MSP	73
Lampiran 33.	Tabel Analisis Sidik Ragam Suhu Tanah 3 MSP	74
Lampiran 34.	Tabel Rataan Suhu Tanah 4 MSP	74
Lampiran 35.	Tabel Analisis Sidik Ragam Suhu Tanah 4 MSP	74
Lampiran 36.	Tabel Rataan Suhu Tanah 5 MSP	74
Lampiran 37.	Tabel Analisis Sidik Ragam Suhu Tanah 5 MSP	74
Lampiran 38.	Tabel Rataan Suhu Tanah 6 MSP	75
Lampiran 39.	Tabel Analisis Sidik Ragam Suhu Tanah 6 MSP	75
Lampiran 40.	Tabel Rataan Suhu Tanah 7 MSP	75
Lampiran 41.	Tabel Analisis Sidik Ragam Suhu Tanah 7 MSP	75
Lampiran 42.	Tabel Rataan Suhu Tanah 8 MSP	75

Lampiran 43. Tabel Analisis Sidik Ragam Suhu Tanah 8 MSP	76
Lampiran 44. Tabel Rataan Total Plate Count (TPC) 1 MSP	76
Lampiran 45. Tabel Analisis Sidik Ragam Total Plate Count (TPC) 1 MSP	76
Lampiran 46. Tabel Rataan Total Plate Count (TPC) 2 MSP	76
Lampiran 47. Tabel Analisis Sidik Ragam Total Plate Count (TPC) 2 MSP	76



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan pestisida telah menjadi hal yang lazim di bidang pertanian di berbagai negara, termasuk Indonesia. Pestisida dimanfaatkan untuk melindungi tanaman dari ancaman hama, penyakit, serta gulma yang dapat menurunkan produktivitas panen. Akan tetapi, pemakaian pestisida secara berlebihan dan tanpa pengawasan dapat menimbulkan sejumlah persoalan, khususnya yang berkaitan dengan kesehatan manusia dan lingkungan. Oleh sebab itu, pemahaman yang lebih komprehensif mengenai efek pestisida dan pencarian solusi alternatif yang ramah lingkungan menjadi sangat krusial. Pertanian modern yang mengandalkan bahan kimia pestisida memang dapat meningkatkan efisiensi dan hasil produksi. Penggunaan pestisida memungkinkan petani memperoleh panen yang lebih banyak untuk memenuhi kebutuhan pangan yang terus bertambah. Namun demikian, penggunaan pestisida juga membawa dampak negatif berupa pencemaran lingkungan, termasuk pencemaran air, tanah, dan udara. Sisa residu pestisida yang tertinggal di lingkungan dapat membahayakan keanekaragaman hayati dan merusak keseimbangan ekosistem secara menyeluruh. (Jamin, F. S, *et al*, 2024)

Penggunaan Pestisida di lahan pertanian memberikan dampak positif dan negatif. Dampak positif penggunaan pestisida pada praktik budidaya pertanian diantaranya mampu melindungi tanaman dari serangan hama secara cepat, namun di sisi lain penggunaan pestisida mampu meninggalkan residu ke lahan pertanian sebesar 80% dari jumlah pestisida yang diberikan (Setiawan, *et al*, 2019). Hal ini menyebabkan unsur hara di dalam tanah mulai berkurang, tanah relatif memiliki pH yang tinggi karena tanahnya terlalu sering disemprot bahan kimia sehingga

kesuburan tanahnya mulai berkurang. Begitu juga dengan air di sekitar sawah, biasanya sisa-sisa penyemprotan tersebut jatuh ke sungai dan terbawa oleh air sehingga akan berdampak terhadap hewan-hewan air seperti ikan dan burung. Selain itu, perilaku dan cara penggunaan pestisida sangat berpengaruh terhadap dampak lingkungan, dengan tingkat pengaruh yang cukup besar mencapai 94,2%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin bijak dan tepat penggunaan pestisida, maka kualitas lingkungan yang dihasilkan juga akan semakin baik. (Dhiaswari *et al.*, 2019).

Pemakaian pestisida pada setiap tahap dalam proses pertanian mengakibatkan tersisanya residu pestisida pada hasil panen yang memberikan dampak negatif terhadap manusia dan lingkungan (Fitriadi, *et al.*, 2016), karena sifat pestisida yang tahan lama, zat ini cenderung mengendap dalam tanah dalam jangka waktu yang panjang sehingga menyebabkan penurunan kualitas tanah. (Puspitasari dan Khaeruddin, 2016). Pestisida mengalami berbagai proses alami di dalam tanah yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti jenis tanah, tingkat kelembaban, pH, suhu, volatilitas pestisida, mikroorganisme, serta kandungan bahan kimia di dalam tanah. Oleh karena itu, kecepatan degradasi suatu jenis pestisida sangat bergantung pada karakteristik fisik dan biologis tanah serta sifat pestisida tersebut (Puspitasari, D.J., *et al.*, 2016).

Pencemaran lingkungan sering kali timbul akibat pemakaian bahan kimia secara berlebihan, terutama dalam bidang pertanian di mana pestisida menjadi salah satu bahan kimia yang berpotensi merusak lingkungan. Pestisida banyak digunakan karena efektivitasnya yang tinggi, kemudahan dalam penerapan, ketersediaan yang cukup, serta biaya yang relatif ekonomis. Namun, penggunaan pestisida juga

merugikan. Adanya peningkatan penggunaan pestisida berdampak pada ketidakstabilan ekosistem, adanya residu pada hasil panen dan bahan olahannya, pencemaran lingkungan dan keracunan bahkan kematian pada manusia (Dhiaswari *et al.*, 2019).

Bioremediasi merupakan metode teknologi yang memanfaatkan mikroorganisme untuk mengurangi atau menghilangkan zat pencemar berbahaya dengan mengubahnya menjadi zat yang lebih aman. Dalam proses mineralisasi ini, mikroorganisme menguraikan zat pencemar organik yang kompleks menjadi senyawa anorganik yang sederhana dan mudah terdegradasi oleh lingkungan. (Adams *et al.* 2015).

Teknologi bioremediasi sudah banyak digunakan dalam mendegradasi kontaminan di tanah maupun di air. Teknologi dalam proses bioremediasi terbagi menjadi dua yaitu bioaugmentasi dan biostimulasi. Teknik bioaugmentasi merupakan teknik bioremediasi dengan menginokulasikan bakteri dari luar untuk membantu proses pendegradasian kontaminan, sedangkan biostimulasi merupakan teknologi dengan cara menambahkan nutrisi untuk merangsang pertumbuhan bakteri indigenous (Wu *et al.* 2016).

Bioremediasi merupakan proses penghilangan, pemutusan, atau modifikasi ikatan kimia pada kontaminan sehingga dapat menjadi senyawa yang lebih aman melalui aktivitas mikroorganisme (Agamuthu, 2013). Bioremediasi adalah metode yang sangat menguntungkan karena biayanya relatif rendah dan prosesnya tidak memerlukan waktu yang lama (Haghollahi, 2016). Dengan menggunakan bioremediasi, lahan yang sebelumnya terkontaminasi dapat dipulihkan sehingga dapat kembali difungsikan sebagai area hijau, karena kontaminan telah dihilangkan

dan kandungan unsur hara tanah telah diperbaiki. Pada proses bioremediasi, aerasi dan suplementasi nutrisi digunakan untuk meningkatkan aktivitas metabolisme mikroba di tumpukan tanah tercemar di atas tanah (Bala *et al.*, 2022). Selain itu, penelitian isolasi dan karakterisasi bakteri-bakteri baru dari lingkungan tercemar telah menghasilkan strain-strain yang memiliki potensi bioremediasi yang tinggi terhadap senyawa-senyawa tertentu (Varjani, 2017).

Bioremediasi merupakan suatu pengolahan tanah atau air secara alami dengan memanfaatkan organisme untuk mengurangi atau menghilangkan polutan yang berdampak buruk terhadap lingkungan. Agen bioremediasi dapat berupa organisme, enzim atau tanaman (Quintella C.M., *et al.* 2019). Beberapa penelitian telah menyatakan bahwa bioremediasi dapat menghilangkan polutan di lokasi yang tercemar (Arfiati D, *et al.* 2019). Kerang telah diteliti sebagai agen bioremediasi yang potensial seperti kerang air tawar, kerang hijau dan kerang taiwan (Renitasari D. P., *et al.*, 2021).

Kerang darah (*Anadara granosa*) adalah salah satu jenis kerang yang melimpah di perairan Indonesia dan banyak digemari masyarakat karena kandungan proteinnya yang tinggi. Berdasarkan data dari Kementerian Kelautan dan Perikanan (2022), produksi kerang darah di Indonesia pada tahun 2022 mencapai 94.274,1 ton, menunjukkan peningkatan signifikan dibandingkan tahun sebelumnya. Bagian cangkang kerang yang tidak dapat dikonsumsi biasanya hanya dibiarkan menumpuk sebagai limbah rumah tangga. Di wilayah Sumatra Utara sendiri, limbah cangkang kerang yang dihasilkan pada tahun 2022 diperkirakan mencapai sekitar 360 kg per hari. (Aditia. B. B, *et al.*, 2024)

Kandungan abu dari cangkang kerang jenis *Anadara granosa* yang berupa kalsium karbonat (CaCO_3) mampu menaikkan pH tanah yang bersifat asam menjadi mendekati netral. pH tanah merupakan faktor penting yang sangat memengaruhi keberhasilan dalam budidaya tanaman, karena pH menentukan tingkat kemudahan penyerapan unsur hara oleh tanaman, di mana unsur hara paling efektif diserap oleh akar pada kondisi pH netral. Komposisi kimia dari serbuk cangkang kerang tersebut meliputi CaCO_3 sebanyak 53,05%, natrium (Na) 0,08%, fosfor (P) 0,05%, magnesium (Mg) 0,05%, besi (Fe) 0,02%, tembaga (Cu) 16,36%, seng (Zn) 15,76%, dan silikon (Si) sebesar 0,1%. (Setyowati, *et al.*, 2016).

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti melakukan penelitian terkait “Pemanfaatan Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*) pada Proses Bioremediasi pada Tanah Tercemar Pestisida.”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh pemberian cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) terhadap perubahan pH tanah tercemar pestisida?
2. Bagaimana pengaruh pemberian cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) terhadap populasi mikroorganisme tanah tercemar pestisida?
3. Apakah cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dapat menurunkan kadar Pestisida Glifosat ($\text{C}_3\text{H}_8\text{NO}_5\text{P}$) pada proses bioremediasi pada tanah yang tercemar pestisida?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh pemberian cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) terhadap perubahan pada pH tanah tercemar pestisida.
2. Mengetahui pengaruh pemberian cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) terhadap populasi mikroorganisme tanah tercemar pestisida.
3. Mengetahui penurunan kadar Pestisida Glifosat ($C_3H_8NO_5P$) pada penggunaan cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dalam bioremediasi pada tanah tercemar pestisida.

1.4 Manfaat Penelitian

a. Bagi Peneliti

Penelitian ini disusun sebagai karya ilmiah yang menjadi dasar penyusunan skripsi, salah satu persyaratan untuk mengikuti ujian sarjana S1 di Fakultas Pertanian Universitas Medan Area. Menambah ilmu serta wawasan bahwa cangkang kerang darah dapat dimanfaatkan sebagai agen bioremediasi tanah tercemar pestisida.

b. Bagi Petani

Memberikan informasi dan menambah wawasan kepada bidang pertanian tentang solusi alternatif bagi petani dalam menghadapi masalah pencemaran tanah akibat penggunaan pestisida.

c. Bagi Pemerintah

Manfaat Penelitian ini Bagi Pemerinta yaitu sebagai landasan ilmiah untuk pengembangan kebijakan lingkungan, pemulihan lahan tercemar, peningkatan efektivitas pengelolaan limbah pertanian, dan penyusunan program pertanian berkelanjutan yang berbasis sumber daya lokal.

1.5 Hipotesis Penelitian

1. Penggunaan cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) berpengaruh nyata terhadap pH tanah.
2. Penggunaan cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) berpengaruh nyata terhadap populasi mikroorganisme tanah tercemar pestisida.
3. Pemberian cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) mampu menurunkan kadar Pestisida Glifosat ($C_3H_8NO_5P$) pada proses bioremediasi pada tanah yang tercemar pestisida.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penggunaan Pestisida

2.1.1 Definisi Pestisida



Gambar 1. Penggunaan Pestisida. Sumber: <https://yokifirdaus.blogspot.com/2014/03/pencemaran-lingkungan-pada-kegiatan.html>

Pestisida adalah zat yang berfungsi untuk mengontrol atau mengendalikan organisme pengganggu yang dianggap merugikan dalam hasil pertanian. Istilah ini berasal dari kata "pest" (hama) dan akhiran "-cide" (pembasmi). Pestisida banyak dipakai dalam pertanian untuk mengatasi hama dan penyakit tanaman. (Subiakto, 2018).

