

**PEMANFAATAN KOMPOS DAN BIOCHAR UNTUK MENINGKATKAN
PERTUMBUHAN RUMPUT GAJAH (*Pennisetum purpureum*) PADA
TANAH TERCEMAR LIMBAH OLI BEKAS**

(Skripsi)

Oleh

**ROHMI AISAH
1914151073**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PEMANFAATAN KOMPOS DAN BIOCHAR UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN RUMPUT GAJAH (*Pennisetum purpureum*) PADA TANAH TERCEMAR LIMBAH OLI BEKAS

Oleh

ROHMI AISAH

Limbah oli bekas merupakan limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun) yang dapat mengakibatkan pencemaran tanah dan menurunkan produktivitas tanah. Sehingga perlu dilakukan suatu cara untuk meningkatkan kualitas tanah tercemar, dengan teknik fitoremediasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dosis pemberian pupuk kompos cair, *biochar*, dan interaksi keduanya terhadap pertumbuhan rumput gajah di tanah tercemar limbah oli bekas. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial dengan 2 faktor, faktor pertama pupuk kompos terdiri atas 4 taraf dosis, dan faktor ke dua *biochar* terdiri atas 3 taraf dosis. Sehingga terdapat 12 kombinasi dengan 5 ulangan dan total sampel penelitian adalah 60 sampel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kompos dosis 50 ml memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan rumput gajah yang ditanam pada tanah tercemar limbah oli bekas. Dosis 50 ml terbukti meningkatkan pertumbuhan rumput gajah pada parameter tinggi tanaman, jumlah anakan dan bobot basah pucuk. *Biochar* memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan rumput gajah yang ditanam pada tanah tercemar limbah oli bekas. Dosis *biochar* 20 gram, terbukti meningkatkan pertumbuhan rumput gajah terhadap parameter tinggi tanaman, bobot basah pucuk, bobot kering pucuk, dan bobot kering total, dan pada dosis *biochar* 40 gram meningkatkan pertumbuhan rumput gajah terhadap parameter jumlah anakan, sedangkan pada kontrol meningkatkan pertumbuhan rumput gajah terhadap parameter volume akar, bobot basah akar, dan bobot kering akar. Selanjutnya tidak terjadi interaksi antara pemberian dosis pupuk kompos dan *biochar* terhadap pertumbuhan rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) pada tanah tercemar limbah oli bekas.

Kata kunci : rumput gajah, *biochar*, kompos cair, limbah oli bekas

ABSTRACT

UTILIZATION OF COMPOST AND BIOCHAR TO IMPROVE THE GROWTH OF ELEPHANT GRASS (*Pennisetum purpureum*) ON SOIL CONTAMINATED WITH USED OIL WASTE

By

ROHMI AISAH

*Used oil waste is B3 waste (hazardous and toxic materials) which can cause soil pollution and reduce soil productivity. So it is necessary to find a way to improve the quality of polluted soil, using phytoremediation techniques. This research aims to analyze the dosage of liquid compost fertilizer, biochar, and the interaction between the two on the growth of elephant grass in soil contaminated with used oil waste. This research used a completely randomized factorial design (CRD) with 2 factors, the first factor of compost fertilizer consisting of 4 dose levels, and the second factor of biochar consisting of 3 dose levels. So there are 12 combinations with 5 replications and the total research sample is 60 samples. The research results showed that a 50 ml dose of compost had the best effect on the growth of elephant grass planted on soil contaminated with used oil waste. A dose of 50 ml was proven to increase the growth of elephant grass in the parameters of plant height, number of tillers and fresh shoot weight. Biochar has the best effect on the growth of elephant grass planted on soil contaminated with used oil waste. A dose of 20 grams of biochar was proven to increase the growth of elephant grass on the parameters of plant height, shoot wet weight, shoot dry weight and total dry weight, and at a dose of 40 grams of biochar it increased the growth of elephant grass on the parameters of number of tillers, while in the control it increased the growth of elephant grass on the parameters of root volume, root wet weight, and root dry weight. Furthermore, there was no interaction between the dose of compost and biochar on the growth of elephant grass (*Pennisetum purpureum*) on soil contaminated with used oil waste.*

Keywords: elephant grass, biochar, liquid compost, used oil waste

**PEMANFAATAN KOMPOS DAN BIOCHAR UNTUK MENINGKATKAN
PERTUMBUHAN RUMPUT GAJAH (*Pennisetum purpureum*) PADA
TANAH TERCEMAR LIMBAH OLI BEKAS**

Oleh

ROHMI AISAH

Skripsi

**sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA KEHUTANAN**

pada

**Jurusan Kehutanan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **PEMANFAATAN KOMPOS DAN BIOCHAR
UNTUK MENINGKATKAN
PERTUMBUHAN RUMPUT GAJAH
(*Pennisetum purpureum*) PADA TANAH
TERCEMAR LIMBAH OLI BEKAS**

Nama Mahasiswa : **Rohmi Aisah**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1914151073

Jurusan : Kehutanan

Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**




Dr. Ceng Asmarahman, S.Hut., M.Si.
NIP 198204072010121002



Ir. Indriyanto, M.P.
NIP 196211271986031003

2. **Ketua Jurusan Kehutanan**



Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si.
NIP 197402222003121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Ceng Asmarahman, S.Hut., M.Si.



Sekretaris : Ir. Indriyanto, M.P.



Anggota : Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 14 November 2023

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rohmi Aisah
NPM : 1914151073
Jurusan : Kehutanan
Alamat Rumah : Desa Mekar Jaya, Kec. Belitang Madang Raya, Kab.
OKU TIMUR, Sumatera Selatan

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul :

PEMANFAATAN KOMPOS DAN BIOCHAR UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN RUMPUT GAJAH (*Pennisetum purpureum*) PADA TANAH TERCEMAR LIMBAH OLI BEKAS

Adalah benar karya saya sendiri yang saya susun dengan mengikuti norma dan etika akademik yang berlaku. Selanjutnya, saya juga tidak keberatan apabila sebagian atau seluruh data pada skripsi ini digunakan oleh dosen dan/atau program studi untuk kepentingan publikasi. Jika kemudian hari pernyataan saya tidak benar, saya bersedia menerima sanksi akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 14 November 2023
Yang membuat pernyataan,



Rohmi Aisah
NPM 1914151073

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Mekar Jaya, Kec. Belitang Madang Raya, Kab. OKU TIMUR, Sumatera Selatan pada 15 November 2000. Anak terakhir dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Sukpto dan Ibu Winarti. Penulis menempuh pendidikan di TK Aisyah selama dua tahun, lalu di Sekolah Dasar Negeri 02 Trans Bangsa Negara, Sumatera Selatan tahun 2007-2013, Sekolah Menengah Pertama Negeri 02 Belitang Madang Raya tahun 2013-2016, Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Belitang, Sumatera Selatan tahun 2016-2019.

Melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) penulis diterima di Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung tahun 2019. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif di Forum Studi Islam (FOSI) Fakultas Pertanian sebagai Anggota Bidang Fundmart 2021, ESo Unila sebagai anggota tahun 2019-2021, penulis juga mengikuti beberapa kegiatan lomba di dalam kampus maupun di luar kampus. Penulis pernah menjadi Asisten Dosen mata kuliah silvikultur. Selain itu, Rohmi Aisah menulis jurnal sebagai syarat kelulusan dengan judul “Pengaruh Dosis Kompos untuk Meningkatkan Pertumbuhan Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) pada Tanah Tercemar Limbah Oli” yang diterbitkan pada Jurnal Makila : Jurnal Penelitian Kehutanan, Volume 17 Nomor 2 tahun 2023.

Bulan Januari - Februari 2022 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Mekar Jaya, Kec. Belitang Madang Raya, Kab. OKU TIMUR, Sumatera Selatan selama 40 hari. Penulis melaksanakan kegiatan Praktik Umum (PU) di Kampus Lapangan Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada, Desa Getas, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Blora, Provinsi Jawa Tengah pada bulan Agustus 2022 selama 20 hari.

Bismillahirrahmanirrahim
Kupersembahkan Karya ini untuk Bapak dan Ibu yang tercinta

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Skripsi dengan judul “Pemanfaatan Kompos dan Biochar untuk Meningkatkan Pertumbuhan Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) pada Tanah Tercemar Limbah Oli Bekas” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan di Universitas Lampung. Penyelesaian penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada beberapa pihak sebagai berikut :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung atas semua arahan kepada penulis.
2. Bapak Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si. selaku Ketua Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah membantu dan memfasilitasi dalam proses penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ceng Asmarahman, S.Hut., M.Si. selaku pembimbing utama yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan pengarahan, masukan, saran, motivasi, nasihat, dan perhatian kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Indriyanto, M.P. selaku pembimbing kedua yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan pengarahan, masukan, saran, motivasi, nasihat, dan perhatian kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si. selaku pembahas atau penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang baik untuk penyusunan skripsi ini.

6. Ibu Inggar Damayanti, S.Hut., M.Si. selaku pembimbing akademik atas semua bimbingan, saran, motivasi, dan nasihat kepada penulis.
7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman bagi penulis selama menuntut ilmu di Universitas Lampung.
8. Bapak dan Ibu Staf Administrasi Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah membantu saya menyelesaikan seluruh keperluan administrasi di Universitas Lampung.
9. Bapak Sukpto dan Ibu Winarti selaku orang tua penulis yang selalu memberikan doa, dorongan, kasih sayang serta dukungan baik dari segi moril dan non moril, serta semangat yang tiada henti hingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan baik.
10. Kepada diri saya sendiri yang sudah semangat dan tidak pernah menyerah disetiap keadaan dan disetiap permasalahan yang ada. *Being myself is the right decision ever, never give up I know I can do it, find what make myself happy and still being best of me.*
11. Kakakku Mas Hayu Wahid Susilo, Yuyu Isnaini Susilaningsih, Mas Fatkhul Bari, kakak iparku Mba Isnaeni Khasanah, dan Mas Wahyudi yang senantiasa mendoakan, mendukung dan memberikan banyak nasihat dan motivasi bagi penulis.
12. Teman-teman penelitian dan seperbimbingan Mita Puspita Rini, Widia Arum Setia Budi, dan Riyadh Rianda Athallah juga teman seperbimbinganku Amellita, dan M. Rizki Firdaus Fasya yang telah berjuang bersama sebelum dan selama pengerjaan skripsi, terima kasih sedalam-dalamnya atas dukungan dan motivasi selama proses penelitian dan pengerjaan skripsi ini.
13. Angkatanku “KEHUTANAN 2019” serta keluarga besar Himasyilva yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu atas segala dukungan dan kebersamaannya yang telah diberikan selama perkuliahan penulis.
14. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian penelitian dan penyusunan skripsi terima kasih atas bantuan dan dukungan terhadap penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi para pembaca.

