

113/Biologi (dan Bioteknologi Umum) Bidang :
Kemandirian Pangan

**PENELITIAN DASAR UNGGULAN PERGURUAN TINGGI
(PDUPT) TAHUN KEDUA (*ON GOING* 2023)**



JUDUL PENELITIAN:

**MODEL OPTIMALISASI LAHAN BEKAS TAMBANG BATUBARA SEBAGAI
MEDIA TANAM MELALUI KAJIAN INTERAKSI MULTISIMBIOTIK
MIKROORGANISME DAN DINAMIKA UNSUR HARA TANAH**

TIM PENGUSUL:

Dr. Yuni Sri Rahayu, M.Si

NIDN 0008066605

Dr. Yuliani, M.Si

NIDN 0021076801

Dr. Mahanani Tri Asri, M. Si.

NIDN 0024076703

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA
TAHUN 2023**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

Kampus Lidah, Jalan Lidah Wetan Unesa, Surabaya 60213
Telepon 031-99421834, 99421835, Faksimil : 031-99424002
Laman : www.unesa.ac.id

KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA
NOMOR 948/UN38/HK/PP/2023

TENTANG

PENERIMA PENELITIAN LANJUTAN (*ON GOING*)
TAHUN ANGGARAN 2023

REKTOR UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA,

- Menimbang : a. bahwa berdasarkan hasil seleksi desk evaluasi dan pemaparan proposal penelitian yang dilakukan oleh panitia seleksi, telah ditetapkan Penerima Penelitian Lanjutan (*On Going*) Tahun Anggaran 2023;
- b. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a, perlu menetapkan Keputusan Rektor Universitas Negeri Surabaya Tentang Penerima Penelitian Lanjutan (*On Going*) Tahun Anggaran 2023;
- Mengingat : 1. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 16, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5500);
2. Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2022 tentang Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum Universitas Negeri Surabaya (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2022 Nomor 198, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6825);
3. Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 43141/MPK.A/KP.07.00/2022 tentang Pemberhentian Rektor Universitas Negeri Surabaya Periode Tahun 2018-2022 dan Pengangkatan Rektor Universitas Negeri Surabaya Periode Tahun 2022-2026;

4. Keputusan Ketua Majelis Wali Amanat Universitas Negeri Surabaya Nomor 01/SK/MWA/KP/2022 tentang Pengangkatan Rektor Universitas Negeri Surabaya Periode Tahun 2022-2027;

MEMUTUSKAN :

- Menetapkan : KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA TENTANG PENERIMA PENELITIAN LANJUTAN (*ON GOING*) TAHUN ANGGARAN 2023.
- KESATU : Menetapkan Penerima Penelitian Lanjutan (*On Going*) Tahun Anggaran 2023 sebagaimana tercantum dalam Lampiran Keputusan ini.
- KEDUA : Dalam melaksanakan tugasnya sebagai Penerima Penelitian Lanjutan (*On Going*) Tahun Anggaran 2023, wajib berpedoman pada ketentuan yang berlaku.
- KETIGA : Keputusan Rektor ini mulai berlaku sejak tanggal 13 April s.d. 10 Desember 2023.

Ditetapkan di Surabaya
pada tanggal 12 April 2023
REKTOR UNIVERSITAS NEGERI
SURABAYA,

Salinan sesuai dengan aslinya.
Direktor Hukum dan Ketatalaksanaan

ttd



SULAKSONO
NIP 196504091987011001

NURHASAN
NIP 196304291990021001

LAMPIRAN
KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA
NOMOR 948/UN38/HK/KP/2023
TENTANG
PENJEMBAH PENELITIAN LANJUTAN (ON GOING)
TAHUN ANGGARAN 2023

DAFTAR PENELITIAN LANJUTAN (ON GOING)
DANA DITPM TAHUN 2023

No.	Fakultas	Jurusan	Program Studi	Judul	Tim Peneliti	NIDN	Gol.	Pend.	U/P	Pelaksanaan	Waktu (bln)	Dana yg disetujui	Termin I (Rp%)	Termin II (Rp%)	Skema
1	FMIPA	Fisika	Fisika	Nano-carrier Canggih dari Magnetik (Fe3O4/SiO2) Termodifikasi Zeolit sebagai Kapasitas Penyimpanan Kurkumin: Endapulasi dan Pelepasan terkontrol pH responsif	Prof. Dr. Munzir, S.Si., M.Si., Lydia Rohmawati, S.Si., M.Si.	0017116901 0010058402	III/d	S-3 S-2	L P	Tahun Ke-2 dari 3 Tahun	13 April s.d. 10 Desember 2023	157.537,000 110.275,900	14	15	Penelitian Dasar Kompetitif Nasional
2	FMIPA	Kimia	Kimia	Green Sintesis Nanodiamond ZnO/TiO2 Dengan Ekstrak Tanaman Termodifikasi Kitosan dan Aplikasinya sebagai Agen Antibakteri dan Fotokatalis	Dina Kartika Mahuan, S.Si., M.Sc. Prof. Dr. Sari Edi Cahyaningrum, M.Si.	0006068204 0029127002	IV/a IV/d	S-2 S-3	P P	Tahun Ke-2 dari 3 Tahun	13 April s.d. 10 Desember 2023	128.350,000 89.845,000	16	17	Penelitian Dasar Kompetitif Nasional
3	FMIPA	Biologi	Biologi	Keragaman Bakteri Indigenus Pada Fermentodage Pakan Fermentasi Campuran Eceng Gondok, Tongkol Jagung dan Dedak Sebagai Sumber Enzim Selulase Untuk Mempercepat Proses Fermentasi Bahan Selulosa	Dr. Isnawati, M.Si. Fitri Riztunissa Mahaman, B.Sc., M.Sc.	0022116702 0014029601	IV/b III/b	S-3 S-2	P P	Tahun Ke-2 dari 3 Tahun	13 April s.d. 10 Desember 2023	116.710,000 81.697,000	18	19	Penelitian Dasar Kompetitif Nasional
4	FMIPA	Matematika	Matematika	Pengembangan Keterampilan Pedagogis Guru SMP Dalam Pemanfaatan Teknologi Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa SMP	Prof. Dr. Taqab Yuli Eko Siswono, S.Pd., M.Pd. Abdul Hani Rosyidi, S.Pd., M.Pd.	0008077106 0018117405	IV/b III/c	S-3 S-2	L L	Tahun Ke-2 dari 2 Tahun	13 April s.d. 10 Desember 2023	264.625,000 185.237,500	20	21	Penelitian Dasar Kompetitif Nasional
5	FT	Tenik Elektro	Tenik Elektro	Metode Penyumbungan Data Adaptif Berbasis Blik Untuk Keamanan Dokumen Digital	Dr. Lusia Bakhtawati, S.T., M.T. Dr. Raden Roro Hapsari Peni Agustini Tahyaninglijas, S.Si., M.T. Wijni Yustiani, S.Si., M.Kom.	0012108004 0017087505 0003027708	III/d III/d IV/a	S-3 S-3 S-2	P P P	Tahun Ke-2 dari 3 Tahun	13 April s.d. 10 Desember 2023	90.000,000 63.000,000	22	23	Penelitian Dasar Kompetitif Nasional
6	FKIK	Pendidikan Keperawatan Olahraga	Pendidikan Keperawatan Olahraga	Pengaruh Redasi Far Infrared Metode Sauna Terhadap Kelelahan dan Kerusakan Otot pada Atlet Setelah Aktifitas Fisik Intensitas Submaksimal	Dr. Oca Wirawan, M.Kes. Arihah Kaharna, S.Pd., M.Kes. Hamdani, S.Pd., M.Pd.	0029057303 0016029401 0030038001	III/c III/b III/c	S-3 S-2 S-2	L L L	Tahun Ke-2 dari 2 Tahun	13 April s.d. 10 Desember 2023	217.350,000 152.145,000	24	25	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi
7	FMIPA	Biologi	Biologi	Model Optimisasi Lahan Bekas Tambang Batubara Sebagai Media Tanam Melalui Kajian Interaksi Mikrobiotik Mikroorganisme dan Dinamika Unsur Hara Tanah	Dr. Yuni Sri Rahayu, M.Si. Dr. Valsari, M.Si.	0008066605 0021078801	IV/a IV/c	S-3 S-3	P P	Tahun Ke-2 dari 3 Tahun	13 April s.d. 10 Desember 2023	124.649,000 87.254,300	26	27	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi



LAMPIRAN
KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA
NOMOR 948/UNS3/JK/SP/2023
TENTANG
PENYERJAN PENELITIAN LANJUTAN (ON GOING)
TAHUN ANGGARAN 2023

