

SURAT KETERANGAN TANGGUNGJAWAB MUTLAK

Yang bertandatangan di bawah ini ketua peneliti menyatakan bahwa :

1. Saya bertanggungjawab penuh dan sanggup melaksanakan kegiatan tersebut sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berkaitan dengan pengelolaan keuangan pemerintah yang berlaku dan berdasarkan persetujuan anggaran sebagaimana yang dituangkan dalam Kontrak Penelitian skema Penelitian Dasar antara Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Hasanuddin dengan Ketua Pelaksana, untuk kegiatan "Perbaikan kualitas tanah purna tambang nikel dengan penambahan biochar, asam humat dan mulsa bersumber dari tandan kosong kelapa sawit" Nomor: 7/E1/KP.PTNBH/2021 Tanggal 8 Maret 2021; Nomor: 8044/UN4.1.2.3/PL.02.00/2021 Tanggal 22 Maret 2021 dan Nomor: 752/UN4.22/PT.01.03.2021 Tanggal 26 Maret 2021.
2. Saya menerima dana sesuai tahapan pada kontrak sebesar Rp. 119.890.000,- (Seratus Sembilan Belas Juta Delapan Ratus Sembilan Puluh Ribu Rupiah) dengan konsekuensi potongan pajak terkait dan menggunakannya sesuai dengan peruntukannya :
 - Tahap I (70%) = Rp. 83.923.000,-
 - Tahap II (30%) = Rp. 35.967.000,-
3. Jumlah dana tersebut pada poin 2 (dua) benar-benar dikeluarkan untuk pelaksanaan penelitian yang dimaksud.
4. Menyerahkan dokumen kegiatan ke LPPM Unhas berupa :
 - a. Usulan proposal;
 - b. revisi proposal penelitian;
 - c. surat pernyataan kesanggupan penyusunan laporan penelitian;
 - d. catatan harian pelaksanaan penelitian;
 - e. laporan kemajuan pelaksanaan penelitian;
 - f. Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan;
 - g. laporan akhir penelitian;
 - h. luaran penelitian;
 - Satu artikel di jurnal internasional yang terindeks pada database bereputasi atau;
 - satu buku hasil penelitian ber ISBN atau;
 - tiga artikel di prosiding yang terindeks pada database bereputasi atau;
 - tiga *book chapter* yang terindeks pada database bereputasi atau ber-ISBN.
 - i. hasil penelitian melalui Berita Acara Serah Terima (BAST).
5. PIHAK KEDUA berkewajiban kepada PIHAK PERTAMA berupa :
 - Laporan Kemajuan, Catatan Harian dan Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) diserahkan ke LPPM disesuaikan dengan jadwal di laman SIMLITABMAS;
 - Laporan akhir lengkap, catatan harian, luaran penelitian (output) dan Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) yang telah diunggah paling lambat 10 Desember 2021;
 - Laporan dan output tersebut diserahkan dan diunggah tepat waktu tanpa beralasan tidak bisa memenuhi laporan dan output penelitian akibat *Corona Virus Disease 2019* (COVID-19).
6. Bersedia diperiksa oleh aparat pemeriksa fungsional bilamana diperlukan.
7. Mengarsipkan semua dokumen laporan kegiatan dan luaran penelitian serta laporan keuangan (bukti belanja dan bukti setoran pajak) secara tertib dan teratur.
8. Apabila pernyataan yang saya buat ini mengakibatkan kerugian negara, maka saya bersedia dituntut penggantian kerugian negara dimaksud sesuai dengan ketentuan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat keterangan tanggungjawab mutlak ini dibuat dengan sebenarnya untuk dipergunakan seperlunya.

Makassar, 26 Maret 2021

Ketua Pelaksana,



Dr. Rismaneswati, SP.,MP.

KONTRAK PENELITIAN DASAR
Tahun Anggaran 2021
Nomor : 752/UN4.22/PT.01.03/2021

Pada hari ini Jumat, Tanggal Dua Puluh Enam bulan Maret tahun Dua ribu dua puluh satu, kami yang bertandatangan di bawah ini :

1. Prof. Dr. Andi Alimuddin, M.Si. : Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Hasanuddin, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Universitas Hasanuddin yang berkedudukan di Jl. Perintis Kemerdekaan KM. 10 Kampus Unhas Tamalanrea Makassar selanjutnya disebut PIHAK PERTAMA.
2. Dr. Rismaneswati, SP.,MP. : Ketua Pelaksana/Dosen Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Penelitian Tahun Anggaran 2021 untuk selanjutnya disebut PIHAK KEDUA.

PIHAK PERTAMA dan PIHAK KEDUA, secara bersama-sama mengikatkan diri dalam suatu kontrak Penelitian skema Penelitian Dasar Tahun Anggaran 2021 dengan ketentuan dan syarat syarat sebagai berikut:

Pasal 1
Ruang Lingkup Kontrak

- (1) PIHAK PERTAMA memberikan pekerjaan kepada PIHAK KEDUA dan PIHAK KEDUA menerima pekerjaan tersebut dari PIHAK PERTAMA, untuk melaksanakan dan menyelesaikan Penelitian Tahun Anggaran 2021 dengan judul Perbaikan kualitas tanah purna tambang nikel dengan penambahan biochar, asam humat dan mulsa bersumber dari tandan kosong kelapa sawit, sesuai Surat Keputusan Nomor: 8/E1/KPT/2021 tentang Penetapan Pendanaan Penelitian untuk Perguruan Tinggi Badan Hukum Tahun Anggaran 2021, Kontrak Penelitian Tahun Anggaran 2021 Nomor: 7/E1/KP.PTNBH/2021 Tanggal 8 Maret 2021 dan Surat Perjanjian Pelaksanaan Pekerjaan Nomor: 8044/UN4.1.2.3/PL.02.00/2021 Tanggal 22 Maret 2021.

Pasal 2
Dana Penelitian

- (1) Besarnya dana untuk melaksanakan penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 adalah sebesar Rp. 119.890.000,- (Seratus Sembilan Belas Juta Delapan Ratus Sembilan Puluh Ribu Rupiah) sudah termasuk pajak.
- (2) Dana penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan kepada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Deputy Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional Tahun Anggaran 2021.

Pasal 3
Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian

- (1) PIHAK PERTAMA akan membayarkan dana Penelitian kepada PIHAK KEDUA secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut :
 - a. Pembayaran tahap pertama sebesar 70% dari total dana penelitian yaitu $70\% \times \text{Rp. } 119.890.000,-$ = Rp. 83.923.000,- (Delapan Puluh Tiga Juta Sembilan Ratus Dua Puluh Tiga Ribu Rupiah) yang akan dibayarkan oleh PIHAK PERTAMA kepada PIHAK KEDUA setelah PIHAK KEDUA menyerahkan revisi proposal dan revisi anggaran (sesuai kontrak).
 - b. Pembayaran tahap kedua sebesar 30% dari total dana penelitian yaitu $30\% \times \text{Rp. } 119.890.000,-$ = Rp. 35.967.000,- (Tiga Puluh Lima Juta Sembilan Ratus Enam Puluh Tujuh Ribu Rupiah) dibayarkan oleh PIHAK PERTAMA kepada PIHAK KEDUA setelah PIHAK KEDUA menyerahkan laporan lengkap hasil penelitian, Catatan Harian, Luaran penelitian dan Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan yang sudah di validasi oleh PIHAK PERTAMA.
- (2) Dana penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) akan disalurkan oleh PIHAK PERTAMA kepada PIHAK KEDUA ke rekening sebagai berikut :

Nama : Dr. Rismaneswati, SP.,MP.
Nomor Rekening :
Nama Bank : Bank Negara Indonesia

- (3) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggungjawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarkan sejumlah dana sebagaimana dimaksud pada ayat (1) yang disebabkan karena kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam menyampaikan data peneliti, nama bank, nomor rekening dan persyaratan lainnya yang tidak sesuai dengan ketentuan.

Pasal 4 **Jangka Waktu**

Jangka waktu pelaksanaan penelitian sebagaimana dimaksud dalam pasal 1 sampai selesai 100%, adalah 1 (satu) tahun terhitung mulai tanggal 26 Maret 2021 dan berakhir tanggal 10 Desember 2021.

Pasal 5 **Target Luaran**

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk mencapai target luaran wajib penelitian berupa :
- a. Artikel di jurnal internasional yang terindeks pada database bereputasi; atau
 - b. Satu buku hasil penelitian ber ISBN atau;
 - c. Tiga artikel di prosiding yang terindeks pada database bereputasi; atau
 - d. Tiga *book chapter* yang diterbitkan oleh penerbit bereputasi dan ber-ISBN.
- (2) **PIHAK KEDUA** diharapkan dapat mencapai target luaran tambahan penelitian.

Pasal 6 **Hak dan Kewajiban Para Pihak**

- (1) **PIHAK PERTAMA** mempunyai kewajiban:
- a. memberikan pendanaan penelitian kepada **PIHAK KEDUA**;
 - b. melakukan pemantauan dan evaluasi;
 - c. melakukan penilaian luaran penelitian;
 - d. melakukan validasi luaran tambahan; dan
 - e. memantau pengunggahan ke laman SIMLITABMAS **paling lambat tanggal 16 November 2021**.
- (2) **PIHAK KEDUA** mempunyai kewajiban mengunggah ke laman SIMLITABMAS dan menyampaikan dokumen kepada pihak pertama berupa :
- a. proposal
 - b. revisi proposal penelitian;
 - c. surat pernyataan kesanggupan penyusunan laporan penelitian;
 - d. catatan harian pelaksanaan penelitian;
 - e. laporan kemajuan pelaksanaan penelitian;
 - f. Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan;
 - g. laporan akhir penelitian; dan
 - h. luaran penelitian (output sesuai janji di kontrak).
- (3) **PIHAK PERTAMA** mempunyai hak menerima dokumen hasil unggahan di laman SIMLITABMAS sebagai berikut:
- a. Proposal;
 - b. revisi proposal penelitian;
 - c. surat pernyataan kesanggupan penyusunan laporan penelitian;
 - d. catatan harian pelaksanaan penelitian;
 - e. laporan kemajuan pelaksanaan penelitian;
 - f. Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan;
 - g. laporan akhir penelitian;
 - h. luaran penelitian (output sesuai janji di kontrak); dan
 - i. **PIHAK KEDUA** menyerahkan hasil penelitian kepada **PIHAK PERTAMA** melalui Berita Acara Serah Terima (BAST).
- (4) **PIHAK KEDUA** mempunyai hak mendapatkan dana penelitian dari **PIHAK PERTAMA**

Pasal 7 **Laporan Pelaksanaan Penelitian**

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** berupa proposal, revisi proposal penelitian, catatan harian pelaksanaan penelitian; laporan kemajuan pelaksanaan penelitian; Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan, laporan akhir penelitian dan luaran penelitian (output).
- (2) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Kemajuan pelaksanaan penelitian diunggah ke laman SIMLITABMAS dilengkapi dengan dokumen catatan harian, surat pernyataan kesanggupan penyusunan laporan penelitian dan Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) dana tahap pertama (disesuaikan dengan SIMLITABMAS).

- (3) PIHAK KEDUA berkewajiban menyerahkan *Hardcopy* Laporan Kemajuan, surat pernyataan kesanggupan penyusunan laporan penelitian dan Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) dana tahap pertama kepada PIHAK PERTAMA setelah pengunggahan ke SIMLITABMAS.
- (4) PIHAK KEDUA berkewajiban mengunggah revisi proposal penelitian; catatan harian pelaksanaan penelitian, laporan kemajuan pelaksanaan penelitian, surat pernyataan kesanggupan penyusunan laporan penelitian, Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan, laporan akhir penelitian; luaran penelitian (output) pada SIMLITABMAS paling lambat 10 Desember 2021.
- (5) Bukti pembelanjaan dan bukti setoran pajak diarsipkan secara tertib dan teratur oleh PIHAK KEDUA.
- (6) Laporan Hasil penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (4) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
 - a. Bentuk/Ukuran kertas A4;
 - b. Warna sampul Putih
 - c. Di bawah bagian cover tertulis:

Dibiayai oleh :
Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan,
Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional
Sesuai dengan Kontrak Penelitian Tahun Anggaran
Nomor : 7 /E1/KP.PTNBH/2021 Tanggal 8 Maret 2021

Pasal 8 Monitoring dan Evaluasi

PIHAK PERTAMA dalam rangka pengawasan akan melakukan Monitoring dan Evaluasi Internal terhadap kemajuan pelaksanaan penelitian Tahun Anggaran 2021 ini sebelum pelaksanaan Monitoring dan Evaluasi eksternal oleh Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional

Pasal 9 Penilaian Luaran

Penilaian luaran penelitian dilakukan oleh Komite Penilai/*Reviewer* Luaran sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Pasal 10 Perubahan Susunan Tim Pelaksana dan Substansi Pelaksanaan

Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan penelitian ini dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan tertulis dari Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional.

Pasal 11 Penggantian Ketua Pelaksana

- (1) Apabila PIHAK KEDUA selaku ketua pelaksana tidak dapat melaksanakan penelitian ini, maka PIHAK KEDUA wajib mengusulkan pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim kepada PIHAK PERTAMA.
- (2) Apabila PIHAK KEDUA tidak dapat melaksanakan tugas dan tidak ada pengganti ketua sebagaimana dimaksud pada ayat (1), maka PIHAK KEDUA harus mengembalikan dana penelitian kepada PIHAK PERTAMA yang selanjutnya disetor ke Kas Negara.
- (3) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (2) disimpan oleh PIHAK PERTAMA.

Pasal 12 Sanksi

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan penelitian ini telah berakhir, namun PIHAK KEDUA belum menyerahkan tugasnya, terlambat mengirim laporan kemajuan, dan/atau terlambat mengirim laporan akhir, maka PIHAK KEDUA dikenakan sanksi administratif berupa penghentian pembayaran dan tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut.
- (2) Apabila PIHAK KEDUA tidak dapat mencapai target luaran sebagaimana dimaksud dalam pasal 5, maka kekurangan capaian target luaran tersebut akan dicatat sebagai hutang PIHAK KEDUA kepada PIHAK PERTAMA yang apabila tidak dapat dilunasi oleh PIHAK KEDUA, akan berdampak pada kesempatan PIHAK KEDUA untuk mendapatkan pendanaan penelitian atau hibah lainnya yang dikelola oleh PIHAK PERTAMA.

**Pasal 13
Pembatalan Perjanjian**

- (1) Apabila dikemudian hari terdapat judul penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran, itikad tidak baik, dan/atau perbuatan yang tidak sesuai dengan akidah ilmiah dari atau dilakukan oleh PIHAK KEDUA, maka perjanjian penelitian ini dinyatakan batal dan PIHAK KEDUA wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterima kepada PIHAK PERTAMA yang selanjutnya akan disetorkan ke kas Negara.
- (2) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh PIHAK PERTAMA.

**Pasal 14
Pajak-Pajak**

Hal-hal dan/atau segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa PPN dan/atau PPh menjadi tanggungjawab PIHAK KEDUA dan harus dibayarkan oleh PIHAK KEDUA ke kantor pelayanan pajak setempat sesuai ketentuan yang berlaku.

**Pasal 15
Peralatan dan/alat Hasil Penelitian**

- (1) Hasil penelitian berupa peralatan dan/atau peralatan yang dibeli dari kegiatan ini adalah milik negara, dan dapat dihibahkan kepada institusi/lembaga/masyarakat melalui Berita Acara Serah Terima (BAST) setelah dilaporkan perolehannya ke Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional.
- (2) Berita Acara sebagaimana dimaksud pada ayat (2) wajib dilampiri dengan foto bukti serah terima barang/alat dari Ketua LPPM kepada mitra penelitian yang didampingi oleh pelaksana penelitian dan foto alat/atau barang yang diserahkan ke mitra.

**Pasal 16
Penyelesaian Sengketa**

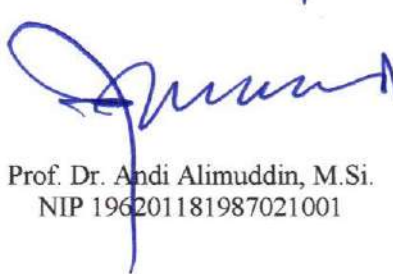
Apabila terjadi perselisihan antara PIHAK PERTAMA dan PIHAK KEDUA dalam pelaksanaan Perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum.

**Pasal 17
Lain-lain**

- (1) PIHAK KEDUA menjamin bahwa penelitian dengan judul tersebut diatas belum pernah dibiayai dan/atau diikutsertakan pada pendanaan penelitian lainnya, baik yang diselenggarakan oleh instansi, lembaga, perusahaan atau yayasan, baik dalam maupun luar negeri.
- (2) Segala sesuatu yang belum cukup diatur dalam perjanjian ini dan dipandang perlu diatur lebih lanjut dan akan dilakukan perubahan oleh PARA PIHAK, maka perubahan-perubahan akan diatur dalam perjanjian tambahan atau perubahan yang merupakan satu kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari perjanjian ini.


Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh PARA PIHAK pada hari dan tanggal tersebut diatas, dibuat dalam rangkap 2 (dua) dan bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.

