

**PENGARUH VARIASI FORMULA PUMAKKAL TERHADAP HARA MAKRO
(N, P, K) PUPUK LIMBAH CAIR KARET SEBAGAI SUMBER BELAJAR
PANDUAN PRAKTIKUM**

TESIS



OLEH

ZAINI ABRORI

NPM. 21230016

**PENDIDIKAN BIOLOGI
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH METRO
2023**



**PENGARUH VARIASI FORMULA PUMAKKAL TERHADAP HARA MAKRO
(N, P, K) PUPUK LIMBAH CAIR KARET SEBAGAI SUMBER BELAJAR
PANDUAN PRAKTIKUM**

TESIS

Diajukan
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
dalam Menyelesaikan Penelitian Tesis

OLEH

ZAINI ABRORI

NPM. 21230016

**PENDIDIKAN BIOLOGI
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH METRO
2023**

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini yaitu 1) mengetahui pengaruh variasi formula Pumakkal terhadap hara makro (nitrogen) pupuk limbah cair karet. 2) mengetahui pengaruh variasi formula Pumakkal terhadap hara makro (Fospor) pupuk limbah cair karet. 3) mengetahui pengaruh variasi formula Pumakkal terhadap hara makro (kalium) pupuk limbah cair karet. 4) mengetahui pengaruh variasi formula Pumakkal terbaik terhadap hara makro (nitrogen) pupuk limbah cair karet. 5) mengetahui pengaruh variasi formula Pumakkal terbaik terhadap hara makro (Fospor) pupuk limbah cair karet. 6) mengetahui pengaruh variasi formula Pumakkal terbaik terhadap hara makro (kalium) pupuk limbah cair karet. 7) mengetahui hasil penelitian layak dijadikan sumber belajar panduan praktikum. Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian kuantitatif dengan menggunakan metode eksperimen. Penelitian ini menggunakan 5 perlakuan dan 1 kontrol 3 kali ulangan. Ke lima perlakuan tersebut yang memenuhi standar minimal ada pada P5 (terdiri dari 15 isolat bakteri sebagai pendegradasi protein, amilum, dan lemak) dengan persentase 2,01, perlakuan lain (P0-P4) belum masuk kriteria minimal pupuk organik cair yang baik. Hasil penelitian dijadikan sumber belajar biologi berupa panduan praktikum.

Kata Kunci: Hara Makro, Limbah Cair Karet, Sumber Belajar

ABSTRACT

The aims of this study were 1) to determine the effect of variations in the Pumakkal formula on the macronutrient (nitrogen) of rubber liquid waste fertilizer. 2) determine the effect of variations in the Pumakkal formula on macro nutrients (Fospor) of rubber liquid waste fertilizer. 3) determine the effect of variations in the Pumakkal formula on the macronutrient (potassium) rubber liquid waste fertilizer. 4) determine the effect of variations of the best Pumakkal formula on macro nutrients (nitrogen) rubber liquid waste fertilizer. 5) determine the effect of variations of the best Pumakkal formula on macro nutrients (Fospor) rubber liquid waste fertilizer. 6) determine the effect of the best Pumakkal formula variation on macro nutrients (potassium) rubber liquid waste fertilizer. 7) know that research results are worthy of being used as a learning resource for practicum guides. The research conducted is a quantitative research using experimental methods. This study used 5 treatments and 1 control with 3 replications. The five treatments that met the minimum standards were at P5 (consisting of 15 isolates of bacteria as degraders of protein, starch and fat) with a percentage of 2.01, the other treatments (P0-P4) did not include the minimum criteria for good liquid organic fertilizer. The results of the research are used as a source of learning biology in the form of a practicum guide.

Keywords: Learning Resources, Macro Nutrients, Rubber Liquid Waste

RINGKASAN

Abrori, Z. 2023. Pengaruh Variasi Formula Pumakkal Terhadap Hara Makro (N, P, K) Pupuk Limbah Cair Karet Sebagai Sumber Belajar Panduan Praktikum. Tesis. Program Pascasarjana Pendidikan Biologi. Universitas Muhammadiyah Metro. Pembimbing (1) Dr. Agus Sujarwanta, M.Pd. (2) Dr. Agus Sutanto, M.Si.