DAFTAR PENELITIAN LANJUTAN (ON GOING)
DANA DITPM TAHUN 2023

No.	Fakultas	Jurusan	Program Studi	Judul	Tim Peneliti	NIDN	Gol.	Pend.	U/P	Pelaksanaan	Waktu (bln)	Dana yg dialokasikan	Termin I (70%)	Termin II (30%)	Skema
14	FAK	Pendidikan Olahraga	Pendidikan Olahraga	Pengembangan Aplikasi Monitoring Perumbuhan dan Perkembangan Jaringan Soma SD	Dr. Suroto, M.A., Ph.D. Banyu Budi Prakoso, S.Pd., M.Pd Wijay Nurani, S.Si., M.Kom.	0007096506 0003128904 0003027708	III/a III/b IV/a	S-3 S-2 S-2	L L P	Tahun ke-2 dari 3 Tahun 2023	13 April s.d. 10 Desember 2023	187.227.000	117.058.900	50.168.100	Penelitian Terapan Kompetif Nasional
15	FMIPA	Fisika	Fisika	Formulasi Gel Pemutih Gigi Berbasis TiO2 Partikulat	Lilya Rohmawati, S.S., M.Si Prof. Dr. Munzir, S.Si., M.Si Woro Setyanjari, S.Pd., M.Si.	0010058402 0017116901 0000047103	III/d N/C III/d	S-2 S-3 S-2	P L P	Tahun ke-2 dari 2 Tahun 2023	13 April s.d. 10 Desember 2023	265.560.000	185.892.000	79.668.000	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi
16	FIP	Pendidikan Guru Sekolah Dasar	Pendidikan Guru Sekolah Dasar	Pengembangan Model Penulisan Literasi Multidisiplin Berbasis Team Teaching dan Integrated Approach untuk Mengoptimalkan Kompetensi Abad ke-21 Mahasiswa Jurusan PGSD	Prof. Dr. Wahyu Sukaringsih, M.Pd Neni Mariana, S.Pd., M.Sc., Ph.D.	0018016801 0021118101	IV/d III/d	S-3 S-3	P P	Tahun ke-3 dari 3 Tahun 2023	13 April s.d. 10 Desember 2023	187.840.000	131.488.000	56.552.000	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi
17	FT	Teknik Elektro	Teknik Elektro	Perancangan Smart Prater (Peralatan) Tahun Ajaran S1k Prater Berbasis Internet of Things Dalam Membantu Wast Untuk Pengambilan Keputusan Perancangan	Dr. Lili Anah, S.T., M.T. Muhammad Syarifuddin Zaini, S.Pd., M.T.	0000097901 0020687709	III/c III/c	S-3 S-2	P L	Tahun ke-3 dari 3 Tahun 2023	13 April s.d. 10 Desember 2023	208.400.000	145.880.000	62.520.000	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi
18	FT	Teknik Mesin	Teknik Mesin	Rancangan Bangun Knapot Sepeda Motor Ramah Lingkungan Berbasis Metal-Catalytic Converter logam Transisi Untuk Mendukung Produk Inovasi Unggulan Transportasi	Dr. Wahyu, S.Pd., S.T., M.T. Arya Mahendra Sakti, S.T., M.T.	0008038101 0009027903	III/d IV/a	S-3 S-2	L L	Tahun ke-2 dari 3 Tahun 2023	13 April s.d. 10 Desember 2023	143.200.000	100.240.000	42.960.000	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi
						Grand Total						3.163.244.000	2.214.618.200	949.122.300	



Ditandatangani di Surabaya
Pada tanggal 12 April 2023
REKTOR UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA,
NURHASAN
NIP.196304291990021001

ttd

Ringkasan penelitian tidak lebih dari 500 kata yang berisi latar belakang penelitian, tujuan dan tahapan metode penelitian, luaran yang ditargetkan, serta uraian TKT penelitian yang diusulkan.

RINGKASAN

Kalimantan Timur memiliki cakupan pertambangan batubara sangat luas, namun tidak semua perusahaan pertambangan batubara melakukan pengolahan lahan terlebih dahulu sebelum wilayah tersebut ditinggalkan. Sementara lahan ini sangat potensial dimanfaatkan menjadi lahan produktif, meskipun diperlukan upaya meminimalkan faktor pembatasnya diantaranya adalah rendahnya kadar hara tanah. Penelitian ini secara keseluruhan akan mengkaji interaksi multisimbiotik mikroorganisme dan dinamika unsur hara untuk menyusun model optimalisasi lahan bekas tambang batubara sebagai media tanam yang diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu acuan dalam pengambilan kebijakan pemanfaatan lahan marginal bekas tambang batubara. Hasil penelitian tahun pertama adalah: 1) Identifikasi dan karakterisasi bakteri endogen berdasarkan sifat morfologi, fisiologis, dan biokimiawi; 2) Sebelas isolat bakteri endogen yang diisolasi dari lahan bekas tambang batubara yang memiliki kemampuan dalam melarutkan fosfat, mengikat nitrogen, dan mendegradasi senyawa hidrokarbon dengan nilai indeks efektivitas berbeda-beda; 3) Sifat fisika dan kimia tanah lahan bekas tambang batubara dipengaruhi oleh lingkungan yang sangat kering dengan intensitas cahaya tinggi berakibat tingginya suhu tanah dan rendahnya kelembaban tanah, sementara pH tanah cenderung netral ke arah asam. Kondisi sifat fisika tanah dikelompokkan dalam kelas tekstur tanah yang bervariasi dari lempung berliat, liat, lempung dan lempung berpasir, namun persentase porositasnya masih relatif rendah. Kadar N dan P juga rendah dengan C/N rasio yang tinggi; dan 4) Buku: Optimalisasi lahan bekas tambang batubara sebagai media tanam berdasarkan kajian interaksi multisimbiotik mikroorganisme dan dinamika unsur hara. Penelitian tahun kedua ini bertujuan untuk: 1) mengidentifikasi secara molekuler isolat bakteri yang sudah diuji keefektifannya secara manual di tahun pertama; 2) karakterisasi secara molekuler isolate bakteri endofit untuk melarutkan fosfat; mendegradasi senyawa hidrokarbon; dan menambat nitrogen bebas. Langkah penelitian yang dilakukan meliputi: *Cultivation of Test Bacteria and Extraction of DNA, Quantification of DNA Extracted, Amplification and Purification of 16S rRNA Gene Isolat Bakteri, Agarose Gel Electrophoresis, dan Sequencing, Blasting and Phylogenetic Analysis of the Amplified DNA*. Penelitian ini diharapkan mendukung ketercapaian riset unggulan Universitas Negeri Surabaya (Unesa) dalam bidang Riset Unggulan Sains dan Teknologi, pada topik Teknologi budidaya dan pemanfaatan lahan sub-optimal (marginal), sesuai Renstra Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Unesa tahun 2021-2025. Rencana luaran: publikasi di *Journal of Agricultural Science and Technology (accepted)* dan mempresentasikan artikel pada Seminar Internasional (*The International Conference of Mathematics, Science, and Education (ICoMaSEdu)*)_TKT akhir penelitian adalah TKT 3

Kata kunci maksimal 5 kata

Kata_kunci_1; optimalisasi, kata_kunci_2; batubara, kata_kunci_3: media-tanam;
kata_kunci_4; multisimbiotik-mikroorganisme; kata_kunci_5: dinamika-hara

Latar belakang penelitian tidak lebih dari 500 kata yang berisi latar belakang dan permasalahan yang akan diteliti, tujuan khusus, dan urgensi penelitian. Pada bagian ini perlu dijelaskan uraian tentang spesifikasi khusus terkait dengan skema.

LATAR BELAKANG

Wilayah Kalimantan Timur banyak digunakan untuk usaha pertambangan batubara [1]. Agar berpotensi sebagai wilayah produktif, diperlukan penanganan mengatasi faktor pembatas sebelum dimanfaatkan sebagai media tanam karena penambangan batubara umumnya dilakukan dengan teknik penambangan terbuka. Teknik ini dilakukan dengan membuka lahan kemudian mengambil dan memindahkan tanah di wilayah *top soil* sampai penambangan batubara dimungkinkan. Ini berakibat pada kerusakan tanah secara fisik, kimia, dan biologi sehingga unsur haranya rendah [2] disertai faktor pembatas lainnya [3, 4, 5].