Bandar Lampung, 14 November 2023

Rohmi Aisah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Hipotesis Penelitian.....	6
1.6 Kerangka Pikir.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Pencemaran Limbah Oli Bekas	8
2.2 Fitoremediasi	10
2.3 Rumput Gajah.....	11
2.4 Pupuk Kompos	13
2.5 Biochar	14
III. METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.3 Metode Penelitian.....	17
3.3.1 Rancangan Percobaan	17
3.3.2 Tahapan Pelaksanaan Penelitian	19
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Hasil Penelitian.....	26
4.2 Pembahasan	38
V. KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 Simpulan.....	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	57

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tabulasi data RAL Faktorial 4 x 3	22
2. Anova dua jalur pada Rancangan Acak Lengkap Faktorial	25
3. Rekapitulasi hasil analisis sidik ragam untuk seluruh parameter pengamatan.....	27
4. Data faktor eksternal/lingkungan sebagai data pendukung pada awal penelitian hingga akhir penelitian	37
5. Hasil uji analisis Pb pada media tanah awal	37
6. Hasil uji analisis Pb pada media tanah akhir.....	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian pemanfaatan kompos dan biochar untuk meningkatkan pertumbuhan rumput gajah (<i>Pennisetum purpureum</i>) pada tanah tercemar limbah oli bekas.	7
2. Tata letak unit percobaan dalam RAL faktorial 4 x 3.	19
3. Pengaruh tunggal kompos (K) pada pertumbuhan tinggi tanaman rumput gajah.	28
4. Pengaruh tunggal <i>biochar</i> (B) pada pertumbuhan tinggi tanaman rumput gajah.	29
5. Pengaruh tunggal kompos cair (K) pada jumlah anakan tanaman rumput gajah.	30
6. Pengaruh tunggal <i>biochar</i> (B) pada jumlah anakan tanaman rumput gajah.	30
7. Pengaruh tunggal <i>biochar</i> (B) pada volume akar tanaman rumput gajah.	31
8. Pengaruh tunggal kompos cair (K) pada berat basah pucuk tanaman rumput gajah.	32
9. Pengaruh tunggal <i>biochar</i> (B) pada berat basah pucuk tanaman rumput gajah.	32
10. Pengaruh tunggal <i>biochar</i> (B) pada berat basah akar tanaman rumput gajah.	33
11. Pengaruh tunggal <i>biochar</i> (B) pada berat kering pucuk tanaman rumput gajah.	34
12. Pengaruh tunggal <i>biochar</i> (B) pada berat kering pucuk tanaman rumput gajah.	35
13. Pengaruh tunggal <i>biochar</i> (B) pada berat kering total tanaman rumput gajah.	36
14. Perbedaan warna daun pada sampel penelitian.	36

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran lingkungan merupakan masalah yang selalu dihadapi oleh manusia yang berada di dalam suatu lingkungan tertentu. Lingkungan dikatakan tercemar apabila telah terjadi perubahan akibat masuknya dan/atau dimasukkannya suatu bahan atau benda dalam tatanan lingkungan itu sehingga berbeda dengan tatanan aslinya (Wasis dan Naiborhu, 2021). Pencemaran ini dapat berupa pencemaran udara, pencemaran air dan pencemaran tanah. Pencemaran yang menjadi perhatian khusus pada bidang kehutanan dan pertanian adalah pencemaran tanah. Pencemaran tanah terjadi saat adanya zat atau benda asing yang masuk dan tercampur ke dalam tanah sehingga mengubah kondisi awal pada keadaan yang lebih buruk (Sutanto, 2001).

Perkembangan otomotif di Indonesia meningkat sangat pesat ditandai dengan banyaknya kendaraan bermotor. Perkembangan kendaraan bermotor di Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan. Menurut Badan Pusat Statistik tahun 2018, jumlah kendaraan bermotor di Indonesia sebanyak 106.657.952 unit kendaraan. Pada tahun 2019, jumlah kendaraan bermotor meningkat menjadi 112.771.136 unit kendaraan. Jumlah ini meningkat pada tahun 2020 menjadi 115.023.039 unit kendaraan (Badan Pusat Statistik, 2022). Oleh karena itu, dengan kata lain peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia bisa mencapai 4 juta atau bahkan lebih per tahun.

Oli atau pelumas adalah salah satu bagian terpenting dalam kendaraan, di mana oli berfungsi agar tidak menimbulkan keausan terhadap bagian mesin sehingga mesin dapat bertahan terhadap gesekan antar bagian mesin (Arnoldi, 2009). Oli merupakan minyak pelumas pada kendaraan untuk mengurangi

gesekan, keausan, panas pada mesin dan karat. Minyak bumi sendiri merupakan sumber energi utama untuk memenuhi kebutuhan masyarakat pada saat ini maupun pada masa yang akan datang (Basuki, 2016). Permintaan terhadap minyak bumi semakin besar sejalan dengan kebutuhan manusia yang semakin meningkat (Muraza dan Galadima 2015). Salah satu produk dari minyak bumi adalah oli. Oli yang tumpah ke tanah akan mengakibatkan matinya mikroba-mikroba di dalam tanah, hal ini dikarenakan senyawa hidrokarbon yang terdapat pada oli bersifat toksik dan karsinogenik, serta polutan yang dapat merubah struktur dan fungsi tanah (Yolantika dkk., 2015).

Limbah oli jika terbuang ke tanah dan diserap oleh partikel-partikel tanah membuat kemampuan tanah dalam menyerap air akan menurun sehingga menyebabkan terjadinya degradasi tanah. Menurut Pitrandjalisari (2009), oli bekas merupakan salah satu kategori limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) yang memiliki potensi untuk menimbulkan pencemaran dan kerusakan lingkungan. Hal tersebut karena oli bekas mengandung logam berat (Fe, Pb, Sn, Cd, Mn, Zn) atau senyawa yang bersifat toksik seperti: *Poly Chlorinated Biphenyls* (PCBs) dan *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* (PAHs) (Welan dkk., 2019). Logam dan senyawa ini dapat menimbulkan pencemaran saat tercecer atau tumpah ke tanah dan mengakibatkan matinya mikroba-mikroba yang berada di dalam tanah (Zam, 2011). Keberadaan senyawa hidrokarbon dalam oli bekas tersebut dapat merubah struktur dan fungsi tanah sehingga produktivitas tanah menurun dan kehilangan unsur hara (Bano dkk., 2020). Tanah yang tercemar oli biasanya berwarna hitam dan berminyak dengan bau oli yang menyengat (Yolantika dkk., 2015).

Limbah B3 oli bekas harus ditangani secara serius, baik itu limbah senyawa hidrokarbon, minyak bumi maupun minyak pelumas. Jika penyimpanan dan pengolahan limbah B3 oli bekas tidak dilakukan dengan baik, maka akan berdampak pada pencemaran lingkungan sekitar. Salah satu dampak yang timbul dari pencemaran adalah kerusakan struktur tanah yang dapat menurunkan kualitas tanah. Oleh karena itu, perlu adanya metode pengolahan yang efektif untuk meningkatkan kualitas tanah tercemar limbah. Kualitas tanah yang terkontaminasi dapat ditingkatkan dengan tindakan fisik, kimia atau biologis. Namun, perbaikan

fisik dan kimia seringkali cukup mahal dibandingkan dengan metode biologis disamping itu tidak ramah lingkungan (Junaidi dkk., 2013).

Memanfaatkan peranan tumbuhan adalah satu upaya yang dapat dilakukan dalam mengurangi limbah kontaminan di lingkungan. Pemanfaatan peranan tumbuhan dalam memperbaiki kualitas lingkungan tercemar disebut juga dengan fitoremediasi. Metode fitoremediasi ini memiliki beberapa keunggulan yaitu murah, ramah lingkungan dan dapat meningkatkan kualitas lingkungan (Kusrijadi dkk., 2009). Tidak semua jenis tumbuhan dapat digunakan untuk fitoremediasi karena tidak semua tumbuhan dapat melakukan proses penguapan dan akumulasi polutan dengan mekanisme yang sama (Santriyana dan Dery, 2013). Youngman dalam Yuniarti (2012) menyebutkan bahwa pada fitoremediasi dipilih tanaman yang memiliki sifat cepat tumbuh, mampu mengkonsumsi air dalam jumlah banyak dalam waktu singkat dan mampu meremediasi lebih dari satu polutan.

Disamping itu untuk memperbaiki tanah perlu adanya peran tumbuhan, peran tumbuhan dalam proses ini adalah untuk menyerap, memecah, mengubah dan memperbaiki polutan. Penyerapan dan akumulasi logam oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yaitu penyerapan oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian lain dari tumbuhan, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan (Handayani dkk., 2013). Mekanisme fitoremediasi terbagi ke dalam beberapa proses, diantaranya adalah proses penyerapan logam oleh akar yang kemudian diakumulasikan ke bagian tumbuhan lain, kemudian proses pengendapan logam oleh akar, zat kontaminan atau logam diuraikan dengan memanfaatkan aktivitas mikroba dan enzim, penempelan zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak dapat terserap ke dalam batang. Terdapat tanaman yang dapat menyerap logam berat dan melepaskannya ke udara melalui daun setelah melalui proses degradasi di dalam tumbuhan (Zulkoni, 2017). Selain faktor vegetatif dan mikroba, proses fitoremediasi juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi proses fitoremediasi antara lain keasaman (pH), suhu dan kelembaban (Mujab, 2011).

Penambahan bahan organik ke dalam tanah tercemar diharapkan dapat mengurangi keasaman tanah dan sebagai sumber pengikat kation yang tercuci. Bahan organik yang digunakan adalah pupuk kompos, pupuk kompos mampu

memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan kadar bahan organik tanah, serta meningkatkan kemampuan untuk mempertahankan kadar air tanah (Sundari, 2009). Penelitian Hanifah dkk., (2018) menyatakan bahwa kompos limbah cair tahu dan kulit pisang dapat menurunkan kadar TPH hingga 61,92% dan meningkatkan kadar N pada tanah tercemar minyak bumi. Penambahan *biochar* diharapkan mampu meningkatkan pH tanah masam, meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah dan menyediakan nutrisi N (nitrogen), P (phosphor) dan K (kalium) (Verheijen dkk., 2010).

Estuningsih dkk. (2013) dalam penelitiannya yang dilakukan selama 2 bulan menyatakan bahwa tumbuhan jenis rerumputan memiliki potensi sebagai fitoremediator tanah tercemar limbah minyak bumi. Penelitian Aliyanta dkk. (2011) menyatakan bahwa tanaman rumput gajah dapat tumbuh pada tanah yang kritis dan juga minim nutrisi. Rumput gajah juga dapat membantu dalam meremediasi lahan yang tercemar limbah minyak bumi. Selain itu, agar tanah tercemar dapat kembali ditanam dengan tumbuhan lain tanah perlu ditanami dengan tanaman pionir. Rumput gajah memiliki sifat yang menguntungkan yaitu akar serabutnya dapat mengikat partikel dan membentuk jalinan serta mengangkat zat hara yang telah tercuci oleh air hujan kelapisan permukaan. Sifat rumput gajah ini dapat menyuburkan tanah (Rahayu, 2001).

Hal ini sesuai dengan pernyataan Septiani dkk. (2015) bahwa fungsi tanaman pionir pada lahan yang terganggu adalah membantu meningkatkan kesuburan tanah karena mengeluarkan eksudat akar yang mampu menarik PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) atau kelompok bakteri menguntungkan, dan mencegah erosi karena sistem perakarannya mampu menahan tanah dari gerusan air. Merujuk pada penelitian sebelumnya yang menggunakan pupuk kimia sebagai perlakuan dalam penelitian tersebut, sehingga perlu diteliti lebih jauh mengenai pengaruh perlakuan pada tanah tercemar limbah oli bekas. Oleh karena itu dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan kompos dan *biochar* untuk meningkatkan pertumbuhan rumput gajah pada media tanah tercemar limbah oli bekas, dan pengaruh perlakuan terhadap tinggi tanaman, jumlah anakan, perubahan warna daun, bobot basah total, bobot kering total serta volume akar tanaman.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah, sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh perlakuan dosis pupuk kompos terhadap pertumbuhan rumput gajah pada media tanah tercemar oli bekas?
2. Bagaimana pengaruh perlakuan dosis *biochar* terhadap pertumbuhan rumput gajah pada media tanah tercemar oli bekas?
3. Bagaimana interaksi perlakuan dosis pupuk kompos dan dosis *biochar* terhadap pertumbuhan rumput gajah pada media tanah tercemar oli bekas?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini sebagai berikut.

1. Menganalisis dosis pupuk kompos yang berpengaruh terbaik terhadap pertumbuhan rumput gajah pada media tanah tercemar oli bekas.
2. Menganalisis dosis *biochar* yang berpengaruh terbaik terhadap pertumbuhan rumput gajah pada media tanah tercemar oli bekas.
3. Menganalisis interaksi antara dosis pupuk kompos dan *biochar* yang berpengaruh terbaik terhadap pertumbuhan rumput gajah pada media tanah tercemar oli bekas.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu.