Kata Kunci: Pumakkal, N P K, Limbah Cair Karet

Peningkatan jumlah permintaan karet, secara tidak langsung pengempul mengalami peningkatan jumlah limbah karet, hal ini karena limbah karet dihasilkan ketika petani menjual hasil sadapan berupa karet ke pengempul. Limbah cair karet yang dibuang begitu saja akan menimbulkan masalah karena selain dapat menimbulkan bau bagi lingkungan sekitar juga dapat menurunkan kadar hara dalam tanah dan bila masuk ke badan sungai dapat mencemari sumber air bersih

Tujuan penelitian ini yaitu 1) mengetahui pengaruh variasi formula Pumakkal terhadap hara makro (nitrogen) pupuk limbah cair karet. 2) mengetahui pengaruh variasi formula Pumakkal terhadap hara makro (Fospor) pupuk limbah cair karet. 3) mengetahui pengaruh variasi formula Pumakkal terhadap hara makro (kalium) pupuk limbah cair karet. 4) mengetahui pengaruh variasi formula Pumakkal terbaik terhadap hara makro (nitrogen) pupuk limbah cair karet. 5) mengetahui pengaruh variasi formula Pumakkal terbaik terhadap hara makro (Fospor) pupuk limbah cair karet. 6) mengetahui pengaruh variasi formula Pumakkal terbaik terhadap hara makro (kalium) pupuk limbah cair karet. 7) mengetahui hasil penelitian layak dijadikan sumber belajar panduan praktikum. Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian kuantitatif dengan menggunakan metode eksperimen

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian kuantitatif dengan menggunakan metode eksperimen. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium IPA Terpadu Universitas Muhammadiyah Metro, Rumah Pupuk Pumakkal Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Metro dan Analisis Kandungan Pupuk Organik Cair di Laboratorium Analitik Universitas Muhammadiyah Malang. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan, 1 kontrol dengan 3 kali ulangan.

Berdasarkan perlakuan peneliti, ke lima perlakuan tersebut yang memenuhi standar minimal ada pada P5 dengan persentase 2,01. Perlakuan (P1-P4) belum memenuhi standar pupuk organik cair, diduga karena isolat bakteri pumakkal yang diberikan belum optimal dalam meningkatkan kadar N, P, K pada limbah cair karet. Berdasarkan analisis penelitian yang telah dilakukan pada variasi pumakkal terhadap limbah cair organik dapat disimpulkan bahwa variasi formula pumakkal berpengaruh signifikan pada kadar nitrogen (N) limbah cair karet. Variasi formula pumakkal berpengaruh signifikan pada kadar nitrogen (N) limbah cair karet. Variasi formula pumakkal berpengaruh signifikan pada kadar nitrogen (N) limbah cair karet. Variasi formula pumakkal terbaik yang berpengaruh pada kadar nitrogen (N) limbah cair karet ditunjukkan pada perlakuan P5 (15 isolat bakteri) dengan persentase sebesar 0,16%. Variasi formula pumakkal terbaik yang berpengaruh pada kadar fosfor (P) limbah cair karet ditunjukkan pada perlakuan P5 (15 isolat bakteri) dengan persentase sebesar 0,58%. Variasi formula pumakkal terbaik yang berpengaruh pada kadar kalium (K) limbah cair karet ditunjukkan pada perlakuan P5 (15 isolat bakteri) dengan persentase sebesar 1,26 %. Panduan praktikum layak dijadikan sebagai sumber belajar bagi peserta didik kelas X semester genap

PERSETUJUAN

Tesis oleh ZAINI ABRORI ini,

Telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan

Metro Agustus 2023

Pembimbing I



Dr. Agus Sujarwanta, M.Pd
NIDN. 0005106311

Pembimbing II



Dr. Agus Sutanto, M.Si
NIDN 0027086201

Menyetujui

Ketua Program Studi

Magister Pendidikan Biologi



Dr. Hening Widowati, M.Si
NIDN 0024056312

PENGESAHAN

Tesis oleh **Zaini Abrori** ini,
Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada tanggal Agustus 2023