Berbagai mikroorganisme tanah berperan penting menjaga hara tanah. Mikoriza [6] mampu memfasilitasi penyerapan unsur hara [7], membantu memperluas fungsi sistem perakaran [8, 9], membantu penyerapan unsur hara esensial, dan menjaga stabilisasi logam berat sehingga tidak membahayakan tumbuhan [10]. Bakteri pelarut fosfat dapat digunakan sebagai agen hayati karena mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara P [11]. Bakteri pendegradasi hidrokarbon berperan mendegradasi senyawa hidrokarbon yang melimpah secara enzimatik menjadi lebih pendek sehingga tidak bersifat toksik serta meningkatkan unsur hara tanah yang berasal dari hasil pemecahan senyawa hidrokarbon [12, 13]. Bakteri penambat nitrogen dapat dimanfaatkan karena kemampuannya dalam menyediakan nitrogen [14, 15] yang diperlukan untuk menyusun protein dan pembentukan hormon pertumbuhan [16]. Hal tersebut menjadikan mikroorganisme tersebut dilibatkan dalam membangun model optimalisasi lahan bekas tambang batubara sebagai media tanam melalui pengkajian interaksi multisimbiotik mikroorganisme dan dinamika unsur hara, dengan menggunakan tanaman berpotensi bioremediator dari lingkungan asal agar menjamin keberhasilan implementasi model ini dengan mengedepankan konsep keseimbangan lingkungan yang terjaga dan berkelanjutan, serta berdasarkan konsep simbiosis tripartiat [17].

Isolasi dan identifikasi isolat bakteri endofit tanah bekas tambang batubara telah dilakukan [18] di penelitian tahun pertama, termasuk: 1) karakterisasi efektifitas bakteri endofit dalam melarutnya fosfat, mendegradasi senyawa hidrokarbon, dan menambat N_2 ; 2) pemetaan dinamika unsur hara dalam kaitannya dengan sifat fisika dan kimia tanah; dan 3) menyusun buku optimalisasi lahan bekas tambang batubara sebagai media tanam berdasarkan kajian interaksi multisimbiotik mikroorganisme dan dinamika unsur hara. Berdasarkan hasil tahun pertama, penelitian tahun kedua ini bertujuan untuk: 1) mengidentifikasi secara molekuler isolat bakteri yang sudah diuji keefektifannya secara manual di tahun pertama; 2) karakterisasi secara molekuler isolate bakteri endofit untuk melarutkan fosfat; mendegradasi senyawa hidrokarbon; dan menambat nitrogen bebas. Langkah ini menjadi penting untuk memastikan spesies bakteri yang efektif dalam melarutkan fosfat, mendegradasi senyawa hidrokarbon, dan menambat N_2 sebelum mengujicobakan interaksi antara bakteri endofit tersebut dan mikoriza

dengan tanaman berpotensi bioremediator dari lahan bekas tambang batubara sebagai tahap verifikasi model yang direncanakan dilakukan di tahun ketiga.

Model ini disusun berdasarkan keberhasilan pengembangan model optimalisasi lahan marginal yang sudah dilakukan peneliti pada tanah tercemar minyak [19, 20, 21]. Selain itu, model ini penting dalam pengembangan kebijakan untuk mengatasi kerusakan lingkungan secara komprehensif agar penyusunan model memiliki dasar kuat. Untuk itu, dalam penelitian ini dipadukan dengan hasil pengkajian efektivitas mikroorganisme endofit secara molekuler di tahun kedua ini. Temuan ini, diharapkan memperkaya IPTEK dalam mengatasi lahan bekas tambang batubara yang memiliki kadar senyawa hidrokarbon tinggi, serta mendukung ketercapaian riset unggulan Unesa bidang Riset Unggulan Sains dan Teknologi, topik Teknologi budidaya dan pemanfaatan lahan sub-optimal (marginal), sesuai Renstra LPPM Unesa tahun 2021-2025.

Tinjauan pustaka tidak lebih dari 1000 kata dengan mengemukakan *state of the art* dan peta jalan (*road map*) dalam bidang yang diteliti. Bagan dan *road map* dibuat dalam bentuk JPG/PNG yang kemudian disisipkan dalam isian ini. Sumber pustaka/referensi primer yang relevan dan dengan mengutamakan hasil penelitian pada jurnal ilmiah dan/atau paten yang terkini. Disarankan penggunaan sumber pustaka 10 tahun terakhir.

TINJAUAN PUSTAKA

A. *State of The Art* Penelitian

Penelitian ini sebagai verifikasi terhadap model optimalisasi dan bioremediasi lahan marginal sebagai media tanam yang telah dikembangkan dari penelitian sebelumnya untuk mengatasi cekaman akibat kondisi lingkungan dengan memanfaatkan interaksi multisimbiotik mikroorganisme endofit dengan memberdayakan tanaman berasal dari lingkungan sekitar agar keberlanjutan model yang akan diimplementasikan lebih “diterima” oleh ekosistem. Penelitian ini sekaligus menguatkan *road map* peneliti untuk menghasilkan model yang sudah disusun dan diterapkan pada beberapa tanah marginal seperti tanah tercemar minyak, tanah tercemar logam berat, tanah salin, tanah kapur, tanah dari lumpur Lapindo, dll. Dalam penelitian ini akan dihasilkan model optimalisasi lahan tambang batubara dengan memanfaatkan pola interaksi multisimbiotik mikroorganisme endofit dan kajian dinamika hara dengan tanaman berpotensi sebagai bioremediator sebagai tanaman uji, berlandaskan konsep keseimbangan agroekosistem untuk menghasilkan produksi pertanian yang sehat di lahan marginal yang berpotensi sebagai lahan produktif.

B. Peranan Mikoriza

Mikoriza merupakan simbiotik mutualisme antara perakaran tumbuhan dan jamur [22], karena jamur memperoleh nutrisi hasil fotosintesis tumbuhan dan tumbuhan memperoleh peningkatan penyerapan unsur hara tanah esensial pada kondisi cekaman dan meningkatkan adaptasi tumbuhan terhadap lingkungan miskin unsur hara [23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34]. Aplikasi Mikoriza pada tanah bekas tambang batubara dapat meningkatkan kemampuan hidup dan pertumbuhan tanaman karena logam berat dan hidrokarbon hasil penimbunan selama

proses penambangan dapat berkurang [35, 36]. Selain itu, Mikoriza mempunyai potensi teknologi mikorizoremediasi logam berat dalam rehabilitasi lahan tambang [10]. Mikoriza dapat meningkatkan ketahanan tumbuhan terhadap tanah terkontaminasi logam berat [37]. Mikoriza tidak hanya memasok senyawa mineral untuk tanaman tetapi juga meningkatkan sifat fisikokimia tanah, dan bertindak sebagai filter untuk memblokir xenobiotik dalam miseliumnya [38]. Oleh karena itu, mikoriza bertindak sebagai penghalang fisik dan bekerja sebagai selubung tanaman bermikoriza [39] dan mengakumulasi logam berat di akar tanaman (fitostabilisasi) [40].

C. Peranan Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon dan Batubara

Mikroba yang mampu menguraikan senyawa hidrokarbon dikarenakan kemampuan proses enzimatis pendegradasi hidrokarbon [13]. Pemanfaatan bakteri pendegradasi hidrokarbon dapat mempersingkat waktu bioremediasi karena bakteri tersebut dapat memanfaatkan hidrokarbon dari minyak bumi untuk proses metabolismenya [41, 42]. Bakteri tersebut memiliki kapasitas enzimatis yang tinggi, sehingga efektif digunakan dalam proses degradasi kompleks hidrokarbon di lingkungan yang tercemar minyak bumi atau batubara. Meningkatnya asam-asam organik tersebut diikuti dengan penurunan pH, mengakibatkan pelarutan P yang terikat oleh Ca [13].

Terdapat 10 genus bakteri yang paling baik digunakan untuk degradasi hidrokarbon karena kemampuannya memecah hidrokarbon dan memanfaatkan unsur karbonnya untuk proses metabolisme bakteri [43, 44]. Bakteri yang umum ditemukan di tambang batubara adalah *Bacillus cereus* dan *Bhargavaea cecembensis* [45]. Metana (CH₄) terbentuk, terperangkap dan terakumulasi di pori-pori selama pembentukan batubara yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Bakteri pelarut batubara seperti *Bacillus mycoides*, *Microbacterium* sp dan *Acinetobacter baumannii* mampu melepaskan *humified organic matter (HOM)* melalui biotransformasi batubara [46] sehingga penambahan HOM ke tanah sering digunakan untuk membantu rehabilitasi lahan kritis sehingga penggunaan bakteri pelarut batubara berpotensi memperbaiki tanah bekas tambang batubara [47].

