



**KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA MEDAN
NOMOR 328 TAHUN 2022**

TENTANG

**PENERIMA BANTUAN PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT BOPTN UNIVERSITAS
ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA MEDAN TAHUN ANGGARAN 2022**

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

REKTOR UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA MEDAN,

- Menimbang :
- a. bahwa untuk Tri Dharma Perguruan Tinggi khususnya bidang penelitian dan pengabdian kepada masyarakat, perlu dilaksanakan program bantuan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat BOPTN Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan Tahun Anggaran 2022;
 - b. bahwa nama-nama sebagaimana tercantum dalam Lampiran Keputusan ini dinilai memenuhi syarat, tahapan, dan ketentuan untuk menerima bantuan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat BOPTN Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan Tahun Anggaran 2022;
 - c. bahwa hasil rapat penentuan kelulusan komite penilaian UIN Sumatera Utara Pada Tanggal 17 Juni 2022;
 - d. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a,b dan huruf c, perlu menetapkan Keputusan Rektor Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan tentang Penerima Bantuan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat BOPTN Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan Tahun Anggaran 2022;
- Mengingat :
1. Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2003 tentang Keuangan Negara (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2003 Nomor 47, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4286);
 2. Undang-Undang Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2005 Nomor 157, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4586);
 3. Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 158, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5336);
 4. Undang-Undang Nomor 6 Tahun 2021 tentang Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara Tahun Anggaran 2022;
 5. Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2009 tentang Dosen (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 76, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5007);

6. Peraturan Pemerintah Nomor 45 Tahun 2013 tentang Tata Cara Pelaksanaan Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2013 Nomor 103, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5423);
7. Peraturan Presiden Nomor 83 Tahun 2015 tentang Kementerian Agama (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 168);
8. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 190/PMK.05/2012 tentang Tata Cara Pelaksanaan Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 1191);
9. Peraturan Menteri Agama Nomor 55 Tahun 2014 tentang Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 1318);
10. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 168/PMK.05/2015 tentang Mekanisme Pelaksanaan Anggaran Bantuan Pemerintah pada Kementerian Negara/Lembaga (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 1340) sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Menteri Keuangan Nomor 173/PMK.05/2016 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Keuangan Nomor 168/PMK.05/2015 tentang Mekanisme Pelaksanaan Anggaran Bantuan Pemerintah pada Kementerian Negara/Lembaga (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2016 Nomor 1745);
11. Peraturan Menteri Agama Nomor 67 Tahun 2015 tentang Bantuan Pemerintah pada Kementerian Agama sebagaimana telah beberapa kali diubah terakhir dengan Peraturan Menteri Agama Nomor 21 Tahun 2019 tentang Perubahan Ketiga atas Peraturan Menteri Agama Nomor 67 Tahun 2015 tentang Bantuan Pemerintah pada Kementerian Agama;
12. Peraturan Menteri Agama Nomor 42 Tahun 2016 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Agama (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2016 Nomor 1495);
13. Peraturan Menteri Agama Nomor 6 Tahun 2020 tentang Pejabat Perbendaharaan Negara pada Kementerian Agama (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2020 Nomor 172);
14. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 203 Tahun 2020 tentang Tata Cara Pembayaran dan Pertanggungjawaban Anggaran Penelitian atas Beban Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (Berita Acara Negara Republik Indonesia Tahun 2020 Nomor 1495).
15. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 123/PMK.02/2021 tentang Standar Biaya Keluaran Tahun Anggaran;
16. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 60/PMK.02/2021 tentang Standar Biaya Masukan Tahun Anggaran 2022;
17. Keputusan Direktur Jenderal Pendidikan Islam Nomor 4743 Tahun 2021 tentang Petunjuk Teknis Program Bantuan Penelitian Keluaran pada Perguruan Tinggi Keagamaan Islam Tahun Anggaran 2022;
18. Keputusan Direktur Jenderal Pendidikan Islam Nomor 4744 Tahun 2021 tentang Petunjuk Teknis Program Bantuan Penelitian, Publikasi Ilmiah, Dan Pengabdian Kepada Masyarakat Tahun Anggaran 2022;
18. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 14 Tahun 2020 tentang Statuta Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan;
19. Keputusan Menteri Agama RI Nomor: 03240/B.II/3/2020 Tahun 2020 tentang Pengangkatan Rektor Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.

MEMUTUSKAN:

- Menetapkan : KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA MEDAN TENTANG PENERIMA BANTUAN PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT BOPTN UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA MEDAN TAHUN ANGGARAN 2022.
- KESATU : Menetapkan Penerima Bantuan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat BOPTN Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan Tahun Anggaran 2022 sebagaimana tercantum dalam Lampiran yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Keputusan ini.
- KEDUA : Mekanisme pencairan dan penggunaan bantuan:
a. Proses pencairan bantuan mengacu kepada peraturan perundang-undangan;
b. Penggunaan bantuan adalah untuk Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat BOPTN Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan;
c. Penggunaan bantuan dipertanggungjawabkan oleh penerima dana bantuan dan dilaporkan kepada Rektor Universitas Islam Negeri Sumatera Utara; dan
d. Ketentuan-ketentuan lain berkenaan dengan pelaksanaan dan pelaporan mengacu kepada petunjuk teknis yang telah ditetapkan.
- KETIGA : Pemberian bantuan sebagaimana dimaksud dalam Diktum KESATU dibebankan pada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan Tahun Anggaran 2022 Nomor: 025.04.2.424007/2022 dengan Kode Mata Anggaran Nomor 521219 sebesar Rp. 4.590.000.000 (*Empat Miliar Lima Ratus Sembilan Puluh Juta Rupiah*)
- KEEMPAT : Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di Medan
pada tanggal 20 Juni 2022

REKTOR,



SYAHRIN HARAHAP

Tembusan:

1. Sekretaris Jenderal Kementerian Agama RI di Jakarta;
2. Dirjen Pendidikan Islam Kementerian Agama RI di Jakarta;
3. KPPN Medan II;
4. Yang bersangkutan untuk dilaksanakan.

LAMPIRAN I KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS ISLAM
NEGERI SUMATERA UTARA MEDAN
NOMOR 328 TAHUN 2022
TENTANG
PENERIMA BANTUAN PENELITIAN DAN PENGABDIAN
KEPADA MASYARAKAT BOPTN UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUMATERA UTARA TAHUN ANGGARAN 2022

PENERIMA BANTUAN KLASTER PENELITIAN KOLABORASI INTERNASIONAL
TAHUN ANGGARAN 2022

NO	ID REGISTRASI	PENGUSUL	JUDUL PROPOSAL	KLASTER	NOMINAL
1	221210000064706	Mhd Furqan (KETUA) Ahmad Fakhri Ab. Nasir (ANGGOTA)	Pendekatan Big Data Untuk Analisis Sentimen pada Microblog Berbasis Machine Learning: Perspektif Kebijakan Publik Moderasi Beragama di Indonesia	Penelitian Kolaborasi Internasional	Rp 150.000.000
2	221210000064637	Ziaulhaq (KETUA) Mohd Syukri Yeoh Abdullah (ANGGOTA) Achmad Ubaedillah (ANGGOTA)	Sufism Vis-à-vis State: Religious Authority and Resistance of The Tarekat Naqsyabandiyah Khalidiyah Kadirun Yahya (TNKKY) in Indonesia and Malaysia	Penelitian Kolaborasi Internasional	Rp 150.000.000

REKTOR,

SYAHRIN HARAHAP



LAMPIRAN II KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS ISLAM
NEGERI SUMATERA UTARA MEDAN
NOMOR 328 TAHUN 2022
TENTANG
PENERIMA BANTUAN PENELITIAN DAN PENGABDIAN
KEPADA MASYARAKAT BOPTN UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUMATERA UTARA TAHUN ANGGARAN 2022

**PENERIMA BANTUAN KLASTER PENELITIAN TERAPAN KAJIAN STRATEGIS NASIONAL
TAHUN ANGGARAN 2022**

NO	ID REGISTRASI	PENGUSUL	JUDUL PROPOSAL	KLASTER	NOMINAL
1	22118000064723	Arifuddin Muda Harahap (KETUA) Mar'ie Mahfudz harahap (ANGGOTA) Rahmad Efendi (ANGGOTA)	Penyelesaian Konflik Pembukaan Pertambangan antara Pemerintah dan Masyarakat Melalui Pendekatan Legal Pluralism dalam Mewujudkan Keadilan Berlandaskan Pancasila	Penelitian Terapan Kajian Strategis Nasional	Rp 100.000.000
2	22118000064744	Hasan Asari (KETUA) Sahkholid Nasution (ANGGOTA) Harun Al Rasyid (ANGGOTA)	Internalisasi Moderasi Beragama Melalui Pembelajaran Kitab Kuning di Ma'had PTKIN Se-Indonesia	Penelitian Terapan Kajian Strategis Nasional	Rp 100.000.000
3	22118000064618	Hasnah Nasution (KETUA) Muhammad Syukri Albani Nasution (ANGGOTA)	Fenomena Spirit Doll di Indonesia Kaitannya dengan Teologi Emansipatif (Integrasi Peran Keberagaman dan Keindonesian)	Penelitian Terapan Kajian Strategis Nasional	Rp 100.000.000
4	22118000064745	Nurhayati (KETUA) Fitri Hayati (ANGGOTA)	Analisis Survival Kejadian Drop Out Kb Masyarakat Pesisir di Indonesia: (studi Perspektif Kepercayaan Agama, Sosial Ekonomi dan Budaya Patriarki)	Penelitian Terapan Kajian Strategis Nasional	Rp 100.000.000
5	22118000064660	Syahrin Harahap (KETUA) Hotmatua Paralihan (ANGGOTA)	Penerapan Integrasi Ilmu di PTKIN dan Kontribusinya bagi Kemajuan Bangsa Indonesia	Penelitian Terapan Kajian Strategis Nasional	Rp 100.000.000
6	22118000064667	Nispul Khoiri (KETUA) Muniruddin (ANGGOTA)	Metodologi Fikih Islam Nusantara; Studi Analisis Terhadap Penjajakan Konsep dan Praktek Urf/adat Istiadat di Indonesia	Penelitian Terapan Kajian Strategis Nasional	Rp 100.000.000
7	22118000064729	Hasan Bakti Nasution (KETUA) Muhammad Jallani (ANGGOTA) Siti Ismahani (ANGGOTA)	Konflik dan Gerakan Moderasi Beragama di Indonesia	Penelitian Terapan Kajian Strategis Nasional	Rp 100.000.000

REKTOR,

SYAHRIN HARAHAP



LAMPIRAN III KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS ISLAM
NEGERI SUMATERA UTARA MEDAN
NOMOR 328 TAHUN 2022
TENTANG
PENERIMA BANTUAN PENELITIAN DAN PENGABDIAN
KEPADA MASYARAKAT BOPTN UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUMATERA UTARA TAHUN ANGGARAN 2022

**PENERIMA BANTUAN KLASTER PENELITIAN PENGEMBANGAN PENDIDIKAN TINGGI
TAHUN ANGGARAN 2022**

NO	ID REGISTRASI	PENGUSUL	JUDUL PROPOSAL	KLASTER	NOMINAL
1	221220000057924	Asnil Aidah Ritonga (KETUA) Khadjah (ANGGOTA)	Disparitas Kompetensi Digital Profesional Dosen Ppg Pai di Sumatera	Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi	Rp 60.000.000
2	221220000058026	Nurbaiti (KETUA) Imsar (ANGGOTA)	Analisa Perilaku Umkm di Indonesia dalam Menggunakan Fintech Lending (studi Komparatif antara Fintech Lending Syariah dengan Fintech Lending Konvensional)	Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi	Rp 60.000.000
3	221220000064753	Salahuddin Harahap (KETUA) Muhammad Nuh Siregar (ANGGOTA)	Aktualisasi Nilai-nilai Moderasi Beragama di Lingkungan Kampus Islam Berbasis Pesantren	Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi	Rp 60.000.000
4	221220000057971	Abdurrahman (KETUA) Annisa Arrumaisyah Dauly (ANGGOTA)	Layanan Penguasaan Konten Untuk Meningkatkan Kemampuan Publikasi Artikel Mahasiswa : Sebuah Penelitian Tindakan	Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi	Rp 60.000.000
5	221220000058190	Eily Wamisyah Harahap (KETUA) Zulkamain (ANGGOTA)	Rekonstruksi Diri dalam Pencegahan Korupsi di Perguruan Tinggi Keagamaan Islam Negeri (studi di Uin Sumatera Utara, Uin Syarif Hidayatullah, Uin Sunan Kalijaga)	Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi	Rp 60.000.000
6	221220000057920	Saiful Akhyar Lubis (KETUA) Zainun (ANGGOTA)	Implementasi Konseling Konvensional dalam Pelaksanaan Konseling Islami pada Pesantren di Sumatera Utara	Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi	Rp 60.000.000
7	221220000058159	Muhammad Yafiz (KETUA) Aqwa Naser Dauly (ANGGOTA)	Analisis Persepsi Dosen Terkait Konsep dan Implementasi Integrasi Ilmu pada Perguruan Tinggi Islam di Indonesia	Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi	Rp 60.000.000
8	221220000064762	Nurhanifah (KETUA) Hasnun Jauhari Ritonga (ANGGOTA)	Teknologi Komunikasi Kehumasan Ptkin Se-sumatera dalam Meningkatkan Citra di Era Society 5.0 (studi Kasus: Uin Su, Uin Suska, Uin Ar-raniry)	Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi	Rp 60.000.000
9	221220000058022	M. Idris (KETUA) Rizki Amelia Nasution (ANGGOTA) Ulfayani Mayasari (ANGGOTA)	Eksplorasi Mikroba indigenous Sebagai Agen Bioremediasi Terhadap Lahan Tercemar Merkuri pada Pertambangan di Sumut Melalui Pendekatan Transdisipliner Wahdatul Ulum dalam Peningkatan Mutu Penelitian di Uinsu	Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi	Rp 60.000.000
10	221220000058194	Zulkamain (KETUA) Zaid Alfauza Marpaung (ANGGOTA)	Konsepsi Pencegahan Penyalahgunaan Narkoba di Perguruan Tinggi (studi Terhadap Pencegahan Bahaya Narkoba Melalui Mata Kuliah)	Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi	Rp 60.000.000
11	221220000064755	Tetty Marlina Tarigan (KETUA) Fatimah Zahara (ANGGOTA)	Problematika Pelaksanaan Audit Mutu Internal Perguruan Tinggi Keagamaan Islam di Sumatera Utara	Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi	Rp 60.000.000
12	221220000058201	Kamilah (KETUA) Yenni Samri Juliat Nasution (ANGGOTA)	Wahdatul 'ulum : digitalisasi Akuntansi Syariah pada Perguruan Tinggi Islam di Indonesia	Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi	Rp 60.000.000
13	221220000064700	Abdul Karim Batubara (KETUA) Raissa Amanda Putri (ANGGOTA)	Analisis Peringkat dan Strategi Peningkatan Webometrics Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan	Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi	Rp 60.000.000
14	221220000064692	Mariyah (KETUA) Budi Dharma (ANGGOTA)	Desain Penerapan Manajemen Risiko dengan Pendekatan Transdisipliner di Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan	Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi	Rp 60.000.000
15	221220000064764	Delfriana Ayu Astuty (KETUA) Mardianto (ANGGOTA) Irwani S (ANGGOTA)	Pengembangan Metode Konseling dan Layanan Kesehatan Reproduksi Bagi Mahasiswa Melalui Cognitive Psychology Approach (CPA) di Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.	Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi	Rp 60.000.000

NO	ID REGISTRASI	PENGUSUL	JUDUL PROPOSAL	KLASTER	NOMINAL
16	221220000057609	Tri Niswati Ulami (KETUA) Dewi Agustina (ANGGOTA)	Studi Kasus Barotrauma Penyelam Tradisional di danau Toba Propinsi Sumatera Utara	Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi	Rp 60.000.000
17	221220000057995	Siti Halimah (KETUA) Salminawati (ANGGOTA) Zaini Dahlan (ANGGOTA)	Model integrasi Keilmuan Berbasis Transdisiplin di Perguruan Tinggi Keagamaan Islam Negeri Sumatera Utara	Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi	Rp 60.000.000
18	221220000064704	Mustapa Khamal Rokan (KETUA) Cahaya Permata (ANGGOTA)	Paradigma Hukum Berkeadaban dalam Pengajaran Ilmu Hukum dengan Pendekatan Adab Science Untuk Menciptakan Hukum yang Beradab di Indonesia	Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi	Rp 60.000.000
19	221220000057922	Muhammad Dalimunte (KETUA) Kasron Nst (ANGGOTA)	Tantangan dan Strategi Perguruan Tinggi Keagamaan Islam Negeri dalam Menghadapi Akreditasi 9 Kriteria (studi pada Uin Sumatera Utara dan Uin Ar-raniry Banda Aceh)	Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi	Rp 60.000.000
20	221220000064673	Nursapia Harahap (KETUA) Efi Yanti Ritonga (ANGGOTA)	Implementasi Penerapan Kurikulum Merdeka Belajar Kampus Merdeka PTKIN di Indonesia	Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi	Rp 60.000.000



 REKTOR,

 SYAHRIN HARAHAP

LAMPIRAN IV KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS ISLAM
NEGERI SUMATERA UTARA MEDAN
NOMOR 328 TAHUN 2022
TENTANG
PENERIMA BANTUAN PENELITIAN DAN PENGABDIAN
KEPADA MASYARAKAT BOPTN UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUMATERA UTARA TAHUN ANGGARAN 2022

**PENERIMA BANTUAN KLASTER PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT BERBASIS KOMUNITAS
TAHUN ANGGARAN 2022**

NO	ID REGISTRASI	PENGUSUL	JUDUL PROPOSAL	KLASTER	NOMINAL
1	22316000064683	Eliska (KETUA) Sajaratud Dur (ANGGOTA)	Pelatihan Kader dan Pembentukan Pos Pembinaan Terpadu Penyakit Tidak Menular (posbindu Ptm) Berbasis Mesjid di Desa Delitua Kuta Kecamatan Namorambe Kabupaten Deli Serdang	Pengabdian kepada Masyarakat berbasis komunitas	Rp 50.000.000
2	22316000064691	Usiono (KETUA) Eka Yusnaldi (ANGGOTA)	Penguatan Ekonomi Keluarga Melalui Pemberdayaan Perempuan Mengolah Limbah Sagu Menjadi Pakan Ternak Bebek di Desa Aras Kabu	Pengabdian kepada Masyarakat berbasis komunitas	Rp 50.000.000
3	22316000064702	Fauziah Lubis (KETUA) Yusniah (ANGGOTA)	Pengabdian Kepada Masyarakat di Desa Surbakti (desa Hunian Bencana Gempa Gunung Sinabung) Berbasis Smart Village	Pengabdian kepada Masyarakat berbasis komunitas	Rp 50.000.000
4	22316000064726	Kartika Manalu (KETUA) Rahmadina (ANGGOTA)	Pelatihan Pembuatan Minyak Kelapa Bagi Ibu PKK dalam Upaya Meningkatkan Gizi Keluarga di Desa Stabat Lama Barat Kab. Langkat	Pengabdian kepada Masyarakat berbasis komunitas	Rp 50.000.000
5	22316000064710	Rahmat Daim Harahap (KETUA) Muhammad Ikhwan Harahap (ANGGOTA)	Pemberdayaan Ekonomi Masyarakat Berbasis Kearifan Lokal Studi Kasus Petani Salak Tapanuli Selatan	Pengabdian kepada Masyarakat berbasis komunitas	Rp 50.000.000



 REKTOR,

 SYAHRIN HARAHAP

LAMPIRAN V KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS ISLAM
NEGERI SUMATERA UTARA MEDAN
NOMOR 328 TAHUN 2022
TENTANG
PENERIMA BANTUAN PENELITIAN DAN PENGABDIAN
KEPADA MASYARAKAT BOPTN UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUMATERA UTARA TAHUN ANGGARAN 2022

**PENERIMA BANTUAN KLASTER PENELITIAN DASAR INTERDISIPLINER
TAHUN ANGGARAN 2022**

NO	ID REGISTRASI	PENGUSUL	JUDUL PROPOSAL	KLASTER	NOMINAL
1	22116000058208	Muzakdir (KETUA) Amroeni (ANGGOTA)	Eksperimen Ritual Suluk Sebagai Isolasi Mandiri Menghadapi Pandemi Covid-19: Referensi Dari Tarekat Naqsyabandiyah-khalidiyah Babussalam (TNKB)	Penelitian Dasar Interdisipliner	Rp 40.000.000
2	22116000057934	Fitriani Pramita Gurning (KETUA) Fauziah Nasution (ANGGOTA)	Implementasi Kebijakan Program Gizi Anak Sekolah (progas) Melalui Pendampingan Guru Sekolah Dasar Islam Swasta di Kecamatan Batangkuis Kabupaten Deli Serdang	Penelitian Dasar Interdisipliner	Rp 40.000.000
3	22116000064698	Adenan (KETUA) Indra Harahap (ANGGOTA)	Peranan Falsafah Poda Na Lima pada Masyarakat Mandailing dalam Pengutan Budaya Nusantara	Penelitian Dasar Interdisipliner	Rp 40.000.000
4	22116000057939	Yusuf Ramadhan Nasution (KETUA) Abdul Halim Hasugian (ANGGOTA)	Aplikasi Perangkat Pembelajaran Interaktif Matakuliah Wahdatul Ulum Berbasis Mobile	Penelitian Dasar Interdisipliner	Rp 40.000.000
5	22116000057935	Sahrul (KETUA) Afrahul Fadhila Daulai (ANGGOTA)	Menyingkap Norma dan Nilai dalam Ritual Zikir Batu Balancing Putih pada Upacara Kematian Masyarakat Kabupaten Madina, Sumatera Utara	Penelitian Dasar Interdisipliner	Rp 40.000.000
6	22116000057872	Masthura (KETUA) Armansyah (ANGGOTA)	Implementasi Sistem Panel Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Alternatif Penggerak Pompa pada Proses Filtrasi Air	Penelitian Dasar Interdisipliner	Rp 40.000.000
7	22116000057997	Suendri (KETUA) Eka Susanti (ANGGOTA)	Ekstraksi Fitur Warna dan Tekstur Menggunakan Algoritma Lvq3 (learning Vector Quantization 3) pada Optimalisasi Identifikasi Daging Sapi dan Babi Berbasis android	Penelitian Dasar Interdisipliner	Rp 40.000.000
8	22116000064761	Melfa Aisyah Hutasuhut (KETUA) Husnarika Febriani (ANGGOTA)	Studi Perbandingan Sifat Tanah Terhadap Sistem Pertanian Organik dan Konvensional Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Panen	Penelitian Dasar Interdisipliner	Rp 40.000.000
9	22116000058203	Pangulu Abdul Karim (KETUA) Andina Halimsyah Rambe (ANGGOTA)	Pengembangan Sknario Pembelajaran Akhlak Tasawuf Berbasis Wasattiyah diperguruan Tinggi	Penelitian Dasar Interdisipliner	Rp 40.000.000
10	22116000064743	Safria Andy (KETUA) Uqbatul Khoir Rambe (ANGGOTA)	Tarbiyatun Nafs di Uin Sumatera Utara dan Tarekat Naqsyabandiyah Jabat Hindi (Studi Komperatif)	Penelitian Dasar Interdisipliner	Rp 40.000.000
11	22116000064863	Maulana Andi Surya (KETUA) M Yoserizal Saragih (ANGGOTA)	Resistensi Teologi Ahl Sunnah Wa Al-jama'ah (aswaja) di Tengah Gerakan Islam Transnasional: Studi Kasus Al-jam'iyatul Washliyah (aw) Kota Medan	Penelitian Dasar Interdisipliner	Rp 40.000.000
12	22116000057769	Ety Jumiaty (KETUA) Efrida Pima Sari Tambunan (ANGGOTA)	Pengolahan Air Sumur Bor Menjadi Air Minum dengan Variasi Filter Treated Natural Zeolit (trnz)	Penelitian Dasar Interdisipliner	Rp 40.000.000
13	22116000058030	Riris Nurkholidah Rambe (KETUA) Reflina (ANGGOTA)	Pengembangan Skenario Pembelajaran Aktif Berbasis Mikir di Sekolah Dasar	Penelitian Dasar Interdisipliner	Rp 40.000.000
14	22116000058021	Solihah Titin Sumanti (KETUA) Nunzairina (ANGGOTA)	Transformasi Model Pendidikan Islam : Sebuah Pemetaan Sekolah Islam di Sumatera Utara dalam Pemanfaatan Sumber Sejarah	Penelitian Dasar Interdisipliner	Rp 40.000.000
15	22116000064724	Arnida Wahyuni Lubis (KETUA) Anno Indah Lestari Nasution (ANGGOTA)	Islamic index dengan Pendekatan Ekonomi Islam Terhadap Pengaruh Strategi Judgment dalam Konsep Modal Kerja dan Pendapatan pada Masa Pandemi Covid 19 (studi Kasus : Usaha Ekonomi Rakyat di Kota Medan)	Penelitian Dasar Interdisipliner	Rp 40.000.000