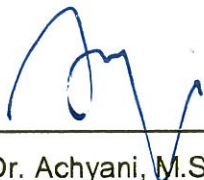
Tim Penguji



_____, Penguji I
Dr. Agus Sujarwanta, M.Pd.



_____, Penguji II
Dr. Agus Sutanto, M.Si.



_____, Penguji Utama
Dr. Achyani, M.Si.

Mengetahui

Direktur Program Pascasarjana

Universitas Muhammadiyah Metro



Dr. Agus Sutanto, M.Si
NIP. 19620827 198803 1 001

MOTTO

مَرُّ رَجُلٍ بِخُصْنِ شَجَرَةٍ عَلَى صَهْرٍ طَرِيقِي فَقَالَ : وَاللَّهِ لَأُتَجِرَنَّ هَذَا عَنِ الْمُسْلِمِينَ لَا يُؤْذِنُهُمْ، فَأَسْجَلُ الْجَنَّةَ

“Ada seorang lelaki yang membuang dahan pohon yang menghalangi jalan, lalu ia berkata, "Demi Allah, aku akan singkirkan dahan ini agar tidak mengganggu dan menyakiti kaum muslimin," maka Allah pun memasukkannya ke surga,"

(HR Muslim)

“ Ketika yang kita kerjakan keluar dari apa kita rencanakan, yakinlah apa yang kita kerjakan masuk dalam rencana-nya allah SWT ”

Zaini Abrori

PERSEMBAHAN

Rasa syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan tepat waktu. Tesis ini kupersembahkan kepada:

1. Bapak Sayidi selaku ayah yang telah menjadi kepala keluarga yang selalu mengerti keadaan keluarganya, ibu Yatinem selaku ibunda yang telah melahirkanku dan telah mengajarkanku bagaimana mengatur urusan semua anak-anaknya. dan senantiasa menjadi rumah ternyaman untuk anak-anaknya.
2. Ahmad Tohirin dan Koimatunapiah selaku kakak dan adik yang selalu memberikan masukan dan motivasi, serta Nenek Sitem yang selalu mendoakan dan selalu berpesan menjaga diri dengan baik.
3. Tim payung Pasca Sarjana Universitas Muhammadiyah Metro yang telah memberikan kesempatan belajar membuat pupuk organik cair dengan bahan dasar limbah yang ada di lingkungan sekitar.
4. Bapak Dr. Agus Sujarwanta, M.Pd yang telah memberikan ilmu yang luar biasa dan ikhlas membimbing sampai selesainya tesis ini
5. Bapak Dr. Agus Sutanto, M.Si. yang mengajarkanku untuk disiplin dengan waktu, dan mengajarkan bahwa dalam menjalani urusan dunia dan akhirat harus seimbang agar selalu dipermudahkan urusan-urusan yang ada.
6. Bapak Dr. Achyani, M.Si. yang selalu memberikan motivasi disetiap saat dan telah mengizinkan bermalam di kediaman bapak yang kemudian menjadi pengalaman yang tidak pernah terlupakan.
7. Ibu Hening Widowati, M.Si. selaku kaprodi Magister pendidikan biologi yang selalu mengayomi dan memberikan stimulus yang baik kepada mahasiswanya selama perkuliahan sampai dengan penyelesaian penyusunan tesis ini
8. Seluruh Bapak Ibu Dosen yang telah mengarahkan dan memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
9. Karyawan PT. Budi Nusa Cipta Wahana Mesuji yang telah memberikan semangat dan menjadi keluarga baru di Mesuji.
10. Wanita special setelah ibu yang selalu memberikan motivasi dan selalu mendukung dalam proses pengerjaan tesis hingga menyelesaikan tesis ini.
11. Sahabat-sahabatku anggota group whatsapp "Gibah" yang sudah menjadi sahabat satu perjuangan dari sarjana hingga sekarang menjadi

pascasarjana, serta teman-teman pemain Mobile Legend yang mengisi waktu ketika penat mengerjakan tesis ini.