D. Peranan Bakteri Pelarut Fosfat

Bakteri pelarut fosfat dapat melarutkan fosfat sehingga dapat diserap oleh tumbuhan [48] sehingga kebutuhan unsur hara fosfat bagi tumbuhan akan terpenuhi [49]. Unsur fosfat diperlukan dalam fotosintesis, respirasi, penyimpanan dan transfer energi, pembelahan sel, pembesaran sel dan beberapa proses lain [50]. Bakteri pelarut fosfat mampu mensekresi asam organik sehingga menurunkan pH tanah dan memecahkan ikatan beberapa senyawa fosfat sehingga meningkatkan ketersediaan fosfat tanah [51]. Efek pelarutan fosfat melalui reaksi antara asam organik dengan pengikat fosfat seperti Al, Fe, dan Ca, atau Mg akan membentuk *chelate* organik yang stabil untuk membebaskan ion fosfat yang terikat [52].

E. Pengaruh Senyawa Hidrokarbon Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Senyawa hidrokarbon merupakan senyawa yang bersifat toksik bagi tumbuhan termasuk batubara yang merupakan batuan sedimen hidrofobik [53]. Molekul hidrokarbon dapat menembus tanaman melalui jaringan daun, stomata, dan akar yang tingkat penetrasinya

tergantung pada jenis hidrokarbon, bagian tanaman, waktu pemaparan, ketebalan kutikula dan kepadatan stomata. Setelah menembus ke dalam tanaman, hidrokarbon masuk ke ruang antar sel dan ke sistem pembuluh angkut. Adanya penetrasi senyawa hidrokarbon pada tumbuhan dapat merusak membran sel dan memicu kebocoran isi sel dan memungkinkan masuknya hidrokarbon ke dalam sel [54]. Hidrokarbon berpengaruh terhadap perkecambahan tanaman dan hambatan pertumbuhan karena menyebabkan kerusakan berbagai bagian tanaman yang dapat menghambat perkembangan dan pertumbuhan [55].

F. Peranan Bioremediasi

Bioremediasi adalah proses yang melibatkan mikroorganisme atau enzim mikroorganisme untuk menghilangkan senyawa kontaminan dari wilayah yang mengalami pencemaran [56, 57], dengan mikroorganisme utama yang berperan dari kelompok jamur dan bakteri [58]. Mikroorganisme selama proses bioremediasi memiliki kemampuan bertahan hidup di lingkungan tercemar [59] dan memiliki enzim yang mendegradasi senyawa tersebut [60]. Berbagai jenis mikroorganisme dapat digunakan untuk proses bioremediasi misalnya logam berat yaitu *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas pseudoalcaligenes*, *Bacillus cereus*, *Micrococcus luteus* [61, 62, 62, 64]. Penggunaan berbagai jenis bakteri lebih efektif dalam melakukan bioremediasi dibandingkan dengan hanya menggunakan satu jenis bakteri. Beberapa faktor yang mempengaruhi dan membatasi efisiensi bioremediasi yaitu suhu, pH, potensial redoks, ketersediaan unsur hara, kelembaban, dan komposisi kimia [65].

C. Road Map Penelitian

Penelitian ini didasari oleh *road map* peneliti yang disusun berdasarkan yang sudah dilakukan peneliti dan yang akan dilakukan oleh peneliti sampai mencapai target yang ditetapkan. Diawali dari berbagai hasil penelitian tentang:

1. Explorasi mikroorganisme endofit dan eksplorasi tanaman pada berbagai kondisi cekaman tanah/lingkungan (tanah tercemar minyak/hidrokarbon, salinitas, tanah kapur, kekeringan, maupun logam berat [66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 17, 18, 19, 20, 21].
2. Perbaikan struktur dan tekstur tanah pada kondisi cekaman lingkungan [66, 68, 17, 19].
3. Interaksi multisimbiosis mikroorganisme dan tanaman untuk bioremediasi tanah yang tercekam [66, 67, 68, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 17, 19].
4. Pengembangan model bioremediasi tanah marginal yang mengalami cekaman dengan memanfaatkan interaksi mikroorganisme multisimbiotik dan tanaman [66, 68, 72,73, 74, 75, 76, 78, 79, 17, 19].

Berdasarkan peta jalan hasil penelitian sebelumnya, arah penelitian lingkup bidang ini ke depannya ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



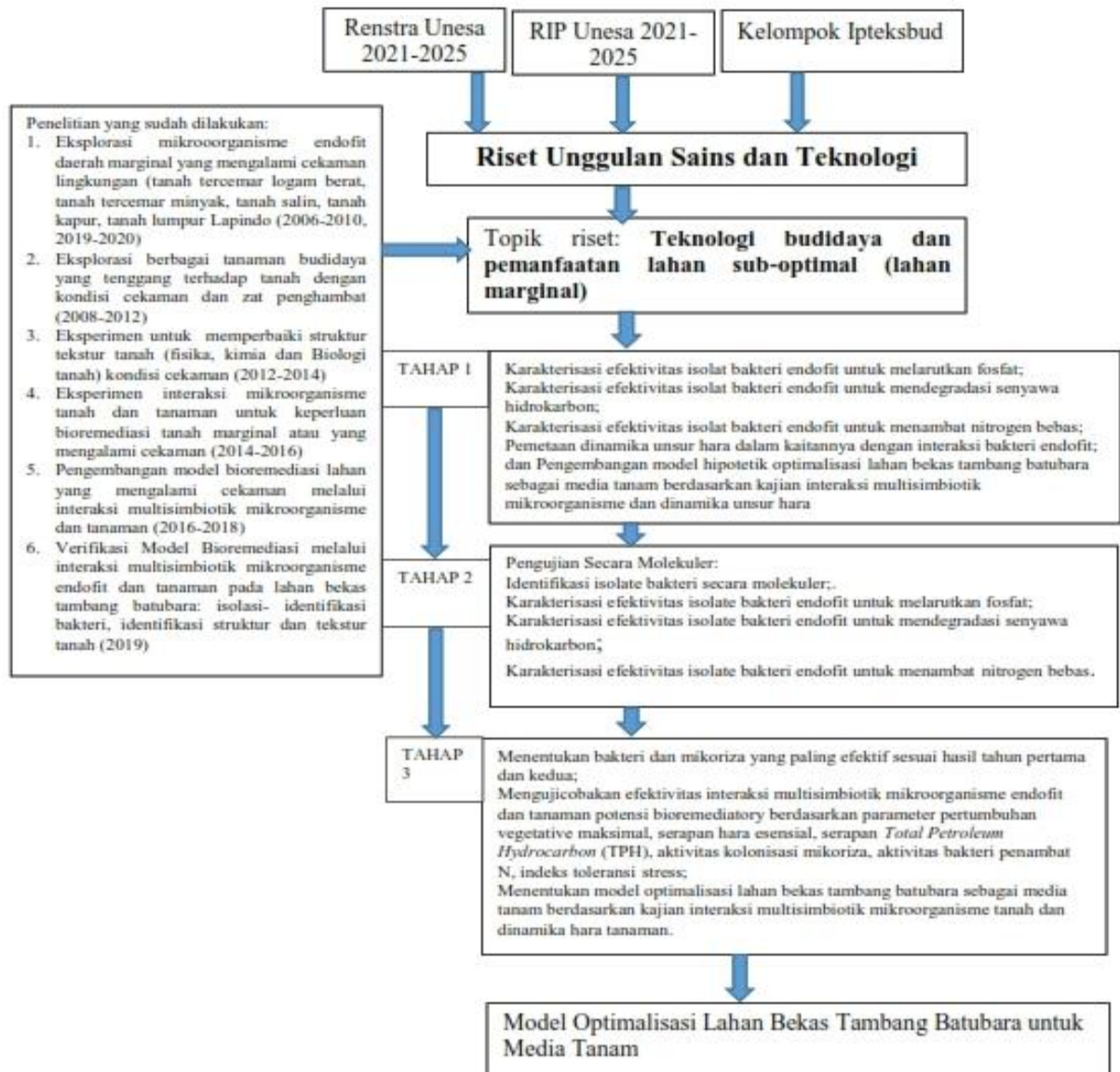
Gambar 1. Road Map Penelitian

Metode atau cara untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan ditulis tidak melebihi 600 kata. Bagian ini dilengkapi dengan diagram alir penelitian yang menggambarkan apa yang sudah dilaksanakan dan yang akan dikerjakan selama waktu yang diusulkan. Format diagram alir dapat berupa file JPG/PNG. Bagan penelitian harus dibuat secara utuh dengan penahapan yang jelas, mulai dari awal bagaimana proses dan luarannya, dan indikator capaian yang ditargetkan. Di bagian ini harus juga mengisi tugas masing-masing anggota pengusul sesuai tahapan penelitian yang diusulkan.