NO	ID REGISTRASI	PENGUSUL	JUDUL PROPOSAL	KLASTER	NOMINAL
16	221160000064694	Fauzi Arif Lubis (KETUA) Muhammad Arif (ANGGOTA)	Strategi Pengoptimalan Kebijakan Ekonomi Masyarakat dalam Perspektif Islam di Sumatera Utara	Penelitian Dasar Interdisipliner	Rp 40.000.000
17	221160000064716	Nurul Huda Prasetya (KETUA) Abdi Mubarak Syam (ANGGOTA)	Fenomena Belajar Agama Generasi Millenials: Studi Kasus pada Mahasiswa Fakultas Sains di Perguruan Tinggi Keagamaan Islam Wilayah Sumatera Utara	Penelitian Dasar Interdisipliner	Rp 40.000.000
18	221160000064685	Sholihatul Hamidah Daulay (KETUA) Raisah Armayanti Nasution (ANGGOTA)	Pengembangan Multimedia Pembelajaran Interaktif Berbasis Tematik dalam Perkembangan Bahasa Anak Usia Dini	Penelitian Dasar Interdisipliner	Rp 40.000.000
19	221160000057752	Wasiyem (KETUA) Zata Ismah (ANGGOTA) Meutia Nanda (ANGGOTA)	Evaluasi Coverage, Efikasi dan Kipi Dari Vaksin Covid-19 Serta Kontribusi Budaya Partiarik dalam Mempengaruhinya di Pulau Terluar Sumatera	Penelitian Dasar Interdisipliner	Rp 40.000.000
20	221160000058140	Ahmad Amin Dalimunte (KETUA) Deasy Yunita Siregar (ANGGOTA)	The Effectiveness of Toefl Preparation Program To Improve Students' English Language Proficiency At Faculty of Islamic Economics and Business, Uin	Penelitian Dasar Interdisipliner	Rp 40.000.000
21	221160000057910	Rina Widayari (KETUA) Hendra Cipta (ANGGOTA)	Model Pendekatan Optimisasi Layanan Darurat Rumah Sakit Berdasarkan Ramalan Permintaan dan Manajemen Kapasitas	Penelitian Dasar Interdisipliner	Rp 40.000.000

REKTOR,



Syahrin Harahap
SYAHRIN HARAHAP

LAMPIRAN VI KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS ISLAM
NEGERI SUMATERA UTARA MEDAN
NOMOR 328 TAHUN 2022
TENTANG
PENERIMA BANTUAN PENELITIAN DAN PENGABDIAN
KEPADA MASYARAKAT BOPTN UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUMATERA UTARA TAHUN ANGGARAN 2022

**PENERIMA BANTUAN KLASTER PENELITIAN DASAR PROGRAM STUDI
TAHUN ANGGARAN 2022**

NO	ID REGISTRASI	PENGUSUL	JUDUL PROPOSAL	KLASTER	NOMINAL
1	22115000057988	Rakhmat Kurniawan R (KETUA) Ilka Zufria (ANGGOTA)	Penerapan Text Mining pada Sistem Penyeleksian Judul Skripsi Mahasiswa Menggunakan Algoritma Latent Dirichlet Allocation di Program Studi Ilmu Komputer Uin Sumatera Utara Medan	Penelitian Dasar Program Studi	Rp 40.000.000
2	22115000057911	Ali Ikhrwan (KETUA) Adnan Buyung Nasution (ANGGOTA)	Augmented Reality Museum digital Islam Sebagai Media Dakwah Islam	Penelitian Dasar Program Studi	Rp 40.000.000
3	22115000057952	Samsudin (KETUA) Riri Syafitri Lubis (ANGGOTA)	Rancang Bangun Aplikasi Portal Alumni Sebagai Sarana Pendataan dan Tracking Tracer Study Alumni Berbasis android	Penelitian Dasar Program Studi	Rp 40.000.000
4	22115000058028	Ratni Sirait (KETUA) Nazaruddin Nst (ANGGOTA)	Mikrozonasi Potensi Kerentanan Gempabumi dengan Studi Peak Ground Acceleration dan Data Mikrotremor di	Penelitian Dasar Program Studi	Rp 40.000.000
5	22115000064736	Mulkan Iskandar Nasution (KETUA) Lailatul Husna Br Lubis (ANGGOTA)	Optimalisasi Sistem Budidaya Akuaponik Melalui Integrasi Perangkat Kendali dan Monitoring Jarak Jauh Berbasis Mikrokontroler	Penelitian Dasar Program Studi	Rp 40.000.000
6	22115000057470	Masganti SIT (KETUA) Fibri Rakhmawati (ANGGOTA)	Penggunaan Permainan Tradisional dalam Praktik Model Pembelajaran Steam pada Pendidikan Anak Usia dini	Penelitian Dasar Program Studi	Rp 40.000.000
7	22115000064722	Rina Devianty (KETUA) Sri Wahyuni (ANGGOTA)	Pengembangan Kurikulum Berparadigma Wahdatul 'ulum pada Prodi Tadris Bahasa Indonesia Universitas Islam Negeri Sumatera Utara	Penelitian Dasar Program Studi	Rp 40.000.000
8	22115000058040	Muhammad Syahbudi (KETUA) Sri Ramadhani (ANGGOTA)	Implementasi Soar (Strenght, opportunity, Aspiration and Result) dan Quaitatif, Startegic Planning Matrix Dalam Strategi Pengembangan Manajemen Pemasaran Syariah (Studi Pada Industri Kreatif, Di Sumatera Utara)	Penelitian Dasar Program Studi	Rp 40.000.000
9	22115000064715	Triase (KETUA) Sriani (ANGGOTA) Khairuna (ANGGOTA)	Usability Algoritma Supervised Learning Untuk Prediksi Kelulusan Mahasiswa pada Sistem Layanan Bimbingan Akademik dengan Framework Laravel dan Bootstrap	Penelitian Dasar Program Studi	Rp 40.000.000
10	22115000064756	Rusydi Ananda (KETUA) Tien Rafida (ANGGOTA)	Pengembangan Matakuliah Evaluasi Pembelajaran Berbasis Transdisipliner	Penelitian Dasar Program Studi	Rp 40.000.000
11	22115000058064	Abdul Rasyid (KETUA) Muhammad Alfikri (ANGGOTA)	Pengembangan Wisata Berbasis Moderasi Beragama di Kawasan danau Toba Sumatera Utara (study Komunikasi Persuasion and Social influence)	Penelitian Dasar Program Studi	Rp 40.000.000
12	22115000057966	Siti Maysarah (KETUA) Ella Andhary (ANGGOTA)	Pengembangan Modul Pembelajaran digital interaktif Berbasis Literasi Matematika	Penelitian Dasar Program Studi	Rp 40.000.000
13	22115000057993	Achyar Zein (KETUA) Ismail Husein (ANGGOTA)	Aplikasi Penentuan Mustahiq (Penerima Zakat) dengan Model Analytic Hierarchy Process (AHP)	Penelitian Dasar Program Studi	Rp 40.000.000
14	22115000058210	Syawaluddin Nasution (KETUA) Dika Sahputra (ANGGOTA)	Modul Bimbingan Konseling Untuk Meningkatkan Kegiatan Merespon dalam Pembelajaran Mahasiswa	Penelitian Dasar Program Studi	Rp 40.000.000
15	22115000057856	Zuhrina Aidha (KETUA) Reni Agustina Harahap (ANGGOTA)	Penerapan Metode Peer Teaching dalam Meningkatkan Perilaku Pemanfaatan Lahan Pekarangan Sebagai Tanaman Obat Keluarga	Penelitian Dasar Program Studi	Rp 40.000.000

NO	ID REGISTRASI	PENGUSUL	JUDUL PROPOSAL	KLASTER	NOMINAL
16	22115000057991	Rora Rizky Wandini (KETUA) Nurdiana Siregar (ANGGOTA) Emelya Sukma Dara Damanik	Pengembangan Lembar Kerja Mahasiswa (lkm) Pembelajaran Matematika MI Prodi Pgmt Berbasis Mikr	Penelitian Dasar Program Studi	Rp 40.000.000
17	22115000064675	Nurussakinah Daulay (KETUA) Ade Chita Harahap (ANGGOTA) M. Harwansyah Putra Sinaga (ANGGOTA)	Pengembangan Model Konseling Online Untuk Mereduksi Stres Akademik Mahasiswa Prodi Bkpi	Penelitian Dasar Program Studi	Rp 40.000.000
18	22115000064733	Ibnu Radwan Siddik Turnip (KETUA) Irwan (ANGGOTA) Sukiati (ANGGOTA)	Penerapan Teori Hukum dalam Penulisan Skripsi pada Mahasiswa Prodi Hukum Keluarga Islam Fakultas Syariah dan Hukum Uin Sumatera Utara	Penelitian Dasar Program Studi	Rp 40.000.000
19	22115000058045	Abu Sahrin (KETUA) Munandar (ANGGOTA) Farid Adnir (ANGGOTA)	Islam dan Demokrasi Perspektif Al Mawardi (suatu Telaah Atas Kitab Al Ahkam Al Sulthaniyah)	Penelitian Dasar Program Studi	Rp 40.000.000
20	22115000058170	Sri Sudiarti (KETUA) Nurul Jannah (ANGGOTA) Wahyu Syarvina (ANGGOTA)	Peran Generasi Milenial dalam Perkembangan Bisnis Syariah di Indonesia (studi pada Pelajar Pesantren)	Penelitian Dasar Program Studi	Rp 40.000.000

REKTOR,



A. Sahrin
SYAHRIN HARAHAP

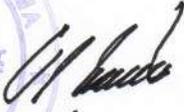
LAMPIRAN VII KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS
ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA MEDAN
NOMOR 328 TAHUN 2022
TENTANG
PENERIMA BANTUAN PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA
MASYARAKAT BOPTN UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUMATERA
UTARA TAHUN ANGGARAN 2022

**PENERIMA BANTUAN KLASTER PENELITIAN PEMBINAAN/ KAPASITAS
TAHUN ANGGARAN 2022**

NO	ID REGISTRASI	PENGUSUL	JUDUL PROPOSAL	KLASTER	NOMINAL
1	22114000057076	Muhammad Dedi Irawan (KETUA)	Sistem Pendukung Keputusan Ujian Tilawah Qur'an Menggunakan Metode Smart dan Borda	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000
2	22114000058063	Mawaddah Irfham (KETUA)	Analisis Persepsi Masyarakat Terhadap Penerapan Qanun Aceh No.11 Tahun 2018 (qanun Lks) (studi Kasus Masyarakat Ke. Rantau Kab. Aceh Tamiang)	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000
3	22114000057978	Syukriah (KETUA)	Uji Potensi Ekstrak Buah Terung Dayak (solanum lasiocarpum) Sebagai Kandidat Obat Antidiabetes	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000
4	22114000058223	Khairina Tambunan (KETUA)	Pengaruh Remunerasi dan Kepemimpinan Bertumbuh Terhadap Kinerja Akreditasi Program Studi di Uin Sumatera Utara Medan	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000
5	22114000057979	Zahratul Idami (KETUA)	Identifikasi Genetik Tumbuhan Balakka (phyllanthus emblica L.) Khas Sumatera Utara dengan Dna Barcoding Lokus Gen RbcL Menggunakan Bioinformatika	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000
6	22114000058010	Suhardi (KETUA)	Pemodelan Aplikasi Mobile Library dalam Rangka Penguatan Minat Baca Tulis Mahasiswa Berbasis digital	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000
7	22114000058024	Nurlaili (KETUA)	Pengembangan Buku Pedoman Penyusunan instrumen Evaluasi Pembelajaran Anak Usia dini	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000
8	22114000054466	Ridwan Yusuf Lubis (KETUA)	Pengaruh Variasi Doping Mg Terhadap Struktur, Morfologi dan Bandgap Dari TiO ₂ dengan Metode Sol-gel pada Penanggulangan Air Limbah	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000
9	22114000057964	Rapotan Hasibuan (KETUA)	Studi Komparasi Layanan Antrian Rawat Jalan Rumah Sakit Pemerintah dan Rumah Sakit Islam Masa Pandemi Covid-19 di Kota Medan	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000
10	22114000057926	Putra Apriadi Siregar (KETUA)	Pemetaan Kepatuhan Kebijakan Kawasan Tanpa Rokok (ktr) di Provinsi Sumatera Utara (Studi Kasus Kota Medan, Kota Binjai dan Kota Pematang Siantar) : Spasial Analisis	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000
11	22114000058046	Miftahul Husnah (KETUA)	Pengaruh Konstruksi Asam Fosfat (h ₃ po ₄) Terhadap Karakteristik Karbon Aktif Tempurung Buah Nipah	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000
12	22114000058062	Yummy Jumiafi Marsa (KETUA)	Resolusi Konflik Agraria di Sumatera Utara (studi Kasus: Perjuangan Masyarakat Adat Terhadap Kepemilikan Lahan)	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000
13	22114000058229	Muhammad Putra Dinata Saragi (KETUA)	Efektivitas Layanan informasi Untuk Meningkatkan Pengetahuan Sebagai Mitra Bestari Jurnal Ilmiah pada Program Studi Bimbingan Penyuluhan Islam: Participatory Action Research	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000
14	22114000057733	Rima Aprilia (KETUA)	Model Keputusan Pembelanjaan Online dengan Metode Fuzzy Multiple Attribute Decision Making	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000
15	22114000057907	Muhammad Sidik Hasibuan (KETUA)	Model Analisis Sentimen Kebijakan Pembelajaran Tatap Muka pada Masa Pandemi Menggunakan Support Vector Machine dan Naive Bayes	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000
16	22114000058037	Irfham Mirzaya Putra (KETUA)	Pemahaman Moderasi Beragama dan Tingkat Toleransi pada Milenial Muslim di Perkotaan Provinsi Sumatera Utara	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000
17	22114000058032	Muhammad Akbar Rosyidi Datni (KETUA)	Metode Tafsir Ayat-ayat Kisah dalam Alquran Melalui Pendekatan Wahdatul Ulum	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000
18	22114000058047	Seva Maya Sari (KETUA)	Penindakan Terhadap Pelaku Perundungan (bullying) di Pondok Pesantren Kota Padang Sidempuan	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000
19	22114000057875	Juliana Nasution (KETUA)	Strategi digital Fundraising Zakat di Indonesia (Studi Kasus Baznas, Dompot Dhuafa dan Rumah Zakat)	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000
20	22114000058003	Aninda Muliani (KETUA)	Aplikasi Kamus Bahasa Batak-Inggris (Speech To Speech) Berbasis Android Sebagai Fitur Pendukung Pariwisata Danau Toba Sebagai Destinasi Wisata Internasional	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000

NO	ID REGISTRASI	PENGUSUL	JUDUL PROPOSAL	KLASTER	NOMINAL
21	221140000058058	Nuri Aslami (KETUA)	Hotel Syariah : Keputusan Konsumen Menggunakan Jasa Perhotelan dilihat Dari Perspektif Harga dan Label Syariah	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000
22	221140000057933	Ummi Nur Afinni Dwi Jayanti (KETUA)	Lesson Study Berbasis Hybrid Collaborative Learning Berorientasi Wahdatul Ulum pada Mata Kuliah Perencanaan Pembelajaran Biologi	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000
23	221140000057973	Hilda Zahra Lubis (KETUA)	Implementasi Permainan Tradisional dalam Mengembangkan Nilai-nilai Agama dan Moral Anak Usia dini di Tk Se-kabupaten Deli Serdang	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000
24	221140000058039	Reni Ria Armayani (KETUA)	Pengaruh Pengetahuan Akuntansi dan Pengalaman Usaha Terhadap Pengembangan Umkm di Sumatera Utara	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000
25	221140000058057	Nur Fadhilah Syam (KETUA)	Kontribusi Pemahaman Hadis-hadis Gender Terhadap Peran Perempuan dalam Keluarga (studi Kasus Kelompok Pekka-pemberdayaan Perempuan Kepala Keluarga di Kabupaten Asahan)	Penelitian Pembinaan/ Kapasitas	Rp 20.000.000



 REKTOR,

 SYAHRIN HARAHAP

KLUSTER PENELITIAN
PENGEMBANGAN PENDIDIKAN TINGGI

LAPORAN PENELITIAN

**EKSPLORASI DAN IMPLEMENTASI MIKROBA INDIGENOUS SEBAGAI
AGEN BIOREMEDIASI TERHADAP LAHAN TERCEMAR MERKURI
PADA KAWASAN PERTAMBANGAN DI SUMATERA UTARA MELALUI
PENDEKATAN TRANSDISIPLINER WAHDATUL ULUM DALAM
PENINGKATAN MUTU PENELITIAN DI UINSU MEDAN**



PENELITI :

Dr. Ir. M.Idris, MP (Ketua)
Ulfayani Mayasari, M.Si (Anggota)
Rizki Amelia Nasution, M.Si (Anggota)

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA
MASYARAKAT (LP2M)
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
SUMATERA UTARA MEDAN
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

1. a. Judul Penelitian : Eksplorasi Mikroba Indigenous Sebagai Agen Bioremediasi Terhadap Lahan Tercemar Merkuri pada Pertambangan di Sumut melalui Pendekatan Transdisipliner Wahdatul Ulum dalam Peningkatan Mutu Penelitian di UINSU
b. Kluster Penelitian: Pengembangan Pendidikan Tinggi
c. Bidang Keilmuan : Biologi
d. Kategori : Kelompok
2. Peneliti : Dr. Ir. M.Idris, M.P. (Ketua)
Ulfayani Mayasari, M.Si (Anggota)
Rizki Amelia Nasution, M.Si (Anggota)
3. ID Peneliti : 20100808121003
4. Unit Kerja : Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan
5. Waktu Penelitian : Juli s/d September 2022
6. Lokasi Penelitian : Laboratorium. Mikrobiologi FMIPA USU
Laboratorium Kesuburan Tanah FP USU
7. Biaya Penelitian : Rp. 60.000.000,- (Enam Puluh Juta Rupiah)

Medan, 19 Oktober 2022

Disahkan oleh Ketua
Lembaga Penelitian dan Pengabdian
Kepada Masyarakat (LP2M)
UIN Sumatera Utara Medan



Dr. Hasan Sazali, M. Ag.
NIP. 1976602222007011018

Peneliti, Ketua

Dr. Ir. M. Idris, M.P.
NIP. 196603011992031003

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Yang bertanda tangan di bawah ini;

Nama : Dr. Ir. M. Idris, M.P.
Jabatan : Lektor Kepala
Unit Kerja : Fakultas sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara
Alamat : Jl. Lapangan Golf, Desa Durian Jangak, Kec. Pancur Batu,
Kab. Deli Serdang

dengan ini menyatakan bahwa:

1. Judul penelitian "*Eksplorasi Mikroba Indigenous Sebagai Agen Bioremediasi Terhadap Lahan Tercemar Merkuri pada Pertambangan di Sumut melalui Pendekatan Transdisipliner Wahdatul Ulum dalam Peningkatan Mutu Penelitian di UINSU*" merupakan karya orisinal saya.
2. Jika di kemudian hari ditemukan fakta bahwa judul, hasil atau bagian dari laporan penelitian saya merupakan karya orang lain dan/atau plagiasi, maka saya akan bertanggung jawab untuk mengembalikan 100% dana hibah penelitian yang telah saya terima, dan siap mendapatkan sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Medan, 19 Oktober 2022

Yang Menyatakan,



Dr. Ir. M. Idris, M.P.
NIP. 196603011992031003

**EXPLORATION AND IMPLEMENTATION OF INDIGENOUS
MICROBABS AS BIOREMEDIATION AGENTS AGAINST MERCURY
CONTAMINATED LAND IN THE MINING AREA OF NORTH
SUMATERA THROUGH THE WAHDATUL ULUM
TRANSANDICIPLINARY APPROACH IN IMPROVING THE QUALITY
OF RESEARCH AT UINSU**

ABSTRACT

The research was carried out in June-October 2022 at the Microbiology Laboratory of the Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of North Sumatra and the Laboratory of Soil Fertility at the Faculty of Agriculture, University of North Sumatra and the screen house of the State Islamic University of North Sumatra. This study aims to determine the type of indigenous microbes that have the most potential as bioremediation agents obtained from mining areas in North Sumatra and to determine the ability of indigenous microbes as bioremediation agents in reducing mercury, on soil chemical properties and producing IAA hormones obtained from mining areas in North Sumatra. The research method was carried out in five stages, the first was the isolation of indigenous bacteria using selective media (NA + HgCl) with concentrations of 25 ppm, 50 ppm, and 75 ppm. The second stage is testing the potential for *Plant Growth Promoting* (PGP) which includes phosphate solvents and IAA hormone production, the third stage is testing the ability to degrade mercury and soil chemical properties, and the fourth stage is microscopic identification of bacteria and the fifth stage is testing bacterial isolates in polybags and plots. The results showed that 3 types of indigenous microbes with the most potential as bioremediation agents were obtained from mining areas in North Sumatra, namely *Pseudomonas*, *Neisseria* and *Klebsiella*. The three types of indigenous microbes as bioremediation agents have the ability to reduce mercury, to the soil chemical properties of Nitrogen and Phosphorus and to produce IAA hormones with absorbance values of NA125=1.042, NA150=0.712 and NA375=0.921. The third consortium of isolates is the best bioremediation agent as a conservation effort by reclaiming mining land. The results of further research are packaged in the form of a bioremediation agent product. In conclusion, indigenous microbes were found as bioremediation agents for mercury-contaminated land in mining in North Sumatra.