1. Memperoleh pemahaman tentang interaksi pengaruh perlakuan terbaik antara dosis pupuk kompos dan dosis *biochar* terhadap pertumbuhan rumput gajah pada media tanah tercemar oli bekas.
2. Menambah pengetahuan dan pemahaman terhadap penulis maupun sivitas akademika serta menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya yang akan melakukan penelitian sejenis.
3. Menambah alternatif fitoremediasi terhadap cemaran limbah oli bekas menggunakan tanaman rumput gajah.

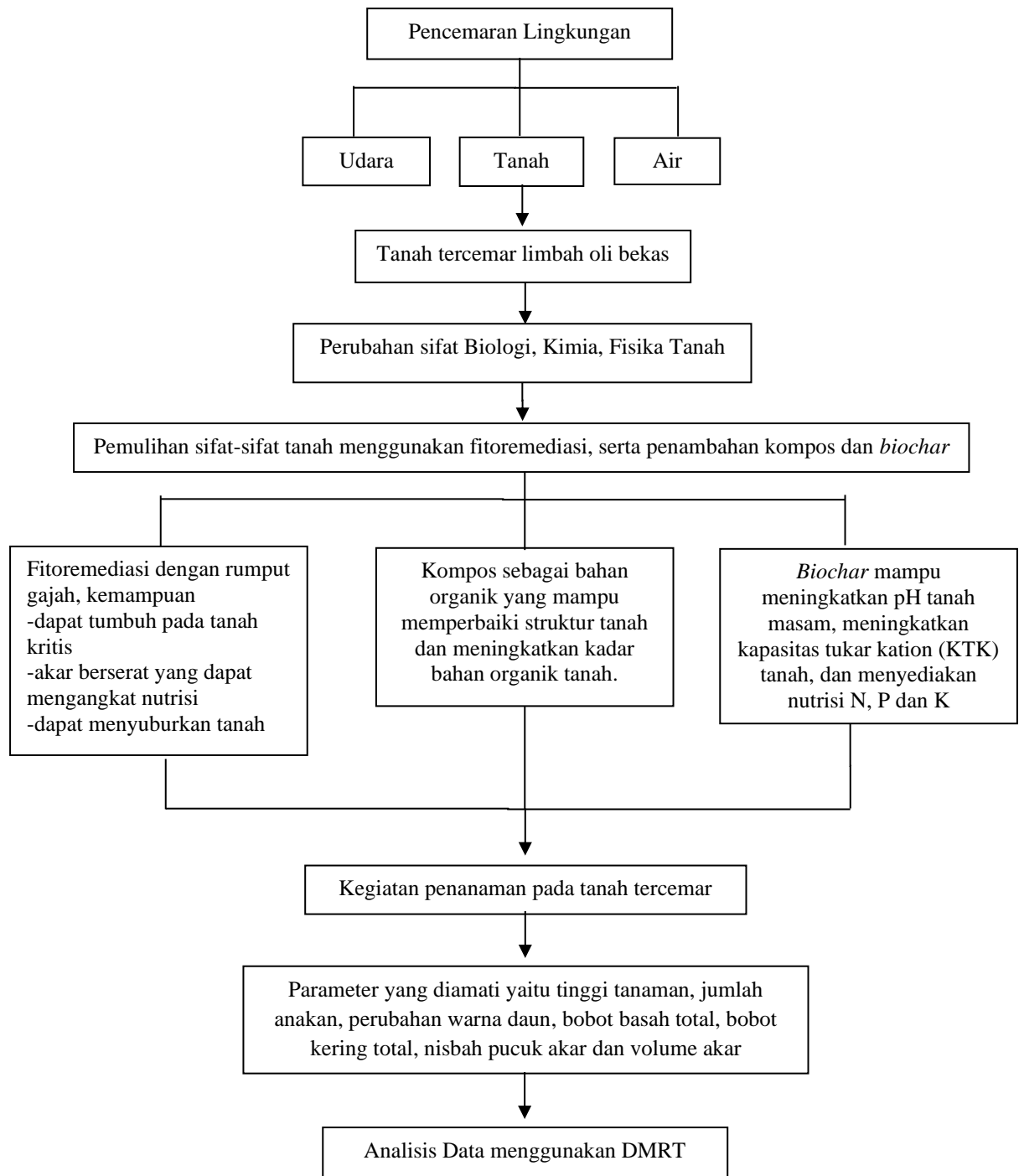
1.5 Hipotesis Penelitian

Hipotesis pada penelitian ini yaitu.

1. Dosis pupuk kompos 130 mL berpengaruh terbaik terhadap pertumbuhan rumput gajah pada media tanah tercemar oli bekas.
2. Dosis *biochar* 40 g berpengaruh terbaik terhadap pertumbuhan rumput gajah pada media tanah tercemar oli bekas.
3. Interaksi antara dosis pupuk kompos dan *biochar* berpengaruh terbaik terhadap pertumbuhan rumput gajah pada tanah tercemar oli bekas.

1.6 Kerangka Pikir

Perlu dilakukan upaya perbaikan pada tanah tercemar limbah oli bekas agar tanah tersebut dapat berfungsi dengan baik. Salah satu upaya perbaikan tanah tercemar limbah oli bekas dapat dilakukan dengan metode fitoremediasi. Fitoremediasi adalah upayamembersihkan, menghilangkan atau mengurangi polutan berbahaya seperti logam berat dalam tanah atau air dengan menggunakan bantuan tanaman (Morel dkk., 2006). Youngman dalam Yuniarti (2012) menyebutkan bahwa pada fitoremediasi dipilih tanaman yang memiliki sifat cepat tumbuh, mampu mengkonsumsi air dalam jumlah banyak dalam waktu singkat dan mampu meremidiasi lebih dari satu polutan. Tanaman rumput gajah dipilih karena Estuningsih dkk. (2013) dalam penelitiannya yang dilakukan selama 2 bulan menyatakan bahwa tumbuhan jenis rerumputan memiliki potensi sebagai fitoremediator tanah tercemar limbah minyak bumi. Selain itu, agar tanah tercemar dapat kembali ditanam dengan tumbuhan lain tanah perlu ditanami dengan tanaman pionir. Rumput gajah memiliki sifat yang menguntungkan yaitu akar serabutnya dapat mengikat partikel dan membentuk jalinan serta mengangkat zat hara yang telah tercuci oleh air hujan kelapisan permukaan. Sifat rumput gajah ini dapat menyuburkan tanah (Rahayu, 2001). Perlakuan yang digunakan pada penelitian adalah pemberian kompos dan juga *biochar*. Kandungan unsur hara didalam kompos cukup lengkap, yaitu meliputi unsur hara makro (N, P, K, Ca, Mg, S), dan unsur hara mikro (Fe, Cu, Mn, Mo, Zn, Cl, B) yang sangat diperlukan tanaman (Sundari, 2009). Sedangkan *biochar* terdiri dari unsur-unsur seperti karbon, hidrogen, belerang, oksigen, dan nitrogen serta mineral dalam fraksi abu (Hidayat dan Damris, 2019) dan tidak terbakar pada proses pirolisis.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian pemanfaatan kompos dan biochar untuk meningkatkan pertumbuhan rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) pada tanah tercemar limbah oli bekas.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Limbah Oli Bekas

Oli merupakan minyak pelumas pada kendaraan untuk mengurangi gesekan, keausan, panas pada mesin dan karat. Limbah oli mengandung senyawa *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* (PAH) yang bersifat mutagenik (Basuki, 2016) yang dapat membahayakan ekosistem, mencemari air, tanah dan kesehatan manusia karena termasuk dalam limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Limbah oli jika terbuang ke tanah dan diserap oleh partikel-partikel tanah membuat kemampuan tanah dalam menyerap air akan menurun sehingga menyebabkan terjadinya degradasi tanah. Pemulihan lahan tercemar akibat limbah oli menggunakan metode bioremediasi yang lebih ramah lingkungan, efisien dan ekonomis (Junaidi dkk., 2013) untuk mengurangi atau menghilangkan kontaminan yang berbahaya menjadi tidak berbahaya dengan menggunakan mikroorganisme (Chanif dkk., 2017).

Menurut PP 101 Tahun 2014, sampah adalah sisa-sisa kegiatan perusahaan dan/atau kegiatan. Oleh karena itu, oli bekas adalah sisa pelumas atau oli yang dihasilkan oleh aktivitas manusia, khususnya di bidang otomotif dan tempat kerja. Limbah minyak yang diatur pemerintah termasuk dalam kategori limbah B3. Oleh karena itu, perlakukan sesuai aturan yang tercantum dalam regulasi dan jangan dibuang sembarangan karena dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Limbah minyak juga merupakan limbah B3 yang mudah terbakar (Putri, 2020).

Menurut Basuki (2016), pelumas bekas atau oli bekas terdiri dari komposisi senyawa yang berbeda, antara lain *naftalena*, *toluena*, *etilbenzena*, *dimetilheksana*, *noctan*, *tetracontane* dan serta jenis senyawa lainnya. Menurut Susanto (2015), pelumas bekas atau oli bekas banyak mengandung komponen

logam berat, *polychlorinated biphenyls* (PCBs) dan *polycyclic aromatic hydrocarbon* (PAH). Komponen ini mengandung zat beracun dan sangat berbahaya jika dilepaskan ke lingkungan. Ketika komponen-komponen ini masuk ke dalam air, mereka dapat mencegah masuknya sinar matahari dan oksigen ke dalam air, yang berdampak buruk pada ekosistem perairan

Limbah atau tumpahan minyak bumi ini termasuk dalam golongan limbah yang berbahaya dan juga beracun. Limbah berbahaya memiliki sifat seperti, mudah terbakar, korosif, reaktif, beracun dan juga limbah rumah sakit yang mudah menular termasuk ke dalam golongan limbah berbahaya. Pencemaran limbah minyak bumi dapat mengurangi produktivitas tanah. Tumpahan minyak bumi pada tanah bergerak secara spasial serta tersebar dalam beberapa tempat seperti air permukaan, air tanah, udara, tanah bahkan diserap oleh biota atau makhluk hidup termasuk manusia (Herlambang dan Suryati, 2018).

Pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh hidrokarbon baik berupa senyawa POPs (*Persistent Organic Pollutants*), pestisida, minyak bumi (*Petroleum*) dan sebagainya merupakan kasus yang menjadi permasalahan secara global (Abha dan Singh, 2012). Pencemaran limbah minyak bumi banyak terjadi karena penggunaan minyak mentah yang semakin meningkat. Hal ini terjadi seiring dengan permintaan manusia yang cenderung juga meningkat. Sehingga tidak asing lagi dalam menemukan permasalahan pencemaran lingkungan akibat limbah minyak bumi di berbagai daerah di berbagai aspek lingkungan seperti udara, air dan tanah.

Limbah minyak yang tidak diolah terlebih dahulu juga berdampak negatif bagi ekosistem darat. Limbah minyak yang tumpah merembes ke tanah, memutus suplai oksigen dan memasuki lapisan tanah serta membunuh mikroorganisme tanah. Menurut Pratiwi dan Hermana (2014), tumpahan minyak di lingkungan juga menyebabkan pencemaran tanah dan air di daerah bawah tanah dan akuifer. Limbah B3 baik itu senyawa hidrokarbon, minyak bumi maupun pelumas perlu ditangani secara serius. Salah satu logam berat yang berbahaya bagi makhluk hidup adalah timbal (Pb). Timbal dihasilkan dari berbagai kegiatan, seperti industri bahan bakar, industri kabel, industri baterai, dari sisa pembakaran kendaraan dan kegiatan penambangan (Gurnita dkk., 2017).

Apabila penyimpanan dan pembuangan limbah tidak diperhatikan dengan baik, maka akan berdampak pada pencemaran lingkungan. Salah satu akibat yang dapat timbul dari pencemaran ini adalah kerusakan struktur tanah. Hal ini menyebabkan kualitas tanah yang buruk. Oleh karena itu, diperlukan metode pengolahan yang efektif untuk meningkatkan kualitas tanah tercemar limbah.