Pengelolaan pestisida mencakup kegiatan pembuatan, pengangkutan, penyimpanan, penyiapan, pemakaian, serta pembuangan atau pemusnahan pestisida. Selain efektivitasnya yang tinggi, pestisida banyak menimbulkan efek negatif yang merugikan. Dalam pengendalian pestisida sebaiknya pengguna mengetahui sifat kimia dan sifat fisik pestisida, biologi dan ekologi organisme pengganggu tanaman (Subiakto, 2018).

Menurut *United States Environmental Protection Agency* (USEPA), pestisida adalah zat atau campuran yang digunakan untuk mencegah, membasmi, menolak, atau mengusir hama berupa hewan, tumbuhan,

maupun mikroorganisme pengganggu, dengan tujuan mengendalikan populasi hama, penyakit, dan gulma hingga tingkat ekonomi yang dapat diterima tanpa menimbulkan dampak negatif seperti resistensi, peningkatan kembali hama, keracunan tanaman utama, atau pencemaran lingkungan. (Subiakto, 2018).

Berdasarkan Undang-Undang Pengendalian Pestisida Lingkungan Federal Amerika Serikat, pestisida adalah zat yang digunakan untuk mengendalikan atau mencegah gangguan oleh organisme pengganggu tanaman (OPT) seperti serangga, tikus, nematoda, jamur, gulma, virus, bakteri, dan mikroorganisme lain yang merugikan tanaman (Kardina, 2000). Dengan demikian, pestisida dapat diartikan sebagai bahan beracun yang dipakai untuk mengatasi organisme yang merusak tanaman, hewan ternak, dan makhluk hidup lainnya.

2.1.2 Manfaat Pestisida

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 7 tahun 1973, pestisida didefinisikan sebagai semua zat kimia dan bahan lain yang digunakan untuk:

1. Mengendalikan atau mencegah hama dan penyakit yang merusak tanaman, bagian tanaman, atau hasil pertanian.
2. Membasmi gulma atau tanaman pengganggu.
3. Membunuh daun dan menghambat pertumbuhan yang tidak diinginkan.
4. Mengatur atau merangsang pertumbuhan tanaman atau bagian tanaman, kecuali pupuk.

5. Mengendalikan hama yang hidup di dalam air.
6. Mengendalikan binatang pengganggu dan mikroorganisme di rumah, bangunan, dan transportasi.
7. Mengendalikan binatang yang dapat menularkan penyakit kepada manusia dan hewan.

Pestisida memberikan banyak manfaat yang sangat dibutuhkan dalam bidang pertanian, kehutanan, rumah tangga, dan pengelolaan lingkungan. Namun, di samping manfaatnya, pestisida juga berpotensi menimbulkan dampak negatif yang tidak diinginkan (Kementerian Pertanian, 2011)

2.1.3 Dampak Negatif Penggunaan Pestisida Dalam Kegiatan Pertanian

Menurut penelitian Feppy, N. 2019, Penggunaan pestisida secara tidak tepat dan melanggar ketentuan yang berlaku dapat menjadi dampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Berikut ini dijelaskan beberapa dampak negatif yang dihasilkan akibat penggunaan pestisida di sektor pertanian yang tidak sesuai dan melanggar aturan.:

1. Pencemaran pada air dan biologis tanah

Pencemaran air di lingkungan perairan sering terjadi akibat limpasan dari aktivitas manusia yang menggunakan pestisida untuk meningkatkan hasil pertanian dan peternakan. Pestisida jenis persisten seperti DDT, Aldrin, dan Dieldrin tidak mudah terurai di dalam tanah dan justru cenderung menumpuk. Di dalam air, pestisida ini dapat menyebabkan biomagnifikasi, sehingga residunya dapat mencapai tingkat tertinggi dalam

rantai makanan, yaitu manusia. Pestisida dengan bentuk granul juga mengalami proses di tanah dan air yang memungkinkan terjadinya pencemaran pada kedua media tersebut.

2. Polusi udara

Pestisida yang dihasilkan oleh praktik pertanian akan segera bercampur dengan udara dan terpapar sinar matahari, sehingga dapat mengalami fotodekomposisi. Selain itu, pestisida juga dapat mengalami perkolasi atau terbawa oleh angin. Semakin halus butiran larutan pestisida, semakin besar kemungkinan untuk terbawa angin dan tersebar lebih jauh.

3. Timbulnya resistensi pada spesies hama

Spesies hama yang menjadi target pengendalian dapat mengembangkan toleransi terhadap pestisida, sehingga populasinya sulit dikendalikan. Hal ini berarti bahwa meskipun disemprot dengan dosis pestisida normal atau bahkan lebih tinggi, jumlah hama yang mati sangat sedikit atau bahkan tidak ada. Populasi hama tersebut dapat dengan cepat pulih dari efek racun pestisida dan bahkan mengembangkan tingkat resistensi yang lebih tinggi pada generasi berikutnya, terutama akibat penggunaan pestisida golongan organoklorin.

4. Timbulnya spesies hama baru

Penggunaan pestisida yang digunakan untuk membasmi hama tertentu justru dapat memicu munculnya hama baru yang sebelumnya tidak menjadi masalah. Ledakan hama sekunder ini biasanya terjadi beberapa waktu setelah aplikasi pestisida, baik di akhir musim tanam maupun pada musim tanam berikutnya. Populasi hama sekunder ini sering kali

menimbulkan kerusakan yang lebih parah dibandingkan hama utama sebelumnya.

5. Resurgensi

Resurgensi hama terjadi ketika populasi hama justru meningkat setelah mendapat perlakuan pestisida, bahkan melebihi jumlah hama yang tidak diberi perlakuan. Fenomena ini disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu:

- a semprotan pestisida tidak mencapai tempat berkumpul dan makan hama;
- b residu pestisida tidak cukup membunuh nimfa yang menetas sehingga hama menjadi resisten;
- c kematian predator alami akibat pestisida;
- d efek fisiologis insektisida yang meningkatkan kesuburan hama sehingga mereka bertelur lebih banyak dan angka kematian menurun;
- e pengaruh pestisida terhadap tanaman yang membuat hama tumbuh lebih subur.

Dengan kata lain, penggunaan pestisida yang tidak tepat dapat menghilangkan musuh alami hama dan memicu peningkatan populasi hama melalui berbagai mekanisme, termasuk resistensi dan perubahan reproduksi hama (Djojoseumarto, 2000).

6. Menimbulkan kerusakan ekosistem

Penggunaan jenis pestisida seperti insektisida, fungisida, dan

herbisida untuk mengendalikan hama tanaman, hewan, serta gulma (tanaman benalu) yang mengganggu produksi sering menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Pengendalian populasi serangga hama dengan insektisida juga berdampak pada predator dan parasitnya, termasuk serangga lain yang memangsa hama tersebut, sehingga mereka juga dapat ikut terbunuh.

7. Dampak terhadap kesehatan masyarakat

Penggunaan pestisida dalam kegiatan pertanian dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia, antara lain: (a) adanya residu pestisida pada hasil pertanian; (b) terjadinya bioakumulasi dan biomagnifikasi dalam rantai makanan, di mana manusia sebagai organisme puncak rantai makanan menerima efek biomagnifikasi paling besar, terutama dari pestisida golongan organoklorin; (c) keracunan pestisida yang sering dialami oleh para pekerja yang langsung menangani pestisida

2.1.4 Residu Pestisida pada Tanah

Residu pestisida adalah zat atau campuran zat yang terdapat dalam makanan manusia atau hewan akibat penggunaan pestisida, termasuk senyawa hasil degradasi, konversi, metabolisme, produk reaksi, dan kontaminan yang dianggap beracun secara signifikan (IUPAC *Compendium of Chemical Terminology*, 1997).

Residu pestisida dapat tersisa dalam tanah dan air, yang akan menimbulkan resistensi hama dan penyakit serta punahnya musuh alami. Penggunaan pestisida tidak sepenuhnya tepat mengenai sasaran sehingga menimbulkan residu dan berdampak negatif bagi tanah, air, tanaman

maupun manusia. Perilaku petani yang kurang disiplin dalam penggunaan, baik dari segi jenis, takaran maupun frekuensi, dapat menyebabkan tingginya pencemaran.

Residu pestisida pada produk hortikultura dilaporkan berpotensi membahayakan kesehatan. Sebagai contoh, di Amerika Serikat, EPA mengidentifikasi 14 dari 41 jenis pestisida yang umum digunakan pada tanaman hortikultura sebagai senyawa karsinogenik, dengan residu tersebut ditemukan mencemari sekitar 83% sampel tanaman hortikultura yang diuji (Murphy, 1997). Di Indonesia, beberapa produk hortikultura seperti wortel, kentang, sawi, bawang merah, tomat, dan kubis dari sentra produksi sayuran juga dilaporkan mengandung residu pestisida yang melebihi batas maksimum yang ditetapkan, yaitu 2 ppm (Tjahjadi & Gayatri, 1994). Kondisi ini menimbulkan kekhawatiran terkait dampak residu pestisida terhadap kesehatan masyarakat dan menuntut pengelolaan mutu produk hortikultura yang tidak hanya berdasarkan penampilan, tetapi juga memastikan keamanan bagi konsumen

2.1.5 Pengaruh Residu Pestisida Terhadap Kesuburan Tanah

Kesuburan tanah merupakan kondisi di mana keseimbangan antara ketersediaan air dan udara serta unsur hara secara memadai sesuai kebutuhan dari tanaman, meliputi aspek fisik, kimia, dan biologi tanah (Effendi, 1995). Tanah yang subur biasanya memiliki profil dalam lebih dari 150 cm, struktur yang gembur dan remah, pH antara 6 hingga 6,5, serta aktivitas mikroorganisme yang tinggi. Kandungan unsur hara yang tersedia cukup untuk tanaman dan tidak terdapat faktor pembatas yang

menghambat pertumbuhan tanaman (Sutejo, 2002). Tingkat kesuburan tanah berbeda-beda tergantung pada faktor pembentuk tanah di lokasi tersebut, seperti bahan induk, iklim, relief, organisme, dan waktu.

Penggunaan pestisida secara berlebihan dapat meninggalkan residu pada tanah dan tanaman, bahkan dapat terakumulasi dalam tubuh hewan, ikan, atau biota air lainnya. Pestisida yang memiliki waktu degradasi yang lama berpotensi membahayakan kesehatan manusia dan makhluk hidup yang mengonsumsi hasil pertanian yang mengandung residu tersebut. Selain itu, kelebihan pestisida di tanah dapat menimbulkan cekaman yang menyebabkan stres pada tanaman sehingga menurunkan produktivitasnya.

Penggunaan pestisida secara terus-menerus dan tidak menurut aturan yang ada juga dapat mengganggu populasi serta aktivitas biota tanah. Biota tanah yang berperan penting dalam kesuburan, seperti mikroorganisme penambat nitrogen, pengurai sulfur dan nitrogen, pelarut fosfor, serta pengurai selulosa, akan terganggu keberadaannya. Pemberian pestisida dengan melebihi dosis yang dianjurkan dapat menghentikan aktivitas biota tanah, sehingga kesuburan tanah ikut menurun.

Berbagai pupuk, baik yang bersifat anorganik maupun organik seperti pupuk fosfor, nitrogen, pupuk kandang, kapur, dan kompos, mengandung logam berat. Kandungan logam berat dalam tanah, seperti Pb (100-500 mg/kg), Cd (10-100 mg/kg), dan Hg (1-10 mg/kg), dapat menghambat proses mineralisasi nitrogen organik dan nitrifikasi

(Doelman dalam Kurnia et al., 2004).

2.1.6 Jenis Pestisida

Berdasarkan Sembel, D. T. (2015), pestisida diklasifikasikan menurut target penggunaannya menjadi beberapa jenis, yaitu:

- 1) Insektisida, digunakan untuk mengendalikan hama serangga seperti wereng dan belalang.
- 2) Fungisida, dipakai untuk melawan penyakit yang disebabkan oleh jamur, contohnya busuk akar akibat *phytium* sp.
- 3) Bakterisida, berfungsi membasmi penyakit yang disebabkan oleh bakteri, seperti kresek pada padi yang disebabkan oleh *xanthomonas* sp.
- 4) Virusida, digunakan untuk mengatasi penyakit yang disebabkan oleh virus, misalnya virus tungro.
- 5) Akarisida, ditujukan untuk mengendalikan hama yang berasal dari tungau atau caplak.
- 6) Nematosida, berperan dalam mengendalikan hama cacing nematoda.
- 7) Rodentisida, digunakan untuk mengendalikan hama tikus.
- 8) Herbisida, berfungsi untuk mengendalikan gulma.