Keywords: Selection, Indegenous Bacteria, Plant Growth Promoting, Reclamation, Mining.

**EKSPLORASI DAN IMPLEMENTASI MIKROBA INDIGENOUS SEBAGAI
AGEN BIOREMEDIASI TERHADAP LAHAN TERCEMAR MERKURI
PADA KAWASAN PERTAMBANGAN DI SUMATERA UTARA MELALUI
PENDEKATAN TRANDISIPLINER WAHDATUL ULUM DALAM
PENINGKATAN MUTU PENELITIAN DI UINSU MEDAN**

ABSTRAK

Penelitian telah dilaksanakan pada bulan juli- September 2022 di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Sumatera Utara dan Laboratorium Kesuburan Tanah di Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Penelitian bertujuan untuk mengetahui jenis mikroba indigenus yang paling berpotensi sebagai agen bioremediasi yang di peroleh dari kawasan pertambangan di Sumatera Utara dan mengetahui kemampuan jenis Mikroba indigenus sebagai agen bioremediasi dalam mereduksi merkuri , terhadap sifat kimia tanah serta penghasil hormone IAA yang di peroleh dari kawasan pertambangan di Sumatera Utara . Metode penelitian dilakukan dengan empat tahap, yang pertama isolasi bakteri indigenus menggunakan menggunakan media selektif (NA+ HgCl) konsentrasi 25 ppm, 50 ppm, dan 75 ppm. Tahap kedua adalah pengujian potensial *Plant Growth Promoting* (PGP) yang mencakup pelarut fosfat dan Penghasil Hormon IAA, tahap ketiga adalah Uji kemampuan mendegradasi merkuri dan sifat kimia tanah, dan tahap keempat Identifikasi bakteri secara mikroskopis. Hasil penelitian didapatkan 3 jenis mikroba indigenus yang paling berpotensi sebagai agen bioremediasi yang diperoleh dari kawasan pertambangan di Sumatera Utara yaitu bakteri jenis *Pseudomonas*, *Neisseria* dan *Klebsiella*. Ketiga jenis mikroba indigenus sebagai agen bioremediasi mempunyai kemampuan dalam mereduksi merkuri, terhadap sifat kimia tanah Nitrogen dan Fosfor serta sebagai penghasil hormone IAA dengan nilai absorbansi yaitu NA125=1.042, NA150=0.712 dan NA375=0.921. Konsorsia ketiga isolat merupakan agen bioremediasi terbaik dalam mereklamasikan tanah Pertambangan Hasil penelitian selanjutnya dikemas dalam bentuk produk agen bioremediasi. Kesimpulannya ditemukan mikroba indigenus sebagai agen bioremediasi terhadap lahan tercemar merkuri pada pertambangan di Sumatera Utara.

Kata kunci: Bakteri Indegenous, *Plant Growth Promoting*, Reklamasi, Pertambangan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkah rahmat dan hidayahNya sehingga penulisan laporan penelitian yang berjudul **“Eksplorasi dan implementasi mikroba indigenus sebagai agen bioremediasi terhadap lahan tercemar merkuri pada kawasan pertambangan di Sumatera Utara melalui pendekatan transdisipliner wahdatul ulum dalam peningkatan mutu penelitian di UINSU Medan”** ini dapat terselesaikan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis mikroba indigenus yang paling berpotensi sebagai agen bioremediasi yang di peroleh dari kawasan pertambangan di Indonesia. Serta untuk mengetahui kemampuan terhadap sifat Tanah (Fisika, Kimia dan Biologi) kualitas tanah dan produksi tanaman. Selanjutnya hasil penelitian ini nantinya diharapkan menjadi suatu produk agen bioremediasi dalam mengatasi lahan yang telah tercemar merkuri dan dikemas dalam bentuk produk yang disebut **”BIOR UINSU”**

Terimakasih juga Penulis ucapkan kepada berbagai pihak yang telah banyak membantu dan berkontribusi dalam penyelesaian penelitian pada laporan ini, kepada beberapa instansi tempat pengujian sampel dilakukan.

Penulis menyadari bahwa lapaoran penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga laporan penelitian ini bermanfaat baik bagi kalangan akademisi maupun praktisi.

Medan, 20 Oktober 2022

Tim Penulis

DAFTAR ISI

Cover	
Lembar Pengesahan	i
Surat Pernyataan	ii
Abstrak	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar	
Isi	v
BAB I Pendahuluan	
1. Latar Belakang	1
2. Rumusan Masalah	3
3. Tujuan Penelitian	3
4. Kajian Terdahulu yang Relevan	4
BAB II Teori yang Relevan	
1. Mikroba Indigeneus	8
2. Bioremediasi	9
3. Plant Growth Microorganisms (PGPM)	10
4. Limbah Industri Pertambangan	11
5. Jenis Limbah Tambang	12
6. Merkuri (Hg)	13
7. Wahdatul Ulum	14
8. Kerangka Konsep	15
BAB III Metode Penelitian	
1. Waktu dan Lokasi Penelitian	16
2. Sampel Penelitian	16
3. Metode	16
4. Road Map Penelitian	17
A. Isolasi Mikroba	19
B. Pengujian Daya Reduksi Merkuri	19
C. Uji PGPM	20
D. Uji Tanah	22
E. Pengujian Terhadap Tanaman	24
F. Produk (Inokulum Konsorsia Mikroba)	27
BAB IV Rencana Pembahasan Dan Luaran	29

BAB V Hasil Dan Pembahasan

1. Isolasi Mikroba Pereduksi Merkuri	32
2. Karakterisasi <i>Plant Growth Promoting Mikroba (PGPM)</i>	34
3. Implementasi Inkubasi	39
4. Sifat Kimia Tanah	42
5. Kadar Merkuri Tanah	45
6. Identifikasi Bakteri	55
7. Total Plate Count (TPC)	56
8. Pengujian Terhadap Tanaman	59

BAB VI Kesimpulan **63**

Waktu Pelaksanaan Penelitian **64**

Organisasi Pelaksana **65**

Daftar Pustaka **66**

Lampiran **73**

BAB I

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Kerusakan lingkungan baik tanah maupun air terjadi karena berbagai hal, salah satunya adalah bahan pencemar dari aktivitas pertambangan. Didalam al-Qur'an surah *Ar-Rum: 41* juga telah disebutkan kerusakan di muka bumi disebabkan oleh aktivitas manusia. Pertambangan emas secara umum menggunakan Merkuri sebagai bahan tambahan dalam pengolahan sehingga menghasilkan limbah berbahan Merkuri. Limbah Merkuri merupakan limbah berbahaya bagi kesehatan manusia dan merusak kestabilan ekosistem. Kerusakan lahan setelah aktivitas pertambangan di Indonesia sampai sekarang belum teratasi/reklamasi lahan secara maksimal.

Salah satu yang paling terdampak dari aktivitas pertambangan adalah sektor pertanian. Limbah industri pertambangan yang dibuang ke sungai akan mencemari air dan juga tanah dikawasan tersebut. Beberapa kasus dampak limbah pertambangan diantaranya *Demmalino dkk (2018)*, menyatakan lahan kakao seluas 1,5 hektar sebelum adanya aktivitas pertambangan mampu memproduksi sebesar satu ton per tahun, tapi setelah adanya pertambangan terjadi penurunan produksi sebesar 0,4 - 0,6 ton per tahun.¹ Studi lainnya juga menunjukkan terjadi penurunan kualitas tanah sawah di areal sekitar penambangan di kabupaten Banjar.² Pertambangan emas terbesar di Sumatera

¹ E. B. Demmalino, T. Ibrahim dan A. Karim. Petani di Tengah Tambang : Studi Fenomenologi Efek Implementasi Kebijakan Terhadap Kehidupan Petani di Morowali. *Jurnal sosial ekonomi pertanian*. 14(2). 2018

² I. Syarif, B. J. Priatmadi, E. Indrayati dan A. Haris. Perubahan Kualitas Tanah Sawah Di Areal Sekitar Penambangan Batubara Di Kabupaten Banjar. *EnviroScientea*. 2011

Utara adalah Pertambangan Batang Toru Tapanuli Selatan yang mulai memproduksi sejak tahun 2012. Kapasitas operasi salah satu perusahaan tambang emas Batang Toru melebihi 6 juta ton bijih per tahun untuk menghasilkan lebih dari 300.000 ons emas dan 2-3 juta ons perak per tahun (PTAR, 2021).³ Oleh karenanya sangat penting untuk mengembalikan kualitas tanah seperti kondisi sebelum kegiatan penambangan dilakukan. Salah satu upaya yang telah dilakukan selama ini adalah Bioremediasi

Bioremediasi merupakan metode efektif yang ramah lingkungan karena memanfaatkan mikroba (Sharma *et al.*, 2018).⁴ Mikroba mampu hidup di lingkungan dengan konsentrasi logam berat yang tinggi dan dapat mendegradasi limbah beracun dalam lingkungan. Keberadaan Penggunaan mikroba indigenous dalam bidang pertanian sangatlah potensial karena mikroorganisme terbaik adalah yang berasal dari lingkungan itu sendiri .

Pemanfaatan Mikroba Indegenous sebagai agen bioremediasi ini merupakan salah satu bentuk syukur kita sebagai manusia terhadap segala sesuatu yang di ciptakan oleh Allah SWT Sesuai dengan QS Sad; 27 yang artinya “Dan kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada diantara keduanya tanpa hikmah. Yang demikian adalah anggapan orang-orang kafir, maka celakalah orang-orang kafir itu karena mereka akan masuk neraka.” Semua ciptaan Allah yang ada di bumi tidak ada yang sia-sia. Hasil pemanfaatan Mikroba Indegenous dari Limbah Pertambangan bukan hanya saja bermanfaat bagi Lingkungan baik biotik dan abiotik tetapi juga bagi

³ Agincourt Resources. Tinjauan Ringkas PT. Agincourt Resources (PTAR). Diakses dari <https://www.agincourtresources.com/>. 2021

⁴ Swati Sharma, dkk. Recent Advances in Conventional and Contemporary Methods for Remediation of Heavy Metal-Contaminated Soils. *Journal of Biotech.* 2018

Masyarakat. Hal ini sejalan dengan konsep **paradigma wahdatul ulum** (integrasi keilmuan) UIN Sumatera Utara Medan di point ketiga yaitu mengintegrasikan ilmu sains dan agama secara konkrit dengan menitikberatkan pada kebutuhan masyarakat dalam upaya mensejahterakan manusia dan pengembangan peradaban.

Dari beberapa hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa pemanfaatan mikroba sebagai agen bioremediasi pada lahan yang tercemar merkuri memperlihatkan hasil yang baik dengan berbagai jenis mikroba yang berbeda. Akan tetapi kajian mengenai Eksplorasi dan Implementasi konsorsia mikroba (bakteri dan jamur) indigenous sebagai agen bioremediasi pada lahan tercemar di Sumatera Utara belum pernah dilakukan sehingga sangat penting untuk diteliti. **Berdasarkan pendekatan transdisipliner wahdatul ulum dihasilkan produk yang menjadi solusi dalam menanggulangi pemulihan lahan tercemar merkuri pada kawasan Pertambangan di Sumatera Utara.**

2. Rumusan Masalah

1. Apa sajakah jenis mikroba indigenous sebagai agen bioremediasi yang diperoleh dari lahan tercemar sekitar Kawasan pertambangan emas di Sumatera Utara?
2. Bagaimana kemampuan Mikroba indigenous konsorsia sebagai agen bioremediasi dalam meraklamsikan lahan tercemar sekitar kawasan pertambangan di Sumatera Utara?

3. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui jenis Mikroba indigenous yang paling berpotensi sebagai agen bioremediasi yang di peroleh dari kawasan

pertambangan di Indonesia.

2. Untuk mengetahui kemampuan Mikroba indigenous sebagai agen bioremediasi yang di peroleh dari kawasan pertambangan di Sumatera Utara terhadap sifat Tanah (Fisika, Kimia dan Biologi) , kualitas tanah dan produksi tanaman.

4.Kajian Terdahulu Yang Relevan

Isolasi Mikroba Resisten Merkuri

1. Pemanfaatan mikroba indigenous sebagai agen bioremediasi pernah diteliti sebelumnya oleh Lutfi dkk (2018). Berdasarkan hasil penelitian ditemukan bakteri indigenous jenis *Morganella morganii* dari limbah penambangan emas di Tumpang Pitu Banyuwangi yangresisten terhadap merkuri dan mampu melakukan bioremediasi merkuri hingga mencapai 92.46%.⁵
2. Suryani (2011) juga telah mengisolasi sejumlah bakteri yang resisten terhadap merkuri diantaranya *Pseudomonas*, *Corynebacterium*, *Micrococcus* dan *Vibrio*. *Pseudomonas maltophilia* dapat mereduksi Cr^{6+} yang bersifat mobile dan toksik menjadi bentuk immobile dan nontoksik Cr^{3+} serta meminimumkan mobilitas ion toksik lainnya di lingkungan seperti Hg^{2+} , Pb^{2+} dan Cd^{2+} . Hasil penelitian lainnya juga menunjukkan *Pseudomonas sp.* dan *Bacillus sp.* yang diisolasi dari limbah uranium cair aktivitas rendah mampu menjadi agen bioremediasi dengan efisiensi pengikatan 52,70%- 84,99% dengan Penambahan stimulan asam asetat yang dapat meningkatkan efisiensinya menjadi 99,8 %.⁶

⁵ S. R. Lutfi, Wignyanto, E. Kurniati. Bioremediasi Merkuri Menggunakan Bakteri Indigenous Dari Limbah Penambangan Emas Di Tumpang Pitu, Banyuwangi. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 19(1). 2018

⁶ Y. Suryani. Bioremediasi Merkuri Menggunakan Mikroba pada Lingkungan yang Tercemar. *Journal of Nuclear Science and Technology*. 17(1). 2011

3. Nurfitriani (2018) dalam penelitiannya telah mengisolasi empat spesies bakteri padapertambangan emas skala kecil di Sekotong yang dilaporkan mampu tumbuh pada media bermerkuri 5 ppm, diantaranya *Brevundimonas vesicularis*, *Nitrococcus mobilis*, *Fusobacterium necrogenes* dan *Fusobacterium aquatile*. Bakteri *Brevundimonas vesicularis* dapat mengakumulasi Hg dengan konsentrasi paling tinggi sebesar 2,17 ppm Hg. Ketahanan dan kecepatan respon bakteri *Brevundimonas vesicularis* terhadap logam berat diakibatkan adanya mekanisme resistensi. Mekanisme ini berfungsi untuk mendetoksifikasi dan menghilangkan logam berat dari lingkungan yang tercemar.⁷
4. Penelitian yang dilakukan oleh Christita, *et al* (2018) pada air kolam bekas lahan tambang nikel di Halmahera Timur dengan teknik konvensional telah berhasil mengisolasi dan mengidentifikasi 6 genus bakteri indegenus, diantaranya ialah *Bacillus* sp., *Esherichia*, *Enterococcus*, *Pseudomonas* *Staphylococcus*, dan *Klebsiella* yang didominasi oleh genus bakteri *Bacillus* sebesar 50 %. Hasil identifikasi bakteri ini membuktikan adanya bakteri indegenus yang resisten terhadap cekaman logam berat.⁸
5. Selanjutnya Fashola, *et al* (2019) menyatakan bahwa mikroba indigenus yang diisolasi dari lingkungan yang terkontaminasi logam berat memiliki potensi sebagai bioremediasi logam berat di lingkungan tersebut. Fashola, *et al* berhasil mengisolasi mikroba dari tailing tambang emas yaitu *Bacillus cereus* OMF 003 dan *Enterobacter asburiae* OMF 532 yang secara

⁷ S. Nurfitriana, U. Chasanah, Y. Nuraini, A. Fiqri dan E. Handayanto. Mercury Accumulation Ability of Bacteria Isolated from Small-Scale Gold Mine Tailing. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*. 2018

⁸ M. Christita, Iwanuddin, Y. Kafiar, S. Tabba dan H. S. Mokodompit. Identifikasi Bakteri Pada Air Dari Lahan Bekas Tambang Nikel di Halmahera Timur. *Jurnal Wasian*. 5(1). 2018

signifikan dapat mengurangi mobilitas Ni, Pb, dan Zn dalam tailing.⁹

Aplikasi Mikroba Resisten Merkuri sebagai Agen Bioremediasi

6. Berdasarkan hasil penelitian Neneng dan Saraswati (2019) terkait reklamasi lahan kritis bekas penambangan emas menggunakan metode bioremediasi dan fitoremediasi diketahui penerapan aplikasi konsorsium mikroorganisme berupa gabungan isolat *Klebsiella sp.* dan *Pseudomonas sp.* yang dipadukan dengan tumbuhan fitoremediator merkuri mampu menurunkan Hg tanah sebesar rata-rata 2,5 ppm, meningkatkan unsur hara Posfor rata-rata sebesar 33%, kalium 73%, Mg 21%, Na 19,5%, dan Fe 71%. Aplikasi konsorsium mikroorganisme dipadukan dengan tumbuhan fitoremediator merkuri dari jenis *Melastoma sp.*, lebih mampu memperbaiki kondisi tanah dibandingkan tumbuhan *Cyperus sp.* Penambahan serasah pada metode bioremediasi dan fitoremediasi, dapat meningkatkan kandungan unsur hara dan jumlah populasi mikroorganisme tanah.¹⁰

Keterkaitan Penelitian dengan Kajian Terdahulu (pembeda)

Penelitian ini merupakan penyempurnaan dari penelitian terdahulu, karena kajian yang telah dilakukan hanya terfokus pada studi tentang bioremediasi dengan menggunakan mikroba sebagai agen bioremediasi secara eksitu dan tidak memanfaatkan hasil yang diperoleh secara berkelanjutan. *Sedangkan pada penelitian yang akan dilaksanakan mencakup Eksplorasi mikroba dari*

⁹ M. O. Fashola, V. M. Ngole-Jeme, dan O. O. Babalola. Heavy Metal Immobilization Potential of Indigenous Bacteria Isolated from Gold Mine Tailings. *International Journal of Environmental Research*. 2019

¹⁰ L. Neneng dan D. Saraswati. Reclamation of Degraded Land Ex Gold Mining Area using Bioremediation And Phytoremediation Methods. *EnviroScience*.15(2). 2019

limbah pertambangan sebagai agen bioremediasi secara insitu (pemanfaatan mikroba Indegenous) serta mengimplementasikannya pada tanaman sebagai indikator pemulihan lahan tercemar merkuri. Hasil akhir dari penelitian yang akan dilaksanakan adalah Pemanfaatan mikroba dari hasil eksplorasi dan implementasi berupa produk konsorsia mikroba indegenous sebagai agen bioremediasi, Biofertilizer dan solusi penanggulangan bahan pencemar pada kawasan pertambangan di Sumatera Utara.

BAB II

TEORI YANG RELEVAN

1. Mikroba Indigeneus

Mikroba Indigenus merupakan mikroba yang berada pada suatu wilayah dalam beberapa waktu serta mampu mengurai serat yang bermanfaat dan mendukung pertanian terkhusus di bidang mikrobiologi. Mikroba ini hidup secara bebas dan mampu mensintesis senyawa nitrogen serta substansi bioaktif yang lainnya. Senyawa metabolit yang dihasilkan dapat diserap tanaman secara langsung dan sebagai substrat dalam perkembangbiakan mikroba yang bersifat menguntungkan. Fungsi mikroorganisme diantaranya yaitu sebagai penambat nitrogen, pendegradasi selulosa, termasuk juga sebagai pelarut fosfat, selain itu isolat mikroba indigenus juga telah diuji kemampuannya dalam hal bioremediasi lingkungan perairan yang telah terkontaminasi uranium.¹¹

Mikroba Indigenus memiliki peranan dalam hal mendegradasi limbah logam berat, tempat bakteri (mikroba indigenus) tersebut diisolasi. Isolat mikroba ini telah diisolasi dari beberapa limbah perairan dan merupakan sumber kekayaan biodiversitas di Indonesia. Pemanfaatan bakteri indigenus dalam bioremediasi limbah perairan mampu mencegah dampak negatif limbah tersebut terhadap lingkungan sekitar.¹²

¹¹ Mochd Y. Peranan Isolat Bakteri Indigenus Sebagai Agen Bioremediasi Perairan Yang Terkontaminasi Uranium. *Journal of Nuclear Science and Technology*. 17(1). 2014

¹² Iklima H., dkk. 2018. Degradasi Benzena dengan Penambahan Nitrat dan Bakteri dari Sedimen Pesisir Karangsong Kabupaten Indramayu. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 10(1). 2018

Pemanfaatan mikroba indigenous pada bidang pertanian sangatlah berpotensi sebab mikroorganisme ini mampu meningkatkan kesuburan tanah yang sesuai dengan pertumbuhan tanaman. Penanaman tanaman akan menghasilkan panen yang baik apabila lahan yang digunakan memiliki keadaan tanah yang sesuai pada setiap jenis tanaman yang akan dibudidayakan. Selain untuk meningkatkan kesuburan dan kesehatan tanah, mikroba indigenous juga berperan dalam mencegah penyakit tanaman. Apabila kondisi ekologi mikroorganisme dalam keadaan seimbang, maka lingkungan terutama akar tanaman, akan terpelihara dan tumbuh kuat hal ini juga akan berdampak pada batang dan daun serta aktivitas fotosintesis pada daun dan katabolisme pun berda pada kondisi optimum sehingga pada akhirnya akan menghasilkan produk pertanian yang optimal.¹³

2. Bioremediasi

Bioremediasi adalah pemanfaatan mikroorganisme yang sebelumnya telah dipilih dan ditentukan untuk diterapkan ataupun digunakan di wilayah tertentu dengan tujuan untuk menurunkan kadar polutan pada wilayah tersebut. Ketika proses bioremediasi berlangsung, enzim yang diproduksi mikroba akan menguraikan struktur kompleks dari polutan yang berbahaya menjadi lebih sederhana hingga menjadi senyawa metabolit yang tidak berbahaya.¹⁴

Pemerintah Indonesia telah mengatur perihal pelaksanaan bioremediasi dalam undang-undang Kementerian Lingkungan Hidup, Kep. Men. LH

¹³ Rasti S. dan Sumarno. Pemanfaatan Mikroba Penyubur Tanah sebagai Komponen Teknologi Pertanian. *Jurnal Iptek Tanaman Pangan*. (3)1. 2008

¹⁴ Bambang P. Teknik Bioremediasi Sebagai Alternatif Dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 10(1): 38-48. 2012

No.128 tahun 2003 yang isinya terkait standar baku pelaksanaan bioremediasi untuk menanggulangi masalah lingkungan akibat aktivitas pertambangan, perminyakan dan pencemara-pencemaran lainnya (baik logam berat maupun pestisida) dan juga mencantumkan bioremediasi dilakukan dengan memanfaatkan mikroba lokal.¹⁵

Pengolahan secara biologi dalam mengendalikan pencemaran air merupakan bagian dari upaya bioremediasi, adanya pemanfaatan mikroba bukan hal baru.¹⁶ Sekarang ini bioremediasi telah berkembang pesat di bidang pengolahan air limbah terutama yang memiliki senyawa-senyawa kimia yang sulit di uraikan dan biasanya terkait dengan kegiatan industri, seperti logam-logam berat, petroleum hidrokarbon, dan senyawa-senyawa organik diantaranya herbisada dan pestisida (Tortora, 2010), Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang bioremediasi dalam detoksifikasi/ menurunkan polutan dengan tujuan pengendalian pencemaran air, telah menjadikan cara ini menjadi lebih menguntungkan jika dibandingkan dengan metoda yang memanfaatkan bahan kimia.¹⁷

3. *Plant Growth Promoting Microorganisms (PGPM)*

Mikroorganisme pemacu pertumbuhan tanaman atau yang dikenal dengan istilah *Plant Growth Promoting Microorganisms (PGPM)* memiliki

¹⁵ Kep. Men. LH. No. 128 Tahun 2003. Tata Cara dan Persyaratan Teknis dan Pengelolaan Limbah Minyak Bumi dan Tanah Terkontaminasi oleh Minyak Bumi secara Biologis (Bioremediasi)

¹⁶ Duncan M. dan Nigel J. H. *Handbook of water and wastewater microbiology*. (Elsevier, 2003)

¹⁷ Gerard J. T., Berdell R. F. dan Christine L. C. *Microbiology: An Introduction*. (San Francisco: Benjamin Cummings, 2010)

peranan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, selain itu PGPM juga berperan dalam pengendalin hama dan penyakit pada tanaman. Penggunaan PGPM dengan pengaplikasian inokulan mikroba mampu meningkatkan produktivitas dari pertanian. Pemanfaatan campuran PGPM dan aplikasinya dengan cara lain, seperti bahan kimia dan resistensi inang, telah terbukti lebih baik dalam pengelolaan berbagai masalah penyakit tanaman baik dalam pengujian di rumah kaca maupun skala lapangan.