2.2 Fitoremediasi

Fitoremediasi merupakan metode penghilangan polutan dengan menggunakan tanaman dari tanah ataupun perairan yang terkontaminasi (Rondonuwu, 2014). Metode fitoremediasi banyak dikembangkan dan dipilih untuk meremediasi dan memungut ulang polutan yang ada dari sistem yang tercemar. Beberapa kelebihan dari metode fitoremediasi diantaranya ramah lingkungan, biaya operasional yang rendah dan dapat memelihara lingkungan menjadi lebih baik, hingga saat ini ditemukan lebih dari 400 jenis tanaman yang dipelajari memiliki kemampuan mengakumulasi polutan logam dan juga senyawa organik (Volesky, 1998).

Fitoremediasi merupakan teknologi yang menjanjikan untuk menangani pencemaran secara efektif dan murah serta dapat digunakan langsung di daerah yang terkontaminasi. Fitoremediasi juga dapat diterapkan secara langsung pada daerah tercemar dengan menggunakan pohon, tanaman pangan dan tanaman berbunga (Fahrudin, 2010). Keuntungan dari fitoremediasi dibandingkan sistem perbaikan lainnya adalah menghasilkan limbah sekunder yang kurang beracun, ramah lingkungan dan ekonomis. Kelemahannya sendiri lebih lama dari yang diduga diperlukan untuk fitoremediasi dan dapat mencemari rantai makanan dari hewan pemakan tumbuhan (Pratomo, 2004).

Fitoremediasi dikenal sebagai teknologi yang melindungi lingkungan. Tanaman memiliki kemampuan alami untuk menyerap logam yang ada di tanah yang tercemar. Beberapa jenis logam, seperti Cu (tembaga), CO (karbon monoksida), Fe (besi), Mo (molibdenum), Mn (mangan), Ni (nikel), Sn (timah) dan Zn (seng) merupakan *trace element* atau unsur mikro yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Logam seperti Cr (kromium), Cd (cadmium) dan Pb (timbal) belum diketahui apakah membawa manfaat fisiologis bagi tanaman atau

tidak. Oleh karena itu, tujuan pertama fitoremediasi adalah pemulihan lingkungan yang terkontaminasi logam (Cunningham dkk., 1995).

2.3 Rumput Gajah

Rumput gajah (*Pennisetum purpureum* Schaum) berasal dari Afrika, tanaman ini diperkenalkan di Indonesia pada tahun 1962, dan tumbuh alami di seluruh dataran Asia Tenggara. Di Indonesia sendiri, rumput gajah merupakan tanaman hijauan utama pakan ternak yang memegang peranan yang amat penting, karena hijauan mengandung hampir semua zat yang diperlukan hewan (Mihrani, 2008).

Klasifikasi dari tanaman rumput gajah menurut Syarifuddin (2006).

Regnum	: Plantae (Tumbuhan)
Super Divisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Sub Kelas	: Commelinidae
Ordo	: Poales
Famili	: Poaceae
Genus	: <i>Pennisetum</i>
Spesies	: <i>Pennisetum purpureum</i> Schaum

Rumput gajah memiliki akar yang tumbuh pada batang buku yang merambat ke dalam tanah. Kehadiran akar di dalam tanah mempercepat penutupan tanah. Rumput gajah memiliki akar berserat yang dapat menggabungkan partikel untuk membentuk jaring dan mengangkat nutrisi yang terbawa ke permukaan oleh air hujan. Sifat ini sangat menguntungkan karena dapat menyuburkan tanah. Setelah menanam rumput gajah selama 3 tahun dan kemudian menanam kembali tanaman lain, hasil yang ditunjukkan di Uganda menunjukkan peningkatan hasil yang signifikan (Rahayu, 2001).

Rumput gajah tumbuh tegak seperti tebu dapat mencapai ketinggian 2–5 m, mudah berkembang biak, berdaun lebar, tipis dan mempunyai tulang daun. Rumput gajah memiliki batang bulat berkayu dan berbuku-buku di mana dari buku tersebut nantinya akan keluar tunas baru yang kemudian yang akan menjadi

batang baru. Diameter batangnya bisa mencapai 3 cm atau lebih dan terdiri hingga 20 ruas/buku (Manglayang, 2005).

Rumput gajah dapat digunakan dalam fitoremediasi untuk memperbaiki tanah tercemar limbah oli bekas. Rumput gajah dipilih karena dapat ditemukan dan tumbuh di mana saja. Rumput gajah dapat tumbuh di daerah dengan sedikit atau tanpa nutrisi, yang juga dapat memperbaiki kondisi tanah yang rusak akibat erosi. Rumput gajah dapat tumbuh di tempat dengan kondisi tanah yang rusak disaat tanaman lain sulit hidup dengan baik dikondisi tersebut (Sanderson dan Paul, 2008). Hal ini diperkuat dengan penelitian Aliyanta dkk. (2011) yang menunjukkan bahwa rumput gajah dapat membantu memperbaiki lahan yang terkontaminasi minyak bumi. Tanaman dapat dikatakan bersifat adaptif apabila tanaman tersebut mampu hidup pada kondisi tercemar limbah B3 (Kurniawan dkk., 2019).

Rumput gajah sendiri masuk dalam keluarga rumput-rumputan yang dikenal sebagai pakan ternak (Manglayang, 2005). Menurut Sari (2009) kandungan serat kasar pada rumput gajah berupa lignin, selulosa dan hemiselulosa yang cukup tinggi sekitar 40,85 %. Oleh karena itu rumput gajah dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan kertas dan pulp. Nur (2013) pada penelitiannya menyebutkan bahwa rumput gajah termasuk dalam tanaman yang dapat digunakan pada fitoremediasi karena memiliki kemampuan mengakumulasi logam berat Cd (Hapsari dan Lestari, 2017). Penelitian Pratiwi (2019) menunjukkan hasil berupa akar rumput gajah mampu mengakumulasikan logam Pb dengan baik. Hal ini karena perbandingan konsentrasi logam Pb pada akar lebih besar daripada konsentrasi logam Pb pada media tanah.

Agar tanah tercemar dapat kembali ditanam dengan tumbuhan lain tanah perlu ditanami dengan tanaman pionir. Rumput gajah memiliki sifat yang menguntungkan yaitu akar serabutnya dapat mengikat partikel dan membentuk jalinan serta mengangkat zat hara yang telah tercuci oleh air hujan kelapisan permukaan. Sifat rumput gajah ini dapat menyuburkan tanah (Rahayu, 2001). Hal ini sesuai dengan pernyataan Septiani dkk. (2015) bahwa fungsi tanaman pionir pada lahan yang terganggu adalah membantu meningkatkan kesuburan tanah karena mengeluarkan eksudat akar yang mampu menarik PGPR (*Plant Growth*

Promoting Rhizobacteria) atau kelompok bakteri menguntungkan, dan mencegah erosi karena sistem perakarannya mampu menahan tanah dari gerusan air.

2.4 Pupuk Kompos

Pupuk kompos adalah salah satu pupuk organik yg dibentuk dengan menguraikan residu-residu flora dan fauna menggunakan bantuan organisme hidup. Untuk menciptakan pupuk kompos dibutuhkan bahan standar berupa material organik dan organisme pengurai. Organisme pengurainya mampu berupa mikroorganisme ataupun makroorganisme. Teknologi pengomposan dikembangkan menurut proses penguraian material organik yang terjadi pada alam bebas. Terbentuknya humus pada hutan adalah galat satu model pengomposan secara alami. Prosesnya berjalan sangat lambat, mampu hingga berbulan-bulan sampai bertahun-tahun (Rahmawanti dan Dony, 2014).

Kompos adalah bahan baku organik yang terurai secara alami. Kompos ibarat multivitamin di lahan pertanian. Kompos meningkatkan kesuburan tanah dan merangsang akar yang sehat. Kompos memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan kadar bahan organik tanah dan meningkatkan kemampuan tanah untuk mempertahankan kadar air tanah. Penambahan kompos meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah yang bermanfaat bagi tanaman. Aktivitas mikroba ini membantu tanaman menyerap unsur hara dari dalam tanah dan menghasilkan senyawa yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman. Aktivitas mikroorganisme di dalam tanah juga diketahui membantu tanaman mengatasi penyebaran penyakit. Tanaman yang dipupuk dengan kompos cenderung memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan tanaman yang dipupuk dengan pupuk kimia (Sundari, 2009).

Pengomposan meningkatkan kesuburan tanah dan merangsang akar yang sehat. Pengomposan meningkatkan struktur tanah dengan menaikkan tingkat zat tanah untuk mempertahankan kandungan air tanah dan meningkatkan peningkatan institusi. Tanaman yang diberi kompos cenderung lebih baik daripada tanaman yang dibuahi dengan pupuk kimia. Samekto (2006) telah menjelaskan bahwa pengomposan dapat mengurangi konsentrasi tanah, perkembangan akar dan kemampuannya digambarkan lebih mudah untuk menyerap nutrisi. Peran bahan organik pada pertumbuhan tanaman dapat secara langsung atau paling

terpengaruh. Menurut Samekto (2006), kompos membantu tanah yang kurang gizi lebih baik dalam menyediakan unsur hara yang dibutuhkan benih, akar bibit tumbuh dengan baik dan kemampuan menyerap unsur hara yang dibutuhkan benih lebih baik, memperbaiki struktur tanah sehingga dapat terpenuhi.

Pupuk kompos yang akan digunakan berupa pupuk kompos cair. Pupuk kompos cair tanduria yang memiliki kandungan berupa *Bacillus Megatherium*, *Lactobacillus* sp, *Streptomyces*, *Acetobacter* sp, *Azospirillum*, *Pseudomonas Fluorescens*, *Aspergillus niger*, *Tricoderma*, *Metharizium anisopliae*, *Rhizobium* sp, *Actinomycetes* sp, Yeast atau ragi. Pupuk organik cair sendiri mengandung berbagai mineral, juga zat-zat esensial yang dibutuhkan tanah dan tanaman, serta hormon pertumbuhan tanaman. Tidak hanya itu, pupuk organik terutama pupuk organik cair apabila dibandingkan dengan pupuk kimia, lebih baik dalam merangsang pertumbuhan tanaman dan dapat secara efektif meningkatkan kapasitas tukar kation tanah (Hariyadi dkk., 2021). Penelitian Hanifah dkk., (2018) menyatakan bahwa kompos limbah cair tahu dan kulit pisang dapat menurunkan kadar TPH hingga 61,92% dan meningkatkan kadar N pada tanah tercemar minyak bumi.

2.5 Biochar

Indonesia memiliki potensi sumber daya alam yang besar, diantaranya potensi pohon atau kayu yang dititik beratkan pada pemanfaatan kayu menjadi kayu lapis dan kayu gergajian (Utama dkk., 2019). Kegiatan tersebut menghasilkan produk samping yaitu limbah berupa serbuk kayu yang umumnya hanya dibiarkan. Limbah tersebut perlu diolah agar menjadi barang yang bernilai guna tinggi, salah satunya adalah diolah menjadi *biochar* (Rafly dkk., 2022). *Biochar* adalah arang hitam yang dihasilkan dari proses pemanasan biomassa dengan oksigen terbatas atau tanpa oksigen. *Biochar* merupakan bahan organik yang memiliki sifat stabil dan dapat digunakan sebagai pembenah tanah di daerah kering. Meningkatnya penggunaan *biochar* sebagai alternatif sumber bahan organik segar dalam pengelolaan tanah untuk memulihkan dan meningkatkan kesuburan di lahan pertanian yang rusak dan kritis kini menjadi penting bagi para ilmuwan tanah dan lingkungan. Fokus perhatian internasional pada penggunaan

biochar sebagai pembenah tanah pertanian dikembangkan dari pengamatan di Amazon, Brazil (Glaser, 2001).

Biochar merupakan biomassa organik yang dapat diproduksi dan dikembangkan dalam skala sederhana untuk mengatasi permasalahan lingkungan tercemar tingkat terendah seperti petani melalui proses pirolisis. *Biochar* memiliki luas permukaan yang besar dan kemampuannya yang tinggi untuk mengadsorpsi logam berat dapat digunakan untuk mengurangi pelindian logam berat dan polutan organik di dalam tanah akibat adsorpsi dan reaksi fisiko kimia lainnya (Park dkk., 2011). *Biochar* biasanya merupakan zat alkali yang membantu meningkatkan pH tanah dan menstabilkan logam berat. Memperbaiki tanah yang terkontaminasi dengan *biochar* dapat memberikan solusi baru untuk masalah pencemaran tanah.