METODE

A. Jenis penelitian

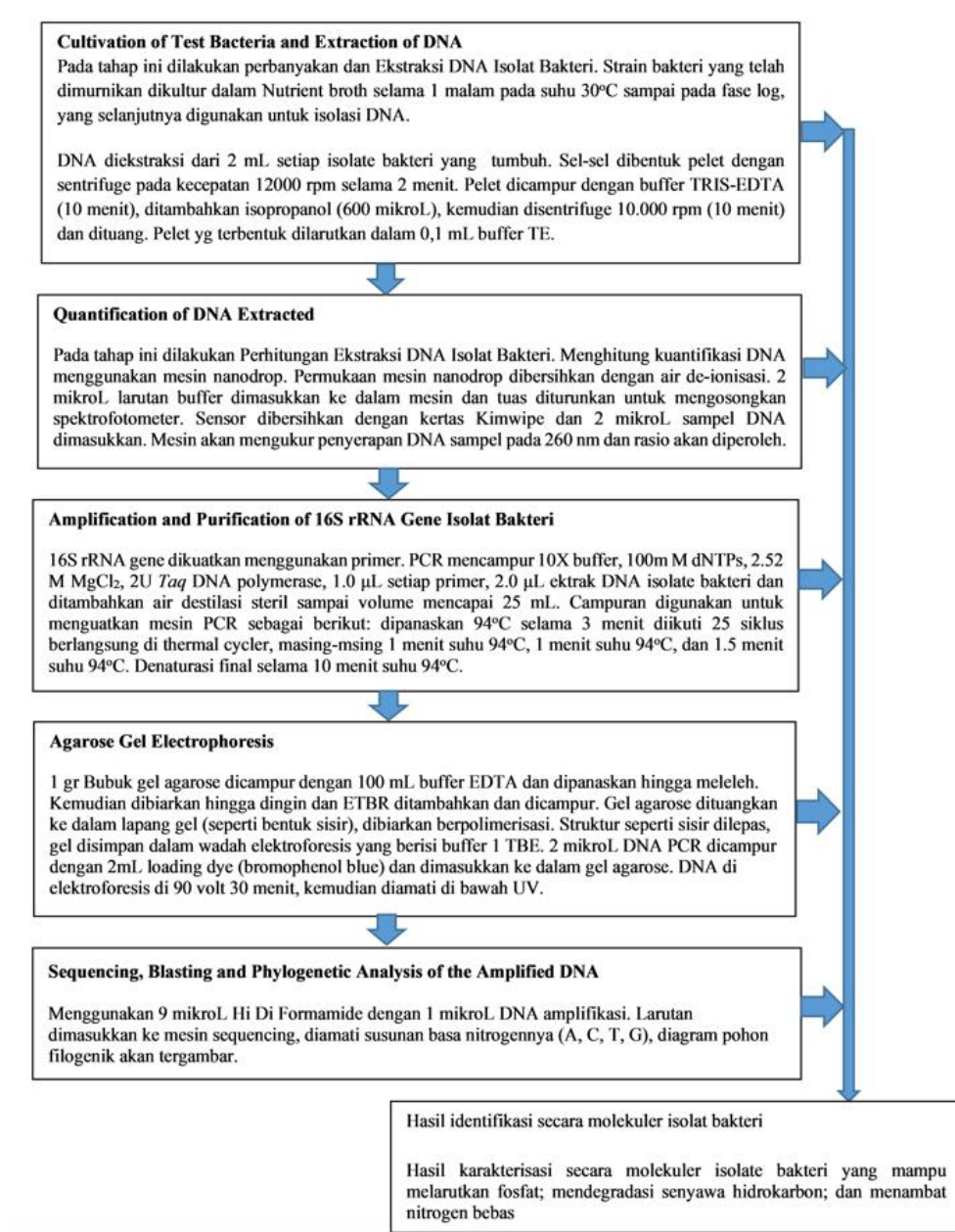
Jenis penelitian tahap pertama dan kedua penelitian tahun kedua ini adalah penelitian diskriptif dengan eksplorasi dan observasi untuk mengidentifikasi secara molekuler isolat bakteri yang sudah diuji keefektifannya berdasarkan sifat fisiologis, biokimia, dan morfologis di tahun pertama; dan mengkarakterisasi secara molekuler isolate bakteri endofit untuk melarutkan fosfat; mendegradasi senyawa hidrokarbon; dan menambat nitrogen bebas. Bagan alir penelitian secara keseluruhan tahun pertama, kedua, dan ketiga pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian Secara Keseluruhan

B. Tahapan penelitian tahun kedua

Tahap pertama dan tahap kedua penelitian tahun kedua meliputi: Mengidentifikasi secara molekuler isolat bakteri yang sudah diuji keefektifannya di tahun pertama dilanjutkan karakterisasi secara molekuler isolate bakteri endofit untuk melarutkan fosfat; mendegradasi senyawa hidrokarbon; dan menambat nitrogen bebas. Dilakukan dengan prosedur seperti Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Prosedur Penelitian Tahun Kedua

C. Analisis Data

Data identifikasi isolate bakteri secara molekuler dan data karakterisasi secara molekuler isolate bakteri endofit untuk melarutkan fosfat; mendegradasi senyawa hidrokarbon; dan menambat nitrogen bebas dianalisis secara deskriptif.

D. Luaran

Tahun kedua:

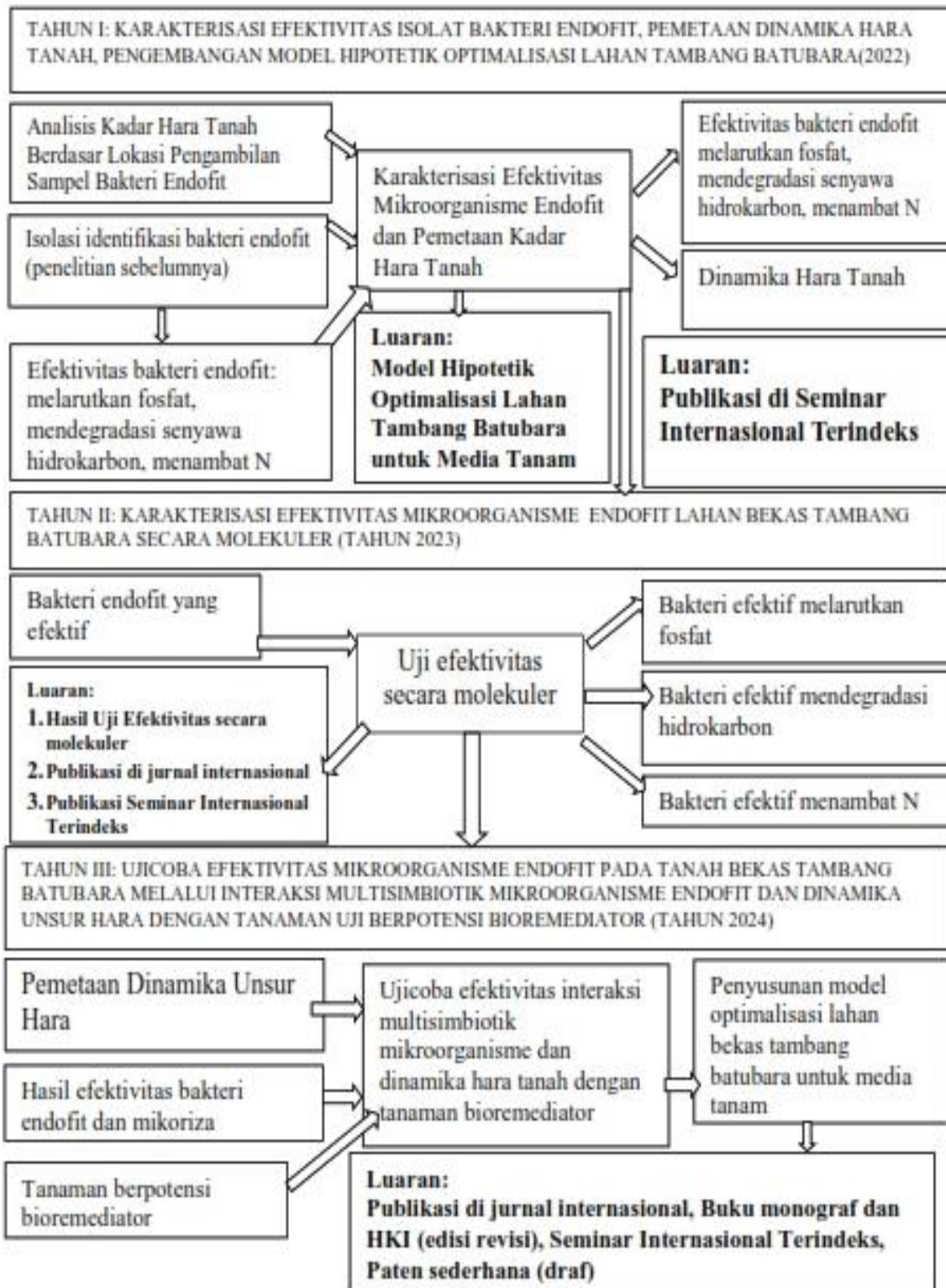
1. Publikasi di Jurnal Internasional Bereputasi (*accepted*): Journal of Agricultural Science and Technology (Q3).