2.1.7 Glifosat

Glifosat adalah suatu zat aktif herbisida untuk mengendalikan gulma, Glifosat memiliki sifat yang sistemik yang dapat masuk ke dalam jaringan tumbuhan melalui penyerapan oleh akar tanaman, juga dapat

melalui penetrasi stomata, dimana apabila salah satu dari bagian tanaman telah menyerap zat kimia tersebut maka seluruh bagian dari tanaman itu mulai dari akar, batang, daun dan juga buah akan terkontaminasi zat kimia (Sigalingging et al., 2014).

Penggunaan glifosat yang berlebihan telah menimbulkan permasalahan serius, terutama terkait dengan pencemaran tanah. Residu glifosat yang tersisa di tanah dapat bertahan dalam jangka waktu yang lama dan berdampak negatif terhadap kualitas lingkungan, organisme tanah, dan bahkan kesehatan manusia (Qi dkk., 2023). Aplikasi herbisida dalam jangka panjang dapat menyebabkan berbagai dampak negatif karena residu glifosat sulit terdegradasi, sehingga terakumulasi dalam tanah dan terserap produk panen (Fauriah et al., 2017), serta mengurangi penyerapan unsur hara tanaman (Kesuma et al., 2015).

2.2 Teknologi Bioremediasi

Teknik bioremediasi merupakan terobosan baru dan produk kebaruan hasil penelitian penelitian dengan rekayasa media budidaya menggunakan tiga material sekaligus, yakni polutan logam berat, bioremediator dan udang Windu untuk meningkatkan *survival rate* (SR) udang yang memenuhi syarat konsumsi bebas paparan logam berat. Kebaruan teknologi yang dikembangkan pada penelitian ini merupakan bagian dari kemajuan proses produksi melalui rekayasa media budidaya udang menggunakan bioremediator bakteri sebagai bentuk pencegahan dini paparan logam berat sekaligus menjamin pertumbuhan dan survival udang. Metode ini potensial dan aplikatif untuk mendukung pencapaian target global menuju *Green Economy* melalui aktivitas akuakultur (Shen et al., 2022).

Kemajuan dalam bioteknologi lingkungan telah bergeser ke metode yang berfokus pada bioremediasi sebagai metode alternatif yang potensial untuk dikembangkan sebagai bagian dari restorasi lingkungan. Metode remediasi, khususnya bioremediasi tentunya melibatkan penggunaan bakteri, jamur, tumbuhan, alga, sponge fungi dan bioremediator lainnya, baik kategori organisme hidup maupun mikroorganisme, bertujuan mengurangi polutan tren global (GTP) yaitu suatu polutan atau bahan pencemar yang sifatnya mengglobal, dan intensitasnya cenderung meningkat seiring perjalanan waktu, sebagai akibat dari semakin beraneka ragamnya kebutuhan masyarakat, variasi produk dengan berbagai teknologi, sementara di sisi lain daya dukung lingkungan justru semakin menurun (Yani, 2018).

2.2.1 Material dan Jenis-Jenis Bioremediasi

Bioremediasi adalah cabang bioteknologi lingkungan yang memanfaatkan proses biologis untuk mengatasi pencemaran. Metode ini tidak hanya ekonomis, tetapi juga dapat dilakukan langsung di lokasi pencemaran secara alami. Contohnya termasuk penggunaan bakteri untuk menguraikan tumpahan minyak di laut atau tanah, pemanfaatan tanaman untuk menyerap logam berat dari tanah, serta pemakaian jamur untuk menguraikan bahan kimia berbahaya di lingkungan. Beberapa mikroorganisme yang berperan penting dalam bioremediasi antara lain *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Burkholderia*, dan *Alcaligenes* (Mahdiyah, Wahyuni and Mukti, 2012).

Tahapan dalam bioremediasi adalah: isolasi pada bakteri, pengujian kinerja bakteri dalam metode degradasi zat pencemar/polutan,

identifikasi, dan perbanyak populasi bakteri. Bioremediasi adalah proses yang memanfaatkan mikroorganisme, seperti bakteri, digunakan untuk menghilangkan zat-zat yang dapat mengkontaminasi tanah dan air dari polutan berbahaya (Lebel *et al.*, 2010). Bioremediasi mampu mengurangi berbagai dampak negatif dari aktivitas industri dan berbagai jenis pencemaran lingkungan. Metode ini telah diterapkan dalam berbagai situasi, seperti pembersihan tanah yang terkontaminasi minyak bumi serta penanganan logam berat berbahaya melalui proses biosorpsi. (Lukman, 2015)

2.2.2 Jenis-Jenis Bioremediasi

Bioremediasi dapat dibedakan berdasarkan keberadaan metode, keberadaan oksigen, dan cara pengaplikasiannya.

1. Bioremediasi Berdasarkan Metode:

In Situ

Metode *in situ* merujuk pada kerja bioremediasi yang dilakukan langsung di lapangan atau pada lokasi dan area terkontaminasi. Misalnya, tanah yang terkontaminasi yang diremediasi tanpa memerlukan proses removal yang mahal atau air tanah yang hanya bisa dilakukan remediasi di tempat. Keterbatasan metode ini umumnya pada skala dayang dapat diremediasi dan juga harus pada area terkontrol atau terkendali atau ada yang menyebut terisolasi (Knobloch, Jóhannsson and Marteinnsson, 2018).

Ex Situ

Metode *ex situ* merujuk pada aktivitas atau pekerjaan bioremediasi yang mana hal ini dilakukan dengan mengambil dan membawa sejumlah material yang terkontaminasi, ditempatkan pada tempat khusus dan dilakukan remediasi dengan cara meremoval atau remote polutan tertentu atau mungkin hanya mengurangi konsentrasi dari material pencemar, sehingga kualitas material tersebut meningkat. Metode ini memiliki keterbatasan pada penggunaan atau membutuhkan alat berat. Metode *ex situ* berisiko menimbulkan penyebaran kontaminasi atau tumpahan selama proses mobilisasi material melalui transportasi (Ziarati *et al.*, 2019).

2. Bioremediasi Berdasarkan Keberadaan Oksigen:

Aerobik

Metode *aerobik* ini memanfaatkan mikroba yang mana mikroba tersebut dalam menjalankan fungsinya meremediasi polutan, membutuhkan oksigen untuk proses perkembangbiakannya. Cara ini juga merupakan upaya berupa *composting* untuk menghasilkan dan mengoksidasi jamur yang berfungsi membantu proses penguraian. Teknik *aerobik* secara mekanis melalui *bioventing* pasif atau memasukkan sejumlah udara terkompresi ke dalam tanah atau di bawah permukaan air dengan *biosparging* (Ławniczak *et al.*, 2020).

Anaerobik

Metode *anaerobik* dapat berjalan tidak bergantung pada ketersediaan oksigen, terhadap kontaminasi logam berat. Metode *anaerobik* banyak digunakan pada remediasi logam berat dan menghilangkan senyawa organik seperti menghilangkan kontaminasi oleh *polychlorinated biphenyls* atau *trichloroethylene*. Teknik *anaerobik* ini adalah bentuk spesial yang membutuhkan teknik yang lebih canggih dan pemantauan yang tepat (Kimes *et al.*, 2014).

3. Bioremediasi Berdasarkan Aplikasinya

Metode bioremediasi umumnya dilakukan dengan metode *in situ*, sehingga dalam aplikasinya dimunculkan beberapa istilah antara lain:

Biosparging

Biosparging adalah metode yang melibatkan injeksi udara terkompresi ke dalam tanah atau air tanah untuk meningkatkan kadar oksigen dan mempercepat proses penguraian bahan pencemar secara alami.

Bioventing

Bioventing melibatkan proses pengeboran tanah dengan diameter kecil yang memungkinkan jalan masuknya udara dan juga dilengkapi dengan ventilasi pasif. Metode *bioventing* bisa pada kondisi kontaminasi tanah dan juga air tanah, karena

memungkinkan tingkat pada oksigen dan nutrisi terkendali karena menyesuaikan tingkat ventilasinya (Prayitno, 2017).

Bioaugmentation

Bioaugmentation umumnya untuk menambahkan mikroba indigenous atau memasukkan mikroba spesies *exogenous* di lokasi yang terkontaminasi. Proses ini bekerja baik dengan cara bioremediasi lain, seperti *bioventing* dan *biosparging* secara terbatas (Azfar Ismail *et al.*, 2019).

2.2.3 Syarat Bioremediasi

Dalam melakukan bioremediasi bahan pencemar, beberapa faktor penting yang harus diperhatikan meliputi jenis mikroorganisme yang digunakan, lokasi remediasi, serta kondisi lingkungan yang memengaruhi proses biodegradasi. Proses ini biasanya menghasilkan senyawa organik sederhana, gas karbon dioksida, air, dan biomassa sel. Waktu yang dibutuhkan untuk bioremediasi bisa berlangsung selama satu minggu atau lebih (Marzuki, 2019). Salah satu inovasi dalam bioremediasi adalah pemanfaatan limbah organik pasar sebagai biostimulan, yang tidak hanya membantu mempercepat proses penguraian pencemar tetapi juga mengatasi permasalahan limbah pasar dan pencemaran tanah. Merehabilitasi tanah yang tercemar, salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan adalah bioremediasi. Bioremediasi adalah teknik pemulihan lingkungan atau penanganan limbah dengan bantuan mikroorganisme untuk menguraikan bahan berbahaya dan beracun dari limbah tersebut (Setyati *et al.*, 2015).

Secara sederhana dapat dikatakan bahwa bioremediasi mengubah senyawa kimia yang berbahaya menjadi komponen kimia sederhana, air (H_2O) dan gas tidak berbahaya (CO_2), maka sifat toksik dari bahan pencemar atau senyawa berbahaya berkurang atau mungkin hilang seluruhnya. Bioremediasi, merupakan proses pembersihan pencemaran tanah dengan bantuan mikroba seperti jamur serta bakteri (Martini, Yuliwati and Kharismadewi, 2020).

2.2.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Efisiensi Bioremediasi

Menurut Rima Nurmallasari (2018), efektivitas bioremediasi dipengaruhi oleh faktor fisik, lingkungan, dan kimia. Faktor lingkungan mencakup suhu, pH, oksigen, nutrisi, dan kelembapan. Faktor fisik meliputi ketersediaan air, jumlah mikroba yang sesuai dengan pencemar, dan akseptor yang tepat. Faktor kimia berkaitan dengan struktur senyawa pencemar (Eweis et al., 1998). Berikut penjelasan singkatnya:

a. Kadar Oksigen

Oksigen penting untuk proses oksidasi dalam biodegradasi, di mana enzim bakteri dapat mengkatalisis oksigen ke hidrokarbon untuk metabolisme (Atlas dan Bartha, 1985; Baker dan Herson, 2000).

b. Kelembapan

Kelembapan optimal bioremediasi pada tanah sekitar 80%, sedangkan untuk bahan bakar minyak sekitar 50%. Kelembapan di atas 70% dapat menghambat transfer oksigen dan aktivitas aerobik (Cookson, 1995).

c. pH

Mikroba pendegradasi tumbuh baik pada pH netral 6,5-7,5. Perubahan pH terjadi selama proses, dengan pH optimal sekitar 7,8 untuk biodegradasi hidrokarbon (Cookson, 1995).

d. Temperatur

Suhu optimal degradasi adalah 30-40°C. Suhu rendah dapat menghambat aktivitas enzim dan metabolisme mikroba. Mikroorganisme dibagi menjadi psikofilik, mesofilik, dan termofilik berdasarkan suhu optimum (Fahrudin, 2014).

e. Nutrisi

Nitrogen, karbon, dan fosfor harus tersedia dalam rasio tepat (C:N = 10:1 dan C:P = 30:1) agar metabolisme mikroba optimal (Fahrudin, 2014).

f. Tekstur Tanah

Tekstur tanah memengaruhi permeabilitas, kelembapan, dan distribusi nutrisi. Tanah lempung sulit diaerasi dan mendistribusikan nutrisi, sehingga penambahan bahan seperti jerami diperlukan untuk meningkatkan porositas (EPA, 1999).

g. Bakteri

Pendekatan bioaugmentasi (penambahan mikroba degradasi) dan biostimulasi (penambahan nutrisi) digunakan untuk mendukung aktivitas

mikroba dalam biodegradasi (Venosa, 2002). Biostimulasi memastikan kebutuhan mikroba terpenuhi agar proses berjalan optimal.