PIHAK PERTAMA



Prof. Dr. Andi Alimuddin, M.Si.
NIP 196201181987021001

PIHAK KEDUA



Dr. Rismaneswati, SP.,MP.
NIP 197603022002122002

PROTEKSI ISI LAPORAN AKHIR PENELITIAN

Dilarang menyalin, menyimpan, memperbanyak sebagian atau seluruh isi laporan ini dalam bentuk apapun kecuali oleh peneliti dan pengelola administrasi penelitian

LAPORAN AKHIR PENELITIAN MULTI TAHUN

ID Proposal: 263f856f-1c29-471f-8374-cbc05619f92a
Laporan Akhir Penelitian: tahun ke-2 dari 3 tahun

1. IDENTITAS PENELITIAN

A. JUDUL PENELITIAN

Perbaiki kualitas tanah purna tambang nikel dengan penambahan biochar, asam humat dan mulsa bersumber dari tandan kosong kelapa sawit

B. BIDANG, TEMA, TOPIK, DAN RUMPUN BIDANG ILMU

Bidang Fokus RIRN / Bidang Unggulan Perguruan Tinggi	Tema	Topik (jika ada)	Rumpun Bidang Ilmu
Pangan	Teknologi Budidaya dan Pemanfaatan Lahan Sub-Optimal	Modernisasi sistem pertanian dan pemanfaatan lahan	Ilmu Tanah

C. KATEGORI, SKEMA, SBK, TARGET TKT DAN LAMA PENELITIAN

Kategori (Kompetitif Nasional/ Desentralisasi/ Penugasan)	Skema Penelitian	Strata (Dasar/ Terapan/ Pengembangan)	SBK (Dasar, Terapan, Pengembangan)	Target Akhir TKT	Lama Penelitian (Tahun)
Penelitian Kompetitif Nasional	Penelitian Dasar	SBK Riset Dasar	SBK Riset Dasar	2	3

2. IDENTITAS PENGUSUL

Nama, Peran	Perguruan Tinggi/ Institusi	Program Studi/ Bagian	Bidang Tugas	ID Sinta	H-Index
RISMANESWATI Ketua Pengusul	Universitas Hasanuddin	Ilmu Tanah		6005345	3
Dr. Ir CHRISTIANTO LOPULISA M.Sc. Anggota Pengusul 1	Universitas Hasanuddin	Ilmu Pertanian	Analisis hubungan antara karakteristik tanah purna tambang	6012873	0
Ir MUHAMMAD NATHAN Anggota Pengusul 2	Universitas Hasanuddin	Agroteknologi	Koordinator survei lapang, pengambilan contoh tanah di lapangan dan interpretasi data tanah. Koordinator untuk penyiapan sampel dan analisis contoh tanah di laboratorium	6658927	0

3. MITRA KERJASAMA PENELITIAN (JIKA ADA)

Pelaksanaan penelitian dapat melibatkan mitra kerjasama, yaitu mitra kerjasama dalam melaksanakan penelitian, mitra sebagai calon pengguna hasil penelitian, atau mitra investor

Mitra	Nama Mitra

4. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

Luaran Wajib

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (<i>accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya</i>)	Keterangan (<i>url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya</i>)
2	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi	Accepted	Asian Journal of Crop Science

Luaran Tambahan

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (<i>accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya</i>)	Keterangan (<i>url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya</i>)
2	Artikel di jurnal internasional	Accepted	International Journal of soil science

5. ANGGARAN

Rencana anggaran biaya penelitian mengacu pada PMK yang berlaku dengan besaran minimum dan maksimum sebagaimana diatur pada buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Edisi 12.

Total RAB 3 Tahun Rp. 226,820,000

Tahun 1 Total Rp. 0

Tahun 2 Total Rp. 119,890,000

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Analisis Data	HR Pengolah Data	P (penelitian)	1	6,000,000	6,000,000
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	OH	20	40,000	800,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Unit	60	300,000	18,000,000
Analisis Data	Transport Lokal	OK (kali)	60	100,000	6,000,000
Bahan	ATK	Paket	1	5,110,000	5,110,000
Bahan	Barang Persediaan	Unit	1	5,000,000	5,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Unit	10	1,000,000	10,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	Paket	1	7,500,000	7,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	Paket	1	2,000,000	2,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	OH	20	40,000	800,000
Pengumpulan Data	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	OB	1	3,000,000	3,000,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	OJ	3	2,500,000	7,500,000
Pengumpulan Data	Tiket	OK (kali)	42	350,000	14,700,000
Pengumpulan Data	Uang Harian	OH	66	300,000	19,800,000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	OH	72	40,000	2,880,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	OH	96	50,000	4,800,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Unit	1	6,000,000	6,000,000

Tahun 3 Total Rp. 106,930,000

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Analisis Data	HR Pengolah Data	P (penelitian)	1	6,000,000	6,000,000
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	OH	20	40,000	800,000
Analisis Data	Transport Lokal	OK (kali)	30	100,000	3,000,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Unit	50	300,000	15,000,000
Bahan	ATK	Paket	1	4,950,000	4,950,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Unit	1	5,000,000	5,000,000
Bahan	Barang Persediaan	Unit	1	5,000,000	5,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	Paket	1	2,500,000	2,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	Paket	1	7,500,000	7,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	OH	20	40,000	800,000
Pengumpulan Data	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	OB	1	3,000,000	3,000,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	OJ	3	2,500,000	7,500,000
Pengumpulan Data	Transport	OK (kali)	24	600,000	14,400,000
Pengumpulan Data	Uang Harian	OH	66	300,000	19,800,000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	OH	72	40,000	2,880,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	OH	96	50,000	4,800,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Unit	1	4,000,000	4,000,000

6. HASIL PENELITIAN

A. RINGKASAN: Tuliskan secara ringkas latar belakang penelitian, tujuan dan tahapan metode penelitian, luaran yang ditargetkan, serta uraian TKT penelitian.

Tanah purna tambang sangat bermasalah dengan sifat kimia dan kesuburan tanah utamanya pH yang masam, ketersediaan unsur P (Fosfor) yang sangat rendah, keberadaan unsur logam yang toksik dan sifat fisik tanah utamanya agregasi tanah yang rusak (collapse) dan kemampuan pegang air yang rendah. Tanah purna tambang cukup luas dijumpai di Sulawesi Selatan yang mencapai 156.800 ha dan masih sering menjadi kendala dalam merehabilitasi lahan ini agar dapat segera dimanfaatkan untuk kepentingan masyarakat sekitar lokasi penambangan. Maka diusulkan salah satu topik yang berjudul “Pemanfaatan biochar, asam humat dan mulsa bersumber dari tandan kosong kelapa sawit untuk memperbaiki kualitas tanah purna tambang nikel”. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) memperbaiki kualitas tanah purna tambang nikel dengan pembentukan kompleks organo–mineral antara bahan mineral tanah dengan bahan organik (biochar dan asam humat); (2) menguji daya tumbuh tanaman pionir reklamasi (cover crop) di tanah purna tambang dengan mulsa tandan kosong kelapa sawit. Penelitian ini akan dilaksanakan selama 3 tahun (tahap). Penelitian Tahun ke-2 ini dilaksanakan selama 8 bulan dimulai April sampai November 2021 yang berlokasi di 3 tempat yaitu Laboratorium Ilmu Tanah Universitas Hasanuddin, green house di Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin dan areal reklamasi lahan purna tambang nikel di Kabupaten Luwu Timur Sulawesi Selatan. Pelaksanaan penelitian di Tahun ke-1 diawali dengan survei lapang untuk karakterisasi dan klasifikasi tanah yang bertujuan untuk menentukan lokasi profil tanah dilakukan menggunakan metode random stratified. Sampel tanah dari profil akan dianalisis di laboratorium baik sampel tanah terganggu maupun sampel tanah utuh (ring sample dan cubiena box) untuk analisis mineral liat (FTIR), sifat fisik serta kimia tanah lainnya seperti bulk density, stabilitas agregat, pH H₂O dan pH KCl, kapasitas tukar kation, C-organik, Aluminium dapat tukar, besi oksida dan kejenuhan basa, dan identifikasi mikroorganisme tanah. Selanjutnya penelitian Tahun ke-2 dilaksanakan di green house UNHAS untuk pengujian pertumbuhan tanaman dengan perlakuan biochar, asam humat dan mulsa berbagai dosis yang

bersumber dari tandan kosong kelapa sawit yang diujikan pada tanaman cover crop (*Mucuna* sp, *Calopogonium* sp dan *Sesbania* sp.). Selanjutnya, pada Tahun ke-3, perlakuan biochar, asam humat dan mulsa dari tandan kosong kelapa sawit diterapkan di lapangan yaitu di lahan purna tambang nikel di Luwu Timur Sulawesi Selatan yang langsung diaplikasikan ke tanah bekas tambang. Parameter yang diukur adalah sifat fisik (bobot isi tanah, kadar air), kimia (pH H₂O dan pH KCl, KTK, KB, C-organik, Al-dd, Fe-dd dan P tersedia). Selanjutnya, pada Tahun ke-3, biochar dan asam humat dari ekstraksi tandan kosong kelapa sawit diaplikasikan di areal reklamasi dengan menggunakan indikator berbagai jenis tanaman penutup tanah (cover crop) (legume dan gramineae) yang merupakan pionir vegetasi di areal ini. Untuk parameter tanaman diukur adalah persentase daya tumbuh, berat kering tanaman, dan jumlah daun tanaman cover crop. Hasil penelitian pada Tahun ke-2 menunjukkan perlakuan biochar dan kompos memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan pH tanah. Hasil analisis pH aktual (H₂O) yang terbaik ditunjukkan oleh perlakuan B2K3 (5.76) dan B2K1 (5.75) dan berbeda nyata dengan perlakuan B1K2 dan B3K1. Selanjutnya, hasil analisis pH potensial (KCl) memperlihatkan perubahan yang tidak nyata dari semua perlakuan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan B3K3 mempengaruhi C-organik, KTK, P tersedia dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Perlakuan B3K3 menunjukkan pengaruh terbaik dibanding yang lainnya terhadap sifat tanah yang dianalisis. Hasil analisis Al-dd yang diharapkan menurun dengan pemberian biochar dan asam humat dari kompos, ditunjukkan oleh pengaruh perlakuan B3K3. Perlakuan yang memberikan pengaruh terbaik untuk tinggi tanaman ditunjukkan oleh perlakuan B3K3 (15.83 cm) dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Jumlah daun yang memberikan pengaruh terbaik ditunjukkan oleh perlakuan B3K2 (3.67) dan B3K3 (3.33) dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Perlakuan B3K2 (3.67 %) mempengaruhi daya tumbuh tanaman cover crop terbaik dibandingkan perlakuan lainnya dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Selanjutnya, perlakuan B3K3 (1.15 g) memberikan pengaruh terbaik terhadap berat kering tanaman dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Berdasarkan hasil pengamatan parameter tanaman pada 38 HST menunjukkan bahwa perlakuan yang memberikan hasil terbaik pada parameter tinggi tanaman, jumlah helai daun, persentase daya tumbuh, dan bobot kering tanaman ditunjukkan oleh perlakuan B3K3. Hal tersebut dipengaruhi oleh adanya penambahan biochar dan kompos dimana biochar dan kompos mengandung unsur hara esensial serta mampu meningkatkan pH tanah serta menambah unsur Ca, dan ketersediaan P serta mengurangi keracunan Fe, Mn dan Al. Biochar selain mengandung unsur hara makro dan mikro juga mampu memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah, biochar mampu meningkatkan pH, C organik, P tersedia, N total dan KTK tanah. TKT penelitian yang diusulkan adalah 3. Output kegiatan ini produk biochar (padatan) yang terdaftar paten/copyright di Hak Kekayaan Intelektual (HAKI) Universitas Hasanuddin (Tahun ke-3) dan artikel yang dimuat di jurnal dan prosiding internasional yang bereputasi. Pada Tahun ke-2 ada 1 output wajib berupa artikel yang diterbitkan di jurnal bereputasi yang telah di-submit pada Journal of Ecological engineering dan 1 artikel yang telah diterima di Sustainable Agriculture Research (SAR) Journal.

B. KATA KUNCI: Tuliskan maksimal 5 kata kunci.

Tanah purna tambang; biochar, asam humat; reklamasi; cover crop

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan seringkam mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian dapat berupa data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. **HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Hasil penelitian pada Tahun ke-2 menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan dari pemberian bahan pembenah tanah, yaitu biochar dan asam humat ekstraksi dari kompos terhadap perbaikan kualitas tanah dan pertumbuhan tanaman penutup tanah yang diuji pada tanah pasca tambang Nikel. Adapun uraian pengaruh perlakuan terhadap masing-masing parameter baik tanah maupun tanaman penutup tanah berikut:

1. Parameter Pengamatan Sifat Tanah

Hasil analisis sifat kimia kesuburan tanah setelah perlakuan ditunjukkan pada Tabel 1 & Tabel 2. Parameter yang diamati meliputi pH, C-organik, KTK, P tersedia dan Al-dd.

Tabel 1. Hasil analisis kimia tanah pasca tambang setelah perlakuan (1)

Perlakuan	pH		C-organik (%)	KTK (cmol/kg)	P Tersedia (ppm)	Al-dd* (cmol/kg)
	H ₂ O	KCl				
B1K1	5.71 ^{ab}	5.89 ^a	1.47 ^g	15.50 ^e	7.99 ^h	3.76 ^f
	++	++	**	**	**	*****
B1K2	5.66 ^{bc}	5.92 ^a	1.56 ^f	15.97 ^e	9.29 ^{gh}	3.28 ^{ef}
	++	++	**	**	**	*****
B1K3	5.70 ^{ab}	5.95 ^a	2.21 ^{de}	16.41 ^{de}	8.51 ^{gh}	2.96 ^{de}
	++	++	***	**	**	*****
B2K1	5.75 ^a	5.89 ^a	2.21 ^e	15.87 ^e	9.79 ^{ef}	2.24 ^{cd}
	++	++	***	**	**	****
B2K2	5.71 ^{ab}	5.93 ^a	2.44 ^c	19.40 ^{bc}	10.54 ^{de}	2.16 ^{bcd}
	++	++	***	***	**	****
B2K3	5.76 ^a	5.94 ^a	2.49 ^{bc}	20.28 ^{ab}	13.08 ^c	2.08 ^{bc}
	++	++	***	***	***	****
B3K1	5.62 ^c	5.85 ^a	2.21 ^e	18.42 ^c	8.99 ^{gh}	1.68 ^{ab}
	++	++	***	***	**	****
B3K2	5.70 ^{ab}	5.88 ^a	2.53 ^{ab}	19.31 ^{bc}	13.31 ^{bc}	1.04 ^a
	++	++	***	***	***	**
B3K3	5.73 ^{ab}	5.95 ^a	2.60 ^a	21.28 ^a	14.80 ^a	0.88 ^a
	++	++	***	***	***	**

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama (a,b,c,d) berarti tidak berbeda nyata pada perlakuan Biochar dan CaCO₃ pada uji BNJ_{0.05} ++ Agak Masam * Sangat Rendah *** Sedang ****Tinggi ** Rendah ***** Sangat Tinggi

Hasil analisis tanah menunjukkan terjadinya perubahan sifat kimia tanah pada tanah purna tambang nikel asal Desa Sorowako. Perlakuan biochar dan kompos memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan pH tanah. Hasil analisis pH aktual (H₂O) yang terbaik ditunjukkan oleh perlakuan

B2K3 (5.76) dan B2K1 (5.75) dan berbeda nyata dengan perlakuan B1K2 dan B3K1. Selanjutnya, hasil analisis pH potensial (KCl) memperlihatkan perubahan yang tidak nyata dari semua perlakuan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan B3K3 mempengaruhi C-organik, KTK, P tersedia dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Perlakuan B3K3 menunjukkan pengaruh terbaik dibanding yang lainnya terhadap sifat tanah yang dianalisis. Hasil analisis Al-dd yang diharapkan menurun dengan pemberian biochar dan kompos, ditunjukkan oleh pengaruh perlakuan B3K3.