2. Data molekuler identifikasi dan karakterisasi ke-sebelas isolate bakteri yang memiliki kemampuan melarutkan fosfat, mendegradasi senyawa hidrokarbon, dan menambat N.
3. Publikasi seminar internasional: *The International Conference of Mathematics, Science, and Education (ICoMaSEdu)*

E. Tugas Anggota Pengusul

1. Ketua peneliti : Dr. sc. agr. Yuni Sri Rahayu, M.Si.; NIDN 0008066605; Bidang ilmu Fisiologi Tumbuhan/Ilmu Hara: Mengkoordinasi pelaksanaan penelitian, analisis data, penyusunan model, penulisan artikel ilmiah, buku, dan HaKI.
2. Anggota peneliti 1: Dr. Yuliani, M. Si.; NIDN 0021076801, Bidang Ilmu Fisiologi Tumbuhan: Mengkoordinasi pelaksanaan penelitian untuk mengujicobakan efektivitas interaksi multisimbiotik mikroorganisme endofit dan tanaman potensi bioremediator berdasarkan parameter yang ditentukan, penulisan artikel ilmiah, buku, dan HaKI.
3. Anggota peneliti 2: Dr. Mahanani Tri Asri, M. Si.; NIDN 0024076703; Bidang ilmu Mikrobiologi; Mengkoordinasi penelitian pada karakterisasi mikroorgaisme endofit secara non molekuler dan molekuler, pembuatan laporan penelitian, penulisan artikel ilmiah, buku, dan HaKI.

Bagan Skematis Prosedur dan Luaran Penelitian secara keseluruhan di Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Bagan Skematis Prosedur dan Luaran Penelitian Secara Keseluruhan

Jadwal penelitian disusun dengan mengisi langsung tabel berikut dengan memperbolehkan penambahan baris sesuai banyaknya kegiatan.

JADWAL

Tahun ke-1

Tahun ke-2

No	Nama Kegiatan	Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Persiapan alat dan bahan penelitian												
2	Karakterisasi efektivitas isolate bakteri dalam melarutkan fosfat secara molekuler												
3	Karakterisasi efektivitas isolate bakteri dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon secara molekuler												
4	Karakterisasi efektivitas isolate bakteri dalam menambat N secara molekuler												
5	Analisis data dan verifikasi model hipotetik												
6	Penyusunan artikel publikasi												
7	Penyusunan laporan penelitian												

Tahun ke-3

Daftar pustaka disusun dan ditulis berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada usulan penelitian yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

DAFTAR PUSTAKA

1. <http://green.kompasiana.com/>
2. Yustika, RD dan Talaohu, SH. 2006. Bisakah Lahan Bekas Tambang Batubara untuk Pengembangan Pertanian. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. vol 28 No 2.
3. Kesumaningwati, R., Akhsan, N., dan Urnemi. 2017. Penilaian Kesuburan Tanah Dengan Metode Fcc Pada Beberapa Lahan Bekas Tambang Batubara. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi IV*. Fakultas Teknik – Universitas Mulawarman.
4. Sudaryono. 2009. Tingkat Kesuburan Tanah Ultisol Pada Lahan Pertambangan Batubara Sangatta, Kalimantan Timur. *J. Tek. Ling.* 10 (3): 337 – 346.
5. Mashud, N., and Manaroinsong, E. 2014. Pemanfaatan Lahan Bekas Tambang Batu Bara untuk Pengembangan Sagu. *B. Palma* Vol. 15 No. 1, Juni 2014: 56 – 63.
6. Suharno, Sancayaningsih, R. P., Soetarto, E. S., dan Kasiamdari, R. S. 2014. Keberadaan Fungi Mikoriza Arbuskula Di Kawasan Tailing Tambang Emas Timika Sebagai Upaya Rehabilitasi Lahan Ramah Lingkungan. *J. Manusia dan Lingkungan*, Vol. 21, No.3, November 2014: 295-303.
7. Upadhyaya, H., Panda, S.K., Bhattacharjee, M.K., dan Dutta, S., 2010. Role Arbuscular Mycorrhiza in Heavy Metal Tolerance in Plants: Prospect for Phytoremediation. *Journal of Phytology*. 2(7):16–27.
8. Garg, N dan Chandel, S., 2010. Arbuscular Mycorrhizal Networks: Process and Function. A Review. *Agron. Sustain. Dev.* 30:581–599.
9. Smith, S.E., dan Read, D., 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Third Edition. Academic Press, Elsevier. New York.
10. Suharno dan R. P. Sancayaningsih. 2013. Fungi Mikoriza Arbuskula: Potensi teknologi mikorizoremediasi logam berat dalam rehabilitasi lahan tambang. *Bioteknologi* 10 (1): 37-48.

11. Karti, P.D.M.H., Yahya, S., Sopandie, D., Hardjosuwignyo, S. and Setiadi, Y. 2012. Isolation and Effect of AI-Tolerant Phosphate Solubilizing Microorganism for Production and Phosphate Absorption of Grasses and Phosphorus Dissolution Mechanism. *Animal Production* 14 (1): 13-22.
12. Kostka, J. E., Prakash, O., Overholt, W. A., Green, S. J., Freyer, G., Canion, A., Delgado, J., Norton, N., Hazen, T. C., and Huettel, M. 2011. Hydrocarbon-Degrading Bacteria and the Bacterial Community Response in Gulf of Mexico Beach Sands Impacted by the Deepwater Horizon Oil Spill. *Applied and environmental microbiology*, Nov. 2011, p. 7962–7974.
13. Das, N., and Chandran, P. 2011. Review: Microbial Degradation of Petroleum Hydrocarbon Contaminants: An Overview. SAGE-Hindawi Access to Research. *Biotechnology Research International*. Volume 2011, Article ID 941810,
14. Widawati, S., and Suliasih. 2019. Role of Indigenous Nitrogen-fixing Bacteria in Promoting Plant Growth on Post-Tin Mining Soil. *Makara Journal of Science*, 23/1 (2019), 28-38 doi: 10.7454/mss.v23i1.10801.
15. Navarro, N.Y.E., Hernández, M.E, Morales, J.J., Jan, R.J., Martínez, R.E., Hernández, R.C. 2012. Isolation and characterization of nitrogen fixing heterotrophic bacteria from the rhizosphere of pioneer plants growing on mine tailings. *Applied Soil Ecology*. 62:52-60. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2012.07.011>.
16. Bhattacharyya, P.N., and Jha, D.K. 2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Emergence in agriculture. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 28(4):1327-1350. DOI: 10.1007/s11274-011-0979-9.
17. Rahayu, Y.S., Yuliani, Pratiwi, I.A. 2020. Increasing Plant Tolerance Grown on Saline Soil: The Role of Tripartite Symbiosis. *Annals of Botany*: Vol 36 (2); 346-353.
18. Rahayu, Y.S., Yuliani, Asri, M.T. 2021. Isolation and Identification of Endophytic Bacteria Related to Plant Nutrition Level in Coal Mining Site from East Kalimantan Indonesia. *Advanced in Engineering Research*, Volume 209. Pp 485-491.
19. Rahayu, Y.S. 2020. Bioremediation model of oil-contaminated soil in Lapindo mud using multisymbiotic organism. *Management of Environmental Quality: An International Journal*. Volume 31 No 3: 586-601.
20. Rahayu, Y.S., Yuliani, Mulyono, G. T. 2018. Isolation and Identification of Phosphate Solubilizing Bacteria and Hydrocarbon Degrading Bacteria in Lapindo Mud Sidoarjo East Java Indonesia. *Journal of Engineering Science and Technology (JESTEC)*, Volume 13, Issue 8: 2318-2327.
21. Rahayu, Y.S., Yuliani, Mulyono, G. T. 2019. Isolation and Identification of Phosphate Solubilizing Bacteria and Hydrocarbon Degrading Bacteria in Oil Contaminated Soil in Bojonegoro, East Java, Indonesia. *Indonesian Journal of Science and Technology (IJoST)*. Volume 4, Issue 1: 134-147.
22. Soka, G. dan Ritchie, M. 2014. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and ecosystem processes: Prospects for future research in tropical soils. *Open Journal of Ecology*. Vol.4, No.1, 11-22.
23. Barman, J., Samanta, A., Saha, B., dan Datta, S. 2016. Mycorrhiza: The Oldest Association Between Plant and Fungi. *Resonance*. December 2016.
24. Hamilton, C. E., Bever, J. D., Labbé, J., Yang, X., and Yin, H. 2016. Mitigating Climate Change Through Managing Constructed-Microbial Communities In Agriculture. *Agric. Ecosyst. Environ.* 216, 304–308. doi: 10.1016/j.agee.2015. 10.006.