Logam berat tidak memiliki sifat *biodegradable*, bertahan lama dengan tanah yang terkontaminasi, dan untuk mengembalikannya membutuhkan waktu lama dan relatif sangat mahal. Stabilisasi logam berat dengan cepat dapat dilakukan dengan mengurangi bioavailabilitas dari logam dan menambahkan perubahan pertanian untuk menambah kapur dan kompos untuk mengurangi penyerapan melalui tanaman (Komarek dkk., 2013). *Biochar* memiliki kemampuan untuk menstabilkan logam berat di tanah yang terkontaminasi dengan meningkatkan kualitasnya dengan mengurangi penyerapan logam berat melalui tumbuhan dan meningkatkan kualitasnya dengan meningkatkan sifat fisik biologi dan kimia tanah (Ippolito dkk., 2012, Komarek dkk., 2013).

Bahan pembenah tanah yaitu *biochar* didefinisikan sebagai arang untuk tujuan perbaikan tanah. Perlu dicatat bahwa istilah *biochar* umumnya dikaitkan dengan produk akhir pirolisis lainnya seperti *syngas* (Verheijen dkk., 2010). Sebagai pembenah tanah, *biochar* sering digunakan untuk mengatasi masalah tanah. Aplikasi *biochar* meningkatkan pH tanah masam, meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah, dan menyediakan nutrisi N, P dan K. *Biochar* juga dapat menjaga kelembaban tanah untuk retensi air yang tinggi dan memperbaiki tanah yang terkontaminasi logam berat seperti Pb, Cu, Cd dan Ni. Menambahkan *biochar* ke dalam tanah juga meningkatkan pertumbuhan tanaman dan penyerapan nutrisi. Pemberian arang hayati (*biochar*) pada tempat tumbuh sengon diduga mampu meningkatkan kualitas tempat tumbuh sengon (Wijaya dkk., 2021).

Produksi *biochar* dapat menggunakan limbah pertanian maupun kehutanan, seperti limbah potongan kayu, kulit kayu, tempurung kelapa, sekam padi, tandan kelapa sawit dan bahan organik lainnya (Gani, 2009). Bahan baku pembuatan *biochar* yang lain dapat berupa limbah pemanenan dan penebangan, kayu mati, sisa penggilingan kayu pulp dan lainnya (Wiedner dan Glaser, 2015). *Biochar* sendiri dapat menghasilkan karbon hingga 80% dan mampu meningkatkan kesuburan tanah hingga dua kali lipat walaupun tanpa aplikasi pupuk (Lehmann dkk., 2006).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret hingga Juni 2023 di Rumah Kaca, Laboratorium Lapangan Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Analisis kimia tanah dilakukan di UPT. Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (LTSIT), Universitas Lampung, penimbangan serta pengovenan dilakukan di Laboratorium Silvikultur dan Perlindungan Hutan Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkul, plastik, *polybag* ukuran 10 cm x 20 cm, timbangan digital, *sprayer*, gelas ukur, *thermohygrometer*, penggaris dengan ketelitian 1 mm atau meteran, sekop, gunting, label, kamera, dan laptop. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rumput gajah (*Pennisetum purpureum*), media tanah, limbah oli, pupuk kompos cair tanduria (*Bacillus Megatherium*, *Lactobacillus* sp, *Streptomyces*, *Acetobacter* sp, *Azospirillum*, *Pseudomonas Fluorescens*, *Aspergillus niger*, *Trichoderma*, *Metharizium anisopliae*, *Rhizobium* sp, *Actinomyces* sp, Yeast atau ragi) dan *biochar* dari limbah kayu yang menghasilkan karbon hingga 80%.

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial dengan menggunakan 2 faktor, faktor pertama yaitu menggunakan pupuk kompos terdiri atas 4 taraf dosis meliputi K₀, K₁, K₂, dan K₃. Faktor ke dua yaitu menggunakan *biochar* terdiri atas 3 taraf dosis

meliputi B₀, B₁, dan B₃. Faktor tersebut membentuk 12 kombinasi perlakuan dan masing-masing perlakuan diulang sebanyak 5 ulangan. Rumput gajah dalam satu (unit) eksperimen pada penelitian ini adalah sebanyak 1 batang atau satu bibit, sehingga dibutuhkan tanaman rumput gajah sejumlah 60 bibit.

Selain itu, masing-masing faktor dirinci sebagai berikut.

a. Pemberian pupuk kompos (K) dengan taraf dosis sebagai berikut.

K₀ = 1.000 g (tanah tercemar oli bekas dan tidak diberi pupuk kompos)

K₁ = 50 ml (pupuk kompos) + 1.000 g (tanah tercemar oli bekas)

K₂ = 90 ml (pupuk kompos) + 1.000 g (tanah tercemar oli bekas)

K₃ = 130 ml (pupuk kompos) + 1.000 g (tanah tercemar oli bekas)

b. Pemberian *biochar* (B) dengan taraf dosis sebagai berikut.

B₀ = 1.000 g (tanah tercemar oli bekas dan tidak diberi *biochar*)

B₁ = 20 g (*biochar*) + 1.000 g (tanah tercemar oli bekas)

B₂ = 40 g (*biochar*) + 1.000 g (tanah tercemar oli bekas)

Rumus Linier Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RAL Faktorial)

Menurut Budiyono (2009), bentuk umumnya dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}; i = 1, 2, \dots, b; k = 1, 2, \dots; r = 1, 2, \dots$$

Keterangan :

Y_{ijk} : respon perlakuan pada taraf ke- i faktor A, taraf ke- j faktor B dan ulangan ke- k

μ : nilai tengah populasi (rata-rata yang sesungguhnya)

α_i : pengaruh utama taraf ke- i dari faktor K

β_j : pengaruh utama taraf ke- j dari faktor B

$(\alpha\beta)_{ij}$: pengaruh interaksi faktor K taraf ke- i dan faktor B taraf ke- j

ε_{ijk} : pengaruh galat pada taraf ke- i faktor K, taraf ke- j dari faktor B dan ulangan ke- k

K _{3.5} B _{0.5}	K _{2.2} B _{0.2}	K _{3.2} B _{2.2}	K _{3.4} B _{1.4}	K _{1.1} B _{2.1}
K _{2.2} B _{2.2}	K _{1.5} B _{2.5}	K _{0.4} B _{2.4}	K _{1.5} B _{1.5}	K _{0.5} B _{0.5}
K _{2.4} B _{1.4}	K _{3.3} B _{1.3}	K _{3.3} B _{0.3}	K _{0.1} B _{2.1}	K _{2.3} B _{1.3}
K _{1.2} B _{2.2}	K _{3.1} B _{1.1}	K _{2.5} B _{1.5}	K _{0.2} B _{0.2}	K _{0.1} B _{0.1}
K _{0.5} B _{1.5}	K _{0.4} B _{0.4}	K _{0.1} B _{1.1}	K _{1.3} B _{0.3}	K _{2.1} B _{0.1}
K _{2.1} B _{1.1}	K _{0.3} B _{1.3}	K _{2.1} B _{2.1}	K _{2.3} B _{0.3}	K _{3.1} B _{0.1}
K _{2.2} B _{1.2}	K _{3.3} B _{2.3}	K _{3.2} B _{0.2}	K _{1.4} B _{1.4}	K _{1.3} B _{1.3}
K _{2.4} B _{0.4}	K _{1.4} B _{0.4}	K _{1.3} B _{2.3}	K _{0.3} B _{0.3}	K _{1.1} B _{0.1}
K _{0.2} B _{1.2}	K _{1.2} B _{1.2}	K _{3.5} B _{2.5}	K _{1.4} B _{2.4}	K _{1.1} B _{1.1}
K _{3.4} B _{0.4}	K _{1.2} B _{0.2}	K _{2.5} B _{0.5}	K _{3.4} B _{2.4}	K _{3.1} B _{2.1}
K _{3.2} B _{1.2}	K _{2.4} B _{2.4}	K _{3.5} B _{1.5}	K _{0.4} B _{1.4}	K _{0.5} B _{2.5}
K _{2.5} B _{2.5}	K _{0.2} B _{2.2}	K _{2.3} B _{2.3}	K _{1.5} B _{0.5}	K _{0.3} B _{2.3}

Gambar 2. Tata letak unit percobaan dalam RAL faktorial 4 x 3.

3.3.2 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

1) Persiapan Media dan Penanaman Bibit

Tanah yang digunakan untuk media tanam diambil dari Lapangan Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Persiapan media yang dilakukan adalah pengambilan media tanah, penyiapan peralatan yang dibutuhkan, dan pembuatan campuran media tanah. Media tanah yang digunakan berupa tanah topsoil sedalam 20 cm. Tanah kontrol yang tidak dicampur dengan limbah oli diambil dalam kedalaman 20 cm dengan ukuran 1 x 1 meter kemudian, tanah kontrol ini dianalisis di laboratorium. Tanah dibersihkan kemudian diayak lalu diamkan dalam keadaan terbuka dengan tujuan agar tanah menjadi kering udara. Tanah yang telah kering ditimbang sebanyak 1 kg x 60 sampel dan dicampur dengan oli bekas sebanyak 60 ml x 60 sampel lalu ditempatkan dalam satu wadah kemudian diaduk hingga tercampur rata. Pengadukan diulang hingga 4 hari sehingga membuat tanah tercemar oli bekas. Pupuk kompos cair dicampur dengan air biasa dengan perbandingan 1 : 10. *Biochar* yang akan digunakan dihaluskan terlebih dahulu siapkan sesuai dengan yang dibutuhkan untuk perlakuan. Tanah diaklimatisasi selama satu minggu, kemudian diberi perlakuan dengan menyiram pupuk kompos cair dan *biochar* yang telah dihaluskan dicampur merata ke dalam tanah tercemar sesuai dengan dosis yang ditentukan. Media yang telah diberi perlakuan selanjutnya diaklimatisasi kembali selama satu minggu dan dimasukkan ke *polybag*. Bibit yang digunakan adalah bibit yang sehat, bebas dari hama dan

penyakit, dengan usia bibit 6 bulan dari tahun tanam. Bibit rumput gajah yang sudah disiapkan kemudian ditanam ke dalam *polybag* sesuai dengan perlakuan dan jumlah ulangan pada setiap perlakuan.

2) Pemeliharaan

Pemeliharaan dilakukan pada bibit rumput gajah yang telah disapih dan ditempatkan dalam rumah kaca selama 12 minggu. Pemeliharaan bibit yakni penyiraman secara rutin pada pagi dan sore hari. Kegiatan penyiraman mempertimbangkan kondisi media tanam di *polybag*. Penyiangan dilakukan seperlunya jika terdapat tumbuhan pengganggu. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan dengan penyemprotan pestisida pada bibit rumput gajah.

3) Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan selama 12 minggu. Parameter yang diukur selama pengambilan data yaitu tinggi tanaman, jumlah anakan, perubahan warna daun secara deskriptif pada setiap perlakuan, bobot basah total, bobot kering total, nisbah pucuk akar dan volume akar pada akhir penelitian.