12. Teman-teman seperjuangan Pendidikan Biologi Angkatan 2021 yang sudah menjadi keluarga baru selama perkuliahan dan berbagi suka dan duka selama proses perkuliahan.
13. Almamater tercinta Universitas Muhammadiyah Metro

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya sehingga tesis ini dapat diselesaikan. Banyak pihak yang membantu baik secara langsung maupun tidak langsung, karena itu penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Rektor Universitas Muhammadiyah Metro.
2. Direktur Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Metro.
3. Ketua Program Studi Pendidikan Biologi Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Metro.
4. Bapak Dr. Agus Sujarwanta, M.Pd. selaku pembimbing I dan Dr. Agus Sutanto, M.Si selaku pembimbing II dalam penulisan tesis yang sangat banyak memberikan bimbingan, petunjuk, dan saran kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
5. Tim payung Pasca Sarjana Universitas Muhammadiyah Metro yang telah memberikan kesempatan belajar membuat pupuk organik cair dengan bahan dasar limbah yang ada di lingkungan sekitar.
6. Bapak dan Ibu dosen di lingkungan Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Metro, khususnya dosen pada program studi Pendidikan Biologi Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Metro.
7. Teman-teman mahasiswa program studi biologi angkatan 2021 dan semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penulisan tesis ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan tesis ini jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran agar dalam penulisan tesis ini menjadi lebih baik. Dan akhir kata saya mengucapkan terimakasih.

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Penulis



Zaini Abrori

PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Zaini Abrori

NPM : 21230016

Program Studi : Pendidikan Biologi

Menyatakan bahwa tesis yang berjudul "**Pengaruh Variasi Formula Pumakkal Terhadap Hara Makro (N, P, K) Pupuk Limbah Cair Karet Sebagai Sumber Belajar Panduan Praktikum**" adalah hasil karya saya dan bukan hasil plagiat. Apabila dikemudian hari terdapat unsur plagiat dalam tesis tersebut, maka saya siap menerima sanksi berupa pencabutan gelar akademik pascasarjana dan akan mempertanggungjawabkannya secara hukum.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya.

Metro, Agustus 2023
yang membuat pernyataan



Zaini Abrori



UNIT PUBLIKASI ILMIAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
METRO

SURAT KETERANGAN UJI KESAMAAN (*SIMILARITY CHECK*)

Nomor: 346/II.3.AU/F/UPI-UK/2023

Unit Publikasi Ilmiah Universitas Muhammadiyah Metro dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : ZAINI ABRORI
NPM : 21230016
Jenis Dokumen : TESIS

Judul:

**PENGARUH VARIASI FORMULA PUMAKKAL TERHADAP HARA
MAKRO (N, P, K) PUPUK LIMBAH CAIR KARET SEBAGAI
SUMBER BELAJAR PANDUAN PRAKTIKUM**

Telah dilakukan validasi berupa Uji Kesamaan (*Similarity Check*) dengan menggunakan aplikasi *Turnitin*. Dokumen telah diperiksa dan dinyatakan telah memenuhi syarat bebas uji kesamaan (*similarity check*) dengan persentase $\leq 20\%$. Hasil pemeriksaan uji kesamaan terlampir.

Demikian kami sampaikan untuk digunakan sebagaimana mestinya.



Metro, 10 Agustus 2023
Kepala Unit,

Dr. Eko Susanto, M.Pd., Kons.
NIDN. 0213068302

alamat:

Ki Hajar Dewantara No. 116
Kedondongmulyo, Kec. Metro Timur Kota Metro,
Kec. Ampung, Indonesia

Website: www.upi.ummetro.ac.id
Email: help@upi.ummetro.ac.id

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN LOGO	ii
HALAMAN JUDUL.....	iii
ABSTRAK	iv
RINGKASAN.....	v
LEMBAR PERSETUJUAN	vii
PENGESAHAN	viii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN.....	x
KATA PENGANTAR	xii
PERNYATAAN TIDAK PAGIAT.....	xiii
DAFTAR ISI.	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Kegunaan Penelitian.....	5
E. Asumsi Penelitian.....	6
F. Ruang Lingkup Penelitian.....	6
BAB II KAJIAN LITERATUR.....	7
A. Pupuk Organik Cair.....	7
1. Kriteria pupuk organik cair.....	6
2. Kandungan hara pada Pupuk Organik	8
B. Pupuk Cair.....	10
C. Limbah cair karet	16
D. Sumber Belajar Panduan Praktikum	19
1. Sumber Belajar	19
2. Pendekatan	21
E. Penelitian Relevan.....	22
F. Kerangka Pemikiran.....	23
G. Hipotesis Penelitian	25
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
A. Desain Penelitian.....	27
B. Tahapan Penelitian	28
1. Populasi Penelitian	28
2. Teknik Sampling	28
C. Definisi Operasional Variabel.....	28
D. Teknik Pengumpulan Data.....	29
E. Instrumen Penelitian	31
F. Teknik Analisis Data	36
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	41
A. Gambaran Umum	41
B. Hasil Penelitian	42
C. Pembahasan.....	61