Produk dari PGPM belakangan ini cukup berkembang pesat. Beberapa formulasi telah dikomersialkan dan lebih banyak lagi yang sedang dalam tahapan pengembangan. Mikroba adalah pemeran utama dari rizosfer, komposisi dan juga biomasnya secara signifikan mampu mengubah respons tanaman terhadap lingkungannya. Adanya interaksi rhizomikroflora dengan lingkungan sekitarnya cukup mempengaruhi kesehatan dan juga produktivitas dari tanaman. Rekayasa rhizo-ekosistem yang sangat bermanfaat dalam mengeksploitasi atau meningkatkan potensi genetik bawaan sangat memungkinkan memainkan peran penting dalam pengembangan pertanian secara berkelanjutan.¹⁸

4. Limbah Industri Pertambangan

Limbah industri pertambangan merupakan jenis limbah yang dihasilkan dari aktivitas industri pertambangan yang dibuang ke lingkungan. Limbah industri pertambangan ini dihasilkan dari proses penambangan, penimbunan, pencucian material pertambangan yang didalamnya terkandung logam berat sehingga berefek pada kerusakan lingkungan. Pada beberapa pertambangan emas, perah dan juga batu bara terdapat aktivitas memanfaatkan logam seperti cairan raksa (merkuri) untuk memisahkan logam emas dari partikel pasir, tanah

¹⁸ Raj S. Nirajan. *Plant Growth Promoting Microorganism: Microbial Resources for Enhanced Agricultural Productivity*. (Nova: 2019)

dan juga bebatuan. Output dari kegiatan pertambangan ini berupa limbah logam berat cair yang semestinya tidak dibuang langsung pada badan air karena diperlukan pengolahan limbah terlebih dahulu. Apabila penanganan tidak tepat, maka kawasan akan tercemar. Efek buruknya pun akan terjadi gangguan dan kerusakan ekosistem di lingkungan tersebut. Disamping itu, limbah cair tambang juga mampu mempengaruhi kualitas kesehatan manusia yang tinggal di sekitar pertambangan.¹⁹

5. Jenis Limbah Tambang

A. Air tambang

Air tambang adalah bagian dari limbah cair tambang yang dihasilkan dari beberapa cara tergantung pada aktivitas pertambangan. Tingkat terkontaminasinya limbah juga dapat bervariasi dari satu limbah dengan yang lainnya. Walaupun terdapat beberapa jenis aktivitas yang mampu menghasilkan air tambang, namun bahaya yang ditimbulkan tetap sama, yakni air yang tercemar. Limbah cair dari pertambangan mengandung kadar asam yang tinggi, hingga berakibat air setempat tercemar. Hal ini dikenal dengan ‘Asam Tambang Drainase’ (AMD) atau *Acid Rock Drainage* (ARD), yang bisa tercipta pada saat air mengalir di bagian atas material yang mengandung sulfida.²⁰

B. *Water Treatment Sludge*

¹⁹ Putra N. M., Mukiat, Harminuke E. H. Evaluasi Pengelolaan Limbah Cair Batubara Distockpile Bukit Asam (Persero) Tbk Unit Dermaga Kertapati. *Jurnal Pertambangan*. 1(3). 2549-1008. 2017

²⁰ Nusa Idaman Said. Teknologi Pengolahan Air Asam Tambang Batubara “Alternatif Pemilihan Teknologi”. *JAI*. 7(2). 2014

Water treatment sludge adalah jenis dari limbah cair pertambangan yang diperoleh dari sisa lumpur dari proses pertambangan. Kandungan dari asam hampir sama dengan air tambang, namun pada beberapa kandungan ada tambahan berbahaya untuk lingkungan misalnya bahan yang padat hasil sisa dari pengolahan bahan tambang.²¹ Penambahan zat tersebut mengakibatkan limbah cair tambang yang didapat lebih kental dan dipompa keluar dari wilayah pertambangan. Dibeberapa kasus, *wts* juga memiliki kandungan zat radioaktif yang tidak hanya merusak lingkungan saja, namun berefek panjang bagi makhluk hidup sekitarnya.

6. Merkuri (Hg)

Merkuri adalah salah satu polutan yang memiliki sifat toksik²², seperti halnya juga yang telah yang diungkapkan oleh Selid, *et al* (2009) dalam penelitiannya bahwa merkuri merupakan suatu unsur yang sangat beracun dan tersebar baik di atmosfer, litosfer, serta di air permukaan. Merkuri juga mampu dapat mengakibatkan masalah serius terhadap kesehatan manusia. Merkuri akan terakumulasi di otak dan ginjal yang akhirnya bisa berdampak pada penyakit neurologis.²³

Pencemaran merkuri adalah kasus pencemaran lingkungan yang urgent dan berefek dibidang kesehatan. Jika merkuri masuk ke rantai makanan selanjutnya dikonsumsi oleh dalam waktu yang lama akan berdampak buruk

²¹ Dicky Cahyadi. Pemanfaatan Limbah Lumpur (Sludge) Waswater Treatment Plant PT. X sebagai Bahan Baku Kompos. *Jurnal Teknik Mesin*. 5(1). 2016

²² Laksmi P. S. dan Didiek H. G. Potensi *Pseudomonas fluorescens* strain KTSS untuk bioremediasi merkuri di dalam Tanah. *Jurnal Menara Perkebunan*. 77(2). 2009

²³ Paul D. S., Hanying X. E. M. C., Marla, S. dan Julia X. Z. Sensing Mercury for Biomedical and Environmental Monitoring. *Journal of Sensor*. 2009

yaitu melemahnya sistem saraf, serta kerusakan permanen di otak yang berakibat tremor, selain itu juga kerusakan pada paru-paru, kulit, ginjal, iritasi pada mata, penyebab cacat janin, bahkan kematian. oleh sebab itulah penting adanya penanggulangan pencemaran dari limbah ini.²⁴

Tumbuhan dan juga mikroba adalah agen biologi yang bisa dimanfaatkan untuk bioremediasi, oleh karenanya belakangan ini bidang mikrobiologi terapan dan juga molekuler menjadi dasardari pengembangan teknik bioremediasi yang menggunakan mikroba yang mampu mereduksi kandungan dari merkuri. Merkuri bersifat toksik dapat berkurang kemampuannya dengan hadirnya mikroba reduksi merkuri. Kondisi ini bisa terjadi karena mikroba mengandung gen yang bersifat resisten terhadap unsur merkuri, yakni gen *operon mer*. Gen operon-mer ini, membuat bakteri memiliki kemampuan mereduksi ion Hg^{2+} menjadi ion Hg^0 yang sebelumnya memiliki sifat toksik.²⁵

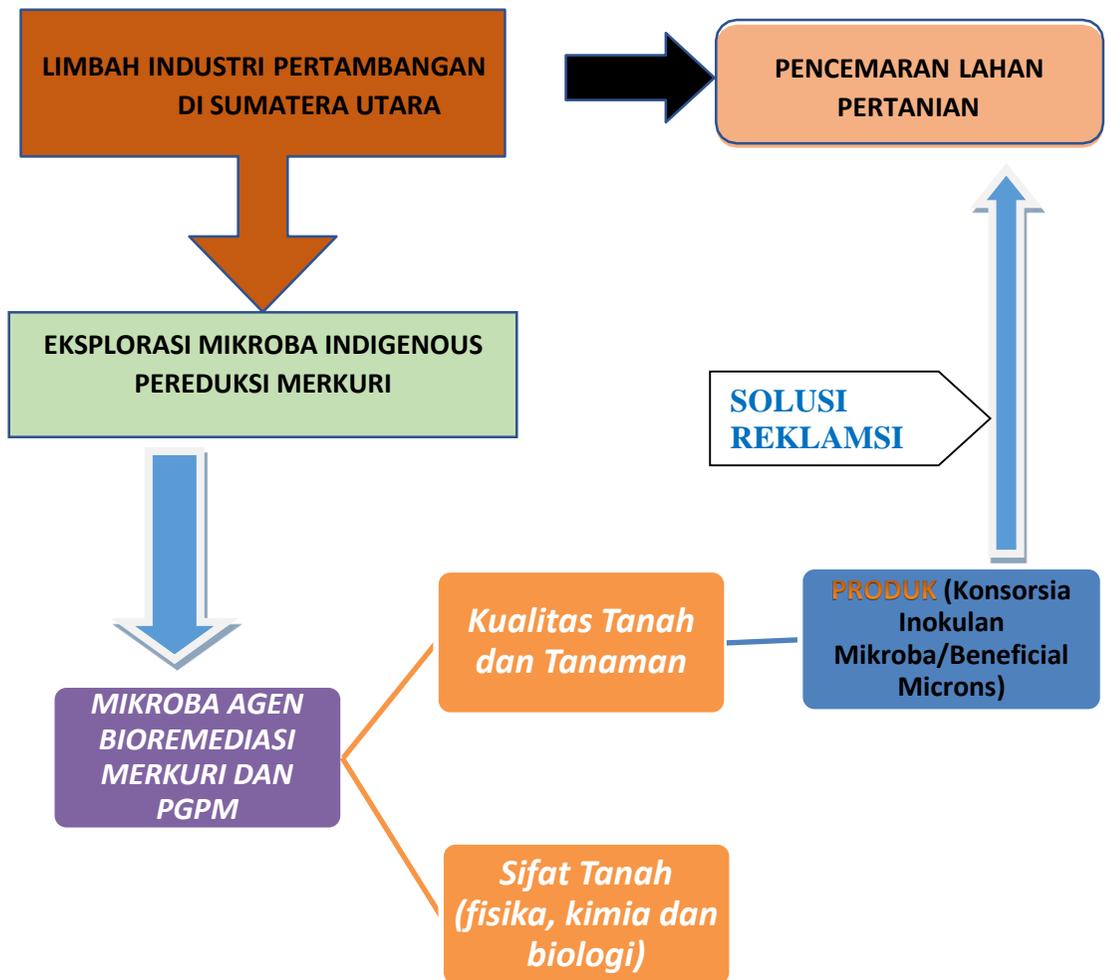
7. Wahdatul Ulum

Wahdatul Ulum yang dimaksud yaitu suatu konsep keilmuan yang bukan hanya dikembangkan dengan beberapa bidang ilmu yang saling terkait dan merupakan pemberian Tuhan. Hal ini merupakan wujud pengabdian kita kepada Pencipta sebagai persembahan terhadap kesejahteraan dan pengembangan peradaban. Dalam mewujudkan konteks waahdatul ulum UIN Sumatera Utara melakukan pengembangan pada seluruh bidang ilmu yang didasari pada Ketuhanan, pemikiran serta penerapan sebagai wujud ketaatan kepada Tuhan sang Pencipta.

²⁴ Masako K. dan Hidemitsu P. Genetic Engineering of Bacteria for Environmental Renediation of Mercury. *Journal of Health Science*. 52(3): 199-204. 2006

²⁵ Priscilla L., Aaltje M. dan Fona B. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Resisten Merkuri pada Plak Gigi dan Urin. *Jurnal E-Biomedic*. 5(2). 2017

Kerangka Konsep



BAB III

METODE PENELITIAN

1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan Juni hingga Oktober 2022.

Penelitian dilakukan di beberapa lokasi :

- a. Uji Mikrobiologi Isolat di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Sumatera Utara
- b. Uji Daya Reduksi Merkuri (AAS) di Laboratorium Analisa Umum dan Pangan PT Mutu Agung Lestari Cabang Medan
- c. Uji sifat Tanah di Laboratorium Kesuburan Tanah FP USU
- d. Uji Kualitas Tanah dan Tanaman di Screen House Biologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara dan Laboratorium Tanah FP USU

2. Sampel Penelitian

Sampel penelitian berupa isolate mikroba indigenous diperoleh Pertambangan Emas di Penyabungan Jae Kabupaten Mandailing Natal Sumatera Utara.

3. Metode Penelitian

Penerapan konsep transdisipliner dalam penelitian ini menggunakan tiga prinsip sesuai paradigma **wahdatul ulum** dengan kerangka berfikir **Thawwâfi**²⁶, yaitu :

1. Permasalahan dalam penelitian ini adalah lingkungan yang tercemar yang tidak terlepas dari factor biotik dan abiotic sekitar yang akan

²⁶ WAHDATUL 'ULÛM Paradigma Pengembangan Keilmuan dan Karakter Lulusan Universitas Islam Negeri [UIN] Sumatera Utara IAIN Press 2019 Tim Penyusun: [Ketua]: Syahrin Harahap

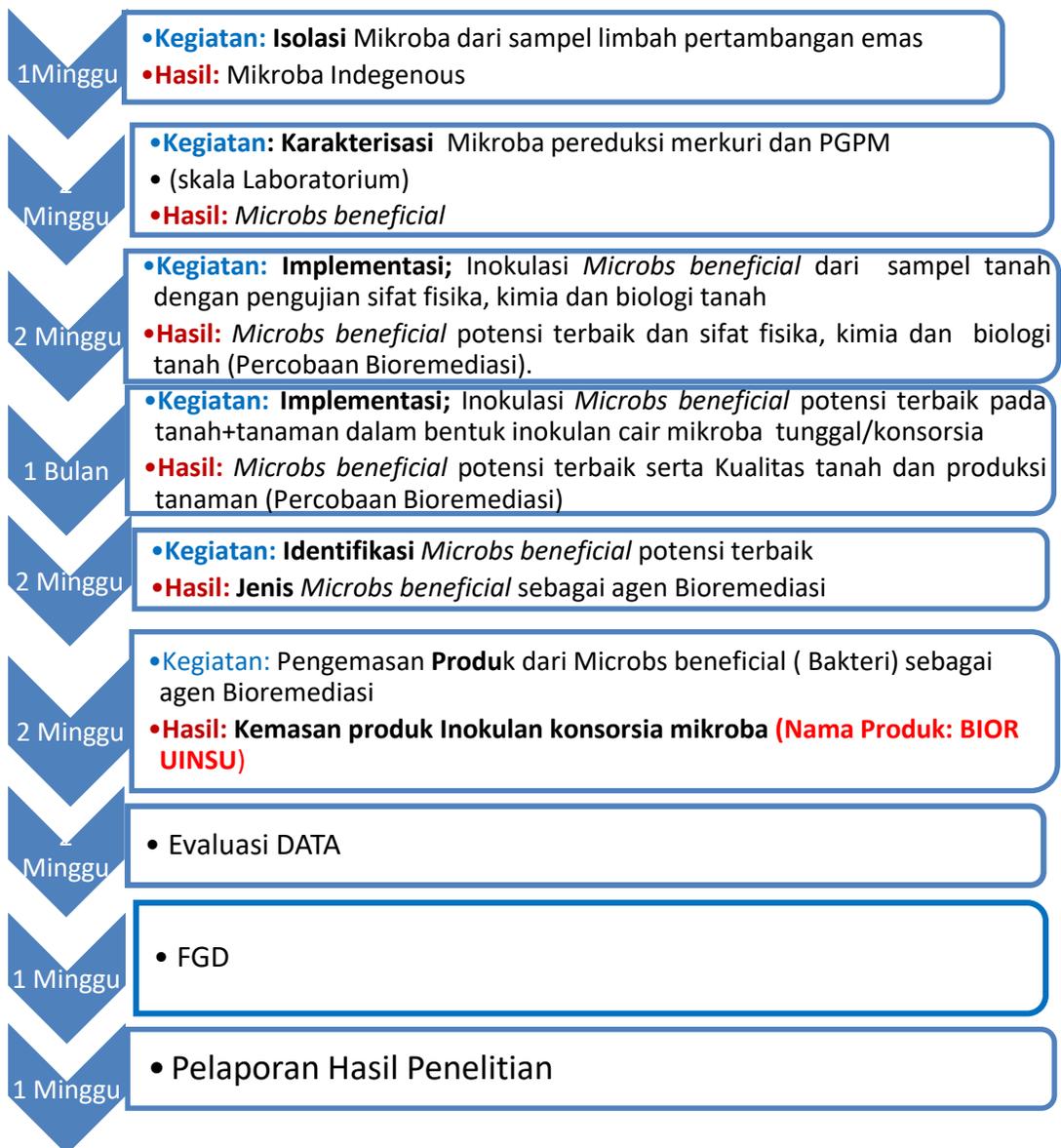
mejadi solusi dalam penyelesaian masalah. **Sesuai dengan paradigma wahdatul ulum** bahwa permasalahan dalam penelitian tidak terlepas dari variable lainnya yang membentuk fakta dan realitas

2. Langkah-langkah ataupun metode dalam penyelesaian masalah menerapkan disiplin ilmu yaitu bidang Pertanian (ilmu tanah) dan biologi (mikrobiologi) hal ini sesuai dengan **paradigma wahdatul ulum** yang menyatakan tidak terbatas pada perspektif disiplin ilmu yang menjadi latar belakang peneliti saja, tetapi melibatkan instrumen dan perspektif disiplin ilmu lain.
3. Metode penelitian baik tahapan isolasi, karakterisasi, identifikasi dan aplikasi hingga produk akhir, disesuaikan dengan konteks **paradigma wahdatul ulum yang** tidak hanya ditujukan untuk peneliti terkait, namun terhadap bidang lainnya berdasarkan analisis dan perspektif yang digunakan dalam penelitian.

4. Road Map

Adapun Roadmap yang digunakan dalam penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:





A. Isolasi Mikroba

Sampel yang telah diambil dari wilayah limbah pertambangan, di isolasi dengan teknik pengenceran berseri. Sebanyak 1 mL sampel air diencerkan dengan 9 mL aquadest. Pengenceran dibuat 10^{-1} sampai 10^{-8} . Pengenceran 10^{-4} , 10^{-6} dan 10^{-8} diambil sebanyak 1 mL lalu dituang pada cawan Petri yang berisi medium Nutrien Agar yang telah ditambahkan larutan $HgCl_2$. Proses isolasi dilakukan dengan teknik cawan tuang. Selanjutnya cawan petri diinkubasi pada suhu $37^{\circ}C$ selama 2×24 jam untuk mendapatkan isolat bakteri resisten merkuri (Amelia, 2016; Hasibuan *et al*, 2017).²⁷ Dari hasil isolasi ini akan dipilih satu isolat bakteri yang tumbuh pada konsentrasi $HgCl_2$ yang mampu hidup di konsentrasi merkuri paling besar dari sampel air sehingga didapatkan isolat bakteri. Bakteri diinokulasi pada media *Nutrient Agar* (*Yeast extract* 2 g/L, *Bacto pepton* 5 g/L, NaCl 5 g/L, agar agar, air) dan selanjutnya di murnikan (Blake *et al*, 1993; Pratiwi, 2012).²⁸

B. Pengujian Daya Reduksi Merkuri

Diambil stok isolat bakteri resisten merkuri yang sudah ada di media miring *Natrium Agar* akan diuji daya reduksinya terhadap merkuri. Pengujian

²⁷ T. F. Amelia, dan A. B. Herpandi. Aktivitas Reduksi Merkuri pada Bakteri yang Diisolasi dari Air dan Sedimen di Sungai Musi. *Jurnal Teknologi Perikanan*. 15(2)

U. A. Hasibuan, dkk. *Identifikasi Bakteri Berasal dari Sungai Batang Bungo di Desa Tjung Gendang Kabupaten Bungo Propinsi Jambi Sebagai Bahan Pengayaan Praktikum MikroBiologi*. Pendidikan Biologi FKIB Universitas Jambi. 2017

²⁸ R. C. Blake. Chemical Transformation of Toxic Metals by *Pseudomonas* Strain from a Toxic Waste Site. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 1993

A. Y. Pratiwi. *Penapisan Bakteri Resistan Terhadap Merkuri Sebagai Alternatif Agen Bioremediasi Pada Pencemaran Tanah Pertambangan*. Institut Pertanian Bogor. 2012

daya reduksi merkuri ini dilakukan dengan diambil 1 ose bakteri resisten merkuri dari stok isolate media miring *Natrium agar*. Lalu diinokulasikan kedalam media *Natrium Broth* cair yang mengandung HgCl_2 (Fatmawaliet al, 2011).²⁹ Kemudian diinkubasi pada *Inkubator shaker* dengan kecepatan 100 rpm selama 1 x 24 jam pada suhu ruang. Kultur disentrifugasi pada kecepatan 5000 rpm selama 5 menit untuk memisahkan bakteri dengan media NB. Supernatan dianalisis dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) untuk menentukan konsentrasi logam sesudah menginokulasikan bakteri resisten merkuri selama 1 x 24 jam. Analisis merkuri ini dilakukan sesuai dengan metode pengujian merkuri Strandar Nasional Indonesia (SNI) 06-2462-1991 (Dirayah et al, 2005; Amelia et al, 2016).³⁰

C. Uji PGPM

Fiksasi Nitrogen

Aktivitas fiksasi nitrogen diuji dengan menggunakan medium bebas mineral nitrogen (NFMM) dengan 0.7% glukosa dan 2% BTB digunakan untuk isolasi bakteri/Jamur nitrogen fiksasi. Komposisi medium terdiri dari (g/L): 1.0 K_2HPO_4 , 1.0 CaCl_2 , 0.5 NaCl , 0.25 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.01 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.01 $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0.01 $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan glukosa sebagai sumber karbon (20 g/L). Untuk medium padat ditambahkan 2% agar. Aktivitas fiksasi nitrogen dari kultur broth, regen kit uji ammonium ditambah dan terlihat warna ditunjukkan oleh perbedaan warna chart pada kit uji (San et al, 2011).³¹

²⁹ Fatmawati dan Y. Irwan. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Resistan Merkuri dari Muara Sungai Sario Yang Dapat Digunakan Untuk Detoksifikasi Limbah Merkuri. *Jurnal Ilmiah Sains*. 11(1). 2011

³⁰ R. Dirayah, Husain dan Muchtar. Pengkompleks Logam Pb Dan Cd dari Limbah Cair PT Kawasan Industri Makassar. *Jurnal Marina Chimica Acta*. 6(1). 2005

³¹ San San Yu, dkk. Accumulation of ammonia in culture Broth by wild-type Nitrogen-Fixing Bacterium, *Stenotrophomonas Maltophilia*. *Biotechnology Department*, 2(1). 2011

Uji kemampuan melarutkan Fosfat (P)

Pengujian fosfat menggunakan media selektif *Pikovskaya* dengan penambahan *tri calcium phosphate* (TCP) sebagai sumber fosfat. Media disterilakan kemudian dituangkan ke dalam cawan petri dan dibiarkan hingga beku. Setelah media beku isolat bakteri dan jamur diambil menggunakan jarum ose dan digoreskan/ditanam ke permukaan media secara zig zag. Di inkubasi selama 48 jam pada suhu 30⁰C. isolat bakteri yang mampu melarutkan fosfat ditandai dengan terbentuknya zona bening (halo) disekitar koloni bakteri (Purwaningsih, 2003).³² Kemampuan pelarutan fosfat (E) diukur berdasarkan rumus: (Oedjijono et al, 2014).³³

$$E = \frac{\text{Diameter pelarutan fosfat (s)}}{\text{Diameter pertumbuhan koloni (G)}} \times 100$$

Uji penghasil hormon Indol Asam Asetat (IAA)

Bakteri dan Jamur penghasil IAA di uji menggunakan nutrient broth/PDB dan reagen Salkowski. Isolat bakteri dan Jamur dikultur pada media NB/PDB dilengkapi dengan 0.1 g/l L-tryptophan pada suhu kamar ruang gelap selama 48 jam, kemudian isolat di sentrifugasi sehingga menghasilkan supernatant, supernatant diambil sebanyak 1 ml dan ditambahkan 1 ml reagent Salkowski (12g/l FeCl₃ pada 429 ml/l H₂SO₄) dan di inkubasi pada ruang gelap selama 24 jam pada suhu kamar. Intensitas dibaca pada 535 nm menggunakan spektrofotometer UV (Kesaulya, 2015).³⁴ Konsentrasi IAA juga dapat ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer pada

³² S. Purwaningsih. *Isolasi, Populasi dan Karakterisasi Bakteri Pelarut Fosfat pada Tanah dari Taman Nasional Bogani Nani Wartabone, Sulawesi Utara, Biologi*, 3(1). 2003

³³ Oedjijono, Soetarto, E. S., Moeljopawiro, S., & Djatmiko, H. A., (2014). *Promising plant growth promoting rhizobacteria of Azospirillum spp. isolated from iron sand soils, Purworejo coast, central Java, Indonesia*, 5(3), 302–308.