4) Variable Utama Penelitian

a. Tinggi Tanaman

Data tinggi tanaman (cm) diambil setiap satu minggu sekali hingga akhir pengamatan perlakuan. Pengukuran tinggi tanaman menggunakan penggaris atau meteran, dari batang terbawah rumput gajah hingga pucuk daun tertinggi.

b. Jumlah Anakan

Anakan rumput gajah yang dihitung adalah anakan yang muncul dari dalam tanah atau tumbuh pada *rhizoma* batang. Data ini dihitung secara manual dengan cara menghitung setiap anakan yang tumbuh selama penelitian. Jumlah anakan dihitung pada minggu pertama pengamatan hingga akhir pengamatan selama 12 minggu.

c. Perubahan Warna Daun

Data perubahan warna daun dilakukan dengan cara mengamati perubahan warna daun setiap minggunya, lalu data dijelaskan secara deskriptif kualitatif mengenai perubahan warna daun yang terjadi.

d. Volume Akar

Data volume akar diambil pada akhir pengamatan penelitian, dengan cara membongkar bibit dari *polybag* lalu akar dibersihkan dari tanah yang menempel. Akar yang telah dibersihkan lalu dipotong dan dimasukkan ke dalam gelas ukur. Amati selisih volume air saat akar dimasukkan terhadap volume awal air. Volume awal air adalah sebanyak 500 ml.

e. Bobot Basah Total

Pengukuran bobot basah total dilakukan pada akhir pengamatan. Tanaman dipisahkan dari media tanam dalam *polybag*, bagian akar, batang dan daun dipisahkan kemudian dibersihkan. Bagian tanaman tersebut kemudian ditimbang, bobot basah total merupakan penjumlahan berat basah akar serta berat basah batang dan daun.

f. Bobot Kering Total

Pengukuran bobot basah total dilakukan pada akhir pengamatan. Tanaman dipisahkan dari media tanam dalam *polybag*, bagian akar, batang dan daun dipisahkan kemudian dibersihkan. Bagian tanaman tersebut kemudian dioven pada suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$ selama 2 hari atau 48 jam. Setelah dilakukan pengeringan di oven kemudian ditimbang berat kering untuk mengetahui biomasnya.

g. Nisbah pucuk akar

Nisbah pucuk akar adalah perbandingan antara berat kering tajuk/pucuk dengan berat kering akar. Nilai nisbah pucuk akar akan diperoleh dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{NPA} = \frac{\text{Berat Kering Pucuk (gram)}}{\text{Berat Kering Akar (gram)}}$$

5) Variabel Penunjang Penelitian

Variabel penunjang dalam penelitian ini adalah suhu dan kelembaban. Variabel ini diukur menggunakan *hygrometer* dan *thermohyrgometer* pengukuran suhu dan kelembaban dilakukan satu minggu sekali selama periode pengamatn.

6) Analisis Kimia Tanah Awal dan Tanah Akhir

Analisis kimia tanah dilakukan pada awal dan akhir pengamatan. Pengamatan pertama menggunakan tanah kontrol sedangkan pada akhir pengamatan, tanah yang digunakan merupakan tanah pada sampel dengan respon terbaik, respon sedang dan respon terburuk terhadap pertumbuhan rumput gajah. Analisis sifat kimia tanah berupa unsur Pb yang dilakukan di UPT. Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (LTSIT), Universitas Lampung.

Tabel 1. Tabulasi data RAL Faktorial 4 x 3

Faktor P	Faktor A	Ulangan					Total
		1	2	3	4	5	
K ₀	B ₀	Y ₀₀₁	Y ₀₀₂	Y ₀₀₃	Y ₀₀₄	Y ₀₀₅	Y _{00.}
K ₀	B ₁	Y ₀₁₁	Y ₀₁₂	Y ₀₁₃	Y ₀₁₄	Y ₀₁₅	Y _{01.}
K ₀	B ₂	Y ₀₂₁	Y ₀₂₂	Y ₀₂₃	Y ₀₂₄	Y ₀₂₅	Y _{02.}
K ₁	B ₀	Y ₁₀₁	Y ₁₀₂	Y ₁₀₃	Y ₁₀₄	Y ₁₀₅	Y _{10.}
K ₁	B ₁	Y ₁₁₁	Y ₁₁₂	Y ₁₁₃	Y ₁₁₄	Y ₁₁₅	Y _{11.}
K ₁	B ₂	Y ₁₂₁	Y ₁₂₂	Y ₁₂₃	Y ₁₂₄	Y ₁₂₅	Y _{12.}
K ₂	B ₀	Y ₂₀₁	Y ₂₀₂	Y ₂₀₃	Y ₂₀₄	Y ₂₀₅	Y _{20.}
K ₂	B ₁	Y ₂₁₁	Y ₂₁₂	Y ₂₁₃	Y ₂₁₄	Y ₂₁₅	Y _{21.}
K ₂	B ₂	Y ₂₂₁	Y ₂₂₂	Y ₂₂₃	Y ₂₂₄	Y ₂₂₅	Y _{22.}
K ₃	B ₀	Y ₃₀₁	Y ₃₀₂	Y ₃₀₃	Y ₃₀₄	Y ₃₀₅	Y _{30.}
K ₃	B ₁	Y ₃₁₁	Y ₃₁₂	Y ₃₁₃	Y ₃₁₄	Y ₃₁₅	Y _{31.}
K ₃	B ₂	Y ₃₂₁	Y ₃₂₂	Y ₃₂₃	Y ₃₂₄	Y ₃₂₅	Y _{32.}
Total (Y _{..k})		Y _{..1}	Y _{..2}	Y _{..3}	Y _{..4}	Y _{..5}	Y _{...}

7) Analisis Data

Data hasil penelitian yang telah diperoleh kemudian dianalisis variansnya dengan menggunakan uji F untuk mengetahui ada atau tidak adanya pengaruh dari perlakuan yang diberikan. Apabila hasil dari pengujian adalah berpengaruh signifikan maka dilanjutkan menggunakan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) untuk mengetahui perlakuan mana yang memiliki pengaruh sama atau berbeda dan pengaruh terkecil hingga pengaruh terbesar antara perlakuan yang satu dengan perlakuan yang lain (Simanjuntak, 2008). Uji DMRT ini digunakan

pada tingkat kepercayaan 95% menggunakan *software* SPSS (*Statistical Package for the Sosial Sciences*) versi 19.

a. Uji Homogenitas ragam

Homogenitas ragam diuji menggunakan uji Levene dengan rumus untuk homogenitas ragam adalah sebagai berikut (Brown dan Forsythe, 1974).

Hipotesis yang akan diuji adalah H_0 yaitu $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$ (varians yang sama/ homogen, H_1 yaitu paling sedikit terdapat satu $\sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$ (varians berbeda/ tidak homogen). Kriteria pengujian yaitu jika $W > F$, maka H_0 ditolak.

Statistik uji Levene sebagai berikut.

$$W = \frac{(N - k) \sum_{i=1}^k n_i (\bar{Z}_{i.} - \bar{Z}_{..})^2}{(k - 1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Z_{ij} - \bar{Z}_{i.})^2}$$

Keterangan:

W	= Statistik uji untuk Uji Levene
F	= Menilai kesetaraan varians diantara kelompok
N	= Jumlah pengamatan
k	= Banyak kelompok
Z_{ij}	= $ Y_{ij} - \bar{Y}_i $
\bar{Y}_i	= Rata-rata dari kelompok ke $-i$
\bar{Z}_i	= Rata-rata kelompok dari Z_i
$\bar{Z}_{..}$	= Rata-rata menyeluruh dari Z_{ij}

b. Uji Analisis of Varians (ANOVA)

Uji Anova yang digunakan adalah uji Anova dua jalur (*Two Way Anova*). *Two Way Anova* menggunakan rumus sebagai berikut.

1. Hipotesis pengujian:

H_0 : Terdapat perbedaan signifikan efektivitas penggunaan pupuk kompos dan *biochar* terhadap pertumbuhan rumput gajah.

H_1 : Tidak ada perbedaan signifikan efektivitas penggunaan pupuk kompos dan *biochar* terhadap pertumbuhan rumput gajah.

2. Jumlah kuadrat total (JK_T)

$$JK_T = \sum X_T^2 - \frac{(\sum X_T)^2}{N}$$

3. Jumlah kuadrat perlakuan K (JK_K)

$$JK_K = \left(\sum \frac{(\sum X_k)^2}{n_k} \right) - \frac{(\sum X_T)^2}{N}$$

4. Jumlah kuadrat perlakuan B (JK_B)

$$(JK_B) JK_B = \left(\sum \frac{(\sum X_B)^2}{n_B} \right) - \frac{(\sum X_T)^2}{N}$$

5. Jumlah kuadrat interaksi perlakuan K dan B (JK_{KB})

$$JK_{KB} = \left(\sum \frac{(\sum X_{KB})^2}{n_{KB}} \right) - \frac{(\sum X_T)^2}{N} - JK_K - JK_B$$

6. Jumlah kuadrat galat (JK_G)

$$JK_G = JK_T - JK_K - JK_B - JK_{KB}$$

7. Derajat bebas ($db_K, db_B, db_{KB}, db_G, db_t$)

- | | |
|--|----------------------|
| a. db_K (derajat bebas perlakuan K) | $= b - 1$ |
| b. db_B (derajat bebas perlakuan B) | $= k - 1$ |
| c. db_{KB} (derajat bebas interaksi perlakuan K dan B) | $= db_K \times db_B$ |
| d. db_G (derajat bebas galat) | $= N - (b \cdot k)$ |
| e. db_t (derajat bebas total) | $= N - 1$ |

8. Kuadrat Tengah ($KT_K, KT_B, KT_{KB}, KT_G$)

a. $KT_K = \frac{JK_K}{db_K}$

b. $KT_B = \frac{JK_B}{db_B}$

c. $KT_{KB} = \frac{JK_{KB}}{db_{KB}}$

d. $KT_G = \frac{JK_G}{db_G}$

9. F_{hitung} (F_K, F_B, F_{KB})

a. $F_K = \frac{KT_K}{KT_G}$

b. $F_B = \frac{KT_B}{KT_G}$

c. $F_{KB} = \frac{KT_{KB}}{KT_G}$

10. $F_{tabel}(F_K, F_B, F_{KB})$

a. $F_{K(tabel)} = F_{K(\alpha)(db_K, db_G)} = F_{(0,05)(3; 48)} F_{(0,01)(3; 48)}$

b. $F_{B(tabel)} = F_{B(\alpha)(db_B, db_G)} = F_{(0,05)(2; 48)} F_{(0,01)(2; 48)}$

c. $F_{KB(tabel)} = F_{KB(\alpha)(db_{KB}, db_G)} = F_{(0,05)(6; 48)} F_{(0,01)(6; 48)}$

11. Kriteria pengujian

Jika ($F_{hitung} \geq F_{tabel}$) maka H_0 ditolak.

Tabel 2. Anova dua jalur pada Rancangan Acak Lengkap Faktorial

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F_{hitung}	F_{tabel}	
					$\alpha = 5\%$	$\alpha = 1\%$
Perlakuan K	3	JK_K	KT_K	KT_K/KT_G		
Perlakuan B	2	JK_B	KT_B	KT_B/KT_G		
Interaksi K*B	6	JK_{KB}	KT_{KB}	KT_{KB}/KT_G		
Galat	48	JK_G	KT_G			
Total	59	JK_{total}				

Keterangan:

DB : derajat bebas

JK : jumlah kuadrat

KT : kuadrat tengah

c. Rumus uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*)

Perbandingan nilai rata-rata perlakuan dilakukan dengan uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*). Rumus untuk perbandingan nilai rata-rata perlakuan adalah sebagai berikut.

$$DMRT_{\partial} = R_{(p,v,\partial)} \sqrt{\frac{KT_G}{r}}$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat diambil simpulan sebagai berikut.

1. Kompos dosis 50 ml memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan rumput gajah yang ditanam pada tanah tercemar limbah oli bekas. Dosis 50 ml terbukti meningkatkan pertumbuhan rumput gajah pada parameter tinggi tanaman, jumlah anakan dan bobot basah pucuk.
2. *Biochar* memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan rumput gajah yang ditanam pada tanah tercemar limbah oli bekas. Dosis *biochar* 20 gram, terbukti meningkatkan pertumbuhan rumput gajah terhadap parameter tinggi tanaman, bobot basah pucuk, bobot kering pucuk, dan bobot kering total, dan pada dosis *biochar* 40 gram meningkatkan pertumbuhan rumput gajah terhadap parameter jumlah anakan, sedangkan pada kontrol meningkatkan pertumbuhan rumput gajah terhadap parameter volume akar, bobot basah akar, dan bobot kering akar.
3. Tidak terjadi interaksi antara pemberian dosis pupuk kompos dan *biochar* terhadap pertumbuhan rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) pada tanah tercemar limbah oli bekas.