BAB V PENUTUP	74
A. KESIMPULAN	74
B. SARAN	74

DAFTAR LITERATUR
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Macam Macam Bakteri Indigen Pumakkal	12
2. Konsorsia Bakteri Indigen	13
3. Desain Penelitian	27
4. Tabulasi Data Kadar Unsur Nitrogen (N).....	30
5. Tabulasi Data Kadar Unsur Fospor (P)	30
6. Tabulasi Data Kadar Unsur Kalium (K)	31
7. Alat yang Digunakan dalam Penelitian.....	31
8. Bahan yang Digunakan dalam Penelitian.....	32
9. Indikator yang Diamati Panduan Praktikum Validasi Ahli Desain	37
10. Indikator yang Diamati Panduan Praktikum Validasi Ahli Materi dan kebahasaan	38
11. Range Presentase dan Kriteria Kualitatif Program	40
12. Hasil Uji Normalitas Kadar Nitrogen (N)	47
13. Hasil Uji Normalitas Kadar Fosfor (P).....	48
14. Hasil Uji Normalitas Kadar Kalium (K).....	49
15. Hasil Uji Homogenitas Kadar Nitrogen (N)	50
16. Hasil Uji Homogenitas Kadar Fosfor (P).....	50
17. Hasil Uji Kadar Homogenitas Kalium (K).....	51
18. Hasil Uji Hipotesis Pengaruh Variasi Formula Pumakkal terhadap Kadar Nitrogen (N).....	52
19. Uji Multiple Comparisons Kadar Nitrogen.....	52
20. Uji lanjut Tukey HSD Nitrogen (N).....	54
21. Hasil Uji Hipotesis Pengaruh Variasi Formula Pumakkal terhadap Kadar Fosfor (P)	55
22. Multiple Comparisons Kadar Nitrogen (P)	56
23. Uji Lanjut Tukey HSD Nitrogen (P).....	57
24. Hasil Uji Hipotesis Pengaruh Variasi Formula Pumakkal terhadap Kadar Kalium (K).....	58
25. Multiple Comparisons Kadar Nitrogen (K)	59
26. Uji Lanjutan Tukey HSD Kalium (K)	60
27. Validasi Aspek Desain	68
28. Hasil Validasi Aspek Materi dan Kebahasaan	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Berpikir	25
2. Cara Kerja Pembuatan Pupuk Organik Cair Limbah Cair Karet	32
3. Grafik Rata-Rata Kadar Nitrogen (N) Pada Pupuk Organik Limbah Cair Karet	43
4. Grafik Rata-Rata Kadar Fospor (P) Pada Pupuk Organik Limbah Cair Karet	44
5. Grafik Rata-Rata Kadar Kalium (K) Pada Pupuk Organik Limbah Cair Karet	45
6. Persentase Kadar N, P, K Limbah Cair Karet.....	46
7. Revisi oleh Ahli Materi Mid Mapping Sebelum dan Sesudah.....	71
8. Revisi oleh Ahli Desain Sebelum dan Sesudah Direvisi	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Permohonan Validasi Ahli Bahasa dan Materi	81
2. Surat Permohonan Validator Ahli Desain	86
3. Data Hasil Penelitian.....	90
4. Hasil Uji Nitrogen (N) SPSS.....	91
5. Hasil Uji Fospor (P) SPSS	94
6. Hasil Uji Kalium (K) SPSS.....	97
7. Bukti Bimbingan Tesis.....	100
8. Berita Acara Seminar Hasil Penelitian Tesis	102
9. Berita Acara Ujian Tesis.....	103
10. Sumber Belajar Panduan Praktikum	104

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Peningkatan jumlah permintaan karet, secara tidak langsung pengumpul mengalami peningkatan jumlah limbah karet, hal ini karena limbah karet dihasilkan ketika petani menjual hasil sadapan berupa karet ke pengumpul. Limbah cair yang dihasilkan dari industri karet alam di Jawa Tengah berkisar 5,2-13,4 m³ /ton produk kering dengan kapasitas produksi 450-2600 kg/hari sehingga effluent limbah yang dihasilkan oleh suatu pabrik bisa lebih tinggi dari 35 m²/hari² (Sarengat, 2015). Lonjakan permintaan karet secara otomatis meningkat jumlah limbah yang dihasilkan, hal ini karena limbah karet dihasilkan ketika petani menjual hasil sadapan berupa karet ke pengumpul. Limbah akan semakin bau jika dibirkan dalam jangka waktu yang lama.