³⁴ H. Kesaulya, dkk. *Isolation and Physiological Characterization of PGPR from Potato Plant Rhizosphere in Medium Land of Buru Island. Italian Oral Surgery*. 2015

panjang gelombang 535 nm, berdasarkan kurva standart IAA murni 0 sampai dengan 50 ppm.

D. Uji Tanah

Pengujian mikroba agen bioremediasi dilakukan terhadap tanah yang sudah tercemar merkuri. Sebelum Pengujian mikroba uji ke tanah terlebih dahulu dilakukan pembuatan inokulum mikroba. Pembuatan Inokulum Mikroba dilakukan dengan menggunakan mikroba dari hasil Pengujian Daya Reduksi Merkuri (skala Lab) dan PGPM yang paling potensial Mikroba (Jamur/Bakteri) terbaik dikultur pada medium Pepton glukosa ekstrak (PGE) cair, diaktivasi 3 kali dengan menggunakan medium yang sama selama 24 jam pada suhu 37°C. hasil kultur di inkubasi pada shaker dengan kecepatan 150 rpm. Setiap inokulum di inokulasi ke dalam medium PGEA untuk melihat hasil aktivasinya. Inokulum pada media PGEA di inkubasi selama 24 jam dan dihitung jumlah koloninya. Masing-masing inokulan tunggal, kemudian diinokulasikan ke dalam medium PGE sebanyak 2 Liter (Mencapai jumlah sel minimum: 10⁹ sel/mL). Hasil akhir adalah Inokulum yang siap dipakai untuk pengujian Bioremediasi pada tanah tercemar merkuri.³⁵

Pengujian mikroba agen bioremediasi dilakukan terhadap tanah yang sudah tercemar merkuri dari ke tiga lokasi sebanyak 1,0 kg tanah kering udara ditimbang dan dimasukkan ke dalam reaktor bioremediasi yang dialiri udara untuk aerasi, kemudian diinokulasi dengan suspensi mikroba dan diaduk secara merata.

³⁵ Hardiani, H., Teddy Kardiansyah dan Susi Sugesty. 2011. Bioremediasi Logam Timbal (Pb) Dalam Tanah Terkontaminasi Limbah Sludge Industri Kertas Proses Deinking. *Jurnal Selulosa*. Vol. 1, no. 1. Hal. 31-41. ISSN 2088-7000. No. 754/D.2/2010.

Adapun Metodologi Penelitian yang digunakan sbb :

1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan selama 2 bulan dan dilaksanakan di dua tempat yaitu Inkubasi tanah di Laboratorium Biologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara dan Uji Sifat Tanah di Laboratorium Tanah FP USU.

2. Metode Penelitian

Pengujian menggunakan Metode Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF), dengan faktor pertama yaitu Jenis Bakteri terdiri dari 3 terbaik (Disimbol T), yaitu T1 Terbaik urutan pertama ; T2 Terbaik urutan Kedua dan T3 Terbaik urutan ketiga . Faktor kedua yaitu jenis jamur terdiri dari dari 3 Terbaik (Disimbol J) , yaitu J1 Terbaik urutan pertama ; J2 Terbaik urutan Kedua dan J3 Terbaik urutan ketiga . Dengan demikian terdapat 9 kombinasi perlakuan, dengan 3 ulangan, sehingga diperoleh 27 unit percobaan.

Model Linier dar RALF adalah sbb :

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dimana

Y_{ijk} = Hasil pengamatan untuk faktor K level ke-i, faktor J level ke-j, pada ulangan ke-k

μ = Rataan umum

α_i = Pengaruh faktor K pada level ke-i

β_j = Pengaruh faktor J pada level ke-j

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Interaksi antara K dan J pada faktor K level ke-i, faktor J level ke-j

ϵ_{ijk} = Galat percobaan untuk faktor K level ke-i, faktor J level ke-j pada ulangan/kelompok ke-k

3. Peubah amatan

Peubah amatan dalam penelitian ini adalah :

1. Sifat Fisika tanah : temperatur tanah dan kekerasan tanah

2. Sifat Kimia tanah : pH tanah, kandungan N dan P serta kandungan Merkuri tanah
3. Sifat Biologi tanah : jumlah bakteri yang ada di tanah

4. Analisis Data

Apabila hasil Anova uji F penelitian menunjukkan perbedaan yang nyata dari perlakuan yang dicoba, dapat dilanjutkan dengan metode uji Beda Rata Jujur (DMRT).

E. Pengujian Terhadap Tanaman

E1. Pengujian Di Polibeg

Isolat yang terpilih berdasarkan hasil inkubasi selanjutnya dilakukan pengujian terhadap tanaman. Adapun Metodologi Penelitian yang digunakan sbb :

1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan selama 3 Minggu dan dilaksanakan di dua tempat yaitu Uji Tanaman di Screen House Biologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara dan Uji Kualitas Tanah tanah di Laboratorium Tanah FP USU.

2. Metode Penelitian

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap RAL Non Faktorial dengan konsorsia yang terpilih disimbol (U) terdiri dari 3 perlakuan, yaitu :

U1 = Konsorsia terbaik 1

U2 = Konsorsia terbaik 2, dan

U3 = Konsorsia terbaik 3

Dengan demikian terdapat 3 perlakuan dengan 4 ulangan, sehingga terdapat 12 kombinasi perlakuan

Model Linier dari RAL Non Faktorial adalah “

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij} \quad I = 1, 2, \dots, t$$

Dimana

Y_{ij} = nilai pengamatan pada perlakuan ke-I ulangan ke -j

μ = nilai tengah

T_i = perlakuan ke-i

ε_{ij} = pengaruh acak/eror

t = banyak perlakuan

3. *Peubah amatan*

Peubah amatan dalam penelitian ini adalah:

1. Uji Tanaman : Tinggi Tanaman , Jumlah Daun, Berat Basah Tanaman dan Kandungan Merkuri di Tanaman
2. Uji Kualitas Tanah : pH tanah, kandungan N dan P serta kandungan Merkuri tanah

4. *Analisis Data*

Apabila hasil Anova uji F penelitian menunjukkan perbedaan yang nyata dari perlakuan yang dicoba, dapat dilanjutkan dengan metode uji Beda Rata Jujur (DMRT).

E.2, **Pengujian di Plot**

Isolat yang terpilih berdasarkan hasil inkubasi selanjutnya dilakukan pengujian terhadap tanaman. Adapun Metodologi Penelitian yang digunakan sbb :

1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan selama 3 Minggu dan dilaksanakan di dua tempat yaitu Uji Tanaman di Screen House Biologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara dan Uji Kualitas Tanah tanah di Laboratorium Tanah FP USU.

2. Metode Penelitian

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap RAL Non Faktorial dengan konsorsia yang terpilih disimbol (U) terdiri dari 3 perlakuan, yaitu :

U1 = Konsorsia terbaik 1

U2 = Konsorsia terbaik 2, dan

U3 = Konsorsia terbaik 3

Dengan demikian terdapat 3 perlakuan dengan 4 ulangan, sehingga terdapat 12 kombinasi perlakuan

Model Linier dari RAL Non Faktorial adalah “

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij} \quad I = 1, 2, \dots, t$$

Dimana

Y_{ij} = nilai pengamatan pada perlakuan ke-I ulangan ke -j

μ = nilai tengah

T_i = perlakuan ke-i

ε_{ij} = pengaruh acak/eror

t = banyak perlakuan

3. *Peubah amatan*

Peubah amatan dalam penelitian ini adalah:

1. Uji Tanaman : Tinggi Tanaman , Jumlah Daun, Berat Basah Tanaman dan Kandungan Merkuri di Tanaman
2. Uji Kualitas Tanah : pH tanah, kandungan N dan P serta kandungan Merkuri tanah

4. *Analisis Data*

Apabila hasil Anova uji F penelitian menunjukkan perbedaan yang nyata dari perlakuan yang dicoba, dapat dilanjutkan dengan metode uji Beda Rata Jujur (DMRT).

F. Produk (Inokulum Konsorsia Mikroba)

Konsorsia yang terbaik berdasarkan Uji Tanaman selanjutnya diusulkan untuk menjadi produk yang mendapatkan HAKI. Adapun Langkah-langkah dalam mengusulkan Konsorsia yang terbaik sebagai produk untuk mendapatkan HAKI diusulkan kepada Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia (Kemenkuham) di Jakarta. Sedangkan Langkah-langkah dalam pengemasan produk adalah sbb :

“Kegiatan Pembuatan dan pengemasan produk Inokulum Konsorsia Mikroba diformulasikan berbasis kompos. Formula bahan pembawa berbasis kompos merupakan bahan pembawa padat berupa serbuk dengan ukuran partikel sekitar 100- 200 μm yang dibuat dari tanah tercemar merkuri, arang biomassa tanaman, mineral alam, nutrisi sintesis seperti Tryptic Soy Broth (TSB) dan Potatoes Dextrose Broth (PDB). Sebanyak 45 g bahan pembawa berbasis kompos dengan kadar air sekitar

21%, masing-masing dikemas dalam kantong plastik (polyethylene) dan ditutup rapat menggunakan sealer. Kemudian dilakukan sterilisasi menggunakan iradiasi gamma pada dosis 25 kGy, untuk memperoleh bahan pembawa berbasis kompos dengan sterilitas dan kualitas yang sesuai untuk inokulan mikroba. Sebanyak 45 g bahan pembawa yang steril, diinokulasikan kultur cair isolat tunggal atau kombinasinya masing-masing sebanyak 5 ml, sehingga diperoleh inokulan berbasis kompos yang mengandung mikroba agen bioremediasi sekitar 10^9 cfu/g. Semua inokulan konsorsia mikroba berbasis kompos teriradiasi (IMR) ini diinkubasi pada suhu 28 °C selama 14 hari. Hasil inkubasi siap digunakan dan sudah menjadi produk inoculum konsorsia mikroba berbasis kompos.”

BAB IV

RENCANA PEMBAHASAN DAN LUARAN

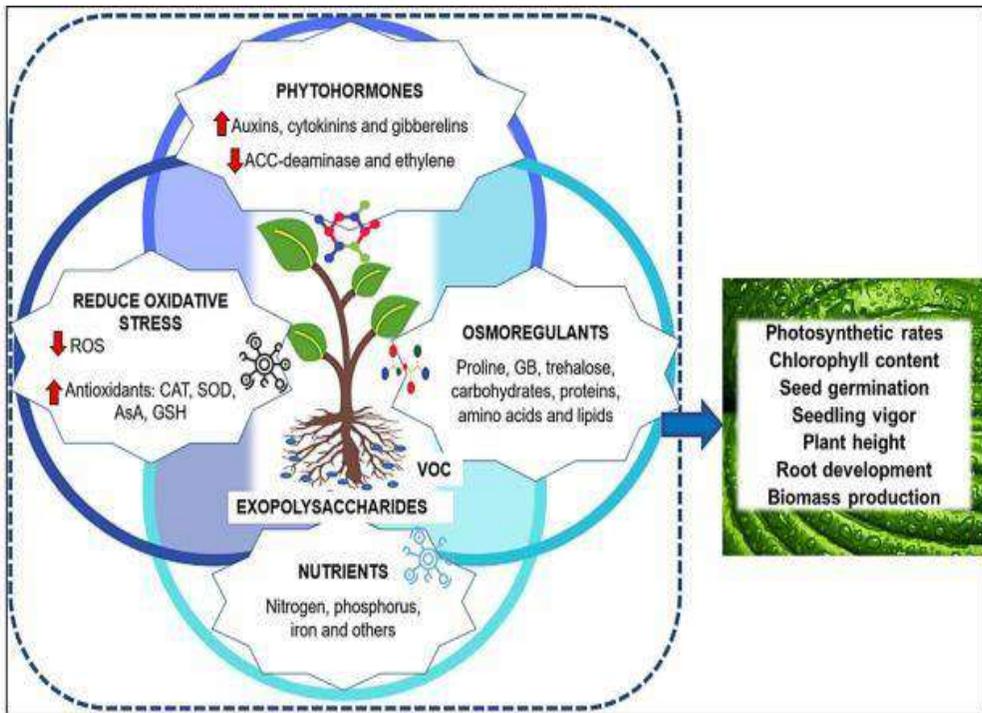
Mikroba sebagai Agen Bioremediasi hasil isolate dari pertambangan Martabe selanjutnya di laboratorium dilanjutkan uji karakteristik pereduksi merkuri dan PGPM. Perbedaan Jenis maupun Kemampuan Mikroba agen bioremediasidengan potensi PGPM menjadi salah satu faktor penyebabnya adalah kondisi lingkungan tanah seperti sifat fisika, sifat kimia tanah serta faktor biotik dan abiotik. Faktor biotik dan abiotik tanah telah dilaporkan sangat mempengaruhi komposisi dari komunitas mikroba (Fierer dan Jackson, 2006; Lozupone dan Knight, 2007; Trabelsi et al, 2009, 2011).³⁶ Hal ini dapat di tunjukkan pada hasil karakterisasi tanah, dan didukung oleh penelitian (Marschner *et al*, 2001)³⁷ yang menyimpulkan bahwa komposisi komunitas mikroba dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara tipe tanah, spesies tanaman dan zona lokasi perakaran. Sehingga konsorsium mikroba di dalam tanah sebagai *Beneficial microbes* memperbaiki pertumbuhan tanaman dengan meningkatkan ketersediaan nutrient, pengaturan pitohormon dan meningkatkan sifat toleransi mikroba terhadap stress (Gambar 1).

³⁶ N. Fierer dan R. B. Jackson. The diversity and biogeography of soil bacterial communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2006

C. A. Lazupone dan R. Knight. Global patterns in bacterial diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2007

D. Trabelsi, dkk. Genetic diversity and salt tolerance of bacterial communities from two Tunisian soils. *Annals of Microbiology*. 2009

³⁷ Marschner P, Yang C-H, Lieberei P, croely D.E., 2001. *Soil and Plant specific on bacterial community Compositon in the rhizospher*. *Soil Biol Biochem* 33: 1437-1445



Gambar 4.1: Interaksi Mikroba, Tanaman dan Tanah (Lopes, MJ *et al*;2021)³⁸

Konsorsium Mikroba pada tanah di dasarkan kepada prinsip bahwa kebutuhan hara jasad renik menyerupai kebutuhan tanaman. Faktor yang mempengaruhi optimalisasi proses bioremediasi meliputi terbentuknya konsorsia mikroba yang mampu menurunkan polutan di antaranya adalah jenis tanah, suhu, pH, nutrisi ketersediaan oksigen dan aseptor electron lainnya.³⁹ Selanjutnya konsorsia yang terbaik berdasarkan Uji Tanaman diusulkan untuk menjadi produk yang mendapatkan HAKI.

³⁸ Lopes M.J.D.S., Moacry Bernardino Disa-Filho, Ely Simone Cajueiro Gurgel. 2021. Review: *Successful Plant Growth-Promoting Microbes:Inoculation Methods and Abiotic Factors*. doi:10.3389/isufs.2021.606454.

³⁹ Vidali, M. Bioremediation. An overview. *Pure Appl. Chem.*, Vol. 73, No. 7, pp. 1163–1172, 2001



Gambar 4.2. Rencana Design Produk (Luaran/output)

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

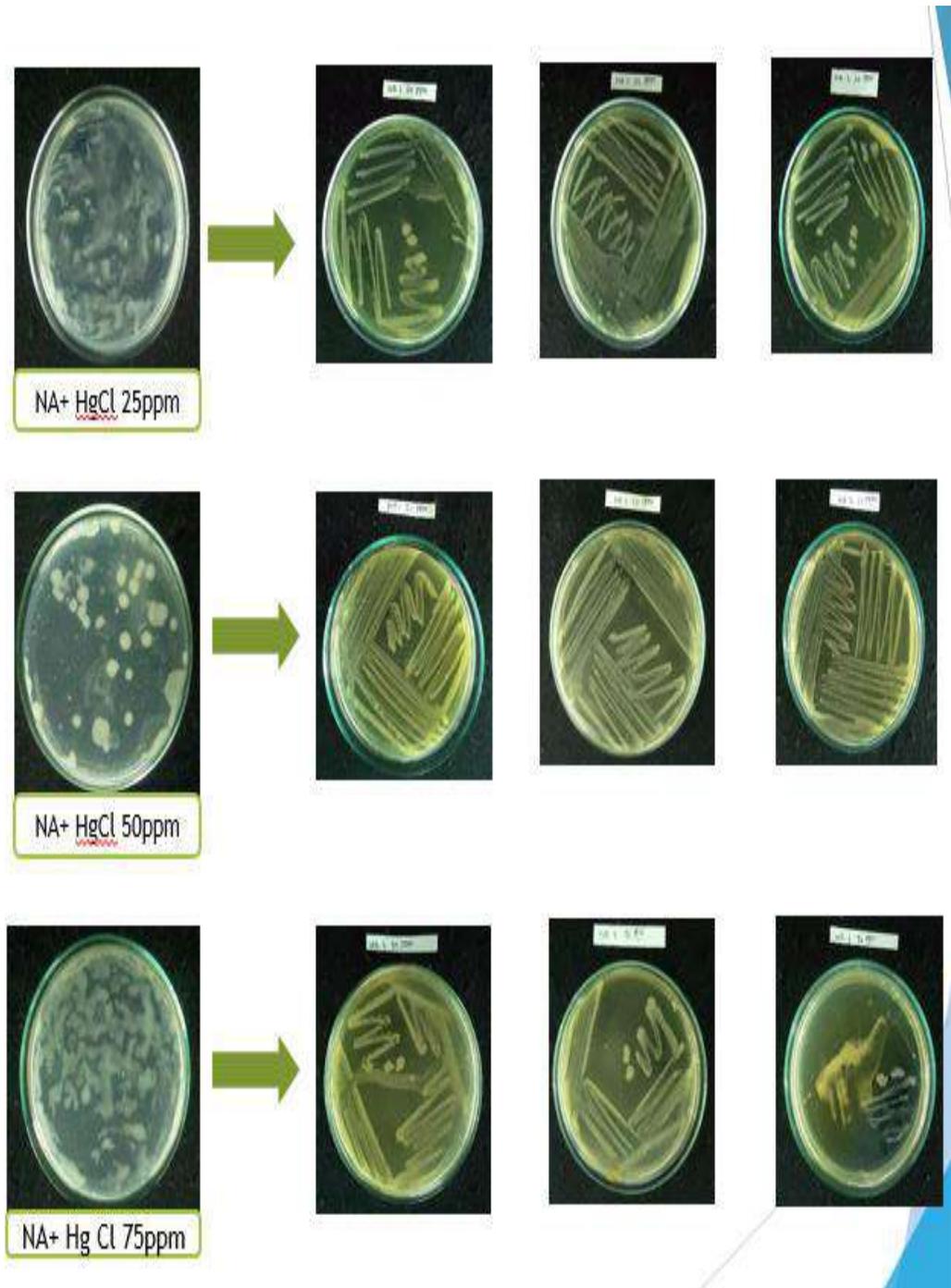
1. Isolasi Mikroba Pereduksi Merkuri

Mikroba dalam penelitian ini diisolasi dari tanah sekitaran pertambangan emas Desa Panyabungan Jae, Kecamatan Panyabungan Kabupaten Mandailing Natal. Sampel tanah yang diperoleh di uji di laboratorium mikrobiologi USU dan PT Multiagung untuk mengetahui kadar merkuri.



Gambar 5.1 : Lokasi Pengambilan Sampel Tanah

Isolasi bakteri diuji dengan menggunakan media NA dan isolasi jamur dengan media PDA. Kedua media ditambahkan HgCl dengan 3 konsentrasi yang berbeda 25 ppm, 50 ppm dan 75ppm. Dari hasil isolasi diperoleh 9 isolat bakteri yang tumbuh pada media NA dengan masing-masing konsentrasi yaitu 25 ppm sebanyak 3 isolat, 50 ppm sebanyak 3 isolat dan 75 ppm 3 isolat. sedangkan pada media PDA tidak ada koloni jamur yang tumbuh pada setiap konsentrasinya.



Gambar 5.2: Hasil Isolasi Bakteri pada media NA dengan 3 konsentrasi

Pertumbuhan mikroba pada media NA pada setiap konsentrasi menunjukkan sampel isolat yang diperoleh yang tahan terhadap kadar merkuri merupakan isolat bakteri. Sedangkan pada media PDA yang merupakan media pertumbuhan jamur tidak ditemukan ada mikroba yang tumbuh. Hal ini menunjukkan tidak ditemukan jamur yang mampu bertahan pada lingkungan dengan ketiga kadar konsentrasi yang berbeda. Selanjutnya ketiga isolate ini yang digunakan untuk pengujian tahap selanjutnya.