5.2 Saran

Penelitian lebih lanjut terkait Pb yang terakumulasi ke dalam akar, batang dan daun rumput gajah untuk mengetahui efektivitas dari perlakuan dan tanaman rumput gajah dalam meremediasi tanah tercemar limbah oli bekas perlu dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abha, S. dan Singh, C. S. 2012. Hydrocarbon pollution: effects on living organism, remediation of contaminated environments, and effects of heavy metals co-contamination on bioremediation. In introduction to enhanced oil recovery (EOR) processes and bioremediation of oil-contaminated sites (L romero-zeron ed.). *InTech Publisher*. 185-206.
- Adele, K., Piere, L., dan Thouret, J. C. 2011. Environmental changes in the highlands of the western Andean Cordillera. Southern Peru. *The Holocene*. 1–12.
- Aliyanta, B., Sumarlin, L. O., dan Mujab, A. S. 2011. Penggunaan biokompos dalam bioremediasi lahan tercemar limbah minyak bumi. *Valensi*. 2 (3) : 430-442.
- Annicchiarico, G., Caternolo, G., Rossi, E., dan Martiniello, P. 2011. Pengaruh input pupuk vs. pupuk terhadap produktivitas model tanaman hijauan. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 8 :1893–1913.
- Arnoldi, D. 2009. Pemilihan minyak pelumas atau oli kendaraan bermotor. *AUSTENIT*. 1 (2) : 26-30.
- Badan Pusat Statistik. 2022. Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis. <https://www.bps.go.id/indicator/17/57/1/jumlah-kendaraan-bermotor.html>. Diakses pada 15 Maret 2022 pukul 15.25 WIB.
- Bano, E. H., Natalia, V., Hasiati, W., Salu, F., dan Soleman, I. S. 2020. Pemanfaatan oli bekas sebagai bahan bakar alternative pada redesigned stove dengan menggunakan blower dan pipa besi. *Jurnal Kesehatan*. 13 (1):67-70.
- Basuki, W. 2016. Biodegradasi limbah oli bekas oleh *Lycinibacullus sphaericus* TPC C 2.1. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 12 (2) : 111-119.
- Brown, M. B. dan Forsythe, A. B. 1974. Robust Test for the Equality of Variances. *Journal of the American Statistical Association*. 69: 364 – 367.

- Budiyono. 2009. *Statistika Untuk Penelitian*. Sebelas Maret University Press. Surakarta. Hal. 229.
- Buntoro, B. H., Rohlan, R., dan Sri, T. 2014. Pengaruh takaran pupuk kandang dan intensitas cahaya terhadap pertumbuhan dan hasil temu putih (*Curcuma zedoaria* L.). *Jurnal Vegetalika*. 3 (4) : 29–39.
- Chanif, I., Hambali, E., dan Yani, M. 2017. Kinerja oil spill dispersant dalam proses bioremediasi tanah tercemar minyak bumi (studi kasus tanah tercemar minyak bumi lapangan xyz). *Jurnal Teknologi Pertanian*. 27 (3) : 336-344.
- Cunningham, S. D., Berti, W. R., dan Huang, J. W. 1995. Remediation of Contaminated Soils and Sludges by Green Plants. Dalam Hinchee, R.E., Means, J.L., dan Burris, D.R. *Bioremediation of Inorganics*. Battelle Press. Ohio. Hal. 33-54.
- Darajeh, N., Idris, A., Truong, P., Aziz, A. A., Bakar, R. A., dan Man, H. C. 2014. Phytoremediation potential of vetiver system technology for improving the quality of palm oil mill effluent. *Advances in materials science and Engineering*. 1-10.
- Dou, L., Komatsuzaki, M., dan Nakagawa, M. 2012. Efek aplikasi biochar, mokusakueki dan bokashi pada nutrisi tanah, hasil dan kualitas ubi jalar. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Ilmu Tanah*. 2 : 318–327.
- Estuningsih, S. P., Juswardi, Yudono, B., dan Yulianti, R. 2013. Potensi tanaman rumput sebagai agen fitoremediasi tanah terkontaminasi limbah minyak bumi. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Fahrudin. 2010. *Bioteknologi Lingkungan*. Alfabeta. Bandung.
- Ferguson, J. E. 1990. *The Heavy Elements : Chemistry, Environmental Impact and Health Effects*. Oxford. Pergamon Press.
- Febriyono, R., Yulia, E. S. dan Agus, S. 2017. Peningkatan hasil tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans* L.) melalui perlakuan jarak tanam dan jumlah tanaman per lubang. *Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika*. 2 (1) : 22-27.
- Gani, A. 2009. Potensi arang hayati biochar sebagai komponen teknologi perbaikan produktivitas lahan pertanian. *Iptek Tanaman Pangan*. 4 (1) : 33–48.

- Gani, A. 2010. *Potensi Arang Hayati Biochar Sebagai Komponen Teknologi Perbaikan Produktifitas Lahan Pertanian*. Peneliti Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Sinar Tani. Sukamandi. Hlm. 1-4.
- Glaser, B. 2001. The terra preta phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropic. *Die Naturwissenschaften*. 88 : 37-41.
- Gunther, T., Domberger, U., dan Fritsche, W. 1996. Effect of ryegrass on biodegradation soils hydrocarbons in soil. *Chemosphere*. 33 : 203–215.
- Gurnita, S., Nunung, dan Budiasih, R. 2017. Pengaruh pengindus ammonium sulfat terhadap pertumbuhan dan kandungan logam berat timbal (Pb) pada rumput akar wangi (*Vetiveria zizanoides* L.) yang ditanam pada tailing tambang emas. *Jurnal Bio. & Pend. Bio*. 2 (1).
- Handayani, I. P. 2002. *Laporan Penelitian Pendayagunaan Vegetasi Invasi Dalam Proses Agradasi Tanah Untuk Percepatan Restorasi Lahan Kritis*. Lembaga Penelitian Universitas Bengkulu. Bengkulu.
- Handayani, I. F., Setyawati, E., dan Santoso, A. M. 2013. Efisiensi fitoremediasi pada air terkontaminasi Cu menggunakan *Salvinia molesta mitchel*. *Seminar Nasional X Pendidikan Biologi*. 10 (2).
- Hanifah, N. N., Yuliani, dan Fitrihidajati, H. 2018. Bioremediasi tanah tercemar minyak bumi dengan penambahan kompos berbahan baku limbah cair tahu dan kulit pisang. *Lentera Bio*. 7 (1) : 61-65.
- Hapsari, R., dan Lestari, S. U. 2017. Fitoremediasi logam berat cadmium (Cd) pada tanah yang tercemar dengan tanaman biduri (*Calotropis gigantea*) dan rumput gajah (*Panicum maximum*). *Jurnal Hijau Cendekia*. 2 (1) : 9-14.
- Hardianto, Kurniawan, W., dan Asminaya, N. S. 2021. Produktivitas rumput odot (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) ratun kedua pada tanah pasca tambang nikel dengan aplikasi biochar dan pupuk kandang kambing. *Jurnal Ilmiah Peternakan Halu Oleo*. 3 (3) : 353–356.
- Hariyadi, H., Winarti, S., dan Basuki, B. 2021. Kompos dan pupuk organik cair untuk pertumbuhan dan hasil cabai rawit (*Capsicum frutescens*) di tanah gambut. *Journal of Environment and Management*. 2 (1) : 61-70.
- Hayati, E. 2010. Pengaruh pupuk organik dan anorganik terhadap kandungan logam berat dalam tanah dan jaringan tanaman selada. *Jurnal Floratek*. 5 : 113-123.
- Herlambang, A. dan Suryati, T. 2018. Teknologi fitoremediasi untuk pemulihan lahan tercemar minyak. *Prosiding Seminar Nasional dan Konsultasi Teknologi Lingkungan*. 115–124.

- Hidayat, A. P., dan Damris, D. 2019. Pengaruh penambahan biochar dari batubara lignite pada tanah bekas penambangan batubara terhadap konsentrasi logam kadmium (Cd) terlarut menggunakan kolom *fixed bed sorption*. *Jurnal Engineering*. 1 (1) : 1-16.
- Ippolito, J. A., Laird, D. A., dan Busscher, W. J. 2012. Environmental benefits of biochar. *J Environ Qual*. 41 : 967–972.
- Irawan, T., Amin, B., dan Anita, S. 2021. Fitoremediasi tanah terkontaminasi minyak bumi dengan menggunakan tanaman rumput bahia (*Paspalum notatum*). *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 15 (1) : 1-12.
- Junaidi., Muyassir., dan Syafruddin. 2013. Penggunaan bakteri *Pseudomonas fluorescens* dan pupuk kandang dalam bioremediasi inceptisol tercemar hidrokarbon. *Jurnal Konservasi Sumber Daya Lahan*. 1 (1) : 1-9.
- Junaidi, A., Hanafiah, Z., dan Agustina, S. 2013. Komunitas plankton di perairan Sungai Ogan Kabupaten Ogan Komering Ulu, Sumatera Selatan. *Semirata FMIPA: Universitas Lampung*. Hal. 265-273.
- Karim, H., Suryani, A. I., Yusuf, Y. dan Fatah, N. A. K. 2019. Pertumbuhan Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) terhadap Pemberian Pupuk Organik Cair Limbah Pisang Kepok. *Indonesian Journal of Fundamental Sciences*. 5 (2) : 89-101.
- Komárek, M., Vaněk, A., dan Ettler, V. 2013. Chemical stabilization of metals and arsenic in contaminated soils using oxides-a review. *Environ Pollut*. 172 : 9–22.
- Kurniawan, B., Duryat, D., Riniarti, M., dan Yuwono, S. B. 2019. Kemampuan adaptasi tanaman mahoni (*Swietenia macrophylla*) terhadap cemaran merkuri pada tailing penambangan emas skala kecil. *Jurnal Sylva Lestari*. 7 (3) : 359-369.
- Kusrijadi, A., Mudzakir, A., dan Fatima, S. S. 2009. *Peningkatan Kualitas Sanitasi Lingkungan Berbasis Fitoremediasi*. UPI. Bandung.
- Lehmann, J. 2007. Bioenergy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 5 : 381-387.
- Lehmann, J., dan Joseph, S. 2007. *Biochar untuk Manajemen Lingkungan : Sebuah Inroduksi*. *Science and Technology* (Johannes Lehmann dan Stephen Joseph Eds). Earthscan. Inggris dan Amerika Serikat. Hal. 12.
- Lehmann, J., Gaunt, J., dan Rondon, M. 2006. Biochar sequestration in terrestrial ecosystems-a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 11 : 403-427.

- Lewenussa, A. 2009. *Pengaruh mikoriza dan bio organik terhadap pertumbuhan bibit Cananga odorata (Lamk) Hook.fet and Thoms.* [Skripsi]. Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Madjen, Y. J. 2018. Aplikasi Jenis Teh Kompos dan Takaran Biochar terhadap Pertumbuhan Serta Produksi Biomassa Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*). *JAS Journal of Animal Science*. 3 (2) : 29-31.
- Manglayang. 2005. *Hijauan Pakan Ternak : Rumput Gajah.*
<http://www.Manglayang>. Blogsme. Diakses pada 14 April 2022.
- Mannetje, L. 1992. *Plant Resources of South East Asia*. No. 4 Forages. Public Documentation Scientific Publisher, Wagenigen. Netherlands. Hlm. 191–192.
- Mansur, I., dan Diany, E. 2022. Respon Pertumbuhan Bibit Ylang-Ylang terhadap Persaingan dengan Rumput Signal dan Penambahan NPK. *Journal of Tropical Silviculture*. 13 (02) : 115-122.
- Martin, C. C. G. 2015. Meningkatkan daya tekan tanah menggunakan kompos dan teh kompos. Di: M.K. Meghvansi, A. Varma (eds.), *Amandemen Organik dan Penindasan Tanah dalam Manajemen Penyakit Tanaman, Biologi Tanah 46.* Springer International Publishing. Swiss.
- Mihrani. 2008. Evaluasi penyuluhan penggunaan bokashi kotoran sapi terhadap pertumbuhan dan produksi rumput gajah. *J. Agrisistem*. 4(1)
- Moenir, M. 2010. Kajian fitoremediasi sebagai alternatif pemulihan tanah tercemar logam berat. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan dan Pencemaran Industri*. 1 (2) : 115-123.
- Morel, J. L., Echevarria, G., dan Goncharova, N. 2006. *Phytoremediation of Metal Contaminated Soils*. Springer. Netherland.
- Mujab, A. S. 2011. *Penggunaan Biokompos dalam Bioremediasi Lahan Tercemar Limbah Lumpur Minyak Bumi.* (Skripsi). UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Muraza, O., dan A. Galadima. 2015. Aquathermolysis of heavy oil: A review an perspective on catalyst development. *Fuel*. 157 : 219-231.
- Niinemets, V. 2007. Photosynthesis and resource distriburion trough plant canopies. *Plant, cell and Environment*. 30 : 1052-1071.
- Nur, F. 2013. Fitoremediasi logam berat cadmium (Cd). *Biogenesis : Jurnal Ilmiah Biologi*. 134 : 103-281.