2.2.5 Keuntungan Teknologi Bioremediasi

Logam berat dan polutan organik merupakan masalah bagi lingkungan serius dan berdampak pada kesehatan manusia. Pencemaran pada tanah dan perairan oleh zat-zat toksik ini meningkat akibat industrialisasi, pertanian intensif, dan aktivitas manusia lainnya. Pembuangan limbah industri dan limbah perkotaan secara tidak terkendali ke lingkungan akuatik menjadi perhatian global utama (Liao *et al.*, 2022). Salah satu solusi untuk mengatasi pencemaran tersebut adalah dengan menggunakan mikroorganisme biologis melalui proses bioremediasi, yaitu teknik yang memanfaatkan mikroorganisme untuk menguraikan atau mengurangi limbah berbahaya di lokasi yang tercemar (Anami, *et al*, 2020).

Bioremediasi bekerja dengan merangsang pertumbuhan mikroorganisme tertentu yang memanfaatkan kontaminan seperti minyak, pelarut, dan pestisida sebagai sumber makanan dan energi. Beberapa mikroba tertentu dapat menguraikan patogen dan senyawa kimia toksik dengan cara mencernanya dan menghilangkan unsur toksik dengan mengubah komposisinya menjadi gas etana dan karbon dioksida. Beberapa kondisi pada tanah dan air yang terkontaminasi telah memiliki mikroba yang berperan sebagai pengurainya. Namun, apabila mikroba yang ada berada dalam jumlah yang sedikit atau sama sekali tidak ada, maka bioremediasi akan berperan untuk menambah jumlah mikroba tersebut (Marzuki, 2018).

Saat lingkungan yang tercemar telah pulih ke kondisi semula, mikroba akan berkembang biak dengan cepat. Namun, jika kondisi lingkungan menjadi tidak seimbang (*off-balance*), pertumbuhan mikroba akan melambat atau bahkan mikroba dapat mati secara bersamaan. Mekanisme ini merupakan salah satu keunikan tersendiri dari metode bioremediasi (Ambarwati and Bahri, 2018).

2.3 Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)



Gambar 2. Kerang Darah (*Anadara granosa*). Sumber: <https://www.alamy.com/stock-photo-blood-cockles-aka-ark-clam-tegillarca-granosa-sunda-kelapa-pasar-ikah-140744369.html>

2.3.1 Identifikasi Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Kerang darah (*Anadara granosa*) adalah hewan golongan moluska dari kelas bivalvia dengan dua cangkang yang dapat membuka dan menutup. Kerang ini hidup di perairan berlumpur atau berpasir di daerah pasang surut dan tersebar di kawasan Indo-Pasifik. Cangkangnya terdiri dari tiga lapisan utama: periostrakum sebagai pelindung luar, lapisan prismatik yang tersusun dari kristal kapur, dan lapisan nakreas yang tipis dan paralel. Kerang darah memiliki kaki berbentuk kapak pipih yang digunakan untuk merayap dan menggali substrat. Ukuran kerang dewasa

biasanya berkisar antara 4-9 cm panjang dengan ciri khas tubuh tebal dan menggembung serta alur cangkang yang kokoh (Solang, 2019)

Kingdom : *Animalia*
Filum : *Mollusca*
Sub Kelas : *Lamelladibranchia*
Ordo : *Arcoida*
Famili : *Arcidae*
Sub famili : *Anadarinae*
Genus : *Anadara*
Spesies : *Anadara granosa*

2.3.2 Morfologi Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Pada **Gambar 2**, *Anadara granosa* memiliki tubuh tebal dan menggembung dengan 18-20 alur serta cangkang equilateral dengan umbo di tengah. Panjangnya 4-9 cm (Ekawati, 2010). Tubuh kerang terdiri dari kaki, kepala, saluran pencernaan, reproduksi, selaput, dan cangkang (Setyono, 2006). Kerang berukuran sedang memiliki kemampuan menyerap logam berat lebih tinggi dibandingkan yang besar karena metabolisme pada kerang besar lebih rendah (Rudiyanti, 2009).

2.3.3 Manfaat Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Abu cangkang kerang mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) yang merupakan sumber kalsium dengan sifat basa, sehingga mampu meningkatkan pH tanah. CaCO_3 juga menjadi bahan aktif dalam

dolomit dan kapur pertanian. Bahan ini dapat melepaskan karbondioksida yang baik dan menjadi kalium dioksida bagi pertumbuhan tanaman (Cahyono 2003). Menurut Yuwono (2002), penggunaan dosis cangkang kerang memiliki beberapa keuntungan, salah satu diantaranya yaitu dapat memperbaiki sifat kimia tanah serta kesuburan tanah.

Menurut Sinardi (2013), cangkang kerrang mengandung kitin berkisar antara 14–35%. Kitosan, yang merupakan biopolimer dengan rumus molekul ($C_6H_{11}NO_4$), adalah senyawa poli-(2 amino-2-deoksi- β -(1-4)-D-glukopiranos) berbentuk padatan amorf berwarna putih kekuningan, bersifat nontoksik dan biodegradable. Kitosan tidak dapat larut dalam larutan netral ataupun basa, tetapi akan larut dalam asam organik. Kitosan memiliki berbagai manfaat, antara lain:

1. Pertanian: Meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan jamur.
2. Kesehatan: Membantu menurunkan kolesterol, berperan sebagai antikoagulan, dan agen antibakteri.
3. Bioteknologi: Digunakan dalam imobilisasi enzim, pemisahan protein, dan regenerasi sel.
4. Industri makanan: Berfungsi sebagai antioksidan, pengawet alami, penyerap zat warna, pengemulsi, dan bioadsorben/pengkhelat logam.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2024 hingga Januari 2025, dan percobaan bioremediasi dilakukan di Jl. Teratai Ujung No. 555, Kenangan Baru, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20128. Analisis *Total Plate Count* (TPC) pada tanah dilakukan Laboratorium Kesehatan Provsu (UPTD), sedangkan analisis kandungan Pestisida (Glifosat) dilakukan di Laboratorium *Indonesian Center for Biodiversity and Biotechnology* (ICBB).

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi cangkul, bor tanah, karung plastik, wadah box, *Soil Thermometer*, pH meter, Ayakan, dan Alat Tulis. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan cangkang kerang darah (*Anadara granosa*), Tanah, Pestisida (*Glifosat*), Air dan seperangkat alat dan bahan yang digunakan untuk analisi *Total Plate Count* (TPC) serta analisis kandungan Pestisida (*Glifosat*).

3.3 Metode Penelitian

Pada penelitian yang dilakukan dalam Skripsi ini dengan menggunakan simulasi tanah tercemar dan perlakuan penelitian ini menggunakan metode Eksperimental yang memperoleh data dari hasil penelitian langsung pada tanah tercemar Pestisida.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Simulasi Tanah Tercemar Pestisida

Simulasi tanah tercemar pestisida digunakan untuk melakukan penelitian mengenai proses Bioremediasi terhadap tanah tercemar oleh pestisida. Proses pembuatan tanah tercemar Pestisida pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Glifosat $C_3H_8NO_5P$ untuk membuat tanah tercemar sebesar 1800 ppm pada 2 Kg tanah. Pembuatan larutan Glifosat $C_3H_8NO_5P$ untuk di aplikasikan di hitung dengan perhitungan berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Konsentrasi Glifosat} &= 360 \text{ g/l} \\
 \text{Glifosat yang di tambahkan} &= 10 \text{ ml} \\
 1 \text{ L} &= 1000 \text{ ml} \\
 \frac{360 \text{ g}}{1000 \text{ ml}} &= 360 \text{ mg/ml} \\
 10 \text{ ml} &= 10 \text{ ml} \times 360 \text{ mg/ml} \\
 &= 3600 \text{ mg} \\
 \text{ppm} &= \frac{3600 \text{ mg}}{2 \text{ Kg}} \\
 &= 1800 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

Maka, untuk membuat tanah tercemar Pestisida sebesar 1800 ppm pada 2 kg tanah, maka diperlukan 10 mg Glifosat $C_3H_8NO_5P$ untuk di campurkan pada media tanah.

Berikut simulasi pembuatan tanah tercemar Pestisida dengan menggunakan Glifosat pada media tanah sebesar 2 kg.

1. Tanah *top soil* di ambil pada kedalaman 0-25 cm, kemudian di masukkan dalam masing-masing box wadah sebanyak 2 kg yang akan

di campurkan dengan Glifosat $C_3H_8NO_5P$ sebanyak 10 ml yang dimana setiap masing-masing wadah box mengandung Pestisida sebesar 1800 ppm.

2. Setelah dipastikan keseluruhan tanah tercampur sempurna pada masing-masing wadah box selanjutnya tanah akan di siram dengan air untuk menjaga kelembaban tanah.

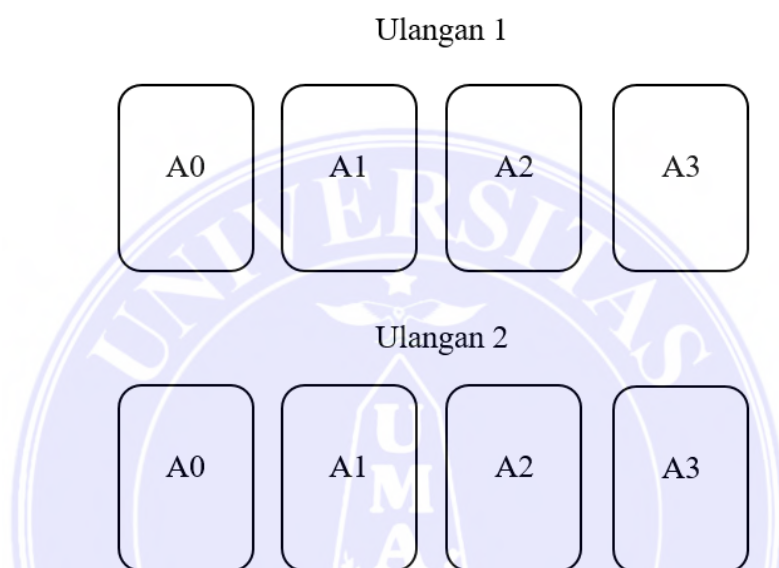
3.4.2 Persiapan Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Sebelum melakukan penelitian tentang pemanfaatan cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) untuk proses Bioremediasi Tanah tercemar Pestisida, ada beberapa tahapan persiapan cangkang kerang (*Anadara granosa*) yang dilakukan, yaitu:

1. Pengumpulan cangkang kerang darah: Cangkang kerang darah dikumpulkan dari sepanjang Pesisir XXXXX.
2. Pembersihan cangkang: Setelah dikumpulkan, cangkang kerang darah kemudian dicuci dan dibersihkan dari sisa-sisa daging atau kotoran lainnya. Pembersihan secara menyeluruh sangat penting karena sisa-sisa tersebut dapat memengaruhi hasil penelitian.
3. Pengeringan cangkang kerang darah: Setelah dikumpulkan, cangkang kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama 3 hari pada pukul 11.00 – 15.00 WIB.
4. Penghancuran cangkang kerang darah: Untuk memperkecil ukuran cangkang kerang, cangkang kemudian akan dihancurkan menggunakan mortar lalu disaring dengan ayakan 80 mesh.

3.4.3 Aplikasi Bioremediasi

Aplikasi Bioremediasi pada tanah tercemar Pestisida dilakukan di dalam wadah box yang di beri label (A0, A1, A2, dan A3) dengan 2 ulangan. Adapun ilustrasi denah proses bioremediasi pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Ilustrasi Proses Bioremediasi

Keterangan:

A0 = Kontrol (Tanah tercemar pestisida 1800 ppm), tanpa pemberian cangkang kerang darah (*Anadara granosa*).

A1= Tanah tercemar pestisida 1800 ppm + 3 ton/ha cangkang kerang (*Anadara granosa*).

A2= Tanah tercemar pestisida 1800 ppm + 6 ton/ha cangkang kerang darah (*Anadara granosa*).

A3= Tanah tercemar pestisida 1800 ppm + 12 ton/ha cangkang kerang darah (*Anadara granosa*).