2. Karakterisasi *Plant Growth Promoting Mikroba (PGPM)*

A. Pelarut Fosfat

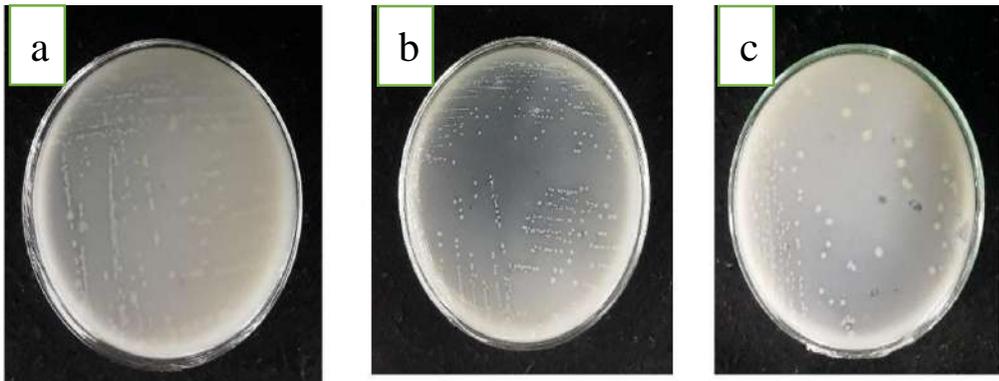
Hasil uji pelarut fosfat dari 9 isolat sampel diperoleh 3 isolat yang mampu melarutkan fosfat yaitu pada sampel uji dengan kode isolat NA1 25 ppm, NA1 50 , dan NA3 75 ppm. Menurut George dkk (2002) menyatakan bahwa terbentuknya zona bening disekitar koloni menunjukkan bahwa isolat tersebut memiliki kemampuan dalam mengasamkan asam organik ekstraseluler yang mampu berikatan dengan ion Ca yang terikat dalam bentuk $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ pada media *Pikovskaya* agar dan membebaskan ion H_2PO_4 .

Dengan demikian membentuk area yang berwarna lebih jernih daripada area yang masih memiliki P terikat. Adapun jenis-jenis asam organik tersebut ialah asam sitrat, glutamat, suksinat, laktat, oksalat, glikooksalat, malat, fumarat, tartarat ataupun asam alpha-ketobutirat (Maryati, 2006). Hasil Uji pelarut fosfat pada 9 isolat dapat dilihat pada tabel 5.1 berikut:

Tabel 5.1 Hasil Uji Pelarut Fosfat

NO	Kode Isolat	Hasil Uji
1	Na1 25ppm	+
2	Na2 25ppm	-
3	Na3 25ppm	-
4	Na1 50ppm	+
5	Na2 50ppm	-
6	Na3 50ppm	-
7	Na1 75 ppm	-
8	Na2 75ppm	-
9	Na3 75ppm	+

Sembilan Isolat bakteri yang diperoleh diinokulasikan di permukaan media pikovskaya untuk melihat kemampuan bakteri sebagai pelarut fosfat. Hasil uji positif ditemukan 3 isolat yang ditunjukkan dengan terbentuknya zona bening di sekeliling koloni. (Gambar 5.3).



Gambar 5.3. Isolat Pelarut Fosfat: a. NA1, 25 ppm, b. NA1, 50 ppm dan c. NA3, 75 ppm

Kemampuan pelarutan fosfat pada media padat diidentifikasi dengan adanya zona bening yang terbentuk di sekitar koloni bakteri. Menurut Oksana *et al.* (2020) zona bening merupakan bentuk adanya asam organik yang diekskresikan oleh bakteri kemudian berikatan dengan ion Ca dari sumber $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ pada media Pikovskaya dan membebaskan ion fosfat (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-}) sehingga membentuk area yang berwarna jernih. Kemampuan pelarutan fosfat dalam kategori tinggi apabila memiliki nilai indeks kelarutan fosfat >4 , sedang 2-4, dan rendah kemampuan pelarutan fosfat sedang. Zona bening tidak dapat menentukan jumlah fosfat terlarut yang dihasilkan oleh bakteri. Adanya zona bening yang terbentuk hanya dapat mengetahui bahwa bakteri mampu dalam melarutkan fosfat. Menurut Selvi *et al.* (2017) setiap bakteri pelarut fosfat yang diuji secara kualitatif dan kuantitatif menunjukkan kemampuan dalam meningkatkan kelarutan fosfat yang berbeda. Bakteri pelarut fosfat dalam aktivitas metabolisme menghasilkan asam-asam organik antara lain oksalat, suksinat, tartrat, sitrat, laktat, α -ketoglutarat, asetat, formiat, propionate, glikolat, glutamate, glioksilat, malat, fumarat (Banik *et al.*, 1982). Asam –asam

organik memiliki perbedaan kualitas dan kuantitas dalam membebaskan fosfat (Soepardi, 1983). Asam organik memiliki kemampuan untuk melarutkan fosfat dari yang terkuat sampai terlemah sebagai berikut sitrat>oksalat>tartat> malat>HCl (Kim et al., 1997). Asam organik yang paling banyak diproduksi oleh *Pseudomonas. p.* adalah glukonat, ketoglukonat, oksalat, malat, laktat, suksinat, dan dalam jumlah kecil asam format dan asam sitrat (Rashid *et al.*, 2004). *Bacillus sp.* banyak memproduksi asam organik berupa glukonat, asetat, suksinat, dan propionate (Saeid *et al.*, 2018).

B. Fiksasi Nitrogen

Hasil uji fiksasi nitrogen diperoleh dari ke 9 isolat tidak ditemukan 1 isolatpun yang mampu memfiksasi nitrogen. Hal ini disebabkan karena syarat untuk terjadinya fiksasi N adalah memiliki enzim nitrogenase, Reaksi dan Tampang Bakteri Gram Positif (+) , suasana anaerob, memiliki reduktan (sumber elektron), memiliki ATP dan tidak memiliki inhibitor.

Fiksasi nitrogen merupakan proses yang menggabungkan nitrogen bebas dengan unsur lain secara kimia yang disebut penambatan nitrogen. Salah satu caranya ialah melalui kegiatan organisme bersimbiosis yang dapat mengubah nitrogen dari atmosfer menjadi amonia (kebalikan dari denitrifikasi). Fiksasi nitrogen secara biologi bergantung pada serangkaian proses oleh bakteri dengan cara mengubah N_2 menjadi bentuk anorganik yang selanjutnya diserap tanaman. Bakteri tersebut dapat menambat nitrogen udara melalui non-simbiosis (*free living nitrogen-fixing bacteria*) dan simbiosis (*root-nodulating bacteria*) dengan tanaman (Simanungkalit, dkk 2004).

Bakteri pemfiksasi nitrogen yang bersimbiosis mendapatkan nutrisi melalui eksudat akar yang dihasilkan tanaman. Eksudat akar tersebut

diketahui sebagai campuran dari senyawa gula kompleks, seperti glukosa, asam amino, asam organik, asam lemak, dan lainnya (Pinton., dkk 2007). Eksudat akar di rhizosfer dapat mempengaruhi komunitas mikroba tanah, ketersediaan unsur hara makro dan mikro, terutama nitrogen dan fosfor. Eksudat yang sering diamati misalnya, dikarboksilat dalam akar tomat untuk strain biokontrol *Pseudomonas* dan tanaman kacang polong mengeluarkan homoserin untuk *Rhizobium leguminosarum* (Mahmud., dkk 2020), sedangkan pada bakteri non-simbiosis menggunakan karbon dan sumber energi yang berasal dari lingkungan. Selanjutnya tanaman memperoleh nitrogen dari bakteri untuk proses metabolisme.

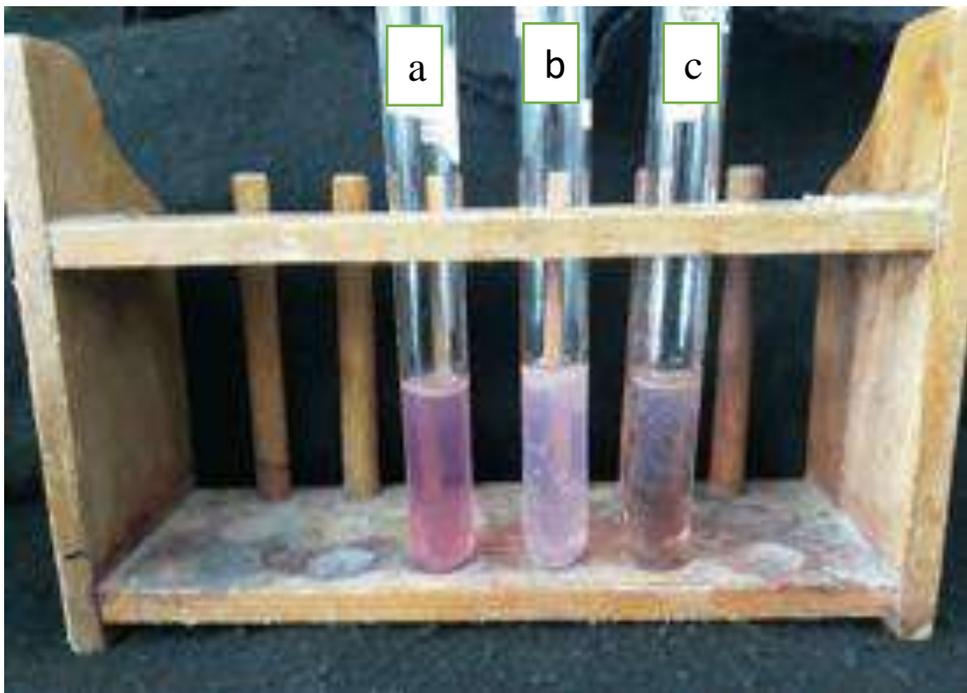
C. Penghasil Hormon IAA

Hasil Kualitatif dari 3 isolat menunjukkan perbedaan warna setelah di tambahkan reagen *Salkowski* dilihat dari warna merah muda lebih kontras yaitu pada isolate a dan c. hasil kualitatif dapat didukung dengan data kuantitatif pada nilai absorbansi yaitu: NA1, 25 (a)= 1.042, NA1, 50 (B)= 0.712 dan NA3, 75 (c)=0.921. Hasil uji IAA dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5.2 Hasil Uji Hormon IAA

No	Kode <u>Isolat</u>	Uji IAA
1	NA 1 25 PPM	+
2	NA 1 50 PPM	+
3	NA 3 75 PPM	+

Hormon IAA adalah auksin endogen yang berperan dalam pembesaran sel, menghambat pertumbuhan tunas samping, merangsang terjadinya absisi, berperan dalam pembentukan jaringan xilem dan floem, dan juga berpengaruh terhadap perkembangan dan pemanjangan akar. Hormon IAA merupakan hormon yang berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman sehingga sintesis oleh bakteri tertentu merupakan alasan yang menyebabkan peningkatan pertumbuhan tanaman. Berikut gambar hasil pengujian hormone IAA:



Gambar 5.4. Isolat Penghasil hormon IAA: a. NA1,25 ppm, b. NA1,50 ppm dan c. NA3,75 ppm

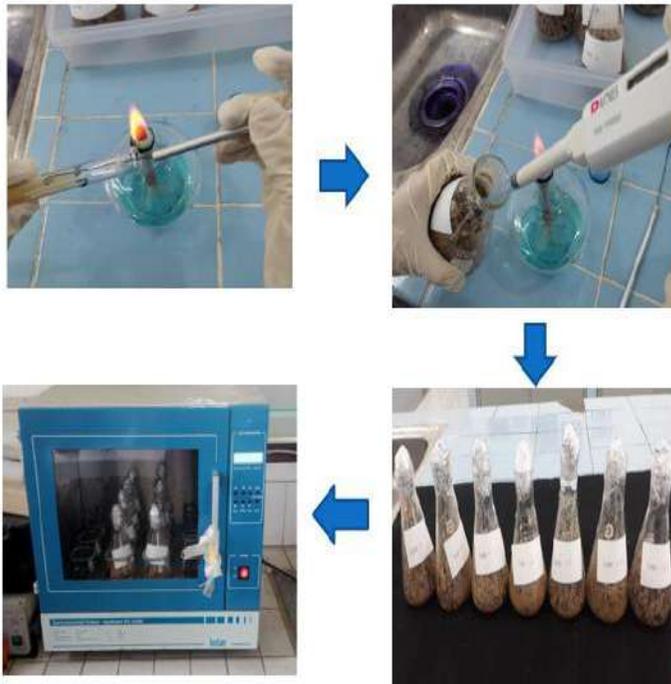
3. Implementasi Inkubasi

Implementasi dilakukan dengan menginokulasi bakteri yang berpotensi potensi terbaik pada tanah pada tanaman dalam bentuk inokulan cair mikroba tunggal dan konsorsia. Perlakuan ini di lakukan dengan melakukan pengujian sebanyak 7 sampel isolat dengan masing-masing perlakuan isolat yang berbeda. Adapun perlakuan isolat bakteri yang digunakan pada uji implementasi tersebut ialah kode 1 dengan konsentrasi isolat 1, kode 2 dengan konsentrasi isolat 2, kode 3 dengan konsentrasi isolat 3, kode 4 dengan konsorsium isolat 1+2, kode 5 dengan konsorsiumi isolat 1+3, kode 6 dengan konsorsium isolat 2+3, dan kode 7 dengan konsentrasi isolat 1+2+3.



Gambar 5.5 Tahapan implementasi mikroba

Implementasi : INKUBASI → Penambahan Suplement untuk mendorong aktivitas mikrobia



Gambar 5.6 : Perlakuan Implementasi dari isolat yang berbeda

a. Hasil Pengujian Penghasil Hormon IAA setelah Inkubasi

Hasil Pengujian Penghasil Hormon IAA setelah tanah di Inkubasi dengan 3 isolat bakteri dan konsorsium diantara bakteri tersebut dapat dilihat dari tabel 5.3:

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Penghasil Hormon IAA

Kode	Absorbansi
Tanah awal	0.102
Kode No 1	0.247
Kode No 2	0.231
Kode No 3	0.254
Kode No 4	0.250
Kode No 5	0.574
Kode No 6	0.622
Kode No 7	0.591

Berdasarkan hasil pengamatan uji IAA dengan penambahan ketiga isolat menunjukkan bahwa bakteri mampu menghasilkan IAA hal tersebut disebabkan karena adanya interaksi antara IAA dan Fe dengan membentuk senyawa kompleks $Fe_2(OH)_2(IA)_4$ warna merah muda yang semakin pekat menunjukkan konsentrasi IAA yang dihasilkan oleh bakteri semakin tinggi (Kovacs, 2009). Hormon tumbuh IA berfungsi sebagai sinyal molekuler pemasuk dalam regulasi perkembangan tanaman memacu perkembangan perakaran tanaman inang, meningkatkan ketahanan terhadap patigen dan memacu pertumbuhan tanaman (Shaharoon., dkk 2006).

Uji IAA dengan penambahan isolat pelarut fosfat pada 8 sampel dihasilkan nilai absorbansi yang berbeda-beda. Adapun nilai absorbansi pada kode sampel tanah awal (kontrol) sebesar 0.102, kode sampel no 1 sebesar 0.247, kode sampel no 2 sebesar 0.231, kode sampel no 3 sebesar 0.254, kode sampel no 4 sebesar 0.250, kode sampel no 5 sebesar 0.574, kode sampel no 6 sebesar 0.622, dan kode sampel no 7 sebesar 0.591.

Hormon IAA disintesis sebagai metabolit sekunder yang dihasilkan dalam kondisi pertumbuhan bakteri suboptimal atau saat tersedia prekursor asam amino triptofan. Biosintesis IAA oleh bakteri, dapat ditingkatkan dengan penambahan L-tryptofan sebagai prekursor ke dalam media tumbuh bakteri. Menurut Akbari et al. (2007), penambahan 5 mM L-tryptofan menghasilkan konsentrasi IAA yang bervariasi untuk setiap jenis bakteri dan menyebabkan konsentrasi IAA tersebut menurun dengan waktu inkubasi yang berbeda. Pada inkubasi 72 jam dengan konsentrasi IAA tertinggi sebanyak 297 ppm dan terendah sebanyak 11 ppm. Konsentrasi IAA yang dihasilkan oleh bakteri dapat berbedabeda tergantung pada jenis dan asal bakteri. Mustika (2009) yang mengisolasi bakteri endofit penghasil IAA pada akar tanaman padi, hanya memperoleh konsentrasi IAA sebesar 1,090 ppm setelah bakteri diinkubasi selama 6 hari. Sedangkan Ahmad (2004) yang mengisolasi bakteri tanah dari genus *Pseudomonas* memperoleh konsentrasi IAA yang cukup tinggi yaitu mencapai 32,3 ppm, setelah diinkubasi selama 5 hari.

4. Sifat Kimia Tanah

Sifat kimia tanah pada perlakuan (Inkubasi bakteri *PGP* dalam tanah selama 14 hari) dengan tiga isolat yaitu NA125, NA150 dan NA375 dengan parameter pengamat adalah pH (H_2O), N-Total (%) dan P-Tersedia (ppm). Hasil parameter pengamatan dapat dilihat pada Table 5.3, yaitu sampel yang digunakan tanah tercemar merkuri awal (kontrol) dan tanah tercemar merkuri

dengan penambahan masing-masing dari ketiga isolat. pH setiap sampel berhasil diukur adalah dengan nilai rata-rata 6, sedangkan N-Total rata-rata 0,20 yang menyatakan rendah, namun P-tersedia untuk control dan NA370 adalah rata-rata 10 termasuk kategori rendah, tetapi NA125 dan NA150 adalah 12-14 termasuk kategori sedang. Selanjutnya 4 sampel lainnya merupakan konsorsium dari bakteri yang telah diperoleh. Sifat Kimia Tanah ini dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut ini:

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Sifat Kimia Tanah

No Lab	Sampel	Parameter		
		pH (H ₂ O)	N-Total (%)	P-Tersedia (ppm)
1.	Awal	6.31	0.24	10.27
2.	Isolat 1	6.70	0.19	12.09
3.	Isolat 2	6.12	0.21	14.07
4.	Isolat 3	6.27	0.18	10.37
5.	Isolat 1-2	6.55	0.24	9.75
6.	Isolat 1-3	6.69	0.21	12.03
7.	Isolat 2-3	6.43	0.24	14.08
8.	Isolat 1-2-3	6.39	0.25	10.29

Dari tabel 5.3 diatas diketahui sifat kimia tanah dengan parameter pH (H_2O) dari 8 sampel menunjukkan pada sampel awal diperoleh pH (H_2O) sebesar 6.31, sampel isolat 1 diperoleh pH (H_2O) sebesar 6.70, sampel isolat 2 diperoleh pH (H_2O) sebesar 6.12, sampel isolat 3 diperoleh pH (H_2O) sebesar 6.27, sampel isolat 1-2 diperoleh pH (H_2O) sebesar 6.55, sampel isolat 1-3 diperoleh pH (H_2O) sebesar 6.69, sampel isolat 2-3 diperoleh pH (H_2O) sebesar 6.43, dan sampel isolat 1-2-3 diperoleh pH (H_2O) sebesar 6.39.

Berdasarkan sifat kimia tanah dengan parameter N-Total dari 8 sampel menunjukkan pada sampel awal diperoleh N-Total sebesar 0.24%, sampel isolat 1 diperoleh N-Total sebesar 0.19%, sampel isolat 2 diperoleh N-Total sebesar 0.21%, sampel isolat 3 diperoleh N-Total sebesar 0.18%, sampel isolat 1-2 diperoleh N-Total sebesar 0.24%, sampel isolat 1-3 diperoleh N-Total sebesar 0.21%, sampel isolat 2-3 diperoleh N-Total sebesar 0.24%, dan sampel isolat 1-2-3 diperoleh N-Total sebesar 0.25%.

Untuk Parameter P-Tersedia dari 8 sampel menunjukkan pada sampel awal diperoleh P-Tersedia sebesar 10.27 ppm, sampel isolat 1 diperoleh P-Tersedia sebesar 12.09 ppm, sampel isolat 2 diperoleh P-Tersedia sebesar 14.07 ppm, sampel isolat 3 diperoleh P-Tersedia sebesar 10.37 ppm, sampel isolat 1-2 diperoleh P-Tersedia sebesar 9.75 ppm, sampel isolat 1-3 diperoleh P-Tersedia sebesar 12.03 ppm, sampel isolat 2-3 diperoleh P-Tersedia sebesar 14.08 ppm, dan sampel isolat 1-2-3 diperoleh P-Tersedia sebesar 10.29 ppm.

Hasil parameter pengamatan menunjukkan dari sampel yang digunakan tanah tercemar merkuri awal dan tanah tercemar merkuri dengan penambahan masing-masing dari ketiga isolat pH pada tiap sampel diperoleh nilai rata-rata sebesar 6, sedangkan N-Total diperoleh nilai rata-rata sebesar 0,20 dengan kategori rendah, dan P-Tersedia pada sampel tanah tercemar merkuri awal dan Na_3 75ppm diperoleh nilai rata-rata sebesar 10 dengan kategori rendah, namun

NaI 25ppm dan NaI 50ppm diperoleh nilai rata-rata sebesar 12-14 dengan kategori sedang.

5. Kadar Merkuri dalam Tanah

Pengujian reduksi merkuri dianalisis menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Tanah awal yang diperoleh dari lahan pembuangan limbah pertambangan emas menunjukkan nilai kadar merkuri sebesar 36.3 ppm per 250 gr tanah. Berdasarkan kriteria kandungan merkuri di dalam tanah, maka kandungan merkuri di lokasi pertambangan di Desa Penyabungan Jae sangat tinggi sebab kriteria normalnya berada pada Konsenterai normal merkuri dalam tanah 0,03 ppm dan konsentrasi kritis 0,3-0,5 ppm.

Selanjutnya hasil pengamatan kandungan sifat kimia tanah setelah pada perlakuan (Inkubasi bakteri *PGP* dalam tanah selama 14 hari) dengan tiga isolat yaitu NA125, NA150 dan NA375 dengan parameter pengamat kandungan merkuri (ppm). Hasil parameter pengamatan dapat dilihat pada Table 2, yaitu sampel yang digunakan tanah tercemar merkuri awal (kontrol) dan tanah tercemar merkuri dengan penambahan masing-masing dari ketiga isolat. Berdasarkan kriteria kandungan merkuri di dalam tanah, maka kandungan merkuri masih sangat sangat tinggi, akan tetapi bila dibandingkan dengan analisis awal terdapat penurunan jumlah merkuri setelah tanah di inkubasi dengan *PGP*. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut:

Tabel 5.5 Kandungan Merkuri Tanah sebelum dan sesudah perlakuan inkubasi bakteri

Item	Kandungan Merkuri (ppm)
Tanah Awal	36,3
Isolat NA 1 (25 ppm)	19,8
Isolat NA1 (50 ppm)	29,3
Isolat NA 1 (75 ppm)	31,7

6. Identifikasi Bakteri

6.A. Morfologi Koloni Bakteri

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada karakterisasi morfologi isolat dengan kode isolat bakteri Na1 25ppm yaitu bentuk koloni irregular, dan tepian undulate. Kode isolat bakteri Na2 25ppm yaitu bentuk koloni irregular (berombak), dan tepian lobate (tidak beraturan). Kode isolat bakteri Na3 25ppm yaitu bentuk koloni irregular (berombak), dan tepian undulate (bergelombang). Kode isolat bakteri Na1 50ppm yaitu bentuk koloni circular (bulat), dan tepian undulate (bergelombang).