Tabel 2. Hasil analisis basa-basa dapat tukar dan rasio Ca/Mg tanah pasca tambang Nikel

Perlakuan	Basa-basa dapat tukar (cmol/ kg)				Rasio Ca/Mg (cmol/kg)
	Ca	Mg	K	Na	
B1K1	1.41 ^g *	1.91 ^e ***	0.28 ^{cd} **	0.20 ^e **	0.46 ^c
B1K2	1.84 ^f *	2.83 ^d ****	0.27 ^d **	0.30 ^{cd} **	0.66 ^{ab}
B1K3	2.30 ^e **	3.53 ^c ****	0.42 ^{ab} ***	0.31 ^{cd} **	0.66 ^{ab}
B2K1	2.70 ^d **	3.67 ^c ****	0.40 ^{ab} ***	0.33 ^c **	0.73 ^a
B2K2	2.85 ^d **	3.64 ^c ****	0.47 ^{ab} ***	0.31 ^{cd} **	0.78 ^a
B2K3	2.92 ^{cd} **	3.90 ^{bc} ****	0.45 ^{ab} ***	0.34 ^{bc} **	0.74 ^a
B3K1	2.96 ^c **	5.06 ^a ****	0.39 ^b **	0.25 ^{de} **	0.59 ^b
B3K2	3.65 ^b **	4.90 ^a ****	0.51 ^a ***	0.34 ^c **	0.74 ^a
B3K3	4.16 ^a **	5.32 ^a ****	0.43 ^{ab} ***	0.42 ^a ***	0.78 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama (a,b,c,d) berarti tidak berbeda nyata pada perlakuan Biochar dan CaCO₃ pada uji BNJ_{0.05} ++ Agak Masam * Sangat Rendah *** Sedang ****Tinggi ** Rendah ***** Sangat Tinggi

Hasil analisis basa-basa dapat tukar pada Ca, Mg, K, Na ditunjukkan pada Tabel 3. Nilai Ca tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan B3K3 (4.16 cmol/kg) dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Nilai Mg tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan B3K3 (5.32 cmol/kg), B3K2 (4.90 cmol/kg), dan B3K1 (5.06 cmol/kg) dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Nilai K tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan B3K2 (0.51 cmol/kg) dan berbeda nyata dengan perlakuan B3K1, B1K1, dan B1K2. Nilai Na tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan B3K3 (0.42 cmol/kg) dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Rasio Ca/Mg yang umum ditemukan di tanah mineral >1 artinya kandungan Ca>Mg. Namun, pada tanah dengan bahan induk ultramafic, maka nilai kandungan Mg>Ca sehingga menghasilkan nilai rasio yang lebih kecil. Nilai rasio yang rendah ini akan memengaruhi keseimbangan hara dalam tanah. Nilai rata-rata rasio B3K3 (0.78), B2K2 (0.78), B3K2 (0.74), B2K3 (0.74), dan B2K1 (0.73) dan berbeda nyata dengan perlakuan B3K1 dan B1K1.

Hasil analisis tanah setelah perlakuan biochar dan kompos (Tabel 3) diperoleh nilai pH aktual (H₂O) dan pH potensial (KCl) mengalami kenaikan pada setiap perlakuan. Hal ini menandakan bahwa dengan pemberian biochar dan kompos dapat meningkatkan pH tanah. Hal ini sesuai dengan pendapat

Setiawan et al. (2018), peningkatan pH akibat penambahan bahan organik dalam hal ini adalah biochar terjadi karena proses mineralisasi dari anion organik menjadi CO_2 dan H_2O . Selain itu menurut Steiner (2007), menyatakan bahwa peningkatan pH yang terkait dengan penambahan biochar ke tanah masam disebabkan oleh peningkatan konsentrasi logam alkali (Ca^{2+} , Mg^{2+} dan K^+) oksida dalam biochar dan penurunan konsentrasi Al^{3+} tanah larut.

Hasil analisis C-Organik dan kapasitas tukar kation (KTK) diperoleh hasil bahwa perlakuan B3K3 memberikan pengaruh terbaik dibandingkan dengan perlakuan lainnya yang ditunjukkan dengan adanya peningkatan C-organik dari 0.63% menjadi 2.60% serta peningkatan KTK dari 15.51 cmol/kg menjadi 21.28 cmol/kg. Peningkatan C-Organik dan KTK tersebut tentunya dipengaruhi oleh adanya penambahan biochar dan kompos. Hal ini sesuai dengan pendapat Cheng (2006), meningkatnya KTK tanah setelah aplikasi biochar disebabkan oleh adanya pembentukan gugus karboksilat hasil oksidasi abiotik yang terjadi pada permukaan luar partikel biochar. Selain itu biochar dalam tanah berbentuk partikel yang dapat menyebabkan terjadinya mineralisasi bentuk C organik yang stabil dan menciptakan permukaan partikel yang bermuatan negatif yang membuat KTK lebih besar dan retensi hara serta biochar mengandung atom C yang tinggi yang membentuk senyawa aromatik yang dihubungkan oleh enam atom C bersama tanpa Oksigen atau Hidrogen (Lehmann, 2009). Selain itu peningkatan KTK dan C-Organik dipengaruhi dengan fungsi CaCO_3 , Rowley et al. (2019), menyatakan bahwa kalsium karbonat CaCO_3 merupakan penyumbang fraksi penting C yang ada didalam tanah yang menghubungkan siklus geologis C jangka panjang dengan siklus biogeokimia karbon organik tanah jangka pendek. Hal tersebut mendasari peningkatan nilai KTK dan C-organik setelah aplikasi biochar dan CaCO_3 .

Hasil analisis C-organik, N total dan C/N rasio biochar diperoleh masing-masing hasil yaitu 18.26%, 0.86% dan 21.2% hasil tersebut tergolong baik dan memenuhi standar persyaratan dalam pembenah tanah. Menurut SK mentan no: 28/Permentan/SR.130/B/2009 tentang persyaratan teknis minimal organik dan pembenah tanah bahwa persyaratan pembenah tanah dalam bentuk remah untuk C-organik yaitu $>7\%$, N total yaitu $<6\%$, dan C/N rasio yaitu 8-15% (Balai Penelitian Tanah, 2009). Selain hal tersebut penggunaan biochar aman digunakan dalam jangka panjang. Bila digunakan sebagai pembenah tanah bersama pupuk organik biochar dapat meningkatkan produktivitas serta retensi dan ketersediaan hara bagi tanaman.

Hasil analisis P tersedia diperoleh hasil bahwa perlakuan B3K3 memberikan pengaruh terbaik dibandingkan dengan perlakuan lainnya yang ditunjukkan dengan adanya peningkatan P tersedia dari 6.60 ppm menjadi 14.80ppm. Peningkatan P tersedia tersebut tentunya dipengaruhi oleh kandungan hara P pada biochar serta peningkatan pH oleh kompos. Hal ini sejalan dengan penelitian Muhammad (2019), mengenai penggunaan biochar dan pupuk kandang dalam peningkatan hara P pada tanah ultisol dimana diperoleh hasil kombinasi perlakuan biochar dan pupuk kandang dapat memperbaiki sifat tanah, khususnya peningkatan nilai P tersedia hingga dua kali lipat. Hal ini juga didukung oleh pendapat DeLuca (2009), menyatakan bahwa biochar merupakan sumber langsung dari gram P terlarut dan P yang dapat ditukar karena biochar merupakan ameliator logam pengompleks P (Al^{3+} , Fe^{3+} , Ca^{2+}), pengubah pH tanah serta biochar sebagai promotor aktivitas mikroba dan mineralisasi P. Selain itu, peningkatan ketersediaan P dipengaruhi dengan peningkatan pH tanah, Munawar (2011), menyatakan bahwa P paling banyak tersedia pada rentang pH antara 5.5 dan 6.5.

Berdasarkan analisis Al-dd diperoleh hasil bahwa perlakuan B3K3 memberikan pengaruh terbaik dibandingkan dengan perlakuan lainnya yang ditunjukkan dengan adanya penurunan Al-dd dari 3.80 cmol/kg menjadi 0.88 cmol/kg. Hal ini menandakan bahwa pemberian biochar dan kompos dapat menurunkan kandungan Al dalam tanah. Hal ini sesuai pendapat Ratmini et al. (2018) bahwa dengan pemberian biochar mampu meningkatkan pH tanah, menurunkan konsentrasi aluminium dapat tukar dan menurunkan kemampuan besi dan aluminium oksida dalam mengikat P. Selain itu pemberian kompos selain menaikkan pH tanah sekaligus dapat membebaskan N dan P dari ikatan Al dan Fe. Hal

ini sesuai dengan Rais et al. (2017) menyatakan bahwa pemberian CaCO_3 , dimana kalsium menggantikan ion hidrogen dan aluminium pada kompleks jerapan. Ion hidrogen yang dihasilkan bereaksi dengan karbonat membentuk asam karbonat (H_2CO_3). Asam karbonat yang dihasilkan akan terdisosiasi membentuk CO_2 dan H_2O . Karbon dioksida (CO_2) yang dihasilkan akan lepas ke atmosfer, sehingga hasil akhir dari reaksi kapur ini ion H^+ yang aktifitasnya semakin berkurang dan semakin banyaknya OH dilarutan tanah yang dapat meningkatkan pH tanah. Hal ini didukung oleh penelitian Angelita et al. (2019), mengenai perbaikan kualitas tanah purna tambang nikel dengan penggunaan mikoriza dan biochar TKKS diperoleh hasil bahwa dengan penggunaan mikoriza dan biochar dapat memperbaiki sifat kimia tanah purna tambang nikel dengan meningkatkan pH tanah serta penurunan Al-dd dari 2.61 cmol/kg menjadi 1.58 cmol/kg

Hasil analisis basa-basa dapat tukar, menunjukkan bahwa perlakuan B3K3 memberikan pengaruh terbaik dibandingkan dengan perlakuan lainnya yang ditunjukkan dengan adanya peningkatan Ca, K, dan Na serta penurunan Mg. Berdasarkan hasil analisis rasio Ca/Mg didalam tanah diperoleh rasio tidak seimbang. Ketidakeimbangan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti bahan induk, pH tanah dan perbandingan dengan kation-kation lain dalam tanah. Batuan ultramafik dicirikan dengan kandungan olivin magnesian (Mg_2SiO_4) tinggi dan SiO_2 yang rendah (kurang dari 45 %), selain hal tersebut juga dipengaruhi oleh pH tanah dimana basa-basa dapat tukar ini akan tersedia optimal pada pH 6.5-7.5. Hal ini sesuai pendapat menurut Munawar (2018), unsur-unsur Ca, Mg dan K sebagian besar tersedia pada tanah dengan pH lebih besar dari 6. Ketersediaan unsur juga dipengaruhi oleh perbandingan antara kation-kation, Ca dipengaruhi oleh aktivitas Al dan H yang tinggi, Mg dipengaruhi oleh kandungan K dan Al yang tinggi, K dipengaruhi oleh Ca dan Mg.

2. Parameter Tanaman

Parameter tanaman yang digunakan adalah tinggi tanaman, jumlah daun, berat kering dan daya tumbuh tanaman ditunjukkan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Pengaruh perlakuan terhadap parameter tanaman pada 38 hari setelah tanam (HST)

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun (Helai)	Daya Tumbuh (%)	Berat Kering (g)
BIK1	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00 ^b
BIK2	4.33 ^b	1.00 ^b	1.67 ^a ^b	0.16 ^b
BIK3	4.67 ^b	1.67 ^{ab}	1.33 ^{ab}	0.19 ^b
B2K1	1.17 ^b	0.67 ^b	0.67 ^b	0.06 ^b
B2K2	4.00 ^b	1.67 ^{ab}	2.00 ^{ab}	0.39 ^b
B2K3	3.67 ^b	1.00 ^b	2.00 ^{ab}	0.43 ^b
B3K1	3.33 ^b	1.00 ^b	0.67 ^b	0.14 ^b
B3K2	6.67 ^b	3.67 ^a	2.00 ^{ab}	0.34 ^b
B3K3	15.83 ^a	3.33 ^a	3.67 ^a	1.15 ^a

Perlakuan yang memberikan pengaruh terbaik untuk tinggi tanaman ditunjukkan oleh perlakuan B3K3 (15.83 cm) dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Jumlah daun yang memberikan pengaruh terbaik ditunjukkan oleh perlakuan B3K2 (3.67) dan B3K3 (3.33) dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Perlakuan B3K2 (3.67 %) mempengaruhi daya tumbuh tanaman *cover crop* terbaik

dibandingkan perlakuan lainnya dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Selanjutnya, perlakuan B3K3 (1.15 g) memberikan pengaruh terbaik terhadap berat kering tanaman dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Berdasarkan hasil pengamatan parameter tanaman pada 38 HST menunjukkan bahwa perlakuan yang memberikan hasil terbaik pada parameter tinggi tanaman, jumlah helai daun, persentase daya tumbuh, dan bobot kering tanaman ditunjukkan oleh perlakuan B3K3. Hal tersebut dipengaruhi oleh adanya penambahan biochar dan kompos dimana biochar dan kompos mengandung unsur hara esensial serta mampu meningkatkan pH tanah serta menambah unsur Ca, dan ketersediaan P serta mengurangi keracunan Fe, Mn dan Al. Biochar selain mengandung unsur hara makro dan mikro juga mampu memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah, biochar mampu meningkatkan pH, C organik, P tersedia, N total dan KTK tanah.

Ketersediannya unsur hara dan kation-kation yang terdapat dalam tanah dipengaruhi oleh akibat penambahan biochar. Menurut Tambunan et al. (2014), sebagian besar kation-kation Ca^{2+} , Mg^{2+} dan K^{+} yang ada dalam tanah ber biochar tidak terikat oleh gaya elektrostatis, tetapi sebagai garam terlarut oleh karena itu mudah tersedia dan diserap oleh tanaman. Hal tersebut juga didukung oleh penelitian Tarigan dan Nelvia (2020), mengenai pengaruh pemberian biochar tandan kosong kelapa sawit dan mikoriza terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis dengan pemberian biochar tandan kosong kelapa sawit dan mikoriza memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan tanaman. Penelitian lainnya dilakukan oleh Muhammad (2019), mendapatkan hasil dengan penambahan biochar dan pupuk kandang memberikan pengaruh yang sangat baik terhadap tinggi tanaman, berat segar tanaman dan berat kering tanaman.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian Tahun ke-2 ini, yaitu penggunaan biochar 7.5% bobot tanah dan asam humat dari ekstraksi kompos 4.5 ton/ha memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap sifat kimia tanah purna tambang nikel dan pertumbuhan tanaman *Mucuna* sp. Penggunaan biochar dan asam humat kompos terbukti efektif meningkatkan pH tanah, C- organik, KTK, P tersedia dan basa-basa dapat tukar serta menurunkan kandungan Al-dd pada tanah purna tambang nikel.

D. **STATUS LUARAN:** Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta unggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui Simlitabmas.

Luaran wajib yang dijanjikan dalam penelitian Tahun ke-2 adalah artikel yang diterbitkan di jurnal internasional yang bereputasi (1 artikel). Selain itu, ada luaran tambahan berupa 1 artikel yang diterbitkan di jurnal internasional. Draft artikel tersebut dibuktikan dengan hasil unggah file artikel melalui Simlitabmas. Luarannya wajib sudah disubmit pada Journal of Ecological Engineering. Artikel ke-2 sebagai luaran tambahan telah diterima di Sustainable Agriculture Research Journal (bukti accepted terlampir)

E. **PERAN MITRA:** Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUP). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui Simlitabmas.

Tidak ada.

F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Kendala yang ditemui dalam penelitian ini adalah keterbatasan untuk akses melakukan riset ke areal reklamasi purna tambang Nikel PT Vale Indonesia akibat aturan prosedur selama pandemi covid-19. Penelitian Tahap ke-2 rencananya akan dilaksanakan di areal reklamasi pasca tambang Nikel di Sorowako Sulawesi Selatan, namun dialihkan ke *experimental farm* Universitas Hasanuddin, Makassar. Contoh tanah pasca tambang Nikel diperoleh dari hasil survei tim secara terbatas ke areal reklamasi dan dibawa ke Makassar untuk dilaksanakan penelitian di *green house* Unhas. Kendala berikutnya adalah keterbatasan waktu dalam menganalisis tanah hasil penelitian yang disebabkan Laboratorium untuk menganalisis tanah dan tanaman setelah penelitian dibatasi aktivitas yang bisa dilakukan, sehingga durasi analisis menjadi lebih lama.

G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA: Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Jika laporan kemajuan merupakan laporan pelaksanaan tahun terakhir, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

Penelitian Tahun ke-3 masih dibutuhkan untuk menguji efektivitas perlakuan biochar, kompos dan mulsa yang bersumber dari bahan tandan kosong kelapa sawit yang akan sangat dibutuhkan dalam memulihkan kesuburan tanah marjinal seperti tanah bekas tambang Nikel yang memiliki banyak kendala baik secara fisik maupun kimia kesuburan tanah. Perlakuan yang telah dilakukan pada Tahun 1 dan ke-2 menunjukkan adanya potensi perbaikan kesuburan tanah pasca tambang namun butuh untuk evaluasi dosis perlakuan, jenis tanaman parameter, teknis/cara pemberian/penempatan. Selain itu, dibutuhkan uji coba berbagai tanaman penutup tanah untuk menentukan rekomendasi tanaman yang lebih cepat dan lebih banyak menghasilkan biomassa hijau, bahan organik dan berfungsi sebagai fitoremediasi. Hasil riset ini akan sangat bermanfaat dalam memberi informasi dan rekomendasi pengelolaan tanah pasca tambang Nikel kepada perusahaan tambang yang akan merehabilitasi lahan untuk bisa dimanfaatkan kembali oleh masyarakat sekitar area tambang.

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan kemajuan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Angelita, T.K., B Rasyid., Rismaneswati. 2019. Perbaikan kualitas tanah purna tambang nikel dengan penggunaan mikoriza dan biochar tandan kosong kelapa sawit. Jurnal Ecosolum. Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar. Doi: 10.20956/ecosolum.v9i1.7250.
2. Balai Penelitian Tanah. 2009. Petunjuk Teknis Edisi 2 Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian: Bogor.
3. Cheng, C.H., Lehman J., Janice ET., Sarah. DB. Mark HE. 2006. Oxidation of Black Carbon by Biotic and Abiotic Processes. Organic Geochemistry. 37 (2016) 1477-1488 Elsevier. Ltd. All rights reserved. doi:10.1016/j.orggeochem.2006.06.022
4. DeLuca T.H., Derek M., Michael J.G. Biochar Effects on Soil Nutrient Transformations. Earthscan publishing for a sustainable future. UK and USA.
5. Lehmann, J. Stephan J. Biochar for Environmental Management Science and Technology.