- Nurhikmah, A. 2015. *Biosorpsi Bogenvil (Bougainvillea spectabilis Wild) terhadap Emisi Timbal (Pb) pada Kendaraan Bermotor*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. Makassar.
- Park, J. H., Girish, K. C., Nanthi, S. B., Jae, W. C., dan Thammared, C. 2011. Biochar reduces the bioavailability and phytotoxicity of heavy metals. *Plant Soil*. 348 : 439–451.
- Pitrandjalisari, V. 2009. Analisis kelayakan investasi penggunaan teknologi crudeoil sistem di departemen power plant PT newmont Nusa Tenggara. *Jurnal Teknik Industri*. 10 (2) : 109-113.
- Pratiwi, K. D. S., dan Hermana, J. J. 2014. Efisiensi pengolahan limbah cair mengandung minyak pelumas pada oil separator dengan menggunakan plate settler. *Jurnal Teknik ITS*. 3 (1).
- Pratiwi, A. T. 2019. *Kemampuan Tanaman Rumput Gajah (Pennisetum purpureum) untuk Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) pada Tanah Tercemar*. (Skripsi). Universitas Brawijaya. Malang.
- Pratomo, S. 2004. Fitoremediasi Zn (seng) menggunakan tanaman normal dan transgenik Solanum nigrum L. *Doctoral Dissertation*. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
- Prayogo, D. 2008. Corporate Social Responsibility, Social Justice dan Distributive Welfare dalam Industri Tambang dan Migas di Indonesia. *Jurnal Galang*. 3 (3).
- Purnama, A. 2015. Pemanfaatan pupuk organik granular dari limbah destilasi etanol sorgum untuk pembibitan leda (*Eucalyptus deglupta*) pada tanah andosol, latosol, dan podzolik. *Journal of Tropical Silviculture*. 6 (3) : 160-171
- Putri, N. M. 2020. *Uji Efektivitas EM-4 dalam Mendegradasi Total Petroleum Hydrocarbon Pada Limbah Oli*. (Tugas Akhir). Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Banda Aceh.
- Rafly, N. M., Riniarti, M., Hidayat, W., Prasetia, H., Wijaya, B. A., Niswati, A., Hasanudin, U., dan Banuwa, I. S. 2022. Pengaruh pemberian biochar tandan kosong kelapa sawit terhadap pertumbuhan sengon (*Falcataria moluccana*). *Journal of Tropical Upland Resources*. 4 (1) : 1-10.
- Rahayu, E. A. 2001. *Perbandingan Daya Tumbuh dan Kesempurnaan Tumbuh Stek Rumput Gajah (Pennisetum purpureum Schum) yang Disimpan dengan Metode Berbeda*. (Skripsi). Fakultas Peternakan. Institut Pertanian Bogor

- Rahmawanti, N., dan Dony, N. 2014. Pembuatan pupuk organik berbahan sampah organik rumah tangga dengan penambahan aktivator EM4 di daerah Kayu Tangi. *ZIRAA'AH*. 39 (1) : 1-7.
- Razikin, R. K. 2015. Uji Tanam Bayam (*Amaranthus tricolor*) dan Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) sebagai Agen Fitoremediasi pada Tanah Tercemar Logam Pb dan Cd. *Skripsi*. Program Studi Agroteknologi, Fakultas Petanian, Universitas Jember.
- Rellam, C. R., Anis, S., Rumambi, A., dan Rustandi. 2017. Pengaruh naungan pemupukan nitrogen terhadap karakteristik morfologis rumput gajah *dwarf* (*Pennisetum purpureum* cv. Mott). *J Zootek*. 37 : 179-185.
- Rondonuwu, S. B. 2014. Fitoremediasi limbah merkuri menggunakan tanaman dan sistem reaktor. *Jurnal Ilmiah Sains*. 14(1) : 52-59.
- Samekto, R. 2006. *Pupuk Kompos*. PT Intan Sejati. Klaten.
- Sanderson, M. A., dan Paul, R. A. 2008. Perennial forages as second generation bioenergy crops. *International Journal of Molecular Sciences*. 9 : 768-788
- Santriyana, dan Dery, D. 2013. Eksplorasi tanaman fitoremediator aluminium (Al) yang ditumbuhkan pada limbah IPA PDAM Tirta Khatulistiwa Kota Pontianak. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. 1 (1).
- Santoso, S. 2014. *Statistika Parametrik*. Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Sari, N. K. 2009. Produksi bioethanol dari rumput gajah secara kimia. *Jurnal Teknik Kimia*. 4 (1) : 265-273.
- Septiani, D., Haris, G., dan Nery S. 2015. Komunitas vegetasi pionir dan perkiraan akumulasi biomassa pada lahan gambut bekas terbakar di area transisi cagar biosfer Giam Siak Kecil Bukit Batu Riau. *JOM FMIPA*. 2 (1).
- Seseray, D. Y., Budi, S., dan Marlyn, N. L. 2013. Produksi rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) yang diberi pupuk N, P, dan K dengan dosis 0, 50 dan 100 % pada devoliasi hari ke-45. *Jurnal Sains Peternakan*. 11 (1) : 49-55.
- Simanjuntak, M. R. 2008. *Ekstraksi dan Fraksinasi Komponen Ekstrak Daun Tumbuhan Senduduk (Melastoma malabathricum L.) serta Pengujian Efek Sendiaan Krim Terhadap Penyembuhan Luka Bakar*. (Skripsi). Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Sirait, J. 2017. Rumput gajah mini (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) sebagai hijauan pakan untuk ruminansia. *Jurnal Wartazoa*. 27 (4) : 167-176.
- Soegiman. 1982. *Ilmu Tanah Terjemahan*. Bratara Karya Aksara. Jakarta.

- Steiner C, Teixeira W., Lehman J., Nehls T., de Mecedo J., Blum W., dan Zech W. 2007. Long term effects of manure charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered central Amazonian upland soil. *Plant and soil*. 291 : 275-290.
- Sundari, E. 2009. Percepatan proses pembuatan kompos dari limbah kulit kakao. *Jurnal Teknos-2k*. 9 (1) :37-44.
- Suri, Y. 2021. Pengaruh kombinasi tek kompos berbahan dasar ekskreta ayam dan biochar berbahan dasar sufmuti (*Chromolaena odorata* L.) terhadap pertumbuhan dan produksi rumput odot (*Pennisetum purpureum* Cv. Mott). *Journal of Animal Science*. 6 (2) : 26-31.
- Suryati, T. 2015. Seleksi lima jenis rumput untuk fitoremediasi tanah tercemar minyak bumi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 16 (1) : 31-36.
- Susanto, A. 2015. Pengelolaan limbah minyak pelumas bengkel kendaraan bermotor konsep kesadaran diri. *Jurnal Pendidikan Teknik Otomotif*. 5 (1).
- Sutanto, R. 2001. Pencemaran tanah dan air oleh pestisida dan cara menanggulangnya. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 7 (1) : 9-15.
- Syarifuddin, N. A. 2006. *Nilai Gizi Rumput Gajah Sebelum dan Setelah Enzilase pada Berbagai Umur Pemotongan*. Produksi Ternak, Fakultas Pertanian UNLAM, Lampung.
- Utama, R. C., Febryano, I. G., Herwanti, S., dan Hidayat, W. 2019. Saluran pemasaran kayu gergajian sengon (*Falcataria moluccana*) pada industri penggergajian kayu rakyat di Desa Sukamarga, Kecamatan Abung Tinggi, Kabupaten Lampung Utara. *Jurnal Sylva Lestari*. 7 (2): 195-203.
- Vanis, R. 2007. *Pengaruh Pemupukan dan Interval Defoliiasi Terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) di bawah Tegakan Pohon Sengon (*Paraserianthes falcataria*)*. (Skripsi). Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor.
- Verheijen, F., Jeffery, S., Bastos A., Van der velde, M., dan Diafas, I. 2010. *Biochar Application to Soils*. Europa: JRC Scientific and Tecnical Report.
- Volesky, B., dan Kratochil, D. 1998. Advance in biosorption of heavy metal. *Biotechnol*. 16 (7) : 291-300.
- Wasis, B., dan Naiborhu, R. H. 2021. Optimalisasi pemberian pupuk kandang sapi dan arang kayu terhadap pertumbuhan salam (*Syzygium polyanthum* (Wight) Walp.) pada tanah tercemar oli bekas. *Journal of Tropical Silviculture*. 12 (2) : 67-77.

- Welan, Y. S. L., Refli, dan Mauboy, R. S. 2019. Isolasi dan uji biodegradasi bakteri endogen tanah tumpahan oli bekas di Kota Kupang. *Jurnal Biotropikal Sains*. 16 (1) : 61–72.
- Wibisono, H. S. 2009. *Pemanfaatan Mychorizal Helper Bacteria (MHBs) dan Fungi Mikoriza Aruskulah (FMA) untuk meningkatkan pertumbuhan semai gmelina (Gmelina arborea Roxb.)* [Skripsi]. Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Wiedner, K., dan Glaser, B. 2015. *Traditional use of biochar. In Biochar for Environmental Management*. Routledge. Hlm. 15-37.
- Wijaya, B. A., Riniarti, M., Prasetia, H., Hidayat, W., Niswati, A., Hasanudin, U., dan Banuwa, I. S. 2021. Interaksi perlakuan dosis dan suhu pirolisis pembuatan biochar kayu meranti (*Shorea spp.*) mempengaruhi kecepatan tumbuh sengon (*Paraserianthes moluccana*). *Ulin : Jurnal Hutan Tropis*. 5 (2) : 78-89.
- Yolantika, H., Periadnadi, D., dan Nurmiati. 2015. Isolasi bakteri pendegradasi hidrokarbon di tanah tercemar lokasi perbengkalan otomotif. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*. 4 (3) : 153-157.
- Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., dan Ma, L. 2006. *Accumulation of Pb, Cu, and Zn in Native Plants Growing on a Contaminated Florida Site*, Science of The Total Environment. 368 : 456-456.
- Yuniarti, S. I. 2012. *Seleksi Tumbuhan Remediator Logam Kromium di daerah Industri Sukaregang Garut*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Zain, A. S. 2013. *Root to Shoot Ratio Biomassa dan Massa Karbon Pohon Jati (Tectona grandis L. F.) di KPH Balapulang, Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Zam, S. I. 2011. Bioremediasi tanah yang tercemar limbah pengilangan minyak bumi secara in vitro pada konsentrasi pH berbeda. *Jurnal Agroteknologi*. 1 (2) : 1-8.
- Zulkoni, A., Rahyuni, D., dan Nasirudin, N. 2017. Pengaruh pemangkasan akar jati dan inokulasi jamur mikoriza arbuskula terhadap fitoremediasi tanah tercemar merkuri di Kokap Kulonprogo Yogyakarta. *J. Manusia dan Lingkungan*. 24 (1) : 17-22.