Kode isolat bakteri Na2 50ppm yaitu bentuk koloni circular (bulat), dan tepian undulate (bergelombang). Kode isolat bakteri Na3 50ppm yaitu bentuk koloni irregular (berombak) dan tepian undulate (bergelombang). Kode isolat bakteri Na1 75ppm yaitu bentuk koloni irregular (berombak) dan tepian undulate (bergelombang). Kode isolat bakteri Na2 75ppm yaitu bentuk koloni irregular (berombak) dan tepian lobate (tidak beraturan). Kode isolat bakteri Na3 75ppm yaitu bentuk koloni irregular (berombak) dan tepian lobate (tidak beraturan). Hasil Identifikasi ini dapat dilihat pada tabel 5.6 berikut:

Tabel 5.6. Pengamatan Morfologi Koloni Bakteri

No	<u>Isolat</u>	<u>Bentuk Koloni</u>
1	Na1 25ppm	Irregular, undulate
2	Na2 25ppm	Irregular, lobate
3	Na3 25ppm	Irregular, undulate
4	Na1 50ppm	Circular, undulate
5	Na2 50ppm	Circular, undulate
6	Na3 50ppm	Irregular, undulate
7	Na1 75 ppm	Irregular, undulate
8	Na2 75ppm	Irregular, lobate
9	Na3 75ppm	Irregular, lobate

6.B Pewarnaan Gram

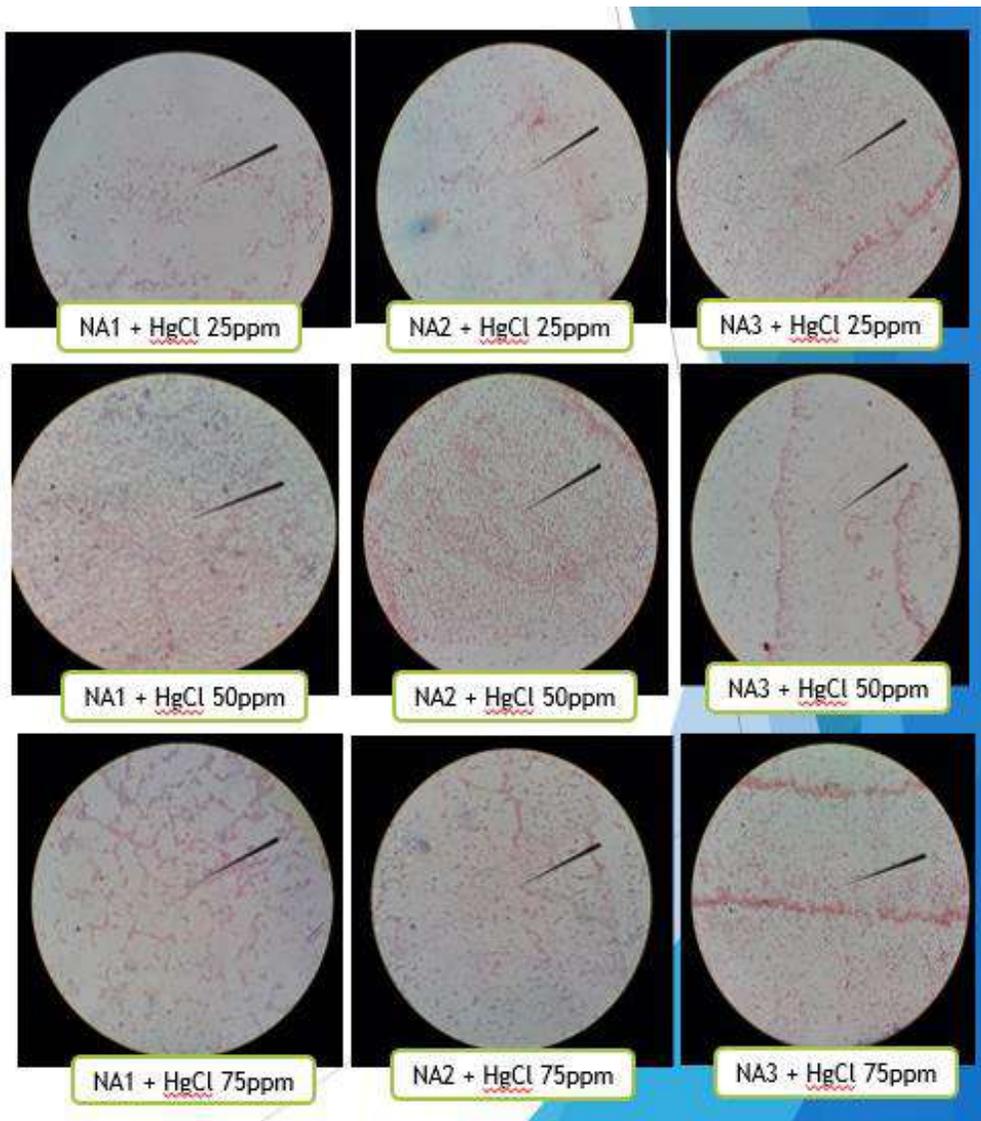
Pewarnaan Gram pada bakteri bertujuan untuk mengelompokkan bakteri berdasarkan jenis Gram yang dibedakan oleh sifat kimia dan fisik dari dinding sel bakteri. Selanjutnya metode pewarnaan Gram juga bertujuan untuk melihat bentuk bakteri. Menurut penelitian Dwidjoseputro (1998) mengatakan bahwa bentuk dan warna sel bakteri dapat diketahui setelah dilakukan pewarnaan gram, pengecekan dilakukan di bawah mikroskop dengan perbesaran 100X.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada pewarnaan Gram pada kode isolat dengan konsentrasi 25ppm: Na1 25ppm, Na2 25ppm, dan Na3 25ppm, kode isolat dengan konsentrasi 50ppm: Na1 50ppm, Na2 50ppm, dan Na3 50ppm, dan kode isolat dengan konsentrasi 75 ppm: Na1 75ppm, Na2 75ppm, dan Na3 75ppm merupakan Gram negatif. Hasil pengamatan ini dapat dilihat pada tabel 5.7 berikut:

Tabel 5.7. Hasil pewarnan Gram

No	Isolat	Warna	Gram
1.	Na1 25ppm	Merah	-
2.	Na2 25ppm	Merah	-
3.	Na3 25ppm	Merah	-
4.	Na1 50ppm	Merah	-
5.	Na2 50ppm	Merah	-
6.	Na3 50ppm	Merah	-
7.	Na1 75ppm	Merah	-
8.	Na2 75ppm	Merah	-
9.	Na3 75ppm	Merah	-

Warna merah yang yang dihasilkan disebabkan karena bakteri memiliki lapisan peptidoglikan yang lebih tipis sehingga tiak dapat menahan warna kristal violet setelah dilakukan dekolorisasi. Menurut Purves & Sadava (2003), bakteri gram negatif adalah jenis bakteri dengan dinding sel (Peptidoglikan) tipis atau hanya seperlima dari bakteri gram positif. Hasil pengamatan dibawah mikroskop dapat dilihat dari gambar berikut 5.7 berikut:



Gambar 5.7 Hasil pewarnaan Gram isolat bakteri dibawah mikroskop

Perbedaan ketebalan dinding sel bakteri mengakibatkan perbedaan kemampuan afinitas dengan pewarna gram. Dinding peptidoglikan memiliki afinitas yang kuat dengan pewarna gram, sehingga bakteri dengan dinding peptidoglikan tebal akan mengikat pewarna gram dengan kuat, sehingga disebut bakteri gram positif. Afinitas diartikan sebagai kemampuan suatu makhluk hidup membentuk ikatan kimia yang satu dengan senyawa atau unsur lain. Sebaliknya, dinding peptidoglikan tipis pada bakteri gram negatif tidak memiliki afinitas yang tinggi dengan senyawa yang digunakan pada pewarna gram, sehingga disebut bakteri gram negatif.

6.C. Hasil Uji Hidrolisa Gelatin

Uji gelatinase merupakan metode uji untuk melihat kemampuan isolate bakteri dalam menghidrolisa menggunakan enzim gelatin. Media gelatin yang cair tetap cair setelah dimasukkan kedalam pendingin menandakan adanya aktivitas gelatinase pada bakteri uji tersebut. Jika uji positif maka bakteri dapat menghidrolisa enzim gelatinase, uji negatif ditandai dengan media semi padat setelah dimasukkan kedalam pendingin.

Tabel 5.8. Uji Hidrolisa Gelatin

No	Isolat	Gelatin	Keterangan
1.	Na1 25ppm	-	Media memadat setelah dimasukkan ke pendingin
2.	Na1 50ppm	-	Media memadat setelah dimasukkan ke pendingin
3.	Na3 75ppm	-	Media memadat setelah dimasukkan ke pendingin

Menurut penelitian Lay (1994) bahwa beberapa bakteri dapat menguraikan molekul gelatin menjadi asam amino dan kemudian mampu menggunakannya sebagai unsur hara yang dibutuhkan dalam proses metabolisme bakteri. Gelatin merupakan protein yang diperoleh dari tulang, tulang rawan dan jaringan ikat hewan lainnya. Struktur utama gelatin adalah gel, sedangkan apabila gelatin telah dihidrolisa secara sempurna oleh bakteri gelatin tidak membentuk gel lagi melainkan cair. Menurut penelitian Hartsock (2015) bahwa uji gelatin dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui bakteri patogen. Jika bakteri positif dalam menghidrolisa gelatin berarti bakteri merupakan golongan bakteri yang patogen. Karena mampu menghidrolisa gelatin dan mampu merusak tulang, tulang rawan dan bagian organ yang terkandung gelatin didalamnya.

Uji hidrolisa gelatin untuk isolat bakteri dengan kode Na1 25ppm, Na1 50 ppm, dan Na 75ppm menunjukkan hasil negatif dengan menunjukkan bahwa media memadat setelah dimasukkan ke dalam pendingin selama 10 menit.

6.D. Hasil Uji Sitrat

Uji sitrat dilakukan dengan menginokulasi isolat pada media Simmon's Citrate (SC). Pengujian ini bertujuan untuk melihat kemampuan bakteri dalam menggunakan sitrat sebagai satu-satunya sumber karbon dan energi. Hasil positif akan ditunjukkan dengan adanya perubahan warna media dari hijau menjadi biru. Hal ini disebabkan karena penggunaan sitrat oleh bakteri menyebabkan asam menghilang dari biakan sehingga terjadi peningkatan pH dan mengubah warna media dari hijau menjadi biru.

Tabel 5.9. Uji Sitrat

No	Isolat	Sitrat	Keterangan
1.	Na1 25ppm	-	Bakteri tidak mampu menggunakan sitrat sebagai sumber karbon
2.	Na1 50ppm	-	Bakteri tidak mampu menggunakan sitrat sebagai sumber karbon
3.	Na3 75ppm	+	Bakteri mampu menggunakan sitrat sebagai sumber karbon

Sitrat merupakan salah satu komponen utama dalam siklus Krebs yang merupakan hasil reaksi antara asetil koenzim A (CoA) dengan asam oksaloasetat (4C). Sitrat dibuat oleh enzim sitrase yang menghasilkan asam oksaloasetat dan asetat kemudian melalui proses enzimatik diubah menjadi asam piruvat dan karbon dioksida. Selama reaksi tersebut medium menjadi bersifat alkali (basa) karena karbondioksida yang berikatan dengan sodium (Na) dan air (H₂O) membentuk sodium karbonat (Na₂CO₃). Adanya sodium karbonat inilah yang akan mengubah indikator bromthymol blue pada medium menyebabkan medium berubah warna dari hijau menjadi biru tua (biru prusia) (Cappuccino & Sherman, 2005).

Uji sitrat untuk isolat bakteri dengan kode Na1 25ppm, dan Na1 50 ppm menunjukkan hasil negatif dengan menunjukkan bahwa bakteri tidak mampu menggunakan sitrat sebagai sumber karbon. Hal tersebut dilihat dengan tidak adanya perubahan warna pada media setelah diinkubasi selama 24 jam. Sedangkan isolat bakteri dengan kode Na3 75ppm menunjukkan hasil positif dengan menunjukkan bahwa bakteri mampu menggunakan sitrat sebagai sumber karbon. Hal tersebut dilihat dengan adanya perubahan warna pada media setelah diinkubasi selama 24 jam.

6.E. Hasil Uji TSIA

Uji Triple Sugar Iron Agar (TSIA) merupakan rangkaian uji biokimia untuk melihat kemampuan mikroorganisme dalam memfermentasikan gula yang terkandung di dalam media TSIA, yakni glukosa, laktosa, dan sukrosa. (Kismiyati dkk., 2009).

Tabel 5.10 Hasil Uji TSIA

No	Isolat	TSIA	Keterangan
1.	Na1 25ppm	A/A	Bakteri tidak mampu memfermentasi semua gula (glukosa, laktosa dan sukrosa)
2.	Na1 50ppm	K/A	Bakteri hanya mampu memfermentasi glukosa
3.	Na3 75ppm	A/A	Bakteri tidak mampu memfermentasi semua gula (glukosa, laktosa dan sukrosa).

Menurut Sudarsono (2008), uji TSIA ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan dari suatu bakteri dalam memfermentasikan gula untuk menghasilkan asam atau gas. Warnah merah pada agar menunjukkan reaksi basa, sedangkan warna kuning menunjukkan reaksi asam. Warna merah pada permukaan agar menunjukkan bahwa terjadinya fermentasi glukosa, dan warna kuning pada bagaian permukaan dan bawah tabung menunjukkan terjadinya fermentasi laktosa dan sukrosa.

Uji sitrat untuk isolat bakteri dengan kode Na1 25ppm, dan Na3 75 ppm menunjukkan hasil A/A dengan menunjukkan bakteri tidak mampu memfermentasi semua gula (glukosa, laktosa dan sukrosa). Hal tersebut dilihat pada dasar (butt) media bewarna merah dan lereng (slant) berwarna

merah, maka bersifat basa. Sedangkan isolat bakteri dengan kode Na1 50ppm menunjukkan hasil K/A dengan menunjukkan bakteri hanya mampu memfermentasi glukosa. Hal tersebut dilihat pada dasar (butt) media berwarna kuning, maka bersifat asam. Dan apabila lereng (slant) berwarna merah maka bersifat basa.

6.F. Hasil Uji SIM

Motilitas bakteri dapat disebabkan karena bakteri memiliki flagel (gerak aktif) atau pun karena faktor dari luar (Gerak Brown). Gerak Brown merupakan gerakan secara acak yang disebabkan karena adanya benturan dari molekul-molekul dalam medium. Hasil positif ditandai dengan pertumbuhan bakteri yang menyebar, maka bakteri tersebut dinyatakan bergerak (motil) dan bila pertumbuhan bakteri tidak menyebar, hanya yang didapatkan berupa satu garis, maka bakteri tersebut tidak bergerak (non motil) (Sudarsono, 2008).

Tabel 5.11 Hasil Uji SIM

No	Isolat	SIM	Keterangan
1.	Na1 25ppm	+	Adanya pertumbuhan bakteri menyebar
2.	Na1 50ppm	+	Adanya pertumbuhan bakteri menyebar
3.	Na3 75ppm	+	Adanya pertumbuhan bakteri menyebar

Uji SIM untuk isolat bakteri dengan kode Na1 25ppm, Na 50ppm, dan Na3 75 ppm menunjukkan hasil positif atau bersifat motil dengan menunjukkan adanya pertumbuhan bakteri menyebar.

6G. Identifikasi *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*.

Isolat bakteri yang telah dilakukan pengamatan mikroskopis dan uji biokimia selanjutnya diidentifikasi menggunakan *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Pada kode isolat Na1 25ppm termasuk kedalam genus *Pseudomonas*. Genus *Pseudomonas* adalah salah satu dari beberapa bakteri yang mampu mensintesis senyawa metabolit untuk pertumbuhan tanaman di dalam tanah (Brimecombe *et al*, 2001). Ciri-ciri bakteri genus *Pseudomonas* ialah morfologi, bentuk batang, motil karena flagella, dan gram negatif. Pertumbuhan bersifat aerobik, dan suhu pertumbuhan 4-43⁰C. Pada umumnya, bakteri jenis *Pseudomonas* merupakan jenis bakteri yang dikenal sebagai pelarut fosfat terbaik selain *Bacillus* dan *Rhizobium*. Jenis *Pseudomonas* tersebut antara lain, *P. Psychrotolerance*, *P. Cepaceae*, *P. aeruginosa* dan *P. Oryzihabitans*, *P. helmanticensis* sp. Nov, serta *P. Fluorescens*. Bakteri *Pseudomonas* banyak dilaporkan sebagai bakteri yang memiliki konsentrasi pelarutan fosfat tertinggi di rhizosfer. *Pseudomonas* seperti *P. fluorescens* di tanah pertanian sangat tinggi dan memiliki kemampuan sebagai plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) untuk dikembangkan sebagai biofertilizer dan bioinokulan untuk tanaman (Noori, 2012).

Kedua adalah *Neisseria* diketahui memiliki potensi pemacu pertumbuhan tanaman diantaranya dalam melarutkan fosfat dan menghambat pertumbuhan patogen (Safriani R.S *et al*, 2020). Bakteri *Neisseria* berbentuk kokus, Gram negatif. Spesies dari bakteri *Neisseria* ialah *Neisseria gonorrhoeae*, *N. Bacilliformis*, *N. Cinerea*, *N. elongata*, *N. lactamica*, *N. mucosa*, *N. flava* dan masih banyak lagi jenis yang lainnya (Reiiner, 2017).

Ketiga adalah bakteri *Klebsiella* yang merupakan bakteri gram negative dari family *Enterobacteriaceae*. Menurut Sadiq et.al (2013) bakteri genus *Klebsiella* merupakan bakteri gram negativ dengan bentuk batang, TSIA K/K, SIM negatif, katalase positif dan SCA positif. Bakteri *Klebsiella* juga diketahui salah satu bakteri kelompok *PGPR* sebagai biostimulator ataupun penghasil hormone (Prasad *et al*, 2019).

7. Total Plate Count (TPC)

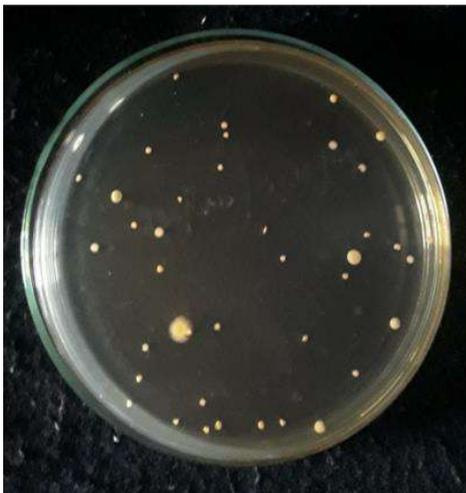
Pengujian Total Plate Count (TPC) dimaksudkan untuk menunjukkan jumlah mikroba yang terdapat dalam suatu sampel dengan cara menghitung koloni bakteri yang ditumbuhkan pada media agar. Uji TPC dilakukan dengan cara menginokulasikan sampel yang telah dilakukan proses pengenceran kedalam media NA (*Nutrient agar*). Koloni yang tumbuh pada media NA kemudian dihitung menggunakan Colony Counter. Setelah didapatkan jumlah colony kemudian dihitung dengan menggunakan rumus perhitungan sesuai dengan standar yang ditentukan Sesuai dengan SNI 2897:2008 Jumlah koloni yang dapat dihitung dengan rumus perhitungan yaitu yang berjumlah 30 – 300 koloni per cawan petri.