2009. ISBN 978-1-84407-658-1. Earthscan publishing for a sustainable future. UK and USA.
6. Munawar. 2018. Kesuburaan Tanah dan Nutrisi Tanaman. ISBN 978-979-493-325-1. IPB Press: Bogor.
 7. Rais, M. Alida L., Supriadi. 2017. Pengaruh Tepung Cangkang Kepiting Terhadap pH tanah dan Al-dd Pada Tanah Ultisol. Jurnal Agroekoteknologi. FP USU. Vol 5 No 1, Januari 2017 (18): 138-143. E-ISSN No. 2337-6597.
 8. Ratmini, N.P., Yuana J., Priatna S. 2018. Pemanfaatan Biochar untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Sub Optimal. ISBN 978-979-587.801-8. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Selatan: Palembang.
 9. Rowley, M.C., Stephanie G., Thierry A., Eric PV., A cascading influence of calcium carbonate on the biogeochemistry and pedogenic trajectories of subalpine soils, Switzerland. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.114065>. Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license.
 10. Setiawan, A.Y. Wisnu E.M., Titiek I. 2018. Pengaruh Pemberian Tiga Jenis dan Dosis Biochar Pada Pertumbuhan dan Hasil Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.). Jurnal Produksi Tanaman. Vol. 6 No 6. ISSN 2527-8452.
 11. Steiner, C. 2007. Soil Charcoal Amendments Maintain Soil Fertility and Establish a Carbon Sink Research and Prospect. In: Soil Ecology Research Developments. ISBN 978-1-60021-971-9. Nova Science Publishers, Inc
 12. Tambunan, S. Eko H., Bambang S. 2014. Pengaruh Aplikasi Bahan Organik Segar Dan Biochar Terhadap Ketersediaan P Dalam Tanah Di Lahan Kering Malang Selatan. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan. Vol 1 No 1 : 89-98, 2014.
 13. Tarigan, A.D., Nelvia. 2020. Pengaruh pemberian biochar tandan kosong kelapa sawit dan mikoriza terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis di tanah Ultisol. Jur. Agroekotek. 12 (1) : 23 – 37, Juli 2020. Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Riau.

Dokumen pendukung luaran Wajib #1

Luaran dijanjikan: Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi

Target: Accepted

Dicapai: Accepted

Dokumen wajib diunggah:

1. Naskah artikel
2. Surat keterangan accepted dari editor

Dokumen sudah diunggah:

1. Naskah artikel
2. Surat keterangan accepted dari editor

Dokumen belum diunggah:

- Sudah lengkap

Nama jurnal: Journal of Ecological Engineering (JEE)

Peran penulis: first author | EISSN: 2299-8993

Nama Lembaga Pengindek: Scopus

URL jurnal: <http://www.jeeng.net/>

Judul artikel: Using of oil palm empty fruit bunch compost and mycorrhizae arbuscular for improving the fertility of nickel post-mining soil

Using of oil palm empty fruit bunch compost and mycorrhizae arbuscular for improving the fertility of nickel post-mining soil

Type

Research paper

Keywords

post nickel mining soil, oil palm empty fruit bunches, mycorrhizae, compost, cover crop

Abstract

The nickel post-mining soil with an open-pit mining system has poor soil chemical and physical properties so that it requires appropriate site-specific management so that it can be optimized as a plant cultivation area. This study aims to analyze the effectiveness of compost from oil palm empty fruit bunches (OPEFB) and mycorrhizal vesicular-arbuscular (MVA) in improving soil fertility of nickel post-mining soil. This study was conducted using a randomized block trial design with 2 factors. The first factor is compost with 3 treatments consisting of 5 t ha⁻¹ (K1), 7.5 t ha⁻¹ (K2), 10 t ha⁻¹ (K3) and the second factor was mycorrhiza (M) in the fine-crushed brick carrier media as many as 3 treatments consisting of 2 t ha⁻¹ (M1), 4 t ha⁻¹ (M2), 6 t ha⁻¹ (M3). A total of 9 treatment combinations were repeated 3 times arranged in experimental pots at the Experimental Farm of Hasanuddin University, South Sulawesi, Indonesia. The results showed that the compost and MVA treatments had a significant effect on increasing the average values of cation exchange capacity, organic carbon, available P₂O₅, calcium and magnesium exchangeable, and decreasing exchangeable aluminium and iron. The highest soil properties values were found in the combination of compost 10 t ha⁻¹ (K3) and MVA 6 t ha⁻¹ (M3). The application of compost from OPEFB combined with MVA significantly improved soil fertility, which was indicated by improving soil chemical and biological properties. The application of MVA at various doses had a significant effect on the dry weight, root length of *Calopogonium mucunoides* and increase the number of MVA spores in the soil.

Using of oil palm empty fruit bunch compost and mycorrhizae arbuscular for improving the fertility of nickel post-mining soil

Risma Neswati^{1*}, Bobby Dirgantara Hanafie Putra¹, Muh. Jayadi¹, Andri Ardiansyah²

¹Department of Soil Science, Hasanuddin University, Indonesia

²Reclamation and Rehabilitation PT Vale Indonesia Tbk., Indonesia

*Corresponding author email: neswati76@gmail.com

ABSTRACT

The nickel post-mining soil with an open-pit mining system has poor soil chemical and physical properties so that it requires appropriate site-specific management so that it can be optimized as a plant cultivation area. This study aims to analyze the effectiveness of compost from oil palm empty fruit bunches (OPEFB) and mycorrhizal vesicular-arbuscular (MVA) in improving soil fertility of nickel post-mining soil. This study was conducted using a randomized block trial design with 2 factors. The first factor is compost with 3 treatments consisting of 5 t ha⁻¹ (K1), 7.5 t ha⁻¹ (K2), 10 t ha⁻¹ (K3) and the second factor was mycorrhiza (M) in the fine-crushed brick carrier media as many as 3 treatments consisting of 2 t ha⁻¹ (M1), 4 t ha⁻¹ (M2), 6 t ha⁻¹ (M3). A total of 9 treatment combinations were repeated 3 times arranged in experimental pots at the Experimental Farm of Hasanuddin University, South Sulawesi, Indonesia. The results showed that the compost and MVA treatments had a significant effect on increasing the average values of cation exchange capacity, organic carbon, available P₂O₅, calcium and magnesium exchangeable, and decreasing exchangeable aluminium and iron. The highest soil properties values were found in the combination of compost 10 t ha⁻¹ (K3) and MVA 6 t ha⁻¹ (M3). The application of compost from OPEFB combined with MVA significantly improved soil fertility, which was indicated by improving soil chemical and biological properties. The application of MVA at various doses had a significant effect on the dry weight, root length of *Calopogonium mucunoides* and increase the number of MVA spores in the soil.

Keywords: post nickel mining soil, oil palm empty fruit bunches, mycorrhizae, compost, cover crop

Introduction

Mining activities affect the ecosystem and have an impact on decreasing land function and productivity as well as life associations that will be lost and difficult to replace. This is of course caused by mining activities starting from land clearing and then dredging (open cast) which can have a negative impact on the ecosystem (Kumar, 2013; Chen et al., 2011)) so that land rehabilitation must be carried out immediately. Many cases of mining around the world cause soil to be contaminated with metallic materials (Navarro et al., 2008; Nakajima et al., 2017) and suffer physical damage and a decrease in soil fertility quality (Ghose, 2004; Adetunji et al., 2020; Kumar, 2013; Sembiring, 2008), including nickel post mining soil located in South Sulawesi Province, Indonesia. Nickel post mining soils made formed from ultra-mafic nickel have lower potential compared to other developing soils, because these soil reaction acidic to very acidic, and have low cation exchange capacity (Allo, 2016). One of the efforts to manage soil damage caused by mining is the planting of legume cover crop (LCC) (Prayogo, 2018), the use of compost (Mahyudin et al., 2020; Zaeni et al., 2021) and application of arbuscular vascular mycorrhizae (MVA) (Ghaida, 2020). LCC plants are able to live on damaged soil and are able to improve the physical and chemical properties of the soil (Prayogo, 2018) including nickel post mining soil (Sarrantonio & Gallandt, 2003; Nakhone & Tabatabai, 2008). Types of LCC that are widely planted in post-mining areas include *Calopogonium*

44 *mucunoides*, *Mucuna sp*, *Sesbania sp*, *Flemingia sp*, *Tephrosia sp* which are useful for protecting the
45 soil from erosion damage. In addition to LCC planting, application of organic fertilizers such as
46 compost that comes from agricultural waste such as oil palm empty fruit bunches (OPEFB) can
47 improve soil fertility (Hastuti & Rohmiyati, 2020; Gandahi & Hanafi, 2014). The OPEFB compost
48 contains many types of nutrients such as carbon (C), nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K),
49 calcium (Ca) and magnesium (Mg) and can be used as a potential source of organic matter (Soil
50 Research Institute, 2010; Hastuti & Rohmiyati, 2020).

51 Mycorrhizae Vesicular Arbuscular (MVA) plays a role in improving the physical properties
52 of the soil. According to Wright & Uphadhyaya (1998) in Musfal (2010), MVA through its external
53 roots produces glomalin glycoprotein compounds and organic acids that will bind soil grains into
54 micro aggregates. The use of arbuscular mycorrhizal fungi as biological agents is an environmentally
55 friendly biological approach and has been widely developed in the fields of forestry, agriculture and
56 plantations (Husna et al., 2021; Ghaida et al., 2020). The advantages obtained by the use of MVA are
57 that they does not cause environmental pollution, and also play an active role in the nutrient cycle
58 (Herawati et al., 2021). Plants that have been infected with MVA, will benefit for the life of the plant.

59 Methodology

60 The study was conducted using a randomized block design experimental method with 2 factors,
61 namely OPEFB compost factor with 3 levels K1 (5 t ha⁻¹, K2 (7.5 t ha⁻¹) and K3 (10 t ha⁻¹) and
62 mycorrhizal factors in the carrier media (bricks fine-crushed) as much as 3 levels, namely M1 (2 t ha⁻¹,
63 M2 (4 t ha⁻¹) and M3 (6 t ha⁻¹), there were 9 treatment combinations which were repeated 3 times
64 to obtain 27 experimental units. Soil samples were obtained from the nickel mine of PT Vale
65 Indonesia (PTVI) located in Sorowako Village, Nuha District, East Luwu Regency at coordinates
66 121°21'11.838" E and 02°33'0.965" S as shown in Figure 1. The number of spores in the carrier media
67 of fine-crushed bricks is 241 per 100 g of soil. The study was conducted in the Experimental Farm of
68 Hasanuddin University, Indonesia. OPEFB compost is made using the Berkeley method, which is to
69 pile compost materials on top of the soil with effective microorganisms added, then the pile is closed
70 to speed up the composting process with increasing temperature, so it is called hot composting. Ripe
71 compost is obtained after 1 month of stacking and stirring periodically. Soil sample analyzed at the
72 Laboratory of Chemistry and Soil Fertility, Department of Soil Science, Hasanuddin University. The
73 methods used in the analysis of soil properties include: soil pH (pH meter), C-organic (Walkley &
74 Black), CEC and the amount of exchangeable bases (Ca, Mg, K and Na) (titration of NH₄OAc pH
75 7.0), P-available (Bray 1), Fe and Al-exchangeable (Atomic Absorption Spectrophotometer). Spore
76 density analyzed using the wet sieved method. Parameters of *Calapogonium mucunoides* plants that
77 were measured were: dry weight of plants, root length and root volume at 49 day after planting
78 (DAP). The data obtained were analyzed by using analysis of variance with a confidence level of
79 95%; Tukey HSD was conducted with a confidence level of 95%.

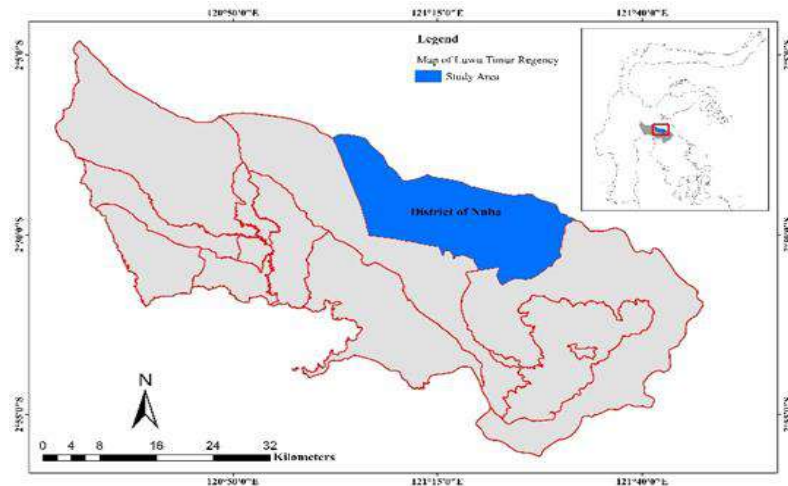


Fig 1. Soil Sampling Location

Results & Discussion

This study uses the post-nickel topsoil from the reclamation area obtained from the post-mining area of a nickel mining company in South Sulawesi, Indonesia. The results of soil properties analysis of the the post-nickel soil sample are shown in Table 1.

Table 1. The results of the analysis of the chemical properties of the post-nickel mine site of the study

Soil Characteristics	Value	Criteria*
pH (soil reaction)		
• H ₂ O	5.47	Slightly acid
• KCl	5.79	Slightly acid
C-Organic (SOC)	0.63%	Very low
Cation exchange capacity (CEC)	14.51 cmol kg ⁻¹	Low
Exchangeable basic cations		
• Ca	3.83 cmol kg ⁻¹	Low
• Mg	6.67 cmol kg ⁻¹	High
• K	0.22 cmol kg ⁻¹	Low
• Na	0.21 cmol kg ⁻¹	Low
Available P	6.60 ppm	Low
Al-exch.	3.80 cmol kg ⁻¹	Very high
Fe-exch.	51.23 ppm	Very high

*Criteria according to the Balai Penelitian Tanah (2009)

The results of the initial soil analysis before treatment showed that the post nickel mining soil had low soil fertility as shown by the value of soil fertility parameters such as pH which was classified as slightly acidic, C-organic was very low, CEC and P available were low, the number of cations Mg>Ca and very high levels of Fe-exch and Al-exch. According to Umarternate et al. (2014) acid soils with pH < 5.5 are dominated by Fe³⁺ and Al³⁺ cations which will affect the availability of P. In acid soils, the availability of P in rare earths exceeds 0.01% of the total P. Most of the P forms are bound by soil colloids so that they are not available to plants (Umaternate et al., 2014). The analysis results of the nickel post-mining soil showed that the CEC value of the soil was low (< 16 cmol kg⁻¹). This is closely related to the dominant soil-forming factors in this region, which are ultramafic

parent materials and the high rainfall and temperature factors that result in intensive weathering and leaching processes in this region. As a result, the organic matter content becomes low (<1%) and the soil pH is acidic.

Effect of treatments on soil chemical properties

Compost treatment had a significant effect on the average increase of SOC (Fig. 2) and the highest was found in the compost treatment (K3) worth 1.41% which was significantly different from K1 (1.15%) and K2 (1.22%). The percentage of SOC obtained is still relatively low according to the criteria of the Balai Penelitian Tanah (2009). However, when compared with the results of the initial soil analysis before being treated, which was 0.63%, the average C-organic data after treatment which had increased >1% already showed a good effect from the addition of organic matter (compost). According to Hakim (2006); Riniarti et al., (2012), the application of organic matter into the soil, in addition to increasing organic matter in the soil, can also maintain the organic matter already in the soil. Compost treatment also increases SOC in the soil because OPEFB compost also contains C, K, N, P, and Mg nutrients which can help improve SOC in post-mining soil. The result study of Susanto et al. (2005) showed that the nutrients contained in OPEFB compost are 42.8% C; 0.80% K₂O; 2.90% N; 0.22% P₂O₅; 0.30% Mg; 100 ppm B; 23 ppm Cu; and 51 ppm Zn.