Adapun tahapan aplikasi Bioremediasi pada penelitian ini yaitu :

1. Proses aplikasi Bioremdiasi dimulai dengan mencampurkan simulasi tanah tercemar pestisida dengan cangkang kerang darah sesuai dengan perlakuan.
2. Tanah dicampur secara merata dengan larutan pestisida Glifosat ($C_3H_8NO_5P$) untuk mencapai konsentrasi pestisida sesuai perlakuan.
3. Setelah tanah tercampur kemudian serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) diaplikasikan ke dalam tanah yang sudah tercemar Pestisida kemudian di aduk secara merata.
4. Aplikasi Bioremediasi dilakukan selama 8 Minggu Proses Penelitian dengan parameter pH Tanah, Suhu Tanah, *Total Place Count* (TPC), dan kandungan Pestisida pada awal dan akhir periode penelitian.

3.5 Parameter Penelitian

3.5.1 pH Tanah

Pengamatan pH tanah dilakukan untuk menunjukkan ada tidaknya peningkatan pH tanah dari sebelum adanya pemberian perlakuan. Pengukuran pH dilakukan setiap 1 minggu sekali sampai dengan 8 MSP.

3.5.2 Suhu Tanah

Pengamatan suhu tanah dilakukan untuk mengindikasikan aktivitas mikroorganisme dalam proses bioremediasi. Kondisi suhu tanah yang optimal juga mengindikasikan mikroorganisme berkembang biak di dalam tanah. Pengukuran suhu tanah dilakukan setiap 1 minggu sekali sampai dengan 8 MSP.

3.5.3 Populasi Mikroba

Pada penelitian yang dilakukan pengukuran populasi mikroba bertujuan untuk mengetahui populasi mikroba dan membantu menilai efektivitas bioremediasi, karena mikroba berperan dalam mendegradasi polutan dalam tanah. Pengukuran populasi mikroba dilakukan dengan metode TPC pada awal (1 MSP) dan akhir penelitian (8 MSP).

3.5.4 Kandungan Pestisida

Pengukuran kandungan pestisida dalam tanah bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dalam tanah pada proses bioremediasi. Pengukuran kandungan pestisida ini dilakukan 1 kali yaitu, di akhir periode penelitian. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan HPLC (*high pressure liquid chromatography*).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Penggunaan cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) berpengaruh nyata terhadap nilai pH tanah. Perlakuan dengan dosis tertinggi (A3) mampu meningkatkan pH tanah dari kisaran asam (4,5–5,5) menjadi lebih netral (6,6), karena kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) pada cangkang kerang berperan sebagai agen penetral keasaman. Perbaikan sifat kimia tanah ini menciptakan lingkungan yang lebih kondusif bagi aktivitas biologis.
2. Pemberian cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) berpengaruh nyata terhadap peningkatan populasi mikroorganisme tanah tercemar pestisida. Hasil *Total Plate Count* (TPC) menunjukkan bahwa perlakuan A3 (12 ton/ha) memiliki jumlah mikroorganisme tertinggi pada awal penelitian (575.000 CFU/g) dan akhir penelitian (379.000 CFU/g), jauh melampaui kontrol (A0). Hal ini membuktikan bahwa mineral dan nutrisi dalam cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) berperan sebagai substrat yang mendukung pertumbuhan mikroba, mengatasi efek toksik pestisida.
3. Pemberian cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) terbukti mampu menurunkan kadar Pestisida ($\text{C}_3\text{H}_8\text{NO}_5\text{P}$) dari 1800 ppm menjadi <0,005 ppm.

5.2 Saran

1. Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan agar penelitian selanjutnya dilakukan dengan memperluas variasi dosis cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dan memperpanjang periode pengamatan untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif terhadap perubahan sifat

kimia tanah, populasi mikroorganisme, dan efektivitas degradasi pestisida.

2. Pengukuran kadar pestisida sebaiknya dilakukan secara berkala pada beberapa interval waktu selama proses bioremediasi, sehingga dapat diketahui laju degradasi pestisida secara lebih akurat. Penelitian lebih lanjut juga dianjurkan untuk menguji efektivitas cangkang kerang darah pada jenis pestisida lain serta pada tanah dengan karakteristik yang berbeda, guna memperluas aplikasi hasil penelitian ini.



DAFTAR PUSTAKA

- Adams GO, Fufeyin PT, Okoro SE, Ehinomen I. 2015. Bioremediation, biostimulation and bioaugmentation: a review. *IJEBB*. 1 (3) : 28-39
- Aditia. B. B, Chairina. E. (2024). Perbandingan Kuat Tekan dan Penyerapan Beton Normal terhadap Beton dengan Canggang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) sebagai Bahan Pengisi Agregat Kasar. *Teknik Sipil, Universitas Harapan Medan*, Vol. 8 (3). ISSN: 2614-3097(online)
- Agamuthu P, Tan Y S and Fauziah S H 2013 Bioremediation of hydrocarbon contaminated soil using selected organic wastes *Procedia Environ. Sci.* 18 694–702
- Agamuthu P, Tan YS, Fauziah. 2013. Bioremediation of Hydrocarbon Contaminated Soil Using Selected Organic Waste. 2013 International Symposium on Environmental Science and Technology
- Ahmed, M.T., S.M.M. Ismail and S.S. Mabrouk. 1998. Residues of some chlorinated hydrocarbon pesticides in rain water, soil and ground water, and their influence on some soil microorganisms. *Env. Int.* 24 (5-6): 665-670.
- Ambarwati, Y. and Bahri, S. (2018) ‘Review: Fitoremediasi Limbah Logam Berat dengan Tumbuhan Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides* L)’, *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 3(02), pp. 139–147. doi: 10.23960/aec.v3.i2.2018.p139-147.
- Anami, W. R., Maslahat, M. and Arrisujaya, D. (2020) ‘Presipitasi Logam Berat Limbah Cair Laboratorium Menggunakan Natrium Sulfida dari Belerang Alam’, *Sains Natural Univ. Nusa Bangsa*, 10(2), pp. 61–70.
- Arfiati D, Puspitasari A W, Renitasari D P and Widiastut I M 2019 status tropik dan isi lambung ikan nila (*oreochromis niloticus*) dari waduk wonorejo, Tulungagung, Jawa Timur *J. Fish. Mar. Res.* 3 166–71
- Atlas, R. dan Bartha, R. (1985), “Microbial Ecology”, The Benjamin Cummings Publishing, London.
- Baker, C dan Herson, D. (1994), “Bioremediation”, McGraw-Hill, Inc, USA.
- Bala, S., Diksha, G., Minaxi, S., Kandi, S., Baskaran, S.I., & Manikant, T. (2022). Recent Strategies for Bioremediation of Emerging Pollutants: A Review for a Green and Sustainable Environment. *Toxics*. 10(8), 484-490.
- Cahyono B. 2003. Kegunaan CaCO_3 bagi Tanaman. Yogyakarta(ID): Kanisius
- Charlena, Haris, A. and Karwati (2009) ‘Degradasi Hidrokarbon pada Tanah Tercemari Minyak Bumi dengan Isolat A10 dan D8T’, in *Biosains*, pp. 9–10.
- Cookson, J.T. (1995), “Bioremediation Engineering: Design and Application”, Mc. Graw Hill, Inc.

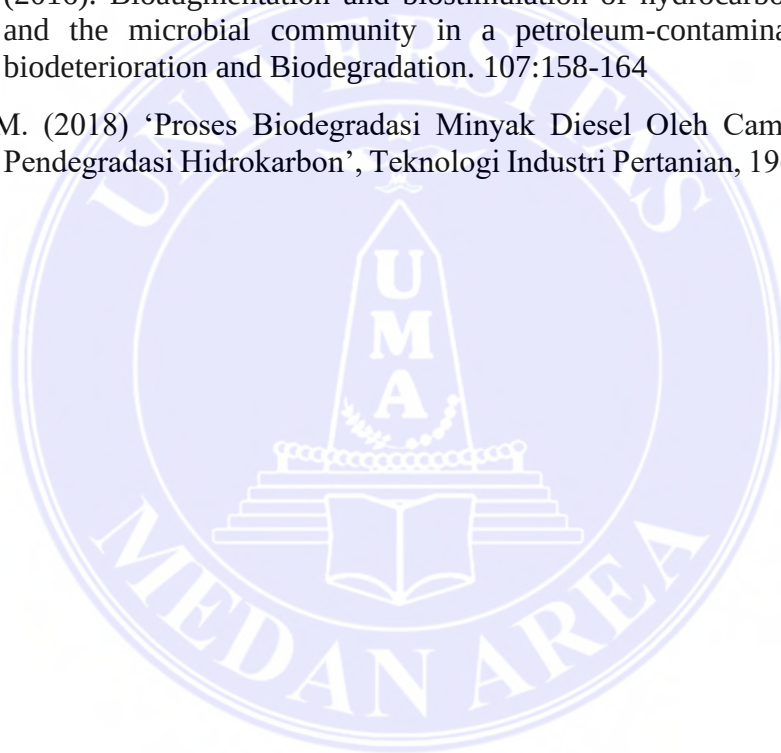
- Das, A.C., A. Chakravarty, G. Sen, P. Sukul and D. Mukherjee. 2005. A comparative study on the dissipation and microbial metabolism of organophosphate and carbamate insecticides in orchaqualf and fluvaquent soils of West Bengal. *Chemosphere* 58:579-584.
- Dayaoen, C.L. 1987. *Toxicity of Some Insecticides and Insecticides Combination on Plutella xylostella (Linn.)*. *Entamol.* 7(2):159-166.
- Dhiaswari, D.R, Santoso, A.B, dan Bonawati, E. 2019. Pengaruh Perilaku Petani Bawang Merah dan Penggunaan Pestisida terhadap Dampak bagi Lingkungan Hidup di Desa Klampok Kecamatan Wanasari Kabupaten Brebes. *Semarang: Edu Geography, Vol. 7 (3) : 204 – 211.*
- Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Riau. 2012. *Statistic Perikanan Tangkap Provinsi Riau*. Pekanbaru: Dinas Kelautan dan Perikanan.
- Direktorat Jendral Perikanan Tangkap. 2012. *Statistik Perikanan Tangkap Indonesia 2011*. Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Direktorat Jendral Prasarana dan Sarana Pertanian. Pestisida Pertanian dan Kehutanan Terdaftar. in *Kementrian Pertanian, Jakarta, Indonesia. (Kementrian Pertanian, Jakarta, Indonesia., 2016).*
- Dwi Meilianto, W., Indrasari, W., & Budi, E. (2022). Karakterisasi Sensor Suhu Dan Kelembaban Tanah Untuk Aplikasi Sistem Pengukuran Kualitas Tanah. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, X, 117–122. <https://doi.org/10.21009/03.SNF2022>
- Fahrudin. (2014), “*Bioteknologi Lingkungan*”, Edisi Revisi, Penerbit Alfabeta., Bandung.
- Fitriadi, B.R, dan Putri, A.C. 2016. Metode Metode Pengurangan Residu Pestisida pada Hasil Pertanian. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. Surabaya: *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, Vol. 11, (2): 61 – 71.
- Haghollahi A, Fazelipour MH, Schaffie M. 2016. The Effect of Soil Type on the Bioremediation of Petroleum Contaminated Soils. *Journal of Environmental Management*. Mineral Industries Research Center, Iran.
- Jamin, S. F, Auliani, D. M. K. R, Rusli, A, Pramono, S. A. (2024). Penggunaan Pestisida dalam Pertanian: Resiko Kesehatan dan Alternatif Ramah Lingkungan, *Jurnal Kolaborasi Sains*, Vol: 7. No. 11, 4151 – 4159.
- Jenkinson, D.S. 1976. The effect of biocidal treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomas. *Soil Biol. Biochem.* 8(3):209-213.
- Kardina.(2000). Hubungan Paparan Pestisida Oragnofosfat Terhadap Jumlah Kadar Enzim Kolinesterase Dalam Darah Pada Petani Cabai Dan Semangka Di Desa Karang Gading Kecamatan Labuhan Deli Kabupaten Deli Serdang (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara).
- Kautsar F. N. 2019. Pengaruh Residu Pestisida Terhadap pH Dan Kandungan N, P, K Tanah Pada Budidaya Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.). Skripsi. Tidak Diterbitkan. Universitas Brawijaya Fakultas Pertanian: Malang.