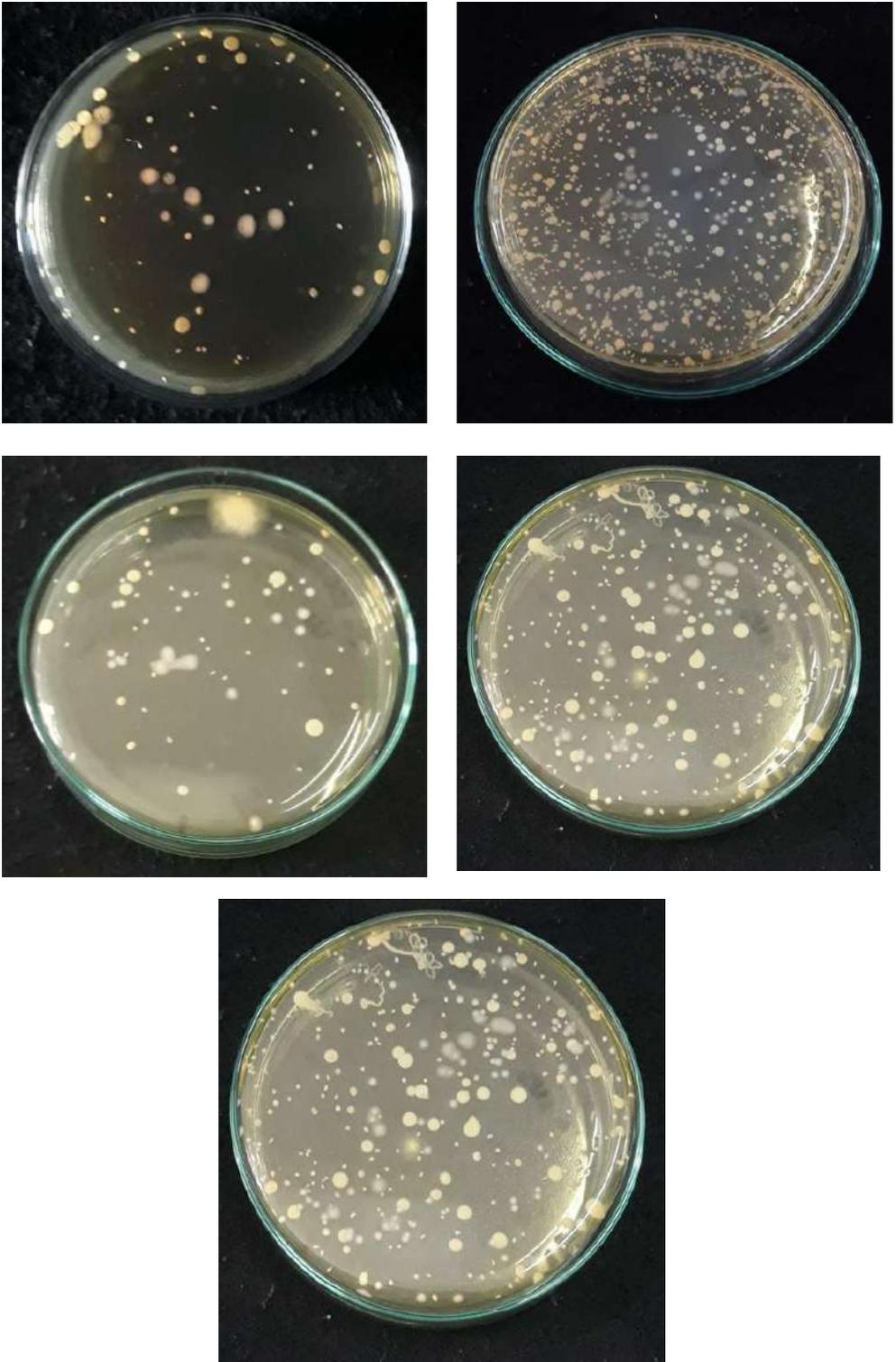
Berdasarkan perhitungan *Total Plate Count* (TPC) yang dilakukan pada 7 isolat menunjukkan hasil yang berbeda. Hasil perhitungan koloni dari setiap isolat yang tumbuh pada media PCA dapat dilihat dari tabel 5.12 berikut:

Tabel 5.12 Perhitungan Total Plate Count

Kode Isolat	<i>Total Plate Count (TPC)</i>
Kode 1	37×10^8
Kode 2	35×10^8
Kode 3	41×10^8
Kode 4	45×10^8
Kode 5	102×10^8
Kode 6	116×10^8
Kode 7	156×10^8

Selanjutnya untuk pertumbuhan koloni isolat dalam media PCA dapat dilihat pada gambar 5.8 berikut:





Gambar 5.8 Koloni Isolat kode1-7 pada media PCA

8. Pengujian Terhadap Tanaman

A. Pengujian Di Polibeg

Data hasil pengamatan pengujian tanaman di polibeg pada perlakuan (Inkubasi bakteri *PGP* dalam tanah selama 14 hari) dengan tiga isolat yaitu NA125, NA150 dan NA375 dengan parameter tinggi tanaman dan jumlah daun pada umur 7 dan 14 hari setelah tanaman disajikan pada Lampiran 1,2, 3 dan 4

Hasil uji anova menunjukkan bahwa ketiga isolate yang diberikan tidak menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap sesame isolate. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.13. Rataan pengaruh pemberian 3 jenis isolate terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun umur 7 dan 14 hari setelah tanam di Polibeg

Perlakuan	Tinggi Tanaman		Jumlah Daun	
	7 HST	14 HST	7 HST	14 HST
U1 (NA 1 -25 ppm)	7.75 a	8.62 a	2 a	2.50 a
U2 (NA2 – 50 ppm)	6.50 a	9.37 a	2 a	3.75 a
U3 (NA3-75 ppm)	7.87 a	12.50 a	2 a	4.75 a

Berdasarkan Tabel 5.13, meskipun secara statistic ketiga isolate konsorsia tidak menunjukkan perbedaan terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun pada umur 7 hari dan 14 hari setelah tanam, akan tetapi secara visual konsorsia isolate bakteri genus *Pseudomonas* +_ bakteri genus *Neiseeria* + *Klebsiella* (U3) menunjukkan angka tertinggi dibandingkan dengan konsorsia U1 (genus *Pseudomonas* +_ bakteri genus *Neiseeria*) dan Konsorsia U2 (+_ bakteri genus *Neiseeria* + *Klebsiella*). Hasil pertumbuhan tanaman pada hari ke 14 di polybag dapat terlihat pada gambar berikut:



Gambar 5.9 Hasil pertumbuhan tanaman pada hari k-14 di polibag

B. Pengujian Di Plot

Data hasil pengamatan pengujian tanaman di plot (lapangan) setelah pada perlakuan (Inkubasi bakteri *PGP* dalam tanah selama 14 hari) dengan tiga isolat yaitu NA1 25, NA1 50 dan NA3 75 dengan parameter tinggi tanaman dan jumlah daun pada umur 7 dan 14 hari setelah tanam disajikan pada Lampiran 5, 6, 7 dan 8.

Hasil uji anova menunjukkan bahwa ketiga isolate yang diberikan

tidak menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap sesame isolate. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut:

Tabel 5.14 Rataan pengaruh pemberian 3 jenis isolate terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun umur 7 dan 14 hari setelah tanam di Plot

Perlakuan	Tinggi Tanaman		Jumlah Daun	
	7 HST	14 HST	7 HST	14 HST
U1 (NA 1 -25 ppm)	7.50a	11.50a	2.25a	4.12a
U2 (NA2 – 50 ppm)	6.50a	10.12a	2.12a	4.50a
U3 (NA3-75 ppm)	7.25a	12.87a	2.50a	5.00a

Berdasarkan Tabel 5.7. meskipun secara statistic ketiga isolate konsorsia tidak menunjukkan perbedaan terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun pada umur 7 hari dan 14 hari setelah tanam, akan tetapi secara visual konsorsia U3 (bakteri genus pseudomonas + bakteri genus Neiseeria + bakteri genus Klebsiella) menunjukkan angka tertinggi dibandingkan dengan kosorsia U1 (bakteri genus pseudomonas + bakteri genus Neiseeria) dan Konsorsia U2 (bakteri genus Neiseeria + Klebsiella).

Hasil pertumbuhan tanaman pada hari ke-14 di plot dapat terlihat pada gambar berikut 5.10 berikut:



Gambar 5.10 Hasil pertumbuhan tanaman pada hari ke-14 di plot

BAB VI

KESIMPULAN

1. Terdapat 3 (tiga) jenis mikroba indigenus yang paling berpotensi sebagai agen bioremediasi yang diperoleh dari area pertambangan di Sumatera Utara, yaitu bakteri *Pseudomonas*, *Neisseria* dan *Klebsiella*. Ketiga jenis mikroba indigenus sebagai agen bioremediasi memiliki kemampuan mereduksi merkuri.
2. Isolat bakteri dapat meningkatkan P-tersedia tanah, dapat mempertahankan pH tanah akan tetapi tidak dapat meningkatkan total tanah pada lahan tercemar limbah tambang emas.
3. Isolate bakteri dapat menurunkan kandungan merkuri pada lahan tercemar limbah tambang emas, dimana kandungan merkuri di dalam tanah sebelum direduksi sebesar 36,3 ppm, setelah direduksi menggunakan sebesar Isolat NA 2 ;25 ppm (Bakteri *Pseudomonas*) menjadi 19,8 ppm, Isolat NA 1; 50 ppm menjadi 29,3 (Bakteri *Neisseria*), dan Isolat NA; 3 75 ppm menjadi 31,7 ppm (Bakteri *Klebsiella*).

WAKTU PELAKSANAAN PENELITIAN

Waktu Penelitian akan dilaksanakan selama 5 (lima) Bulan dari bulan Juni-Oktober 2022 dan dapat dirincikan sebagai berikut:

Jadwal Kegiatan Penelitian

No.	Kegiatan	Tahun 2022				
		Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
1.	Penyempurnaan Proposal					
2.	Persiapan Pelaksanaan Penelitian					
3.	Pembelian ATK dan Bahan Habis Pakai untuk Tahap Isolasi Bakteri Pereduksi Merkuri					
4.	Observasi Lapangan					
5.	Pengambilan Sampel Limbah dan Tanah Pertambangan emas					
6.	Isolasi Mikroba Pereduksi Merkuri					
7.	Pembelian Bahan Habis Pakai untuk tahap uji PGPM					
8.	Karakterisasi PGPM (Pelarut fosfat, Fiksasi Nitrogen dan Penghasil Hormon IAA)					
9.	Uji Kadar Merkuri Sampel Tanah awal					
10.	Implementasi <i>Beneficial microbes</i> tahap I (Inkubasi Tanah)					
11.	Implementasi <i>Beneficial microbes</i> tahap II (Inkubasi Tanah dan Tanaman)					
12.	Penulisan draft artikel ilmiah					
13.	Pengurusan HAKI					
14.	Pembuatan Produk					
15.	Implementasi <i>Beneficial microbes</i> tahap III (uji Plot pada Lahan tanah pertambangan)					
16.	Pelaporan hasil penelitian final					

ORGANISASI PELAKSANA

1. Ketua

Nama Lengkap : Dr. Ir. H.M. Idris, M.P
 NIP : 196603011992031003
 NIDN : 0001036601
 Jenis Kelamin : Laki-laki
 Tempat/Tanggal Lahir : Medan/ 01 Maret 1996
 Asal Perguruan Tinggi : Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
 Fakultas : Sains dan Teknologi
 Program Studi : Biologi
 Bidang Keilmuan : Pertanian (Ilmu Tanah)
 Posisi dalam Penelitian : Ketua

2. Anggota

Nama Lengkap : Ulfayani Mayasari, M.Si
 NIP : 198803032018012001
 NIDN : 0103038801
 Jenis Kelamin : Perempuan
 Tempat/Tanggal Lahir : Sibolga/ 03 Maret 1988
 Asal Perguruan Tinggi : Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
 Fakultas : Sains dan Teknologi
 Program Studi : Biologi
 Bidang Keilmuan : Biologi (Mikrobiologi)
 Posisi dalam Penelitian : Anggota

3. Anggota

Nama Lengkap : Rizki Amelia Nasution, M.Si
 NIP : 198803292019032008
 NIDN : 0129038801
 Jenis Kelamin : Perempuan
 Tempat/Tanggal Lahir : Padangsidempuan, 29 Maret 1988
 Asal Perguruan Tinggi : Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
 Fakultas : Sains dan Teknologi
 Program Studi : Biologi
 Bidang Keilmuan : Biologi
 Mikrobiologi)
 Posisi dalam Penelitian : Anggota

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, L., 2004, Menghitung Mikroba Pada Bahan Makanan, Cakrawala (Suplemen Pikiran Rakyat untuk Iptek), Farmasi FMIPA ITB. Bandung
- Ahmad, F., L. Ahmad. & M. S. Khan. 2005. Indole Acetic Acid Production by the Indigenous Isolates of Azotobacter and Fluorescent Pseudomonas in The Presence and Absence Of Tryptofan. Turk. J Biol. 29: 29- 34.
- Akbari, G. A., S.M. Arab, H.A. Alikhani, Allahdadi. & M.H. Arzanesh. 2007. Isolation and Selection of Indigenous Azospirillum spp. and The IAA of Superior Strains Effects on Wheat Roots. World Journal of Agricultural Sciences. 3 (4): 523-529.
- Amelia, T.F., Ace B, Herpandi. (2016). *Aktivitas Reduksi Merkuri pada Bakteri yang Diisolasi dari Air dan Sedimen di Sungai Musi*. Jurnal Teknologi Perikanan. Vol. 5, No.1
- Aryantha, I.N., D.P. Lestari., N.P.D. Pangesti. 2004. Potensi Isolat Bakteri Penghasil IAA dalam Peningkatan Pertumbuhan Kecambah Kacang tanah Pada Kondisi Hidroponik. Jurnal Mikrobiologi Indonesia. 9 (2) : 43 -46.
- Banik, S. and Dey, B.K. 1982. Available phosphate content of an alluvial soil as influenced by inoculation of some isolated phosphate solubilizing micro-organisms. Plant and Soil 69:353-364,
- Brown NL, Shih YC, Glendinning KJ, Hobman JL, Wilson JR .2002. *Mercury Transport and Resistance*. Journal Biochem Soc Trans. Vol.30
- Bruslind L. (2022). *Microbiology*. OregonState University, LibreTexts™

- Buck, J.D. 1982. Nonstaining (KOH) Method for Determination of Gram Reactions of Marine Bacteria. *Applied and Environmental Microbiology* 4(44): 992-993
- Cappuccino, J. G. & Sherman, N. (2005). *Microbiology: A Laboratory Manual*. New York: The Benjamin Cummings Publishing Company. Inc
- Cowan, S.T. 2004. *Manual for the Identification of Medical Fungi*. London: Cambridge University Press.
- Dwidjoseputro. 1998. *Dasar Dasar Mikrobiologi, Cetakan ke-16*. Jakarta: Djambatan.
- Hakim, N., N.Y. Nyakpa., A.M. Lubis., S.G., Nugroho, M.R. Saul, M.A. Diha., G.B. Hong dan H.H Barley., 1986. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Hardjowigeno, S. 2003. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Akademika Pressindo, Jakarta.
- Hartsock A. 2015. E. Coli: Common strains and pathogenic varieties of E. Coli Bacteria. *Journal Microbiology*. Vol.29.
- Kim, K.Y., McDonald, G.A. and D. Jordan, D. 1997. Solubilization of hydroxyapatite by *Enterobacter agglomerans* and cloned *Escheria coli* in culture medium. *Biology and Fertility of Soils* 24:3347-
- Kismiyati., S. Subekti., R.W.N. Yusuf, dan R. Kusdarwati. 2009. *Isolasi dan Identifikasi Bakteri Gram Negatif pada Luka Ikan Maskoki (Carassius auratus) Akibat Infestasi Ektoparasit Argulus sp.* *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 1 (2): 289-295.
- Kovacs, K 2009. *Aplikasi dari Mossbauer Spektroskopi di Tanaman Fisiologi*. Kimia ELTE Doktoral Sekolah, ELTE Lembaga dari Kimia, Budapest. Disertasi.
- Krisnohadi, A. 2011. Analisis Pengembangan Lahan Gambut untuk Tanaman Kelapa Sawit Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Teknik Perkebunan & PSDL*. 1(1): 1-7.
- Lay, B.W. 1994. *Analisis Mikroba di Laboratorium*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Liebert, C.A., Hall RM & Summers AO. 1999. *Transposon Tn21, Flagship of The Floating Genome*. *Journal Microbiol. Mol. boil. Rev* Vol 63.
- Mahmud, K., Makaju, S., Ibrahim, R., & Missaoui, A. (2020). *Current progress in nitrogen fixing plants and microbiome research*. *Plants*, 9(1), 1–17.
- MacFaddin, J.F. 1980. *Biochemical Test for Identification of Medical Bacteria* Second Ed. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Noori, M. S. S., & Saud, H. M. (2012). Potential plant growth-promoting activity of *Pseudomonas* sp. isolated from paddy soil in Malaysia as

- biocontrol agent. *Journal of Plant Pathology and Microbiology*, 3(2), 1-4.
- Oksana., Irfan, M., Fianiray, A.R. dan Zam, S.I. 2020. Isolasi dan identifikasi bakteri pelarut fosfat pada tanah Kecamatan Rumbai, Pekanbaru. *Agrotechnology Research* 4(1):22-25
- Pairunan Y. A. K.,J.L. Nenere, Arifin, S. S. R. Samosir, R. Tangkaisari dan Lalopua, J. R. 1985. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Perguruan Tinggi Negeri Indonesia Bagian Timur. Makassar.
- Pelczar, M.J. dan E.C.S. Chan. 2008. *Dasar-Dasar Mikrobiologi 1*. Jakarta: UI Press.
- Petti, C.A., C.R. Polage dan P. Schreckenberger. 2005. The Role of 16S rRNA Gene Sequencing in Identification of Microorganisms Misidentified by Conventional Methods. *Journal of Clinical Microbiology* 12 (43) : 6123-6125.
- Pinton, R., Varanini, Z., & Nannipieri, P. (2007). *The Rhizosphere: Biochemistry and Organic Substances at the Soil-Plant Interface Second Edition*. In Taylor & Francis Group (pp. 1–316).
- Pratiwi, A.Y. 2012. *Penapisan Bakteri Resisten Terhadap Merkuri Sebagai Alternatif Agen Bioremediasi Pada Pencemaran Tanah Pertambangan*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. SKRIPSI.
- Prasad, M., Srinivasan. R., Berde, C. V., Chaudhary, M., Jat. LK. (2019). Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) for Sustainable agriculture: perspectives and challenges PGPR amelioration in sustainable agriculture. Elsevier, pp 315-344.
- Purwoko, T. 2007. *Fisiologi Mikroba*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Purves B, Sadava D. 2003. *Life The Science of Biology 7th Edition*. New York : Sinauer Associates Inc.
- Rashid, M., Samina, K., Ayub, N., Sadia, A. and Latif, F. 2004. Organic acids production and phosphae solubilization by Phosphate Solubilizing Microorganisms (PSM) under in vitro conditions. *Pakistan Journal of Biological Science* 7(2):187- 196.
- Reimer, A. 2017. Search for Novel Antimicrobials Against Neisseria Gonorrhoeae and Chlamydia Trachomatis. Dissertation. Fach Biologie eingereicht an der Fakultät für Biologie der Julius-MaximiliansUniversität Würzburg. Würzburg.
- Sadiq HM, Jahangir GZ, Nasir IA, Iqtidar M, Iqbal M. 2013. Isolation and characterization of phosphatesolubilizing bacteria from rhizosphere soil. *Biotechnol Biotechnol Equip*. 27(6):4248–4255.
- Saeid, A., Prochownik, E. and Iwanek, J.D. 2018. Phosphorus solubilization by Bacillus species. *Molecules* 23:2-18
- Selvi, K.B., Paul, J.J.A., Vijaya, V. and Saraswathi, K. 2017. Analyzing the efficacy of phosphate solubilizing microorganisms by enrichment

- culture techniques. *Biochemistry and Molecular Biology Journal* 3(1):1-7.
- Setiawati, M.R., Suryatmana, P., Hindersah, R., Fitriatin, B.N. dan Herdiyantoro, D. 2014. Karakterisasi Isolat Bakteri Pelarut Fosfat untuk Meningkatkan Ketersediaan P pada Media Kultur Cair Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Bionatura-Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik*. Vol. 16, No. 1. ISSN 1411 – 0903.
- Shaharoon B., M. Arsyad, ZA Khalid, 2006. *Kinerja Pseudomonas spp. mengandung ACC-diaminase untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil dari jagung (Zea mays L.) di itu kehadiran dari pupuk bernitrogen*. *Tanah Biol Biokimia* 38:2971-29
- Simanungkalit, R. D. M., Saraswati, R., Hastuti, R. D., & Husen, D. E. (2004). *Bakteri Penambat Nitrogen*. In *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati* (pp. 113–140).
- Soepardi, G. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah*. Institut Pertanian Bogor.
- Sudarsono A. 2008. *Isolasi dan karakterisasi Bakteri pada ikan laut dalam Spesies ikan Gindara (Lepidocibium Flavobronneum)*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sudaryono. 2009. *Tingkat Kesuburan Tanah Ultisol pada Lahan Pertambangan Batubara Sangatta. Kalimantan Timur. Jurnal Teknik Lingkungan*. 10(3)
- Subandi H.M. 2010. *Mikrobiologi Perkembangan, Kajian, dan Pengamatan Dalam Perspektif Islam*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Sutedjo M.M., 2010. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Syahrurachman A, Chatim A, Triyanti MR. 2010. *Mikrobiologi Kedokteran*. Binarupa Aksara, Jakarta
- Waluyo, Lud. 2008. *Teknik dan Metode Dasar Dalam Mikrobiologi*. Malang; UMM press.
- Wilson.S , Hardy Guch. 2015. *Evaluasi Sifat Kimia Tanah pada Lahan Kopi di Kabupaten Mandailing Natal. Jurnal Online Agroekoteknologi*. Vol.3, No.2 : 642- 648. ISSN No. 2337- 6597

LAMPIRAN

1. Data Tinggi Tanaman 7 Di Polibeg

Perlakuan	Ulangan				Jumlah	Rata-Rata
	I	II	III	IV		
U1	7.5	8.5	9	6	31	7.75
U2	7	5.5	6.5	7	26	6.5
U3	9	9.5	8	5	31.5	7.875
JUMLAH	23.5	23.5	23.5	18		

ANOVA

tinggi 7 HST

Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
----------------	----	-------------	---	------

Between Groups	4,625	2	2,313	1,099	,374
Within Groups	18,938	9	2,104		
Total	23,563	11			

--	--	--	--	--	--

2. Data Pengamatan Tinggi Tanaman Kangkung Umur14 Hst polibag

PERLAKU AN	ULANGAN				JUMLAH	RATA- RATA
	I	II	III	IV		
U1	9	7	10	8,5	34,5	8,625
U2	10,5	9,5	7	10,5	37,5	9,375
U3	18	8,5	12	11,5	50	12,5
JUMLAH	37,5	25	29	30,5		

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	33,792	2	16,896	2,519	,135
Within Groups	60,375	9	6,708		
Total	94,167	11			

3.. Data Jumlah Daun 7 Di Polibeg

Perlakuan	Ulangan				Jumlah	Rata-Rata
	I	II	III	IV		
U1	2	2	2	2	8	2
U2	2	2	2	2	8	2
U3	2	2	2	2	8	2
JUMLAH	6	6	6	6		

ANOVA

Jumlah Daun Polibag

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,000	2	,000	.	.
Within Groups	,000	9	,000		
Total	,000	11			

4. Data Pengamatan Jlh Daun Tanaman Kangkung Umur14
Hst Di Polibeg

PERLAKUAN	ULANGAN				JUMLAH	RATA-RATA
	I	II	III	IV		
U1	3	2	3	2	10	2,5
U2	5	6	2	2	15	3,75
U3	6	3	5	4	18	4,5
JUMLAH	14	11	10	8		

ANOVA

Jumlah daun

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10,167	2	5,083	2,773	,115
Within Groups	16,500	9	1,833		
Total	26,667	11			

5. Data Tinggi Tanaman 7 Lapangan

Perlakuan	Ulangan				Jumlah	Rata-Rata
	I	II	III	IV		
U1	9	8	6	7	30	7.5
U2	5.5	6	5.5	9	26	6.5
U3	7	8	6.5	7.5	29	7.25
Jumlah	21.5	22	18	23.5		

ANOVA

tinggi lapangan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2,167	2	1,083	,661	,540
Within Groups	14,750	9	1,639		
Total	16,917	11			

6. Data Pengamatan tinggi Tanaman Kangkung Umur14 Hst Lapangan

PERLAKUAN	ULANGAN				JUMLAH	RATA-RATA
	I	II	III	IV		
U1	16	10	9	11	46	11,5
U2	14	8	9,5	9	40,5	10,125

U3	13,5	14	9,5	14,5	51,5	12,875
JUMLAH	58,5	41,5	43	45,5		

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	15,125	2	7,563	1,033	,395
Within Groups	65,875	9	7,319		
Total	81,000	11			

7. Data Jumlah Daun 7 Lapangan

Perlakuan	Ulangan				Jumlah	Rata-Rata
	I	II	III	IV		
U1	2	3	2	2	9	2.25
U2	2	2.5	2	2	8.5	2.125
U3	3	3	2	2	10	2.5
Jumlah	7	8.5	6			

ANOVA

jumlah daun

Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
----------------	----	-------------	---	------

Between Groups	,292	2	,146	,677	,532
Within Groups	1,938	9	,215		
Total	2,229	11			

8. Data Pengamatan Jlh Daun Tanaman Kangkung Umur14 Hst Lapangan

PERLAKUAN	ULANGAN				JLH	RATA-RATA
	I	II	III	IV		
U1	5,5	4	4	3	16,5	4,125
U2	5	4	4,5	3	16,5	4,125
U3	5,5	5	4,5	5	20	5

JUMLAH	21	17	18,5	16		
--------	----	----	------	----	--	--

ANOVA

JUMLAH DAUN LAPANGAN

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,542	2	,771	1,657	,244
Within Groups	4,188	9	,465		
Total	5,729	11			