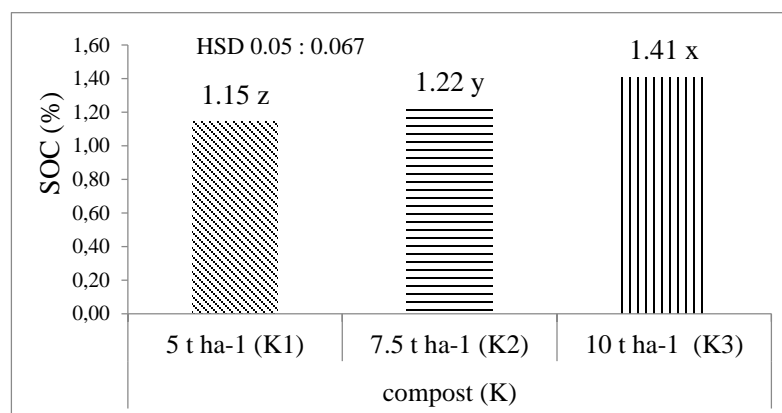


Fig 2. Effect of OPEFB compost on SOC

The effect of adding OPEFB compost was also significant for the increase in soil cation exchange capacity (CEC) parameters and the highest average soil CEC was found in treatment (K3) 10 t ha⁻¹ of 19.67 cmol kg⁻¹ which was significantly different from K1 and K2 treatments as shown in Figure 3. If it is adjusted to the criteria of the Soil Research Institute (2009), the CEC value of this land is classified as moderate. These results indicate that the K3 treatment (10 t ha⁻¹) significantly affected the increase in the CEC value of the soil which was initially 14.51 cmol kg⁻¹. This indicates that the increase in soil CEC value is strongly influenced by the addition of OPEFB compost. This is in accordance with the opinion of Widijanto et al. (2007) which states that organic fertilizer can increase soil CEC. The increase in soil CEC is correlated with the increase in SOC, the higher SOC, the higher the CEC (Hakim et al., 1986).

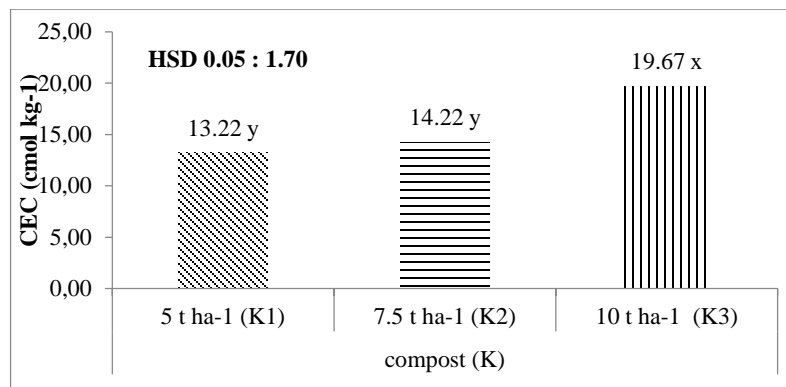


Fig. 3. Effect of TKSS compost on soil CEC

The results of this study also showed that the effect of compost and MVA treatment was very significant on increasing the available P value of the soil including the interaction effect of compost and MVA as shown in Fig. 4. The results of the 95% HSD Tukey test as shown in Figure 4 indicate that the K3M3 treatment produced the highest average available P, which was 17.49 ppm and was significantly different from other treatments. The increase in available P is certainly influenced by the P nutrient content in OPEFB compost. According to Ningtyas & Lia (2010), OPEFB compost contains macro nutrients, namely 2.15% for N-Total; 1.54% for P₂O₅; 0.15% for K₂O; and contains a small amount of micro elements such as Cu, Zn, Mn, Fe, Bo and Mo. Gandahi & Hanafi (2014) stated that the availability of P increases in the soil due to the direct addition of organic matter and the result of the mineralization process of organic matter so that it can release fixed P.

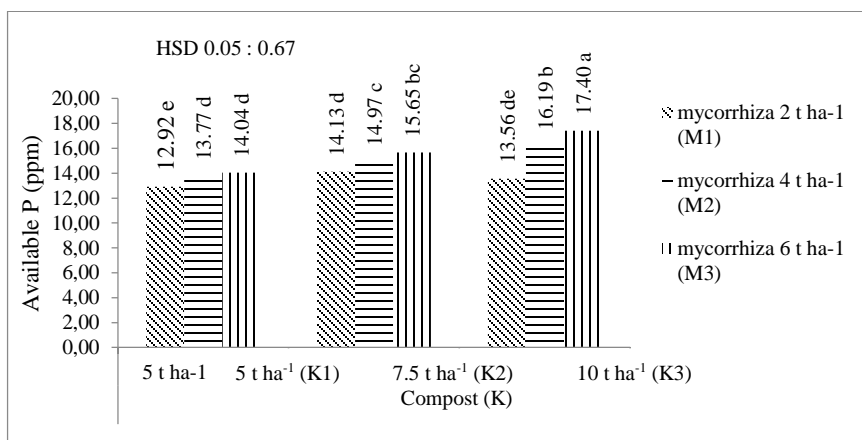


Fig. 4. Effect of OPEFB and MVA compost on the soil available-P

Furthermore, the results of the analysis of variance showed that there was a very significant interaction between compost and MVA treatments on the average Ca-Exch as shown in Figure 5. The results of the 95% HSD Tukey test showed that the compost treatment was 10 t ha⁻¹ and mycorrhizal 6 t ha⁻¹ (K3M3) resulted in the highest Ca-exch average of 3.33 cmol kg⁻¹ and was significantly different from other treatments. The Ca-exch data after treatment showed a lower value than the results of soil analysis before treatment, namely 3.83 cmol kg⁻¹. The decrease in the value of Ca can be caused by Ca being exchanged or absorbed by plant roots either through root interception or mass flow, and can be caused by the acidity of the post-nickel mining soil which is classified as slightly acidic.

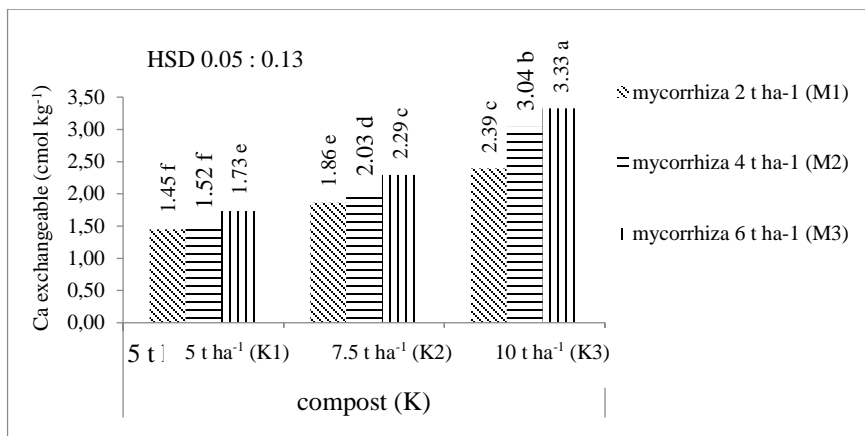


Fig. 5. Effect of OPEFB and MVA compost treatment on soil Ca- exchangeable

In addition, the effect of compost treatment also significantly affected Mg-exch levels as shown in Figure 6. The results of the 95% HSD Tukey test showed that the compost treatment of OPEFB 10 t ha⁻¹ (K3) produced the highest Mg-exch average of 4.88 cmol kg⁻¹ and significantly different from other treatments. The results obtained showed a decrease in the value of Mg with increasing compost dose. The results of soil analysis at the beginning of the research showed that the Mg value of 6.67 cmol kg⁻¹ which was classified as low had decreased to 4.88 cmol kg⁻¹. The decrease in Mg-exch levels in the soil can be caused by magnesium being lost with percolation water, magnesium being absorbed by plants or other living organisms, being adsorbed by clay particles and deposited into secondary minerals. Hakim et al. (1986) stated that the availability of magnesium for plants will be reduced in soils that have high acidity.

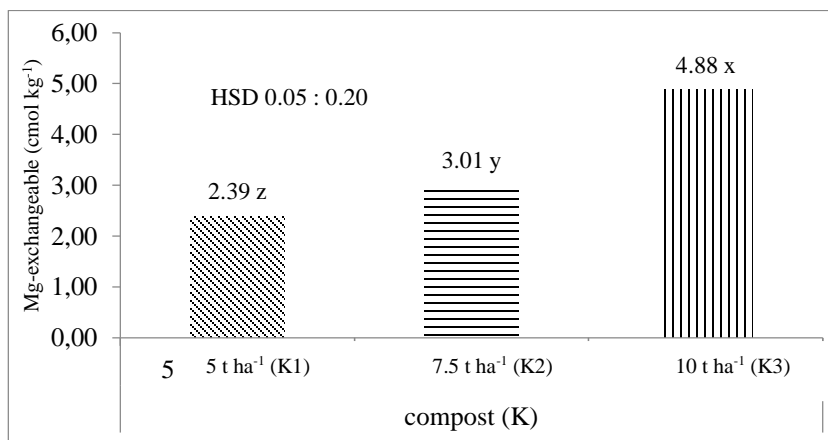


Fig.6. Effect of OPEFB compost on soil Mg-exchangeable

The results of the analysis showed that there was a very significant interaction between OPEFB and MVA compost treatment on the K-exch. The results of the 95% HSD Tukey test showed that the compost treatment of 5 t ha⁻¹ and MVA 2 t ha⁻¹ (K1M1) produced the highest K average of 0.33 cmol kg⁻¹ and was significantly different from other treatments (Figure 7). The results of the initial analysis of the soil samples showed that the K content of the soil was 0.22 cmol kg⁻¹ (which was low) and increased to 0.33 cmol kg⁻¹. This increase in K value can be influenced by the addition of OPEFB compost. This is in line with the opinion of Suherman (2007) that OPEFB compost is organic material that contains the main nutrients N, P, K and Mg and contains micro nutrients. This statement is reinforced by the opinion of Rosmimi (2000) who says that compost given

to the soil will decompose to produce compounds and nutrients that are available to plants. The nutrient content of OPEFB compost also helps provide nutrients to post-mining soil which is classified as nutrient-poor. The K value of the soil also depends on the CEC value of the soil.

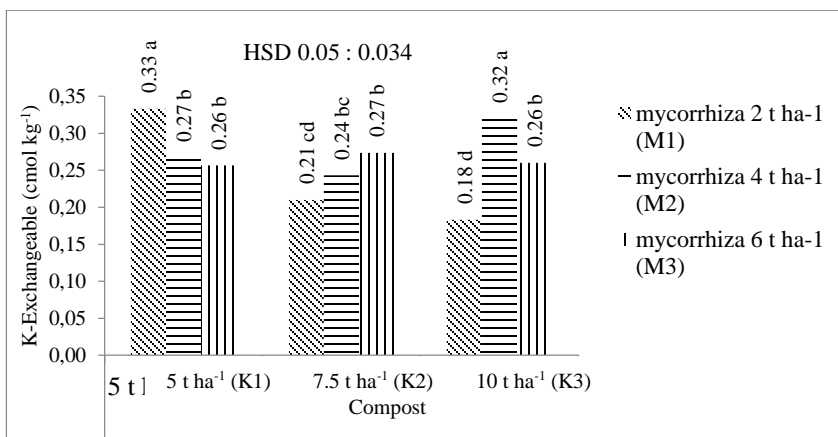


Fig. 7. Effect of OPEFB compost on soil K-Exchangeable

The effect of compost treatment and MVA was significant to increase the average Na-Exch of the soil. The results of the 95% HSD Tukey test showed that the compost treatment 10 t ha⁻¹ and mycorrhizal 6 t ha⁻¹ (K3M3) produced the highest average Na-Exch (0.30 cmol kg⁻¹) and was significantly different from other treatments (Figure 8). Based on Table 5, it is known that the best average value for exchangeable sodium is the K3M3 treatment with a value of 0.30 cmol kg⁻¹ and is significantly different from the other treatments. This value also shows that there is an increase in the initial value of Na-exch before being treated which is relatively low.

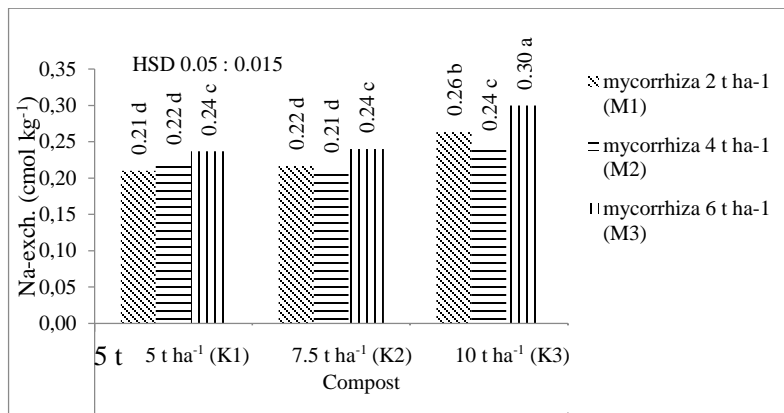


Fig. 8. Effect of OPEFB compost and MVA on soil Na-Exchangeable

Compost and MVA treatment had a significant effect on the decrease in Al-exch value. Analysis of variance showed that there was a very significant interaction between compost and MVA treatment on the average Al-exch. The results of the 95% HSD Tukey test showed that the compost treatment of 10 t ha⁻¹ and MVA 6 t ha⁻¹ (K3M3) resulted in the lowest Al-exch average of 0.80 cmol kg⁻¹ (Figure 9). The lowest Al-exch value was shown in the K3M3 treatment with a value of 0.8 cmol kg⁻¹ which was significantly different from the other treatments. This value indicates that there is a decrease in the value of Al-exch compared to the value before being treated with 3.80 cmol kg⁻¹. This indicates that the addition of OPEFB compost and MVA can reduce the aluminum content in the soil. This is in correlate with the opinion of Tan (2010) which states that compost can reduce exchangeable Al because composting into the soil will produce organic acids that form chelating

compounds with free Al in the soil so that the exchanged Al can decrease. The amount of aluminum that can be tolerated by most plants is $<1 \text{ cmol kg}^{-1}$. Aluminum is one of the supporting nutrients that can cause soil poisoning around plant roots so that it can inhibit plant growth and development. According to Foy *in* Rout et al. (2001), Al causes disruption of cell division in the root cap and lateral roots and causes an increase in cell rigidity through the formation of pectin cross-links in the cell wall, and reduces DNA replication through increased double chain rigidity. Al cations occupy mineral soils that have a $\text{pH} < 5.0$, most of which colloidal complexes are negatively charged (Hanafiah, 2010).

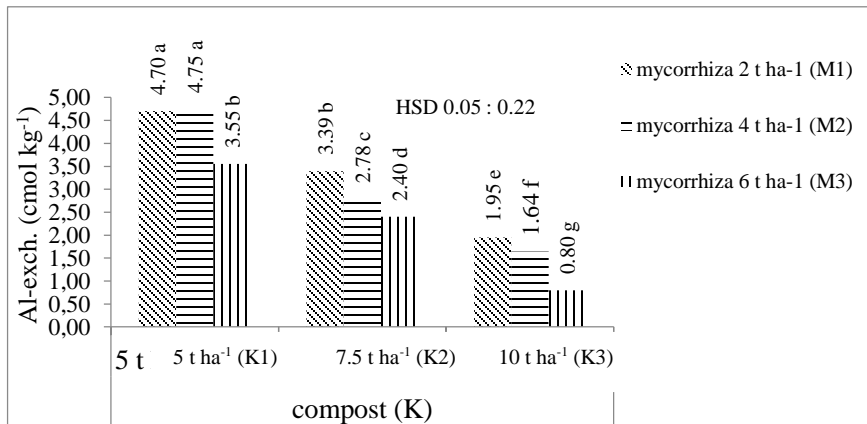


Fig. 9. Effect of OPEFB compost and MVA on soil Al-exchangeable

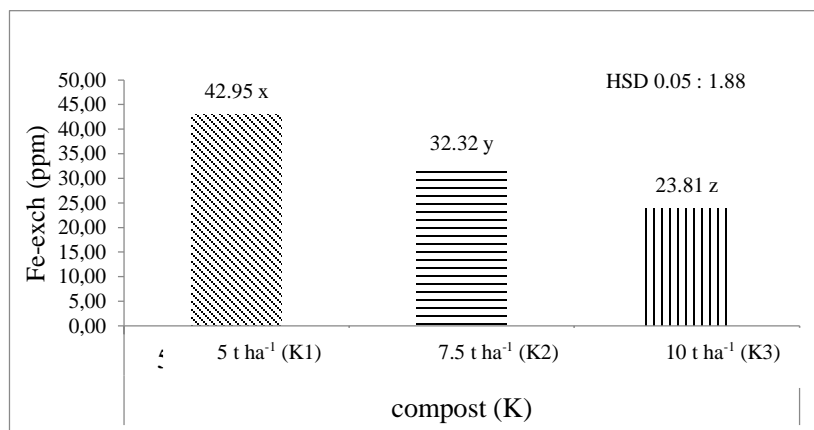


Fig. 10. Effect of OPEFB compost on soil Fe-exchangeable

In addition to the significantly decreased Al-exch content, the chemical parameter of the soil that decreased with the compost treatment was Fe-exch. Analysis of variance showed that the treatment of OPEFB compost had a significant effect on reducing soil Fe-Exch levels (Figure 10). The results of the 95% Tukey test showed that the compost treatment of compost 10 t ha^{-1} (K3) produced the lowest average Fe-exch of 23.81 ppm. When compared with the value of Fe-dd before treatment which was 51.23 ppm which was classified as very high, all compost and MVA treatments had a significant effect on the decrease in Fe-Exch.