- Kemble, Joseph. 2006. Soil Temperature Conditions for Vegetable Seed Germination. Jurnal Alabama Cooperative Extension System.
- Kimes, N. E. et al. (2014) 'Microbial transformation of the deepwater horizon oil spill-past, present, and future perspectives', *Frontiers in Microbiology*, 5(NOV). doi: 10.3389/fmicb.2014.00603.
- Knobloch, S., Jóhannsson, R. and Marteinson, V. (2018) 'Bacterial diversity in the marine sponge *Halichondria panicea* from Icelandic waters and host-specificity of its dominant symbiont "candidate *Halichondriabacter symbioticus*"', *FEMS Microbiology Ecology*, 95(1), pp. 1–13. doi: 10.1093/femsec/fiy220.
- Ławniczak, Ł. et al. (2020) 'Microbial degradation of hydrocarbons— basic principles for bioremediation: A review', *Molecules*, 25(4), pp. 1–19. doi: 10.3390/molecules25040856.
- Lebel, L., Mungkung, R., Gheewala, S. H., and Lebel, P. (2010). Innovation cycles, niches and sustainability in the shrimp aquaculture industry in Thailand. *Environmental Science & Policy*, 13(4), 291-302. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2010.03.005>
- Liao -H.Z., Chuang C.H., et al.. (2022). Bioaccumulation of arsenic and immunotoxic effect in white shrimp (*Penaeus vannamei*) exposed to trivalent arsenic, *Fish & Shellfish Immunology*, 122: 376-385. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2022.02.029>
- Liu, Z.; Shi, Z.; Wei, H.; Zhang, J. Acid rain reduces soil CO₂ emission and promotes soil organic carbon accumulation in association with decreasing the biomass and biological activity of ecosystems: A meta-analysis. *CATENA* 2022, 208, 105714. [CrossRef]
- Lukman Iatrawan (2015) Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak dengan Metode Soil Washing dan Biostimulasi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Lutfiyana, N., Hudallah, N., & Suryanto, A. (2017). Rancang Bangun Alat Ukur Suhu Tanah, Kelembaban Tanah, dan Resistansi. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(2), 80-86.
- Mahdiyah, D. and Mukti, B. H. (2012) 'Penapisan bakteri yang berasosiasi dengan *Spongia sp.*, penghasil Enzim Amilase', *Bioscientiae*, 9(1991), pp. 9–14.
- Mahdiyah, D., Wahyuni, A. T. and Mukti, B. H. (2012) 'Isolasi Bakteri Yang Berasosiasi Dengan *Spongia sp.* Penghasil Enzim Protease', *Bioscientiae*, 9(1), pp. 1–7.
- Martini, S., Yuliwati, E. and Kharismadewi, D. (2020) 'Pembuatan Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri', *Jurnal Distilasi*, 5(2), pp. 26–33. doi: 10.32502/jd.v5i2.3030.
- Marzuki, I. (2019) Aplikasi Mikrosimbion *Spongia* dalam Bioremediasi Lingkungan. Edited by A. Noor, L. Daris, and Erniati. Makassar: Tohar Media.

- Marzuki, I. et al. (2015) 'Sponge Role In Alleviating Oil Pollution Through Sludge Reduction , A Preliminary Approach', *International Journal of Applied Chemistry*, 11(4), pp. 427–441.
- McFarland, C., Shiwakoti, S., Carpenter-Boggs, L., Schroeder, K., Brown, T., dan Huggins, DR (2020). Mengevaluasi metode penyangga untuk menentukan kebutuhan kapur pada tanah pertanian yang diasamkan di Palouse. *Ilmu Tanah, Soc. Am. J.* 84, 1769-1781. doi:10.1002/saj2.20111
- Mira Herawati Soekamto*, Zainuddin Ohorella, Sintike Ferdinanda Kondologit (2023). Evaluasi Status Kesuburan Tanah Pada Lahan Budidaya Tanaman Cabai (*Capsicum Annum L.*) Di Kelurahan Aimas Kabupaten Sorong. Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sorong. Jalan pendidikan No. 27 Sorong. *AGROLOGIA*, Vol. 12, No. 2, pp. 141-148.
- Mod,H.K.;Buri, A.; Yashiro, E.; Guex, N.; Malard, L.; Pinto-Figueroa, E.; Pagni, M.; Niculita-Hirzel, H.; van der Meer, J.R.; Guisan, A. Predicting spatial patterns of soil bacteria under current and future environmental conditions. *ISME J.* 2021, 15, 2547–2560. [CrossRef] [PubMed]
- Muhammad Asril, et. al., *Ilmu Tanah*, (Medan: Yayasan Kita Menulis, 2022) Hal, 140.
- Murphy, K. 1997. *Innovative Cropping System Can Replace Hazardous Pesticide*. *Journal of Pesticide Reform*. 17(4): 2-7.
- Nugroho, A. (2006), "Bioremediasi Hidrokarbon Minyak Bumi", Graha Ilmu., Yogyakarta.
- Nurmalasari, Rima. (2018) 'Bioremediasi Tanah Terkontaminasi Solar Menggunakan Variasi Kultur Campuran Bakteri Dan Rasio Nutrien', Tesis – RE 142541, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan Dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- P. A. Sanchez, *Properties and Management of Soils in the Tropics*. 2019. doi: 10.1017/9781316809785.
- Prayitno, J. (2017) 'Ujicoba Konsorsium Mikroba dalam Upaya Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak dengan Menggunakan Teknik Landfarming Skala Bangku The Effectiveness of Microbial Consortia for Bioremediation of Oil- Contaminated Soil Using Bench-Scale Landfarming Technology', *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(2), pp. 208–215.
- Puspitasari, D.J, dan Khaeruddin. 2016. Kajian Bioremediasi Pada Tanah Tercemar Pestisida. *Palu : Kovalen*, Vol. 2(3) : 98 – 106.
- Quintella C M, Mata A M T and Lima L C P 2019 Overview of bioremediation with technology assessment and emphasis on fungal bioremediation of oil contaminated soils *J. Environ. Manage.* 241 156–66
- Renitasari D P and Ihwan I 2021 Monitoring growth and water quality in fish cultivation of clown, capungan banggai and bluetang fish with recirculation system *J. Vokasi Ilmu-Ilmu Perikan.* 1 1–7

- Rukman, A., Susilawati, H., Galang., (2019). Pencatat pH Tanah Otomatis. Vol. 10, No. 1
- Saputra, R., Santoso, e., Susana, R., (2021). Pengaruh Serbuk Arang Cangkang Kerang Darah Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Okra Pada Tanah Gambut. Fakultas Pertanian Universitas Tanjungpura; Pontianak.
- Sembel, D.I.(2015). Program Pascasarjana.
- Setiawan, Y.A, dan Bernik, M. 2019. Penyuluhan Dampak Penggunaan Pestisida dan Pengendalian Kualitas Produk Bagi Masyarakat Desa Pamekaran, Sumedang, Jawa Barat. Bandung: JPM, Vol. 1 (2): 26 – 38.
- Setyati, W. A. et al. (2015) ‘Kinetika Pertumbuhan dan Aktivitas Protease Isolat 36k dari Sedimen Ekosistem Mangrove, Karimunjawa, Jepara’, Ilmu Kelautan, 20(3), pp. 163–169.
- Shen, H., Zhang, X., Qian, D., Chen, J., and Xiong, J. (2022). ‘Pathobiology of Enterocytozoon hepatopenaei (EHP) in shrimp: Diagnosis and interpretation from the gut bacterial community’. *Aquaculture*, 554, p.738169. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738169>
- Shen, Y. et al. (2022) ‘Comparative investigation: Closed versus semi closed vertical cylinder-shaped fish cage in waves’, *Ocean Engineering*, 245. doi: 10.1016/j.oceaneng.2021.110397.
- Subiakto. (2018). Bab Ii Landasan Teori. *Journal Of Chemical Information And Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Sulistinah. N, S. Antonius dan Rahmansyah. M, (2011). Pengaruh Residu Pestisida Terhadap Pola Populasi Bakteri Dan Fungi Tanah Di Rumahkaca. Bidang Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi-LIPI CSC, Jl. Raya Jakarta-Bogor Km 46, Cibinong 16911. Vol. 12, No. 1.
- Supriatna, Siahaan. S., Restiaty., (2021). Pencemaran Tanah Oleh Pestisida di Perkebunan Sayur Kelurahan Eka Jaya Kecamatan Jambi Selatan Kota Jambi (Studi Keberadaan Jamur Makroza dan Cacing Tanah). Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat universitas Batanghari Jambi. ISSN 1411-8939. DOI 10.33087/jiubj.v21i1.1348
- Susilawati,-, Budhisurya, E., Anggono, R. C. W., & Simanjuntak, B. H. (2016). Analisis Kesuburan Tanah Dengan Indikator Mikroorganisme Tanah Pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan Di Plateau Dieng. *Agric*, 25(1), 64. <https://doi.org/10.24246/agric.2013.v25.i1.p64-72>
- Sutejo.M.M, 2002. Pupuk dan Cara Pemupukan. Jakarta: Rineka Cipta.
- Taisa, R., & Kartina, R. (2022). Aplikasi Biofertilizer Untuk Meningkatkan Produksi Tiga Kultivar Bunga Kol Berbasis Organik. *Jurnal Agrotek Tropika*, 10(2), 255-260.
- Taiwo, L.B. and B.A. Oso. 1997. The influence of some pesticides on soil microbial flora in relation to changes in nutrient level, rock phosphate solubilization and P release under laboratory conditions. *Agric. Eco. Env.* 65:59–68.

- Tiwi, I. A. A., Agustina, S. E. P., Hidayat, A. R., Sunarti, R. N. (2023). Uji Kimia, Fisika, Biologi, Dan Peranan Mikroba Tanah Terhadap Kesuburan Tanah Di Wilayah KHDTK Kemampo, Banyuasin, Sumatera Selatan. Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang; ISSN : 2809-8447.
- US EPA. (1999), "Method 1664, Revision A : N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry", United States Environment Protection Agency, Washington DC.
- Varjani, S. J. (2017). Microbial Degradation Of Petroleum Hydrocarbons. *Bioresource Technology*, 223, 277-286.
- Wu M, Dick WA, Li W, Wang X, Yang Q, Wang T, Xu L, Zhang M dan Chen M. (2016). Bioaugmentation and biostimulation of hydrocarbon degradation and the microbial community in a petroleum-contaminated soil. *Int. biodeterioration and Biodegradation*. 107:158-164
- Yani, M. (2018) 'Proses Biodegradasi Minyak Diesel Oleh Campuran Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon', *Teknologi Industri Pertanian*, 19(1), pp. 40–44.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan											
		November 2024				Desember 2024				Januari 2025			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pengambilan Sampel Tanah												
2	Pengambilan Cangkang kerang												
3	Persiapan Tanah Tercemar Pestisida												
4	Pengujian Tanah Tercemar Pestisida												
5	Aplikasi Pestisida dalam Tanah												
6	Aplikasi Cangkang kerang Darah												
7	Pengamatan Parameter												
8	Uji Laboratorium												
9	Pengolahan Data												

Lampiran 2. Proses Pengambilan Tanah



a. Lapangan Kosong Tempat Pengambilan Tanah



b. Penggalan Tanah Hingga Kedalaman 25 cm Untuk Mencapai Sub Soil



c. Pengambilan Tanah yang Sudah Mencapai Soil



d. Tanah Sub Soil yang Akan Digunakan

Lampiran 3. Proses Simulasi Tanah Tercemar Pestisida



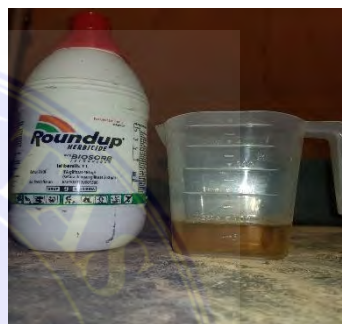
a. Proses Pembersihan Tanah dari Kotoran yang ada di Tanah



b. Membuat Tanah Menjadi Butiran Halus



c. Menimbang Tanah 2 kg



d. Penamahan Pestisida Glifosat ($C_3H_8NO_5P$) dengan Takaran 10 ml



e. Pencampuran Tanah dengan Pestisida Glifosat ($C_3H_8NO_5P$)



f. Proses Pengadukan Tanah



g. Penambahan Bubuk Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

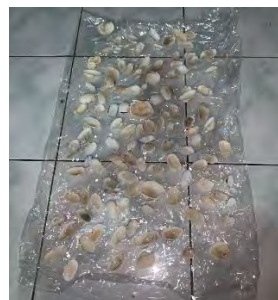


h. Penyiraman Pada Tanah

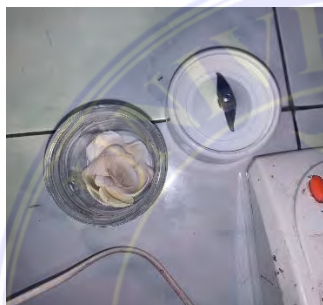
Lampiran 4. Pembuatan Amelioran Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)