Penanganan limbah karet alam pada perkebunan karet dan pabrik latex pekat di Indonesia maupun Thailand masih menggunakan sistem kolam anaerob-aerob yang memerlukan lahan yang luas dan pemeliharaan intensif, metode penanganan limbah ini memerlukan biaya investasi dan operasional yang mahal serta masih menimbulkan bau bagi lingkungan sekitar. Limbah cair karet yang dibuang begitu saja akan menimbulkan masalah karena selain dapat menimbulkan bau bagi lingkungan sekitar juga dapat menurunkan kadar hara dalam tanah dan bila masuk ke badan sungai dapat mencemari sumber air bersih (Budiarto, dkk., 2014). Sebagian besar industri lembaran karet alam dan lateks hanya membuang bahan-bahan ini ke lingkungan tanpa perawatan yang memadai dan ini menyebabkan masalah lingkungan (Lewkittayakorn, dkk., 2016).

Material organik yang terdapat pada air limbah industri karet apabila berada dalam konsentrasi tinggi dan langsung dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu maka akan menimbulkan pencemaran pada lingkungan perairan sehingga terjadi penurunan kualitas air. Kondisi ini dapat menimbulkan gangguan terhadap ekosistem biotik, abiotik, dan juga berbahaya bagi semua makhluk hidup yang bergantung pada sumber daya air tersebut. Industri karet merupakan industri yang menghasilkan limbah dengan kadar NH₃ yang tinggi, yang akan mengakibatkan penurunan oksigen terlarut dalam air sehingga terjadi perubahan

warna air dan timbul bau yang tidak sedap (Dewi, dkk., 2020). Berdasarkan survey peneliti dari beberapa pengepul limbah karet yang ada di Kecubung Raya, Meraksa Aji, Kab Tulang Bawang bahwasanya, limbah yang dihasilkan dari sadapan karet yang hendak dijual masih menimbulkan bau yang kurang sedap di area pemukiman. Beberapa pemilik pengepul karet, limbah yang dihasilkan langsung dialirkan ke lingkungan sekitar, ada beberapa yang sudah ditampung oleh pemilik pengepul akan tetapi lokasi pengepul berada di pemukiman dan tetap menimbulkan bau yang kurang sedap.

Industri karet memiliki nilai limbah cair dengan konsentrasi COD 120-15069 mg/l; BOD 40-9433 mg/l; TSS 30-525 mg/l; N-Amoniak 30,3-110 mg/l. Volume limbah cair Jawa Tengah yang dihasilkan dari industri karet alam kisaran 5,2-13,4 m³/ton produk kering dengan kapasitas 450-2600 kg/hari sehingga effluent limbah yang dihasilkan oleh suatu pabrik bisa lebih tinggi dari 35 m/hari (Sarengat, 2015). Limbah cair industri karet perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu untuk menanggulangi pencemaran karena konsentrasi yang dihasilkan oleh pengolahan karet ini melewati ambang batas maksimal pencemaran lingkungan hidup, sehingga perlu dilakukan penurunan konsentrasi limbah agar tidak membahayakan bagi lingkungan (Hakim, dkk., 2016). Pada umumnya pH limbah cair bersifat asam dengan pH 4,2-6,7. Hal ini disebabkan oleh digunakannya asam semut atau asam sulfat pada proses penggumpalan lateks. Sifat asam ini dapat juga terjadi akibat asam lemak bebas yang menguap yang dihasilkan oleh proses mikrobiologi selama penyimpanan slab. (Sulsilawati dan Dewantara, 67: 2018). Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 5 tahun 2014, batas maksimum zat pencemar industri karet adalah BOD₅ 100 mg/l, COD 250 mg/l, TSS 100 mg/l dan pH 6-9. Pengepul karet maupun warga disekitar pengepul dihadapkan dengan isu lingkungan berupa pencemaran lingkungan baik dari segi limbah yang dihasilkan maupun kualitas udara yang kian memburuk, hal ini perlu menjadi perhatian khusus karena pengepul karet berada di sekitar pemukiman masyarakat.