25. Torres, N., Antolín, M. C., and Goicoechea, N. 2018. Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis as a Promising Resource for Improving Berry Quality in Grapevines Under Changing Environments. *Front. Plant Sci.* Vol 9:897. doi: 10.3389/fpls.2018.00897.
26. Gao, X., Guo, H., Zhang, Q., Guo, H., Zhang, L., Zhang, C., Gou, Z., Liu, Y., Wei, J., Chen, A., Chu, Z., and Zeng, F. 2020. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) enhanced the growth, yield, fiber quality and phosphorus regulation in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Scientific report.* 10:2084. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59180-3>.
27. Bücking, H., and Kafle, A. 2015. Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in the Nitrogen Uptake of Plants: Current Knowledge and Research Gaps. *Agronomy*, 5, 587-612; doi:10.3390/agronomy5040587.
28. Zhu, X., Song, F., Liu, S., dan Liu, F. 2016. Arbuscular Mycorrhiza Improve Growth, Nitrogen Uptake, And Nitrogen Use Efficiency In Wheat Grown Under Elevated CO₂. *Mycorrhiza.* 26:133–140. DOI 10.1007/s00572-015-0654-3.
29. Garcia, K., dan Zimmermann, S. D. 2014. The role of mycorrhizal associations in plant potassium nutrition. *Front. Plant Sci.* <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00337>.
30. Zhang, F., Du, P., Song, C. X., and Wu, Q. S. 2015. Alleviation of magnesium deficiency by mycorrhiza in trifoliolate orange: Changes in physiological activity. *Emirates Journal of Food and Agriculture.* 27(10): 763-769. doi: 10.9755/ejfa.2015.05.240.
31. Abu-Elsaoud, A. M., Nafady, N. A., Abdel-Azeem, A. M. 2017. Arbuscular Mycorrhizal Strategy for Zinc Mycoremediation And Diminished Translocation To Shoots And Grains In Wheat. *PLoS ONE* 12(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188220>
32. Thakur, J., and Shinde, B. P. 2020. Effect of water stress and AM fungi on the growth performance of pea plant. *International Journal of Applied Biology.* Vol 4. No 1.
33. Asensio, D., F. Rapparini, and J. Peñuelas. 2012. AM Fungi Root Colonization Increases The Production Of Essential Isoprenoids Vs. Nonessential Isoprenoids Especially Under Drought Stress Conditions Or After Jasmonic Acid Application. *Phytochemistry* 77, 149-61. Doi: 10.1016/j.phytochem.2011.12.012.
34. Fernández-Lizarazo, J. C., and Moreno-Fonseca, L. P. 2016. Mechanisms for tolerance to water-deficit stress in plants inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. A review. *Agronomía Colombiana* 34(2), 179-189, 2016.
35. Kartika, E., Lizawati, and Hamzah. 2018. Respons Tanaman Jarak Pagar Terhadap Mikoriza Indigenous dan Pupuk P di Lahan Bekas Tambang Batu Bara. *Biospecies* Vol. 11 No. 1.
36. Hermawan, B. 2011. Peningkatan kualitas lahan bekas tambang melalui revegetasi dan kesesuaiannya sebagai lahan pertanian tanaman pangan. *Pros. Seminar asional Budidaya Pertanian.* Bengkulu.
37. Riaz, M., Kamran, M., Fang, Y., Wang, Q., Cao, H., Yang, G., Dang, L., Wang, Y., Zhou, Y., Anastropoulos, I., Wang, X. 2020. Arbuscular mycorrhizal fungi-induced mitigation of heavy metal phytotoxicity in metal contaminated soils: A critical review. *Journal of Hazardous Materials*, 123919. doi:10.1016/j.jhazmat.2020.123919.
38. Wu, S., Zhang, X., Huang, L., Chen, B., 2019. Arbuscular mycorrhiza and plant chromium tolerance. *Soil Ecol. Lett.* 1, 94–104. <https://doi.org/10.1007/s42832-019-0015-9>.

39. Ma, Y., Rajkumar, M., Oliveira, R.S., Zhang, C., Freitas, H., 2019. Potential of plant beneficial bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of metal contaminated saline soils. *J. Hazard. Mater.* 379 <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.120813>.
40. Wu, S., Zhang, X., Chen, B., Wu, Z., Li, T., Hu, Y., Sun, Y., Wang, Y., 2016. Chromium immobilization by extraradical mycelium of arbuscular mycorrhiza contributes to plant chromium tolerance. *Environ. Exp. Bot.* 122, 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.08.006>.
41. Sayuti I. dan Suratni. 2015. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Hidrokarbonoklastik dari Limbah Cair Minyak Bumi Gs Cevron Pasifik Indonesia di Desa Benar Kecamatan Rimba Melintang Rokan Hilir. *Prosiding Semirata Universitas Tanjungpura Pontianak*.
42. Olawale, J. T., Edeki, O. G., and Cowan, A. K. 2020. Bacterial degradation of coal discard and geologically weathered coal. *Int J Coal Sci Technol.* 7(2): 405 – 416.
43. Kafilzadeh, F.; Sahragard, P.; Jamali, H.; and Tahery Y. 2011. Isolation and identification of hydrocarbons degrading bacteria in soil around Shiraz Refinery. *African Journal of Microbiology Research* 2011; 4(19) 3084-3089.
44. Al-Hawash, A. B., DragH, M. A., Li, S., Alhujaily, A., Abbood, H. A., Zhang, X., and Ma, F. 2018. Principles of microbial degradation of petroleum hydrocarbons in the environment. *Egyptian Journal of Aquatic Research* 44 (2018) 71–76.
45. Wang, B., Wang, Y., Cui, X., Zhang, Y., and Yu, Z. 2019. Bioconversion of coal to methane by microbial communities from soil and from an opencast mine in the Xilingol grassland of northeast China. *Biotechnol Biofuels.* 12:236.
46. Harlia, E., Marlina, E. T., Hidayati, Y. A., Kurnani, T. B. A., Rahmah, K. N., Joni, I. M., and Ridwan, R. 2018. Coal Utilization as a Growth Medium of Microbial Consortium from Dairy Cow Feces. *The 3rd ICSAFS*, doi:10.1088/1755-1315/334/1/012028.
47. Cubillos-Hinojosa, J. G., Valero, N., and de Jesús Peralta Castilla, A. 2017. Effect of a low rank coal inoculated with coal solubilizing bacteria for the rehabilitation of a saline-sodic soil in field conditions. *Rev.Fac.Nac.Agron.* 8271-8283.
48. Marista, E., Khotimah, S., and Linda, R. 2013. Bakteri Pelarut Fosfat Hasil Isolasi dari Tiga Jenis Tanah Rizosfer Tanaman Pisang Nipah (*Musa paradisiacavar. nipah*) di Kota Singkawang. *Protobiont.* Vol 2 (2): 93 -101.
49. Karpagam, T., and Nagalakshmi, P.K. 2014. Isolation and characterization of Phosphate Solubilizing Microbes from Agricultural soil. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 3(3): 601-614.
50. Sagervanshi, A., Kumari, P., Nagee, A., and Kumar, A. 2012. Isolation and Characterization Of Phosphate Solublizing Bacteria from Anand Agriculture Soil. *International Journal of Life Sciences and Pharma Research.* 23:256-266.
51. Atekan, Nuraini, Y., Handayanto, E., and Syekhfani. 2014. The potential of phosphate solubilizing bacteria isolated from sugarcane wastes for solubilizing phosphate. *Journal of Degraded And Mining Lands Management.* Volume 1, Number 4 (July 2014): 175-182.
52. Gupta, M., Kiran, S., Gulati, A., Singh, B. and Tewari, R. 2012. Isolation and identification of phosphate solubilizing bacteria able to enhance the growth and aloin-A biosynthesis of *Aloe barbadensis* Miller. *Microbiological Research* 167: 358– 363.