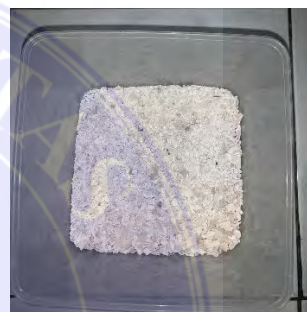
a. Proses Pembersihan Cangkang kerang



b. Pengeringan Dengan Cara Dijemur di Bawah Sinar Matahari



c. Pengghalusan Cangkang Kerang



d. Hasil Penghalusan Cangkang Kerang



e. Proses Pengayakan Cangkang Kerang



f. Penimbangan 7,5 g (A1)



g. Penimbangan 15 g (A2)



h. Penimbangan 23,5 g (A3)

Lampiran 5. Hasil Analisis *Total Plate Count* (TPC) Tanah Awal



PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA
DINAS KESEHATAN
UPTD LABORATORIUM KESEHATAN
Jln. Willem Iskandar Pasar V Barat I No. 4, Medan
Email : labkesda.provsu@gmail.com
Telp. (061) 44031038



KAN
Komite Akreditasi Nasional
Laboratorium – penguji
LP-551-IDN

LAPORAN HASIL PENGUJIAN MIKROBIOLOGI LINGKUNGAN
(CEMARAN UDARA DAN SWAB PERALATAN)
NOMOR : 008.2/0460/UPTD. Labkes/III/2025

Nama Pelanggan : Jexon Syahputra Sipayung
Alamat : Jl. Kenangan Baru, Kel. Percut Sei Tuan, Kab. Deli Serdang No. 555
Tgl. Penerimaan : 20-03-2025 Pengambilan sampel oleh : Pelanggan
Tgl. Pengujian : 20-03-2025 s/d 25-03-2025 Lokasi/Tanggal : Percut Sei Tuan / 20-03-2025

Sampel : Tanah “ Tanah Awal, Tanpa Pemberian Cangkang Kerang Darah ” No.Lab : 0611/L/III/2025

	Parameter Analisa	Hasil	Metode Pengujian
1	TPC/ALT	86.10 ³	SNI 2338.8: 2010

Catatan :

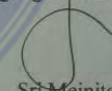
- Hasil yang ditampilkan hanya berhubungan dengan sampel yang diuji.
- Laporan hasil pengujian tidak boleh diproduksi ulang kecuali secara lengkap tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium.

Diketahui Oleh,
Kepala UPTD Laboratorium Kesehatan



Pulo Rizal Togatorop, SKM, MPH
NIP. 19710923 199703 1 002

Medan, 26 Maret 2025
Penanggung Jawab Mikrobiologi



Sri Meinita, S.Si
NIP. 19710512 199103 2 005

No. FPP/7.8/LABKESSU/01.53

Revisi : 2

Halaman 1 dari 1

Lampiran 6. Hasil Analisis Laboratorium *Total Plate Count* (TPC) Tanah 1 MSP



PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA
DINAS KESEHATAN
UPTD LABORATORIUM KESEHATAN
 Jln. Willem Iskandar Pasar V Barat I No. 4, Medan
 Email : labkesda.provsu@gmail.com
 Telp. (061) 44031038



LAPORAN HASIL PENGUJIAN MIKROBIOLOGI LINGKUNGAN
(CEMARAN UDARA DAN SWAB PERALATAN)
NOMOR : 008.2/0170/UPTD. Labkes/II/2025

Nama Pelanggan : Jexon Syahputra Sipayung
 Alamat : Jl. Teratai Ujung Medan Estate

Tgl. Penerimaan : 31-01-2025 Pengambilan sampel oleh : Pelanggan
 Tgl. Pengujian : 31-01-2025 s/d 10-02-2025 Lokasi/Tanggal : Tanjung Morawa / 31-01-2025

Sampel : Tanah (Ulangan 1 Kontrol) No.Lab : 0235/L/I/2025

No.	Parameter Analisa	Hasil	Metode Pengujian
1	TPC	156.10 ³	SNI 2338.8: 2010

Sampel : Tanah (Ulangan 1 Sampel 1) No.Lab : 0236/L/I/2025

No.	Parameter Analisa	Hasil	Metode Pengujian
1	TPC	31.10 ⁴	SNI 2338.8: 2010

Sampel : Tanah (Ulangan 1 Sampel 2) No.Lab : 0237/L/I/2025

No.	Parameter Analisa	Hasil	Metode Pengujian
1	TPC	48.10 ⁴	SNI 2338.8: 2010

Sampel : Tanah (Ulangan 1 Sampel 3) No.Lab : 0238/L/I/2025

No.	Parameter Analisa	Hasil	Metode Pengujian
1	TPC	57.10 ⁴	SNI 2338.8: 2010

Sampel : Tanah (Ulangan 2 Kontrol) No.Lab : 0239/L/I/2025

No.	Parameter Analisa	Hasil	Metode Pengujian
1	TPC	175.10 ³	SNI 2338.8: 2010

No. FPP/7.8/LABKESSU/01.53

Revisi : 2

Halaman 1 dari 2



PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA
DINAS KESEHATAN
UPTD LABORATORIUM KESEHATAN
 Jln. Willem Iskandar Pasar V Barat I No. 4, Medan
 Email : labkesda.provsu@gmail.com
 Telp. (061) 44031038



Sampel : Tanah (Ulangan 2 Sampel 1)

No.Lab : 0240/L/I/2025

No.	Parameter Analisa	Hasil	Metode Pengujian
1	TPC	48.10 ⁴	SNI 2338.8: 2010

Sampel : Tanah (Ulangan 2 Sampel 2)

No.Lab : 0241/L/I/2025

No.	Parameter Analisa	Hasil	Metode Pengujian
1	TPC	54.10 ⁴	SNI 2338.8: 2010

Sampel : Tanah (Ulangan 2 Sampel 3)

No.Lab : 0242/L/I/2025

No.	Parameter Analisa	Hasil	Metode Pengujian
1	TPC	58.10 ⁴	SNI 2338.8: 2010

Catatan :

- Hasil yang ditampilkan hanya berhubungan dengan sampel yang diuji.
- Laporan hasil pengujian tidak boleh diproduksi ulang kecuali secara lengkap tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium.

Diketahui Oleh,
 Kepala UPTD Laboratorium Kesehatan



Pulo Rizal Togatorop, SKM, MPH
 NIP. 19710923 199703 1 002

Medan, 10 Februari 2025
 Penanggung Jawab Mikrobiologi



Sri Meinita, S.Si
 NIP. 19710512 199103 2 005

No. FPP/7.8/LABKESSU/01.53

Revisi : 2

Halaman 2 dari 2

Lampiran 7. Hasil Analisis Laboratorium *Total Plate Count* (TPC) Tanah 8 MSP



PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA
DINAS KESEHATAN
UPTD LABORATORIUM KESEHATAN
 Jln. Willem Iskandar Pasar V Barat I No. 4, Medan
 Email : labkesda.provsu@gmail.com
 Telp. (061) 44031038



**LAPORAN HASIL PENGUJIAN MIKROBIOLOGI LINGKUNGAN
 (CEMARAN UDARA DAN SWAB PERALATAN)
 NOMOR : 008.2/0352/UPTD. Labkes/III/2025**

Nama Pelanggan : Jexon Syahputra Sipayung
 Alamat : Jl. Kenangan Baru, Kel. Percut Sei Tuan, Kab. Deli Serdang No. 555
 Tgl. Penerimaan : 04-03-2025 Pengambilan sampel oleh : Pelanggan
 Tgl. Pengujian : 04-03-2025 s/d 07-03-2025 Lokasi/Tanggal : Percut Sei Tuan / 04-03-2025

Sampel : Tanah Ulangan 1 (Kontrol)		No.Lab : 0460/L/III/2025	
	Parameter Analisa	Hasil	Metode Pengujian
1	TPC/ALT	116.10 ³	SNI 2338.8: 2010

Sampel : Tanah Sampel 1		No.Lab : 0461/L/III/2025	
	Parameter Analisa	Hasil	Metode Pengujian
2	TPC/ALT	128.10 ³	SNI 2338.8: 2010

Sampel : Tanah Sampel 2		No.Lab : 0462/L/III/2025	
	Parameter Analisa	Hasil	Metode Pengujian
3	TPC/ALT	106.10 ³	SNI 2338.8: 2010

Sampel : Tanah Sampel 3		No.Lab : 0463/L/III/2025	
	Parameter Analisa	Hasil	Metode Pengujian
4	TPC/ALT	238.10 ³	SNI 2338.8: 2010

Sampel : Tanah Ulangan 2 (Kontrol)		No.Lab : 0464/L/III/2025	
	Parameter Analisa	Hasil	Metode Pengujian
5	TPC/ALT	126.10 ³	SNI 2338.8: 2010

No. FPP/7.8/LABKESSU/01.53

Revisi : 2

Halaman 1 dari 2



PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA
DINAS KESEHATAN
UPTD LABORATORIUM KESEHATAN
 Jln. Willem Iskandar Pasar V Barat I No. 4, Medan
 Email : labkesda.provsu@gmail.com
 Telp. (061) 44031038



Sampel : Tanah Sampel 1

No.Lab : 0465/L/III/2025

	Parameter Analisa	Hasil	Metode Pengujian
6	TPC/ALT	92.10 ³	SNI 2338.8: 2010

Sampel : Tanah Sampel 2

No.Lab : 0466/L/III/2025

	Parameter Analisa	Hasil	Metode Pengujian
7	TPC/ALT	140.10 ³	SNI 2338.8: 2010

Sampel : Tanah Sampel 3

No.Lab : 0467/L/III/2025

	Parameter Analisa	Hasil	Metode Pengujian
8	TPC/ALT	52.10 ⁴	SNI 2338.8: 2010

Catatan :

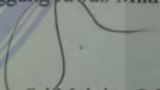
- Hasil yang ditampilkan hanya berhubungan dengan sampel yang diuji.
- Laporan hasil pengujian tidak boleh diproduksi ulang kecuali secara lengkap tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium.

Diketahui Oleh,
 Kepala UPTD Laboratorium Kesehatan



Pulo Rizal Fogatorop, SKM, MPH
 NIP. 19710923 199703 1 002

Medan, 10 Maret 2025
 Penanggung Jawab Mikrobiologi



Sri Meinita, S.Si
 NIP. 19710512 199103 2 005

No. FPP/7.8/LABKESSU/01.53

Revisi : 2

Halaman 2 dari 2

Lampiran 8. Tabel Nilai pH 0 MSP

Perlakuan	Ulangan		Total	Rata-Rata
	1	2		
A0	4,5	4,5	9,0	4,5
A1	4,5	4,5	9,0	4,5
A2	4,5	4,5	9,0	4,5
A3	4,5	4,5	9,0	4,5
TOTAL	18,0	18,0	36,0	4,5

Lampiran 9. Tabel Analisis Sidik Ragam Nilai pH 0 MSP

Sk	Db	Jk	Kt	F Hitung	F Tabel		Keterangan
					0,05	0,01	
Perlakuan	3	0	0	0,0	6,59	16,69	tn
Galat	4	0,0	0				
Total	7	0,0					

Lampiran 10. Tabel Nilai pH 1 MSP

Perlakuan	Ulangan		Total	Rata-Rata
	1	2		
A0	4,5	4,5	9,0	4,5
A1	4,7	4,8	9,5	4,8
A2	4,7	4,8	9,5	4,8
A3	4,9	5,0	9,9	5,0
TOTAL	18,8	19,1	37,9	4,7

Lampiran 11. Tabel Analisis Sidik Ragam Nilai pH 1 MSP

Sk	Db	Jk	Kt	F Hitung	F Tabel		Keterangan
					0,05	0,01	
Perlakuan	3	0,20375	0,067917	18,11111	6,59	16,69	**
Galat	4	0,0	0,00375				
Total	7	0,2					

Lampiran 12. Tabel Nilai pH 2 MSP

Perlakuan	Ulangan		Total	Rata-Rata
	1	2		
A0	4,5	4,5	9,0	4,5
A1	5,0	5,0	10,0	5,0
A2	5,0	5,1	10,1	5,1
A3	5,1	5,1	10,2	5,1
TOTAL	19,6	19,7	39,3	4,9

Lampiran 13. Tabel Analisis Sidik Ragam Nilai pH 2 MSP

Sk	Db	Jk	Kt	F Hitung	F Tabel		Keterangan
					0,05	0,01	
Perlakuan	3	0,46375	0,154583	123,6667	6,59	16,69	**
Galat	4	0,0	0,00125				
Total	7	0,5					