Effect of treatments on plant growth of *Calopogonium mucunoides*

The results showed that the MVA treatment had a significant effect, while the OPEFB compost treatment and its interactions had no significant effect on the average dry weight of *Calopogonium mucunoides*. The results of the 95% Tukey test showed that the MVA treatment of 6 t ha⁻¹ (M3) produced the highest average dry weight of the plant, which was 0.97 g and was significantly different from other treatments. Mycorrhizae are structures formed due to mutualistic symbiotic associations between soil fungi and roots of higher plants, and there are five benefits of mycorrhizae for the development of the plants they host, namely increasing nutrient absorption from the soil, as a biological barrier against root pathogen infection, increasing host resistance to drought, increase growth-promoting hormones, and ensure the implementation of biogeochemical cycles. In this symbiotic relationship, the fungus gets nutritional benefits (carbohydrates and other growth substances) for its life needs from plant roots (Noli et al., 2011). The use of OPEFB compost and MVA can increase plant growth and improve the availability of nutrients in the soil. *Calopogonium mucunoides* is better able to grow and live in dry stress so that mycorrhizae can increase the ability of plants to grow and survive in conditions that lack water because of decreased osmotic potential and increased osmotic pressure which can interfere with mycorrhizal activities. Mycorrhizae then enter and live in or between the cortex of secondary roots (Begum et al., 2019)

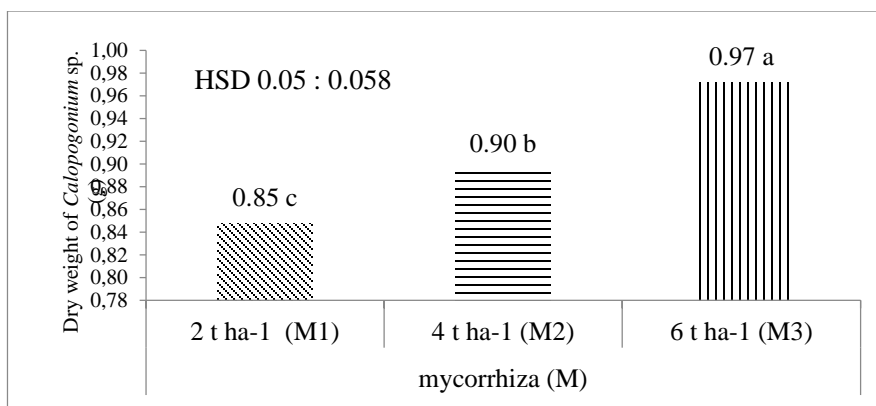


Fig. 11. Effect of MVA on plant dry weight of *Calopogonium mucunoides*

The results of the 95% HSD Tukey test showed that the MVA treatment of 6 t ha⁻¹ (M3) produced the highest average plant root length of 10.19 cm and was significantly different from other treatments. Analysis of variance showed that compost and MVA treatments and their interactions had no significant effect on the average root volume of plants (Figure 13). Figure 13 shows that the compost treatment of 10 t ha⁻¹ and MVA 6 t ha⁻¹ (K3M3) resulted in the highest average root volume of 2.50 cm³. The results of this study are in line with the opinion of Charisma et al. (2012) that mycorrhizae can stimulate root formation which has the ability to increase the speed of plant growth which causes healthy roots. Mycorrhizae can also increase the suction surface area of the root system. The increase in root volume was thought to be due to VMA being able to absorb available nutrients in the soil. This is in line with the opinion of Goltapeth et al. (2013) who said that MVA is one of the soil microorganisms that can assist in the nutrient cycle. The long and fine hyphae structure can penetrate into the soil to absorb water, macro and micro nutrients that cannot be reached by plant roots. The use of mycorrhizae in combination treatment not only helps plant roots in nutrient absorption, but can also improve post-mining soil properties. Suharno & Suncayaningsih dan Suharno (2013) also found that MVA can also assist in the photo-remediation process on soil contaminated with heavy metals.

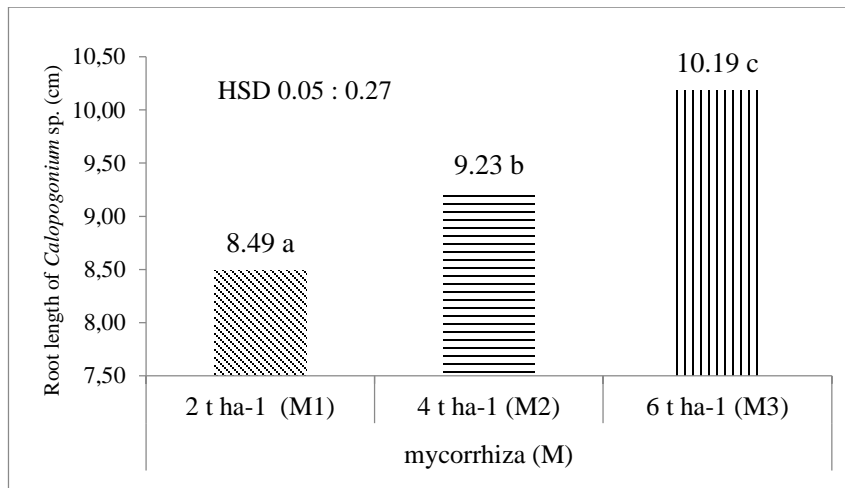


Fig. 12. Effect of MVA on root length of *Calopogonium mucunoides*

Infection and spores observation of MVA

The results of the observation of the percentage of MVA infection on the roots of the plant *Calopogonium mucunoides* showed that the treatment with the highest average percentage of mycorrhizal infections was the M3 treatment with a value of 33.33%, followed by M2 13.33% and M1 3.33%. These results were in line with the length of the plant roots which increased along with the increase in the dose of MVA, where the highest was found in the M3 treatment. Dewi (2007) said that the high percentage of mycorrhizal infection will extend and also expand the roots in the soil so that the root range to absorb nutrients will increase.

The results of observations on the number spores of *Acalauspora* sp. per 100 g of soil (Table 2) showed that each soil sample has a different number and morphotype. The dominant morphotype of *Acalauspora* sp. which found in the soil after treatments are shown in Figure 13. The difference in the number of MVA spores is thought to be due to the different combinations of treatment doses given that affect the chemical and physical properties of the soil. Samsi et al. (2017) stated that the distribution of mycorrhizae was influenced by several factors, including the physical and chemical properties of the soil.

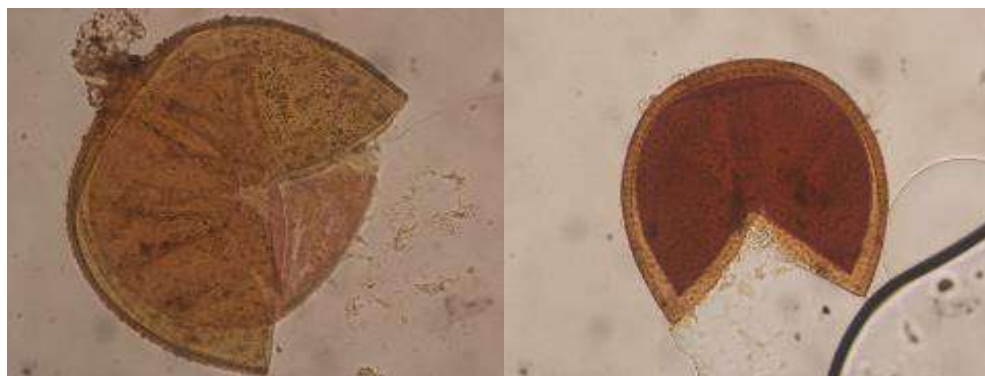


Fig. 13. Morphotype *Acalauspora* sp . dominantly found in the soil

Table 2. Density of VMA spores per 100 g of soil

Treatment	Morphotype	Spore Count	Total
K1M1	Small Yellow Round	5	5
K1M2	Small Yellow Round	6	6
K1M3	Small Yellow Round	9	9
K2M1	Small Yellow Round	4	4
K2M2	Small Yellow Round	23	23
K2M3	Small Yellow Round	25	25
K3M1	Small Yellow Round	16	16
K3M2	Small Yellow Round	7	9
	Small Clear Round	2	
K3M3	Small Yellow Round	99	99

Based on the data in Table 2, it can be seen that the highest VMA spore density was in the K3M3 treatment, namely the dose of OPEFB compost 10 t ha⁻¹ and MVA 6 t ha⁻¹ found 99 spores per 100 g of soil. The high number of spores in the K3M3 soil sample was thought to be due to more suitable environmental conditions such as the P content in the soil that supported the development of mycorrhizae. The high spore population is thought to be due to more suitable, optimal and compatible environmental conditions in supporting the growth and development of spores (Puspitasari et al., 2012). Furthermore, the distribution of mycorrhizae was influenced by many factors such as, soil type, P and N nutrients, water, pH, and soil temperature (Nurhalimah et al, 2013; Abdullah et al., 2020).

Conclusion

The results of this study can be concluded that the use of OPEFB compost 10 t ha⁻¹ and MVA 6 t ha⁻¹ (K3M3) is significant in improving the chemical properties of soil fertility after nickel mining which is characterized by an increase in C-organic, CEC, P- available and exchangeable bases (Ca, Mg, K, Na) and reduce the Al-dd and Fe-dd content in the soil. The use of a combination of OPEFB and mycorrhizal (MVA) compost in various doses gave a significant effect on plant dry weight and root length of the ground cover plant *Calopogonium mucunoides*.

Acknowledgment

The authors are thankful to the Ministry Education, Culture, Research and Technology for providing research funds by the Penelitian Dasar Scheme and PT Vale Indonesia Tbk for facilitating & providing many data to support this research.

References

- Abdullah, S., Y Musa, T Kuswinanti, M Jayadi, R Neswati. 2020. Arbuscular Mycorrhizae Exploration and Identification on Sugarcane Plantations In Humid Tropic Area of Indonesia. *Plant Cell Biotechnology Molecular Biology* 21(39&40):82-91; 2020
- Adetunjia, AT, B Ncube, R Mulidzic, FB Lewud. 2020. Management impact and benefit of cover crops on soil quality: A review. *Soil & Tillage Research*. V.204. 104717. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104717>.
- Allo K. M. 2016. Kondisi Sifat Fisik dan Kimia Tanah Pada Bekas Tambang Nikkel Serta Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Trengguli dan Mahoni. *Jurnal Hutan Tropis* 4 (2). Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Makassar.
- Balai Penelitian Tanah. 2009. Petunjuk Teknik. Analisis kimia tanah, tanaman, air dan pupuk. Balai Penelitian Tanah. Bogor. Indonesia. ISBN 978-602-8039-21-5. 234p.

- 367 Balai Penelitian Tanah, 2010. Mengenal *Calopogonium mucunoides* Sumber Pupuk Hijau dan Bahan
368 Organik. 32 (4): 9-10. Bogor. Indonesia
- 369 Begum, N., Cheng Qin., M. A. Ahangar., S. Raza., M. I. Khan., M. Ashraf., N. Ahmed., L Zhang.
370 2019. Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Growth Regulation: Implications in
371 Abiotic Stress Tolerance. *Front. Plant Sci.* Vol.10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01068>.
- 372 Charisma A., Yuni S.R., & Isnawati (2012). Pengaruh Kombinasi Kompos Trichoderma dan Mikoriza
373 Vesikular Arbuskular (MVA) terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.)
374 Merrill) pada Media Tanam Tanah Kapur. *Lanterna Bio* Volume 1, Nomor 3, September 2012,
375 Hal: 111 – 116
- 376 Chen, Y., Li, D., Li, D., Wu, X., & Zheng, Y. 2011. Assessment for soil improvement benefit of land
377 rehabilitation in dump areas. *Mathematical and Computer Modeling*, 54(3–4), 1204–
378 1212. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2010.11.054>
- 379 Dewi A. 2007. Peran, Prospek dan Kendala dalam Pemanfaatan Endomikoriza. Jurusan Budidaya
380 Pertanian, Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian Universitas Pajajaran, Jatinangor,
381 Bandung.
- 382 Gandahi, A. W & M. M. Hanafi. 2014. Bio-composting Oil Palm Waste for Improvement of Soil
383 Fertility. Editors: Dinesh K. Maheshwari. Publisher: © Springer International Publishing
384 Switzerland. pp.209-243. DOI:[10.1007/978-3-319-08004-8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-08004-8).
- 385 Ghaida, S.H, B Wasis, S W Budi. 2020. Application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Soil
386 Ameliorant on the Growth of *Leucaena leucocephala* in Limestone Post-mining Soil
387 Media. *Journal of Tropical Forest Management*, 26(3), 282-290.
- 388 Ghose, M.K. 2004. Effect of opencast mining on soil fertility. *Journal of Scientific and Industrial*
389 *Research*. Vol.63. p.1006-1009. <https://doi.org/10.1002/tqem.20150>.
- 390 Goltapeth, E M, Y Z Danesh, R. Prasad, A. Varma. 2008. Mycorrhizal fungi: what we know and what
391 should we know/. In: Varma A, Editor. *Mycorrhiza: State of the Art, Genetic and Molecular*
392 *Biology, Eco-Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics*. India
393 (IN). Springer.
- 394 Hakim, N., Y. Nyakpa., A. Lubis., S. Nugroho., M. Saul., M A Diha., G B Hong and H H
395 Bailey. 1986. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Universitas Lampung. Lampung.
- 396 Hakim, N. 2006. *Pengelolaan Kesuburan Tanah Masam dengan Teknologi Pengapuran Terpadu*.
397 Padang. Universitas Andalas Press. 204 p.
- 398 Hastuti, P.H, S. M. Rohmiyati. 2020. Application of Empty Fruit Bunches Compost and Types of P
399 Fertilizer on the Growth and Phosphorus Uptake in Oil Palm Seedlings. *Agrotechnology*
400 *Research Journal* Vol 4 No.2. pp. 59-64.
- 401 Husna, F.D. Tuheteru, A. Arif. 2021. Arbuscular mycorrhizal fungi to enhance the growth of tropical
402 endangered species *Pterocarpus indicus* and *Pericopsis mooniana* in post gold mine field in
403 Southeast Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. Vol 22 No.9.
404 <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220930>.
- 405 Islami, T., W.H Utomo. 1995. *Hubungan Tanah, Air dan Tanaman*. Semarang: IKIP Semarang
- 406 Kumar, B.M. 2013. Mining waste contaminated lands: an uphill battle for improving crop
407 productivity. *J Degrad Min Lands Manag* 1:43-50.
- 408 Mahyudin, R.P., M Firmansyah, M A Purwanti, D Najmina. 2020. Bioremediation of Iron on
409 Diamond Post Mining Soil Using Compost Made from Cow Manure and Traditional Market
410 Organic Waste. *Journal of Ecological Engineering*. Volume 21, Issue 5, p 221–228
411 <https://doi.org/10.12911/22998993/122566>.
- 412 Musfal. 2010. Potensi cendawan mikoriza arbuskula untuk meningkatkan hasil tanaman jagung.
413 *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. Vol 29 No. 4.
414 <http://dx.doi.org/10.21082/jp3.v29n4.2010.p154-158>. p. 154-158.