53. Vindušková, O., and Frouz, J. 2013. Soil carbon accumulation after open-cast coal and oil shale mining in Northern Hemisphere: A quantitative review. *Environ. Earth Sci.* 2013, 69, 1685–1698
54. Majumder, P., and Palit, D. 2017. Isolation, Identification and Characterization of Bacteria of Coal Mine Soil at Sonepur Bazari of Raniganj Coalfield, West Bengal. *International Journal of Applied Environmental Sciences*. Volume 12, Number 6. pp. 1131-1140.
55. Arellano, P., Tansey, K., Balzter, H., and Tellkamp, M. 2017. Plant Family-Specific Impacts of Petroleum Pollution on Biodiversity and Leaf Chlorophyll Content in the Amazon Rain forest of Ecuador. *PLoS ONE* 12(1):e0169867.doi:10.1371/journal.pone.0169867.
56. Arellano, P., Tansey, K., Balzter, H., and Boyd, D. S. 2015. Detecting the effects of hydrocarbon pollution in the Amazon forest using hyperspectral satellite images. *Environmental Pollution* 205 (2015) 225e239.
57. FiriAppah, C., Okujagu, D. C., Bassey, S. E. 2014. Effects Of Crude Oil Spill In Germination And Growth Of Hibiscus Esculentus (Okra) Inbayelsa State Niger Delta Region Of Nigeria. *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)*. Volume 3. Issue 6. Pages: 30-40.
58. Kang, C. H., Kwon, Y. J., and So, J. S. 2016. Bioremediation of heavy metals by using bacterial mixtures. *Ecological Engineering*, 89, 64–69. doi:10.1016/j.ecoleng.2016.01.023.
59. Hidayat B. 2015. Remediasi tanah tercemar logam berat dengan menggunakan Biochar. *J Pertan Trop.* 2:31-41.
60. Choudhary, M., Kumar, R., Datta, A., Nehra, V., & Garg, N. 2017. Bioremediation of Heavy Metals by Microbes. *Bioremediation of Salt Affected Soils: An Indian Perspective*, 233–255. doi:10.1007/978-3-319-48257-6_12.
61. Kumar, A., Bisht B. S, Joshi V. D. 2011. Zinc and cadmium removal by acclimated *Aspergillus niger*: Trained fungus for biosorption. *Int J Environ Sci Res.* 1:27-30.
62. Anahid, S., Yaghmaei, S., Ghobadinejad, Z. 2011. Heavy metal tolerance of fungi. *Sci Iran.* 18:502-508.
63. Igiri, B. E., Okoduwa, S. I. R., Idoko, G. O., Akabuogu, E. P., Adeyi, A. O and Ejiogu, I. K. 2018. Toxicity and Bioremediation of Heavy Metals Contaminated Ecosystem from Tannery Wastewater: A Review. *Hindawi Journal of Toxicology*. Volume 2018, Article ID 2568038.
64. Kulshreshtha, S., Mathur, N., Bhatnagar, P. 2014. Mushroom as a product and their role in mycoremediation. *AMB. Express.* 4:1-7.
65. Ojewumia, M. E., Okeniyib, J. O., Ikotund, J. O., Okeniyie, E. T., Ejemena, V. A., Popoola, A. P. I. 2018. Bioremediation: Data on *Pseudomonas aeruginosa* effects on the bioremediation of crude oil polluted soil. *Data in Brief* 19. 101–113.
66. Rahayu, YS., Yuliani, Trimulyono, G., Ratnasari, E., Dewi, SK. 2018. Role of Nitrogene and phosphate dynamics to increase plant survival grown on oil contaminated soil. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Volume 434, (AASEC 2018)*, 012122 doi:10.1088/1757-899X/434/1/012122, halaman 1-8.
67. Yuliani, Rahayu. Y.S. 2018. The Role of Teak Leaves (*Tectona grandis*), Rhizobium, and Vesicular Arbuscular Mycorrhizae on Improving Soil Structure and Soil Nutrition. *IOP Publishing IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Volume 288 (AASEC 2017)*, 012158, doi:10.1088/1757-899X/288/1/012158), halaman 1-7.

68. Rahayu, Y.S. 2014. The Role of Mycorrhizae and Rhizobium to Increase Plant Tolerance Grown on Saline Soil (Hasil Penelitian yang dimuat pada Prosiding dan disampaikan Pada International Conference On Research, Implementation And Education of Mathematics And Science 2014 (ICRIEMS-2014)), Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia, 18-20 May 2014, Hal: B 195-202, ISBN: 978-979-99314-8-1.
69. Rahayu, Y. S. dan Yuliani. 2019. Distribution Pattern of Na⁺ and Cl⁻ Concentrations in Mycorrhizal Plant Grown on Saline Soil (Hasil Penelitian disampaikan dalam Joint Symposium on Tropical Studies 2019, 4-6 September 2019 di Tanjung redeb Kalimantan Timur oleh Universitas Mulawarman.
70. Sulizah, A., Rahayu, Y.S., Dewi, SK. 2018. *Isolation and Characterization of Silicate Solubilizing Bacteria from Paddy Rhizosphere*. Journal of Physics: Conf. Series 1108 (2018) 012046 doi :10.1088/1742-6596/1108/1/012046.
71. Fatharani dan YS Rahayu. 2018. Isolation and Characterization of Potassium Solubilizing Bacteria from Paddy Rhizosphere. Journal of Physics: Conf. Series 1108 (2018) 012105 doi :10.1088/1742-6596/1108/1/012105.
72. Agustin, I., Yuliani, Y.S. Rahayu. 2009. Efektivitas Bakteri Pelarut Fosfat Bacillus subtilis dalam Meningkatkan Kadar Fosfat dan Menurunkan Senyawa Hidrokarbon Pada Tanah Bekas Pertambangan Bojonegoro. Prosiding Seminar Nasional Kimia, Jurusan Kimia FMIPA UNESA Surabaya, ISBN: 978-979-028-103-5.
73. Rachmawati, N.L., Y.S. Rahayu, Yuliani. 2009. Bioremediasi Senyawa Hidrokarbon Dengan Pemberian Bakteri Pelarut Fosfat Pseudomonas aeruginosa Pada Tanah Tercemar Minyak Bumi. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, Jurusan Kimia FMIPA UNESA Surabaya, ISBN: 978-979-028-103-5.
74. Diana, L., YS Rahayu, Yuliani. 2009. Penggunaan Kultur Bakteri Achromobacter xylosoxidans dan Arthrobacter polychromogenes Terhadap Penurunan Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) Pada Tanah Tercemar Minyak Bumi di Bojonegoro. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, Jurusan Kimia FMIPA UNESA Surabaya, ISBN: 978-979-028-103-5.
75. Oktavia, I. Y.S. Rahayu, Yuliani. 2009. Kemampuan Rhizobium dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Kedelai (Glycine Max (L) Merrill) pada Tanah Tercemar Minyak Bumi di Bojonegoro. *Prosiding Seminar Nasional Biologi/Sains*. Jurusan Biologi FMIPA UNESA Surabaya. ISBN: 978-979-028-194-3.
76. Naafi, T.N., dan Rahayu, YS. 2019. The effect of Local Microorganism and Mycorrhizal Fungi on Anatomical and Morphological Responses of Red Chili (*Capsicum annum* L). *Journal of Physics: Conference Series (MISEIC 2019)*. Volume 1417: 012036 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1417/1/012036, halaman: 1-6.
77. Ummah, K. dan Rahayu, Y.S. 2019. The Effect of Gibberellin Extracted from *Eichoenia crassipes* Root on the Viability and Duration of Hard Germination (Hasil Penelitian yang dimuat pada *Journal of Physics: Conference Series (MISEIC 2019)*, Volume 1417: 012037 IOP Publishing doi:10.1088/1742 6596/1417/1/012037. halaman: 1-6.
78. Juhaidah, S.E., Yuliani, YS Rahayu. 2009. Pengaruh Bakteri Pseudomonas aeruginosa dan Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) Glomus agregatum Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (Glycine max L.) dan Kadar Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) Pada Tanah Tercemar Minyak Bumi. *Prosiding Seminar Nasional Biologi/Sains*. Jurusan Biologi FMIPA UNESA Surabaya. ISBN: 978-979-028-194-3.

79. Kurniawati, E. Y.S. Rahayu. Yuliani. 2009. Pengaruh Rhizobium dan Vesikular Arbuskular Mikoriza (MVA) *Glomus aggregatum* Terhadap Pertumbuhan Kacang Tanah (*Arachis hypogea* L.) Yang Ditanam Pada Tanah Tercemar Minyak Bumi di Bojonegoro. *Prosiding dalam Simposium Nasional Biologi*, Universitas Islam Negeri Malang. Juni 2009.