Lampiran 14. Tabel Nilai pH 3 MSP

Perlakuan	Ulangan		Total	Rata-Rata
	1	2		
A0	4,5	4,5	9,0	4,5
A1	5,0	5,2	10,2	5,1
A2	5,2	5,3	10,5	5,3
A3	5,5	5,2	10,7	5,4
TOTAL	20,2	20,2	40,4	5,1

Lampiran 15. Tabel Analisis Sidik Ragam Nilai pH 3 MSP

Sk	Db	Jk	Kt	F Hitung	F Tabel		Keterangan
					0,05	0,01	
Perlakuan	3	0,87	0,29	16,57143	6,59	16,69	*
Galat	4	0,070	0,0175				
Total	7	0,9					

Lampiran 16. Tabel Nilai pH 4 MSP

Perlakuan	Ulangan		Total	Rata-Rata
	1	2		
A0	4,5	4,5	9,0	4,5
A1	5,3	5,4	10,7	5,4
A2	5,9	5,5	11,4	5,7
A3	6,0	5,9	11,9	6,0
TOTAL	21,7	21,3	43,0	5,4

Lampiran 17. Tabel Analisis Sidik Ragam Nilai pH 4 MSP

Sk	Db	Jk	Kt	F Hitung	F Tabel		Keterangan
					0,05	0,01	
Perlakuan	3	2,405	0,801667	35,62963	6,59	16,69	**
Galat	4	0,090	0,0225				
Total	7	2,5					

Lampiran 18. Tabel Nilai pH 5 MSP

Perlakuan	Ulangan		Total	Rata-Rata
	1	2		
A0	4,5	4,5	9,0	4,5
A1	5,5	5,5	11,0	5,5
A2	6,0	5,8	11,8	5,9
A3	6,2	6,0	12,2	6,1
TOTAL	22,2	21,8	44,0	5,5

Lampiran 19. Tabel Analisis Sidik Ragam Nilai pH 5 MSP

Sk	Db	Jk	Kt	F Hitung	F Tabel		Keterangan
					0,05	0,01	
Perlakuan	3	3,04	1,013333	101,3333	6,59	16,69	**
Galat	4	0,040	0,01				
Total	7	3,1					

Lampiran 20. Tabel Nilai pH 6 MSP

Perlakuan	Ulangan		Total	Rata-Rata
	1	2		
A0	4,7	4,8	9,5	4,8
A1	6,0	5,9	11,9	6,0
A2	6,2	6,0	12,2	6,1
A3	6,5	6,2	12,7	6,4
TOTAL	23,4	22,9	46,3	5,8

Lampiran 21. Tabel Analisis Sidik Ragam Nilai pH 6 MSP

Sk	Db	Jk	Kt	F Hitung	F Tabel		Keterangan
					0,05	0,01	
Perlakuan	3	3,03375	1,01125	53,93333	6,59	16,69	**
Galat	4	0,075	0,01875				
Total	7	3,1					

Lampiran 22. Tabel Nilai pH 7 MSP

Perlakuan	Ulangan		Total	Rata-Rata
	1	2		
A0	4,7	4,8	9,5	4,8
A1	6,1	6,0	12,1	6,1
A2	6,3	6,2	12,5	6,3
A3	6,5	6,4	12,9	6,5
TOTAL	23,6	23,4	47,0	5,9

Lampiran 23. Tabel Analisis Sidik Ragam Nilai pH 7 MSP

Sk	Db	Jk	Kt	F Hitung	F Tabel		Keterangan
					0,05	0,01	
Perlakuan	3	3,535	1,178333	235,6667	6,59	16,69	**
Galat	4	0,020	0,005				
Total	7	3,6					

Lampiran 24. Tabel Nilai pH 8 MSP

Perlakuan	Ulangan		Total	Rata-Rata
	1	2		
A0	4,7	4,8	9,5	4,8
A1	6,2	6,0	12,2	6,1
A2	6,3	6,2	12,5	6,3
A3	6,6	6,5	13,1	6,6
TOTAL	23,8	23,5	47,3	5,9

Lampiran 25. Tabel Analisis Sidik Ragam Nilai pH 8 MSP

Sk	Db	Jk	Kt	F Hitung	F Tabel		Keterangan
					0,05	0,01	
Perlakuan	3	3,81375	1,27125	145,2857	6,59	16,69	**
Galat	4	0,035	0,00875				
Total	7	3,8					

Lampiran 26. Tabel Rataan Suhu Tanah 0 MSP

Perlakuan	Ulangan		Total	Rata-Rata
	1	2		
A0	28,0	28,0	56,0	28,0
A1	28,0	28,0	56,0	28,0
A2	28,0	28,0	56,0	28,0
A3	28,0	28,0	56,0	28,0
TOTAL	112,0	112,0	224,0	28,0

Lampiran 27. Tabel Analisis Sidik Ragam Suhu Tanah 0 MSP

Sk	Db	Jk	Kt	F Hitung	F Tabel		Keterangan
					0,05	0,01	
Perlakuan	3	0	0	0,0	6,59	16,69	tn
Galat	4	0,0	0				
Total	7	0,0					

Lampiran 28. Tabel Rataan Suhu Tanah 1 MSP

Perlakuan	Ulangan		Total	Rata-Rata
	1	2		
A0	28,0	28,0	56,0	28,0
A1	30,0	30,0	60,0	30,0
A2	30,0	30,0	60,0	30,0
A3	30,0	31,0	61,0	30,5
TOTAL	118,0	119,0	237,0	29,6

Lampiran 29. Tabel Analisis Sidik Ragam Suhu Tanah 1 MSP

Sk	Db	Jk	Kt	F	F Tabel		Keterangan
					Hitung	0,05	0,01
Perlakuan	3	7,375	2,45833	19,6667	6,59	16,69	**
Galat	4	0,5	0,125				
Total	7	7,9					

Lampiran 30. Tabel Rataan Suhu Tanah 2 MSP

Perlakuan	Ulangan		Total	Rata-Rata
	1	2		
A0	28,0	28,0	56,0	28,0
A1	30,0	30,0	60,0	30,0
A2	31,0	31,0	62,0	31,0
A3	32,0	31,0	63,0	31,5
TOTAL	121,0	120,0	241,0	30,1

Lampiran 31. Tabel Analisis Sidik Ragam Suhu Tanah 2 MSP

Sk	Db	Jk	Kt	F	F Tabel		Keterangan
					Hitung	0,05	0,01
Perlakuan	3	14,375	4,79167	38,3333	6,59	16,69	**
Galat	4	0,5	0,125				
Total	7	14,9					

Lampiran 32. Tabel Rataan Suhu Tanah 3 MSP

Perlakuan	Ulangan		Total	Rata-Rata
	1	2		
A0	28,0	28,0	56,0	28,0
A1	31,0	30,0	61,0	30,5
A2	31,0	32,0	63,0	31,5
A3	32,0	31,0	63,0	31,5
TOTAL	122,0	121,0	243,0	30,4

Lampiran 33. Tabel Analisis Sidik Ragam Suhu Tanah 3 MSP

Sk	Db	Jk	Kt	F Hitung	F Tabel		Keterangan
					0,05	0,01	
Perlakuan	3	16,375	5,45833	14,5556	6,59	16,69	*
Galat	4	1,5	0,375				
Total	7	17,9					

Lampiran 34. Tabel Rataan Suhu Tanah 4 MSP

Perlakuan	Ulangan		Total	Rata-Rata
	1	2		
A0	28,0	29,0	57,0	28,5
A1	30,0	31,0	61,0	30,5
A2	32,0	32,0	64,0	32,0
A3	32,0	32,0	64,0	32,0
TOTAL	122,0	124,0	246,0	30,8

Lampiran 35. Tabel Analisis Sidik Ragam Suhu Tanah 4 MSP

Sk	Db	Jk	Kt	F Hitung	F Tabel		Keterangan
					0,05	0,01	
Perlakuan	3	16,5	5,5	22	6,59	16,69	**
Galat	4	1,0	0,25				
Total	7	17,5					

Lampiran 36. Tabel Rataan Suhu Tanah 5 MSP

Perlakuan	Ulangan		Total	Rata-Rata
	1	2		
A0	28,0	29,0	57,0	28,5
A1	31,0	31,0	62,0	31,0
A2	32,0	32,0	64,0	32,0
A3	32,0	32,0	64,0	32,0
TOTAL	123,0	124,0	247,0	30,9

Lampiran 37. Tabel Analisis Sidik Ragam Suhu Tanah 5 MSP

Sk	Db	Jk	Kt	F Hitung	F Tabel		Keterangan
					0,05	0,01	
Perlakuan	3	16,375	5,45833	43,6667	6,59	16,69	**
Galat	4	0,5	0,125				
Total	7	16,9					

Lampiran 38. Tabel Rataan Suhu Tanah 6 MSP

Perlakuan	Ulangan		Total	Rata-Rata
	1	2		
A0	29,0	29,0	58,0	29,0
A1	31,0	32,0	63,0	31,5
A2	32,0	32,0	64,0	32,0
A3	31,0	32,0	63,0	31,5
TOTAL	123,0	125,0	248,0	31,0

Lampiran 39. Tabel Analisis Sidik Ragam Suhu Tanah 6 MSP

Sk	Db	Jk	Kt	F Hitung	F Tabel		Keterangan
					0,05	0,01	
Perlakuan	3	11	3,66667	14,6667	6,59	16,69	*
Galat	4	1,0	0,25				
Total	7	12,0					

Lampiran 40. Tabel Rataan Suhu Tanah 7 MSP

Perlakuan	Ulangan		Total	Rata-Rata
	1	2		
A0	28,0	29,0	57,0	28,5
A1	31,0	31,0	62,0	31,0
A2	32,0	32,0	64,0	32,0
A3	30,0	32,0	62,0	31,0
TOTAL	121,0	124,0	245,0	30,6

Lampiran 41. Tabel Analisis Sidik Ragam Suhu Tanah 7 MSP

Sk	Db	Jk	Kt	F Hitung	F Tabel		Keterangan
					0,05	0,01	
Perlakuan	3	13,375	4,45833	7,13333	6,59	16,69	*
Galat	4	2,5	0,625				
Total	7	15,9					

Lampiran 42. Tabel Rataan Suhu Tanah 8 MSP

Perlakuan	Ulangan		Total	Rata-Rata
	1	2		
A0	29,0	28,0	57,0	28,5
A1	32,0	31,0	63,0	31,5
A2	32,0	32,0	64,0	32,0
A3	31,0	32,0	63,0	31,5
TOTAL	124,0	123,0	247,0	30,9

Lampiran 43. Tabel Analisis Sidik Ragam Suhu Tanah 8 MSP

Sk	Db	Jk	Kt	F Hitung	F Tabel		Keterangan
					0,05	0,01	
Perlakuan	3	15,375	5,125	13,6667	6,59	16,69	*
Galat	4	1,5	0,375				
Total	7	16,9					

Lampiran 44. Tabel Rataan *Total Plate Count* (TPC) 1 MSP

Perlakuan	Ulangan		Total	Rata-Rata
	1	2		
A0	156000	175000	331000,0	165500,0
A1	310000	480000	790000,0	395000,0
A2	480000	540000	1020000,0	510000,0
A3	570000	580000	1150000,0	575000,0
TOTAL	1516000,0	1775000,0	3291000,0	411375,0

Lampiran 45. Tabel Analisis Sidik Ragam *Total Plate Count* (TPC) 1 MSP

Sk	Db	Jk	Kt	F Hitung	F Tabel		Keterangan
					0,05	0,01	
Perlakuan	3	1,944445E+11	64815125000	15,73134917	6,59	16,69	**
Galat	4	16480500000,0	4120125000				
Total	7	210925875000,0					

Lampiran 46. Tabel Rataan *Total Plate Count* (TPC) 2 MSP

Perlakuan	Ulangan		Total	Rata-Rata
	1	2		
A0	116000	126000	242000,0	121000,0
A1	128000	92000	220000,0	110000,0
A2	106000	140000	246000,0	123000,0
A3	238000	520000	758000,0	379000,0
TOTAL	588000,0	878000,0	1466000,0	183250,0

Lampiran 47. Tabel Analisis Sidik Ragam *Total Plate Count* (TPC) 2 MSP

Sk	Db	Jk	Kt	F Hitung	F Tabel		Keterangan
					0,05	0,01	
Perlakuan	3	1,02378E+11	34125833333	3,326266712	6,59	16,69	tn
Galat	4	41038000000,0	10259500000				
Total	7	143415500000,0					