- 416 Nakajima, K., K Nansai, K Matsubae, M Tomita, W Takayanagi, T Nagasaka. 2017. Global land-
417 use change hidden behind nickel consumption. *Science of the Total Environment*. 586.
418 p730-737. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.049>.
- 419 Nakhone, LN, M.A Tabatabai. 2008. Nitrogen mineralization of leguminous crops in soils. *J. Plant*
420 *Nut. Soil S.* 171: 231-241.
- 421 Ningtyas, VA., and YA Lia. 2010. Utilization of Oil Palm Empty Fruit Bunches Leftover Red
422 Mushroom Media (*Volvarella Volvaceae*) as Organic Fertilizer with Addition of EM-4
423 Effective Microorganism Activator. Essay. Faculty of Chemical Engineering. Surabaya
424 Institute of Technology. Surabaya.
- 425 Noli, ZA, Netty, WS, EM Sari. 2011. Exploration of Indigenous Arbuscular Mycorrhizal Fungi
426 (CMA) Associated with *Begonia resecta* in Biological Education and Research Forest
427 (HPPB). Proceedings of the National Biology Seminar: Increasing the Role of Biology in
428 Realizing the National Achievement with Global Reach. Department of Biology, FMIPA,
429 University of North Sumatra, Medan.
- 430 Prayogo, C., M Ihsan. 2018. Utilization of LCC (legume cover crop) and bokashi fertilizer for the
431 efficiency of Fe and Mn uptake of former coal mine land. *Journal of Degraded and Mining*
432 *Lands Management*. Volume 6, number 1. doi:10.15243/jdmlm.2018.061.152.
- 433 Puspitasari D., K. Indah and H. Anton. 2012. Exploration of Indigenous Vesicular Arbuscular
434 Mycorrhiza (VAM) in Corn Field of Sampang Madura. *Science Journal. Arts and ITS*
435 *Surabaya*. Vol 1. No. 2, September 2012
- 436 Riniarti, D., Kusumastuty, A., & Utoyo, B. 2012. Effect of Organic Matter, P Fertilizer, and
437 Phosphate Solubilizing Bacteria on Oil Palm Plant Performance on Ultisols. *Journal of*
438 *Applied Agricultural Research*. Vol 12, No. 3, p187-195.
- 439 Rosmimi, 2000. Organic Fertilizer. Faculty of Agriculture, University of Riau. Lectures. Pekanbaru.
440 Samsi N., Y.S Pata'dungan, A.R Tah, 2017. Isolation and Morphological Identification of Arbuscular
441 Mycorrhizal Fungi Spores in Root Areas of Several Horticultural Crops in Sidera Village
442 Agricultural Land. *Agrotechnical Journal*. Vol 5, No. 2.
- 443 Sarrantonio, M., E.R. Gallandt. 2003. The Role of Cover Crops in North American Cropping
444 Systems. *Journal of Crop Production* 8(1): 53-74. DOI: [10.1300/J144v08n01_04](https://doi.org/10.1300/J144v08n01_04).
- 445 Sembiring, S. 2008. Chemical and Physical Properties of Soil in the Former Bauxite Mine Area on
446 Bintan Island, Riau. *Aek Nauli Forestry Research Institute. North Sumatra*. 5(2): 123-134.
- 447 Suherman, C. 2007. Effect of Mixture of Subsoil and Compost as a Planting Media on the Growth of
448 Oil Palm (*Elaeis guineensis Jacq*) Cultivars Sungai Pancur 2 (SP 2) in Early
449 Nurseries. Padjadjaran University Thesis. Bandung.
- 450 Suncayaningsih, R P., Suharno. 2013. Arbuscular Mycorrhizal Fungi: Potential of Heavy Metal
451 Mycorrhiza re-remediation Technology in Mining Land Rehabilitation. *Journal of*
452 *Biotechnology*. Vol. 10, No. 1, Pages: 31 – 42.
- 453 Sutanto, A., A.E Prasetyo, Fahroidayanti, A.F Lubis, and A.P Dongoran. 2005. Viability of
454 *Trichoderma koningii* Fungus Bioactivator on Oil Palm Blank Mark Media. *Journal of Oil*
455 *Palm Bunches Research*. Vol. 13, No. 1. p. 25-33.
- 456 Tan, K.H. 2010. Principles of Soil Chemistry Fourth Edition. CRC Press Taylor and Francis
457 Group . Boca Raton. London. New York. 362 p.
- 458 Umaterate, G.R, J Abidjulid, A D Wuntu,. 2014. Test of Olsen and Bray Methods in Analyzing
459 Available Phosphate Content in Rice Field Soil in Konarom Barat Village, Dumoga Utara
460 District. *Journal of Mathematics and Natural Sciences, Sam Ratulangi University*, 3(1), p. 6-
461 10. doi: <https://doi.org/10.35799/jm.3.1.2014.3898>.
- 462 Zaeni, A, Alwahab, Hasmawati, S Hade , Inrawati, P E Susilowati. 2021. Utilization of Compost as
463 ameliorant in a Nickel post mining soil. *Journal of Physics: Conference Series*. 1899-012031.
464 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1899/1/012031.

Manuscript body

[Download source file \(242.26 kB\)](#)

Authors:

Risma Neswati, Bobby Hanafie, Muhammad Jayadi, Andri Ardiansyah

Decision letter:

December 03, 2021

JEENG-02771-2021-02

Using of oil palm empty fruit bunch compost and mycorrhizae arbuscular for improving the fertility of nickel post-mining soil

Dear Dr. Risma Neswati,

I am pleased to inform you that your manuscript, entitled: Using of oil palm empty fruit bunch compost and mycorrhizae arbuscular for improving the fertility of nickel post-mining soil, has been accepted for publication in our journal.

Thank you for submitting your work to us.

Kindest regards,
Prof. Gabriel Borowski
Editor-in-Chief
Journal of Ecological Engineering

Daftar capaian Luaran Tambahan belum diisi:

1. Artikel di jurnal internasional, target: Accepted

KONTRAK PENELITIAN DASAR
Tahun Anggaran 2022
Nomor : 956/UN4.22/PT.01.03/2022

Pada hari ini Jumat, Tanggal Delapan Belas bulan Maret tahun Dua ribu dua puluh dua, kami yang bertandatangan di bawah ini :

1. Prof. Dr. Andi Alimuddin, M.Si. : Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Hasanuddin, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Universitas Hasanuddin yang berkedudukan di Jl. Perintis Kemerdekaan KM. 10 Kampus Unhas Tamalanrea Makassar selanjutnya disebut PIHAK PERTAMA.
2. Dr. Rismaneswati, SP.,MP. : Ketua Pelaksana/Dosen Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Penelitian Tahun Anggaran 2022 untuk selanjutnya disebut PIHAK KEDUA.

PIHAK PERTAMA dan PIHAK KEDUA, secara bersama-sama mengikatkan diri dalam suatu kontrak Penelitian skema Penelitian Dasar Tahun Anggaran 2022 dengan ketentuan dan syarat syarat sebagai berikut:

Pasal 1
Ruang Lingkup Kontrak

- (1) PIHAK PERTAMA memberikan pekerjaan kepada PIHAK KEDUA dan PIHAK KEDUA menerima pekerjaan tersebut dari PIHAK PERTAMA, untuk melaksanakan dan menyelesaikan Penelitian Tahun Anggaran 2022 dengan judul Perbaikan Kualitas Tanah Purna Tambang Nikel Dengan Penambahan Biochar, Asam Humat dan Mulsa Bersumber Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit, sesuai Surat Nomor: 0054/E5/AK.04/2022 tentang Pengumuman Program Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Lanjutan (*on going*) Tahun Anggaran 2022 dan Kontrak Program Penelitian Lanjutan Tahun Anggaran 2022, Nomor: 020/E5/PG.02.00PT/2022 Tanggal 16 Maret 2022.

Pasal 2
Dana Penelitian

- (1) Besarnya dana untuk melaksanakan penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 adalah sebesar Rp. 85.544.000 (Delapan Puluh Lima Juta Lima Ratus Empat Puluh Empat Ribu Rupiah) sudah termasuk pajak.
- (2) Dana penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan kepada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Tahun Anggaran 2022.

Pasal 3
Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian

- (1) PIHAK PERTAMA akan membayarkan dana Penelitian kepada PIHAK KEDUA secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut :
 - a. Pembayaran tahap pertama sebesar 70% dari total dana penelitian yaitu $70\% \times \text{Rp. } 85.544.000 = \text{Rp. } 59.880.800$ (Lima Puluh Sembilan Juta Delapan Ratus Delapan Puluh Ribu Delapan Ratus Rupiah) yang akan dibayarkan oleh PIHAK PERTAMA kepada PIHAK KEDUA setelah PIHAK KEDUA menyerahkan revisi proposal dan revisi anggaran (sesuai kontrak).
 - b. Pembayaran tahap kedua sebesar 30% dari total dana penelitian yaitu $30\% \times \text{Rp. } 85.544.000 = \text{Rp. } 25.663.200$ (Dua Puluh Lima Juta Enam Ratus Enam Puluh Tiga Ribu Dua Ratus Rupiah) dibayarkan oleh PIHAK PERTAMA kepada PIHAK KEDUA setelah PIHAK KEDUA menyerahkan laporan lengkap hasil penelitian, Catatan Harian, Luaran penelitian dan Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan yang sudah di validasi oleh PIHAK PERTAMA.
- (2) Dana penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) akan disalurkan oleh PIHAK PERTAMA kepada PIHAK KEDUA ke rekening sebagai berikut :

Nama : Dr. Rismaneswati, SP.,MP.
Nomor Rekening :
Nama Bank : Bank Negara Indonesia

- (3) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggungjawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarkan sejumlah dana sebagaimana dimaksud pada ayat (1) yang disebabkan karena kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam menyampaikan data peneliti, nama bank, nomor rekening dan persyaratan lainnya yang tidak sesuai dengan ketentuan.

Pasal 4 **Jangka Waktu**

Jangka waktu pelaksanaan penelitian sebagaimana dimaksud dalam pasal 1 sampai selesai 100%, adalah 1 (satu) tahun terhitung mulai tanggal 16 Maret 2022 dan berakhir tanggal 20 November 2022.

Pasal 5 **Target Luaran**

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk mencapai target luaran wajib penelitian berupa :
- Artikel di jurnal internasional yang terindeks pada database bereputasi; atau
 - Satu buku hasil penelitian ber ISBN;
- (2) **PIHAK KEDUA** diharapkan dapat mencapai target luaran tambahan penelitian.

Pasal 6 **Hak dan Kewajiban Para Pihak**

- (1) **PIHAK PERTAMA** mempunyai kewajiban:
- memberikan pendanaan penelitian kepada **PIHAK KEDUA**;
 - melakukan pemantauan dan evaluasi;
 - melakukan penilaian luaran penelitian;
 - melakukan validasi luaran tambahan; dan
 - memantau pengunggahan ke laman SIMLITABMAS paling lambat tanggal 20 November 2022.
- (2) **PIHAK KEDUA** mempunyai kewajiban mengunggah ke laman SIMLITABMAS dan menyampaikan dokumen kepada pihak pertama berupa :
- proposal
 - revisi proposal penelitian;
 - surat pernyataan kesanggupan penyusunan laporan penelitian;
 - catatan harian pelaksanaan penelitian;
 - laporan kemajuan pelaksanaan penelitian;
 - Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan;
 - laporan akhir penelitian; dan
 - luaran penelitian (output sesuai janji di kontrak).
- (3) **PIHAK PERTAMA** mempunyai hak menerima dokumen hasil unggahan di laman SIMLITABMAS sebagai berikut:
- Proposal;
 - revisi proposal penelitian;
 - surat pernyataan kesanggupan penyusunan laporan penelitian;
 - catatan harian pelaksanaan penelitian;
 - laporan kemajuan pelaksanaan penelitian;
 - Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan;
 - laporan akhir penelitian;
 - luaran penelitian (output sesuai janji di kontrak); dan
 - PIHAK KEDUA** menyerahkan hasil penelitian kepada **PIHAK PERTAMA** melalui Berita Acara Serah Terima (BAST).
- (4) **PIHAK KEDUA** mempunyai hak mendapatkan dana penelitian dari **PIHAK PERTAMA**

Pasal 7 **Laporan Pelaksanaan Penelitian**

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** berupa proposal, revisi proposal penelitian, catatan harian pelaksanaan penelitian; laporan kemajuan pelaksanaan penelitian; Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan, laporan akhir penelitian dan luaran penelitian (output)
- (2) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Kemajuan pelaksanaan penelitian diunggah ke laman SIMLITABMAS dilengkapi dengan dokumen catatan harian dan Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) dana tahap pertama (d disesuaikan dengan SIMLITABMAS).

- (3) PIHAK KEDUA berkewajiban menyerahkan *Hardcopy* Laporan Kemajuan dan Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) dana tahap pertama kepada PIHAK PERTAMA setelah pengunggahan ke SIMLITABMAS.
- (4) PIHAK KEDUA berkewajiban mengunggah revisi proposal penelitian; catatan harian pelaksanaan penelitian, laporan kemajuan pelaksanaan penelitian, Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan, laporan akhir penelitian; luaran penelitian (output) pada SIMLITABMAS paling lambat 20 November 2022.
- (5) Bukti pembelanjaan dan bukti setoran pajak diarsipkan secara tertib dan teratur oleh PIHAK KEDUA.
- (6) Laporan Hasil penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (4) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
 - a. Bentuk/Ukuran kertas A4;
 - b. Warna sampul 16
 - c. Di bawah bagian cover tertulis:

Dibiayai oleh :
Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat
Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Kementerian Pendidikan,
Kebudayaan, Riset, dan Teknologi
Nomor : 020/E5/PG.02.00.PT/2022 Tanggal 16 Maret 2022

Pasal 8 Monitoring dan Evaluasi

PIHAK PERTAMA dalam rangka pengawasan akan melakukan Monitoring dan Evaluasi Internal terhadap kemajuan pelaksanaan penelitian Tahun Anggaran 2022 ini sebelum pelaksanaan Monitoring dan Evaluasi eksternal oleh Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi

Pasal 9 Penilaian Luaran

Penilaian luaran penelitian dilakukan oleh Komite Penilai/*Reviewer* Luaran sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Pasal 10 Perubahan Susunan Tim Pelaksana dan Substansi Pelaksanaan

Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan penelitian ini dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan tertulis dari Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.

Pasal 11 Penggantian Ketua Pelaksana

- (1) Apabila PIHAK KEDUA selaku ketua pelaksana tidak dapat melaksanakan penelitian ini, maka PIHAK KEDUA wajib mengusulkan pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim kepada PIHAK PERTAMA.
- (2) Apabila PIHAK KEDUA tidak dapat melaksanakan tugas dan tidak ada pengganti ketua sebagaimana dimaksud pada ayat (1), maka PIHAK KEDUA harus mengembalikan dana penelitian kepada PIHAK PERTAMA yang selanjutnya disetor ke Kas Negara.
- (3) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (2) disimpan oleh PIHAK PERTAMA.

Pasal 12 Sanksi

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan penelitian ini telah berakhir, namun PIHAK KEDUA belum menyerahkan tugasnya, terlambat mengirim laporan kemajuan, dan/atau terlambat mengirim laporan akhir, maka PIHAK KEDUA dikenakan sanksi administratif berupa penghentian pembayaran dan tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut.
- (2) Apabila PIHAK KEDUA tidak dapat mencapai target luaran sebagaimana dimaksud dalam pasal 5, maka kekurangan capaian target luaran tersebut akan dicatat sebagai hutang PIHAK KEDUA kepada PIHAK PERTAMA yang apabila tidak dapat dilunasi oleh PIHAK KEDUA, akan berdampak pada

Kehartina (16)

kesempatan PIHAK KEDUA untuk mendapatkan pendanaan penelitian atau hibah lainnya yang dikelola oleh PIHAK PERTAMA.

**Pasal 13
Pembatalan Perjanjian**

- (1) Apabila dikemudian hari terdapat judul penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran, itikad tidak baik, dan/atau perbuatan yang tidak sesuai dengan akidah ilmiah dari atau dilakukan oleh PIHAK KEDUA, maka perjanjian penelitian ini dinyatakan batal dan PIHAK KEDUA wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterima kepada PIHAK PERTAMA yang selanjutnya akan disetorkan ke kas Negara.
- (2) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh PIHAK PERTAMA.

**Pasal 14
Pajak-Pajak**

Hal-hal dan/atau segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa PPN dan/atau PPh menjadi tanggungjawab PIHAK KEDUA dan harus dibayarkan oleh PIHAK KEDUA ke kantor pelayanan pajak setempat sesuai ketentuan yang berlaku.

**Pasal 15
Peralatan dan/alat Hasil Penelitian**

- (1) Hasil penelitian berupa peralatan dan/atau peralatan yang dibeli dari kegiatan ini adalah milik negara, dan dapat dihibahkan kepada institusi/lembaga/masyarakat melalui Berita Acara Serah Terima (BAST) setelah dilaporkan perolehannya ke Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- (2) Berita Acara sebagaimana dimaksud pada ayat (2) wajib dilampiri dengan foto bukti serah terima barang/alat dari Ketua LPPM kepada mitra penelitian yang didampingi oleh pelaksana penelitian dan foto alat/atau barang yang diserahkan ke mitra.

**Pasal 16
Penyelesaian Sengketa**

Apabila terjadi perselisihan antara PIHAK PERTAMA dan PIHAK KEDUA dalam pelaksanaan Perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum.

**Pasal 17
Lain-lain**

- (1) PIHAK KEDUA menjamin bahwa penelitian dengan judul tersebut diatas belum pernah dibiayai dan/atau diikutsertakan pada pendanaan penelitian lainnya, baik yang diselenggarakan oleh instansi, lembaga, perusahaan atau yayasan, baik dalam maupun luar negeri.
- (2) Segala sesuatu yang belum cukup diatur dalam perjanjian ini dan dipandang perlu diatur lebih lanjut dan akan dilakukan perubahan oleh PARA PIHAK, maka perubahan-perubahan akan diatur dalam perjanjian tambahan atau perubahan yang merupakan satu kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari perjanjian ini.

Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh PARA PIHAK pada hari dan tanggal tersebut diatas, dibuat dalam rangkap 2 (dua) dan bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.

PIHAK PERTAMA

PIHAK KEDUA



[Handwritten Signature]
 Prof. Dr. Andi Alimuddin, M.Si.
 NIP 196201181987021001

[Handwritten Signature]
 Dr. Rishaneswati, SP.,MP.
 NIP 197603022002122002

SURAT KETERANGAN TANGGUNGJAWAB MUTLAK

Yang bertandatangan di bawah ini ketua peneliti menyatakan bahwa :

1. Saya bertanggungjawab penuh dan sanggup melaksanakan kegiatan tersebut sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berkaitan dengan pengelolaan keuangan pemerintah yang berlaku dan berdasarkan persetujuan anggaran sebagaimana yang dituangkan dalam Kontrak Penelitian Penelitian Dasar (PD) antara Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Hasanuddin dengan Ketua Pelaksana, untuk kegiatan "Perbaikan Kualitas Tanah Purna Tambang Nikel Dengan Penambahan Biochar, Asam Humat dan Mulsa Bersumber Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit", Nomor: 020/E5/PG.02.00PT/2022, tanggal 16 Maret 2022 dan 956/UN4.22/PT.01.03/2022, tanggal 18 Maret 2022.
2. Saya menerima dana sesuai tahapan pada kontrak sebesar Rp. 85.544.000 (Delapan Puluh Lima Juta Lima Ratus Empat Puluh Empat Ribu Rupiah) dengan konsekuensi potongan pajak terkait dan menggunakannya sesuai dengan peruntukannya :
 - Tahap I (70%) = Rp. 59.880.800
 - Tahap II (30%) = Rp. 25.663.200
3. Jumlah dana tersebut pada poin 2 (dua) benar-benar dikeluarkan untuk pelaksanaan penelitian yang dimaksud.
4. Menyerahkan dokumen kegiatan ke LPPM Unhas berupa :
 - a. Usulan proposal;
 - b. revisi proposal penelitian;
 - c. surat pernyataan kesanggupan penyusunan laporan penelitian;
 - d. catatan harian pelaksanaan penelitian;
 - e. laporan kemajuan pelaksanaan penelitian;
 - f. Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan;
 - g. laporan akhir penelitian;
 - h. luaran penelitian;
 - Artikel di jurnal internasional yang terindeks pada database bereputasi; atau
 - Satu buku hasil penelitian ber ISBN;
 - i. hasil penelitian melalui Berita Acara Serah Terima (BAST).
5. PIHAK KEDUA berkewajiban kepada PIHAK PERTAMA berupa :
 - Laporan Kemajuan, Catatan Harian, surat pernyataan kesanggupan penyusunan laporan penelitian dan Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) diserahkan ke LPPM disesuaikan dengan jadwal di laman SIMLITABMAS.
 - Laporan akhir lengkap, surat pernyataan kesanggupan penyusunan laporan penelitian, catatan harian, luaran penelitian (output) dan Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) yang telah diunggah paling lambat 20 November 2022;
 - Laporan dan output tersebut diserahkan dan diunggah tepat waktu.
6. Bersedia diperiksa oleh aparat pemeriksa fungsional bilamana diperlukan.
7. Mengarsipkan semua dokumen laporan kegiatan dan luaran penelitian serta laporan keuangan (bukti belanja dan bukti setoran pajak) secara tertib dan teratur.
8. Apabila pernyataan yang saya buat ini mengakibatkan kerugian negara, maka saya bersedia dituntut penggantian kerugian negara dimaksud sesuai dengan ketentuan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat keterangan tanggungjawab mutlak ini dibuat dengan sebenarnya untuk dipergunakan seperlunya.

Makassar, 18 Maret 2022

Ketua Pelaksana,



Dr. Rismaneswati, SP.,MP.

Tema penelitian: **Teknologi Budidaya dan Pemanfaatan Lahan Sub-optimal**

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN/PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
SKIM PENELITIAN DASAR



**PERBAIKAN KUALITAS TANAH PURNA TAMBANG NIKEL DENGAN
PENAMBAHAN BIOCHAR, ASAM HUMAT, DAN MULSA BERSUMBER
DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
(TAHUN KE-3)**

TIM KERJA

KETUA TIM PENELITI:

Dr. Rismaneswati, S.P., M.P (NIDN: 0003027603)

ANGGOTA PENELITI:

Dr. Ir. Muh. Jayadi, MP. (NIDN: 0026098901)

Dr. Ir. Muh. Nathan, M.Sc (NIDN: 0015036303)

FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN

2022

HALAMAN PENGESAHAN

Judul	: PERBAIKAN KUALITAS TANAH PURNA TAMBANG NIKEL DENGAN PENAMBAHAN BIOCHAR, ASAM HUMAT, DAN MULSA BERSUMBER DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
Mitra Kegiatan	: -
Output Kegiatan	: Artikel di Jurnal Internasional Bereputasi Artikel di Prosiding Konferensi Internasional
Ketua Tim	
a. Nama	: Dr. Ir. Rismaneswati, S.P., M.P.
b. Nip/NIDN	: 197603022002122002
c. Pangkat/Golongan	: Pembina/IV b
d. Jabatan Fungsional	: Lektor Kepala
e. Jabatan Struktural	: Wakil Dekan Bidang Perencanaan, Sumberdaya dan Alumni Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin
f. Bidang Keahlian	: Ilmu Tanah/Evaluasi Lahan
g. Alamat	: BTP Blok AB No. 16 Cluster Bawakaraeng
h. Telepon	: 08114448095
i. Email	: neswati76@gmail.com
Anggota Tim	
a. Jumlah Anggota	: 2 orang
b. Anggota I/Bid. Keahlian	: Dr. Ir. Muh. Jayadi, M.P./Kesuburan Tanah
c. Anggota II/Bid. Keahlian	: Dr. Ir. Muh. Nathan, M.Agr Sc/Survei Tanah
d. Anggota III/Bid. Keahlian	: -
e. Jumlah Mahasiswa	: -
Lokasi Kegiatan	
a. Wilayah Mitra	: -
b. Kabupaten/Kota	: Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan
c. Jarak PT Ke Lokasi	: 550 km
d. Alamat	: Kecamatan Nuha, Sorowako, Kabupaten Luwu Timur
Jangka Waktu Penelitian	: 8 bulan
Biaya Disetujui	: Rp 85.544.000,00

Makassar, 12 Desember 2022



Prof. Dr. H. Saleh, M.Sc.
NIP. 196212211986111005

Ketua Peneliti,


Dr. Ir. Rismaneswati, S.P., M.P.
NIP. 197603022002122002

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat

Prof. dr. Muh. Nasrum Massi, Ph.D., Sp.MK.
NIP. 196709101996031001

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/modifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Limbah tandan kosong kelapa sawit diperoleh dari perkebunan kelapa sawit dengan tampilan seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Selanjutnya dilakukan pembuatan biochar dengan metode drumklin dan dihasilkan biochar seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang telah dicacah



Gambar 2. Biochar TKKS

Sampel tanah pasca tambang diperoleh dari areal reklamasi lahan pasca tambang nikel PT Vale Indonesia Tbk. Dengan karakteristik awal tanah ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 3.

Tabel 1. Hasil analisis pendahuluan sampel tanah pasca tambang nikel asal Sorowako

Jenis Analisis	Nilai	Kriteria
pH Tanah		
H ₂ O	5.59	Agak Masam
KCl	5.89	Agak Masam
C-Organik (%)	0.83	Sangat Rendah
KTK (cmol/g)	12.51	Rendah
Basa-basa dapat tukar (cmol/g)		
Ca	3.76	Rendah
Mg	7.01	Tinggi
K	0.15	Rendah
Na	0.23	Rendah
P- Tersedia (ppm)	6.79	Rendah
Al-dd (cmol/g)	3.50	Sangat Tinggi



Gambar 3. Sampel tanah pasca tambang nikel

Hasil analisis kimia awal sebelum perlakuan contoh tanah purna tambang nikel Desa Sorowako menunjukkan bahwa pH tanah H₂O dan KCl tergolong agak masam. Nilai C-organik menunjukkan 0.83% yang tergolong sangat rendah. Nilai KTK menunjukkan 12.51 cmol/g yang tergolong rendah. Basa-basa dapat tukar dengan nilai Ca yang tergolong rendah, nilai Mg yang tergolong tinggi, nilai K yang tergolong rendah, dan nilai Na yang tergolong rendah. Nilai P-tersedia menunjukkan 6.79 ppm yang masih tergolong rendah, dan nilai Al-dd sebesar 3.50 cmol/g yang tergolong sangat tinggi.



Gambar 3. Kondisi tanaman *cover crops* (parameter)

Hasil penelitian pada Tahun ke-3 menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan dari pemberian bahan pembenah tanah, yaitu biochar dan kompos terhadap perbaikan kualitas tanah dan pertumbuhan tanaman penutup tanah (*Tephrosia* sp. dan *Calopogonium* sp.) yang diuji pada tanah pasca tambang Nikel. Pada Tabel 2 berikut ditunjukkan data tinggi tanaman *cover crops* yang ditanam.

Tabel 2. Tinggi Tanaman pada 45 HST (*cover crops*)

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun (helai)	Daya tumbuh (%)
C0B0	0	0	0
C0B1	0	0	0
C0B2	0	0	0
C1B0	4.5	1.5	4.54
C1B1	4.9	2.7	10.82
C1B2	5.7	2.9	15.67
C2B0	3.9	3.9	15.05
C2B1	3.1	4.5	16.90
C2B2	5.7	4.8	18.50

Perlakuan yang memberikan pengaruh terbaik untuk tinggi tanaman ditunjukkan oleh perlakuan C2B2 dan berbeda dengan perlakuan lainnya. Jumlah daun yang memberikan pengaruh terbaik ditunjukkan oleh perlakuan C2B2. Perlakuan C2B2 memengaruhi daya tumbuh tanaman cover crop terbaik dibandingkan perlakuan lainnya. Hal tersebut dipengaruhi oleh adanya penambahan biochar dan kompos dimana biochar dan kompos mengandung unsur hara esensial serta mampu meningkatkan pH tanah serta menambah unsur Ca, dan ketersediaan P serta mengurangi keracunan Fe, Mn dan Al. Biochar selain mengandung unsur hara makro dan mikro.

Tabel 3. Hasil analisis tanah setelah perlakuan Biochar dan *Cover Crops*

Perlakuan	pH		C- organik (%)	KTK (cmol/kg)	P Tersedia (ppm)	N-Total (cmol/kg)
	H ₂ O	KCl				
C0B0	5.93 ^a	6.66 ^a	0.52 ^a	9.99 ^a	9.41 ^a	0.09 ^a
	++	+++	*	**	**	*
C0B1	6.39 ^{cde}	6.72 ^{ab}	0.95 ^b	14.53 ^{bc}	9.62 ^{ab}	0.14 ^b
	++	+++	*	***	**	**
C0B2	6.33 ^{bcd}	6.82 ^{ab}	1.00 ^{de}	13.18 ^b	9.24 ^a	0.12 ^{ab}
	++	+++	**	**	**	**
C1B0	5.81 ^a	6.71 ^{ab}	0.57 ^a	18.76 ^{de}	9.42 ^a	0.10 ^{ab}
	++	+++	*	**	**	**
C1B1	6.21 ^{bc}	6.86 ^d	1.44 ^{cd}	17.17 ^{cde}	11.80 ^d	0.11 ^{ab}
	++	+++	**	***	***	**
C1B2	6.47 ^{de}	6.77 ^{abcd}	1.45 ^{cd}	17.46 ^{cde}	10.58 ^c	0.08 ^a
	++	+++	**	***	**	*
C2B0	5.91 ^a	6.73 ^{abc}	0.57 ^a	15.82 ^{bcd}	9.53 ^a	0.09 ^{ab}
	++	+++	*	**	**	**
C2B1	6.19 ^b	6.79 ^{bcd}	1.43 ^c	16.51 ^{cde}	10.39 ^{bc}	0.19 ^c
	++	+++	**	**	**	**
C2B2	6.33 ^{bcd}	6.67 ^a	1.37 ^c	19.35 ^e	10.98 ^c	0.24 ^d
	++	+++	**	***	**	***

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama (a,b,c,d) berarti tidak berbeda nyata pada perlakuan Biochar dan LCC pada uji BNJ_{0.05}

++ Agak Masam +++ Netral

* Sangat Rendah *** Sedang **** Tinggi ** Rendah ***** Sangat Tinggi

Tabel 4. Rata-rata hasil analisis tanah pada perlakuan Biochar

Perlakuan	Basa Basa Dapat Tukar (cmol/kg)				Rasio Ca/Mg (cmol/kg)	Al-dd* (cmol/kg)	Fe-dd (mg/kg)
	Ca	Mg	K	Na			
B0	0.66 ^r *	1.78 ^r ***	0.19 ^r **	0.05 ^r *	0.37 ^r	2.07 ^p ****	37.50 ^p ****
B1	1.14 ^q *	2.63 ^q ****	0.60 ^q ****	0.31 ^q **	0.43 ^q	1.60 ^q ****	35.02 ^q ****
B2	1.07 ^q *	2.67 ^q ****	0.62 ^q ****	0.35 ^q **	0.40 ^q	1.31 ^r ****	34.71 ^q ****

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama (r,q,q,p) berarti tidak berbeda nyata pada perlakuan Biochar pada uji BNJ_{0.05}

* Sangat Rendah ***Sedang ****Tinggi ** Rendah ***** Sangat Tinggi

D. STATUS LUARAN: Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta mengunggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui Simlitabmas.

Artikel telah berstatus published di *Journal of Degraded and Mining Lands Management* (indexing by Scopus Q3) pada JOURNAL OF DEGRADED AND MINING LANDS MANAGEMENT Volume 10, Number 1 (October 2022):3803-3808, doi:10.15243/jdmlm.2022.101.3803 ISSN: 2339-076X (p); 2502-2458 (e), www.jdmlm.ub.ac.id yang berjudul Selain itu, satu artikel lainnya telah dipresentasikan di The 5th International Conference on Food and Agriculture (ICoFA)” at November, 5 - 6, 2022 dan saat ini dalam proses review untuk published di IOP prosiding yang terindeks Scopus.

E. PERAN MITRA: Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUP). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui Simlitabmas.

Tidak terdapat mitra dalam riset dasar ini. Kerjasama sebatas pada penyediaan sampel tanah dan tandan kosong kelapa sawit di lokasi riset..

F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Rencana di Tahun ke-3 akan dilakukan penelitian langsung di lokasi tanah pasca tambang nikel di areal reklamasi PT Vale Indonesia Tbk (PTVI Tbk), yang berlokasi di Desa Nuha, Sorowako Kabupaten Luwu Timur Sulawesi Selatan. Namun, karena kondisi pandemi Covid-19 menyebabkan pihak PT VI Tbk tidak memberikan akses peneliti masuk lokasi reklamasi lahan dan melakukan riset di areal tersebut. Olehkarena itu, sampel tanah dijemput bersama dengan tim peneliti di luar areal reklamasi yang pengambilannya telah dibantu oleh staf PTVI Tbk. Untuk bahan tandan kosong kelapa sawit diperoleh dari areal perkebunan kelapa sawit yang berada tidak jauh dari lokasi tambang nikel PTVI. Kendala jarak lokasi sejauh 600 km dari Kota Makassar menjadi kendala pengambilan sampel, selain kendala adanya pembatasan masuk ke lokasi penelitian oleh PTVI.

G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA: Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Jika laporan kemajuan merupakan laporan pelaksanaan tahun terakhir, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

Rencana berikutnya adalah menjadikan biochar dari tandan kosong kelapa sawit ini akan dibuat formula yang bisa didaftar untuk dipatenkan sehingga bisa digunakan dan diproduksi untuk dijual ke pasaran sehingga dapat membantu sosialisasi pemanfaatan limbah pertanian untuk menjadi sumber bahan organik yang potensial dalam mengatasi masalah di lahan yang dikelola khususnya lahan pasca tambang nikel. Penelitian terapan diperlukan untuk mendukung pengembangan formula biochar dan asam humat (bahan organik).

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan kemajuan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Allo, M. Kidding. 2016. Kondisi Sifat Fisik dan Kimia Tanah pada Bekas Tambang Nikkel serta Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan Trengguli dan Manohi. Jurnal Hutan Tropis Volume 4 No. 2. Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Makassar
2. Yao Y, Gao B, Zhang M, Inyang M, Zimmerman, A.R. 2012. Effect of Biochar Amendment on Sorption and Leaching of Nitrate, Ammonium and Phosphate in a Sandys Soil. Chemosphere. 89: 1467-1471.
3. Verheijen, F.G.A., Jefferey, S., Bastos, A.C., V.D.Velde & Diafas, I. 2009. Biochar Application to Soil- A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Function. JRC Scientific and Technical Report EUR 24009 EN. Luxembourg: Office for the Official Publication of the European Communities 149 pp.
4. Yavari, S. 2019. Degradation of Imazapic and Imazapyr Herbicides in The Presence of Optimized Oil Palm Epmty Fruit Bunch and Rice Husk Biochars in Soil. Journal of

Hazardous Materials Volume 366, 15 March 2019, Pages 636-642. Departement of Civil and Environmental Engineering, Universiti Teknologi PETRONAS, Bandar Seri Iskandar, Malaysia.

5. Angelova, V.R., V.I. Akova., N.S. Artinova, K.I. Ivanova. 2013. The Effect of Organic Amendments on Soil Chemical Characteristics. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19 (No 5) 958-971. Agricultural Academy
6. Lima, C.C., E.de Sa Mendonca, A. Roig. 2010. Contribution of Humic Substances From Different Composts to The Synthesis of Humin In a Tropical Soil. *R. Bras. Ci. Solo*, 34:1041-1048.
7. Antilen, M., K. Silva, S. Acevedo, F. Amiama, M. Faundez, H. Knicker, C. Pizarro. 2014. Characterization of humic acids extracted from biosolid amended soils. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14 (4), 1005-1020.
8. Boyle, M., Frankenburger, W.T., and Stolyz, L.H. 2009. The influence of organic matter on soil aggregation and water infiltration. *J. Prod. Agric.* 4, 290-299.
9. Schnitzer, M. 1992. Significance of soil organic matter in soil formation, transport processes in soils and in the formation of soil structure. *Soil Utilization and Soil Fertility. Volume 4, Humus budget 206*, 63-81.
10. Imbufe A.U, Patti A.F, Burrow D, Surapaneni A, Jackson W.R, Milner A.D. 2005. Effects of potassium humate on aggregate stability of two soils from Victoria, Australia. *Geoderma*. 125: 321 – 330.