Karakteristik limbah cair yang dihasilkan keruh dan berbau, mengandung sisa bahan kimia pengenceran dan pembekuan lateks, komponen lateks (protein, lipid, karotenoid, dan garam anorganik), serta lateks yang tidak terkoagulasi. (Sarengat, 2015: 76). Bau yang ditimbulkan dari limbah karet terjadi karena pertumbuhan bakteri pembusuk yang mendegradasi protein di dalam lateks

menjadi amonian dan sulfida. Protein merupakan penyebab utama timbulnya bau karena struktur protein sangat kompleks dan tidak stabil serta mudah terurai menjadi bahan kimia lain melalui proses dekomposisi. Bau yang ditimbulkan menjadikan kualitas udara maupun kualitas air menjadi menurun. Industri karet merupakan industri yang menghasilkan limbah dengan kadar NH_3 yang tinggi, yang akan mengakibatkan penurunan oksigen terlarut dalam air sehingga terjadi perubahan warna air dan timbul bau yang tidak sedap (Dewi, dkk., 2020: 48). Limbah cair pabrik karet perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu untuk mencegah pencemaran. Limbah yang dihasilkan pabrik karet banyak mengandung bahan organik yang tinggi, sisa senyawa bahan olahan karet, senyawa karbon, nitrogen, fosfor, dan senyawa-senyawa lain seperti ammonia yang cukup tinggi (Nurhayati, dkk., 2013: 160). Berdasarkan kandungan yang ada di dalam limbah cair karet tersebut maka memungkinkan dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair dengan melalui proses fermentasi yang dibantu oleh mikroorganisme. Limbah cair pohon karet ini, peneliti bermaksud untuk memanfaatkannya sehingga dapat mengurangi penumpukan limbah khususnya di area pemukiman yang menimbulkan bau kurang sedap yang kemudian hasil pengolahan limbah ini dijadikan sebagai pupuk cair organik. Penelitian sebelumnya dalam mengatasi limbah cair karet adalah dengan mengolah limbah melalui proses fermentasi dengan menggunakan *effective microorganism* (EM) sebagai starter. Hasil variasi waktu pengenceran dan fermentasi menunjukkan peningkatan unsur hara yang signifikan, magnesium dan sulfat pada serhari dan 2 bulan pengenceran menunjukkan perbedaan nyata 154,47 m/gg dan 29,65 mg/g. Sebaliknya kalsium menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam 2 encean dan 1 bulan fermentasi sebesar 30,10 mg/g. (Anita dan Itanawi, 2014). Limbah cair karet peneliti akan ditambahkan dengan pumakkal yang diketahui bahwa pumakkal memiliki kandungan bakteri baik yang memiliki potensi sebagai pengurai, dengan demikian proses kombinasi antara limbah cair karet dengan pumakkal merupakan teknologi bioremediasi. Pumakkal dijadikan bioaktivator berfungsi sebagai mempercepat proses Fermentasi antara limbah cair karet dengan pumakkal. Pumakkal diketahui memiliki kandungan yang dapat menguraikan limbah karena memiliki kandungan bakteri indigen Limbah Cair Nanas yang mampu menetralkan pH, yaitu: *Bacillus cereus*, *Acinobacter baumannii*, *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas pseudomallei* (Sutanto, 2011). Salah satu upaya untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan memanfaatkan

limbah cair industri karet menjadi pupuk organik cair. Pupuk kompos cair adalah bahan yang berasal dari tanaman dan melalui proses rekayasa untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Ali, dkk., 2013). Melihat permasalahan diatas maka peneliti mengambil judul tesis "**PENGARUH VARIASI FORMULA PUMAKKAL TERHADAP HARA MAKRO (N, P, K) PUPUK LIMBAH CAIR KARET SEBAGAI SUMBER BELAJAR PANDUAN PRAKTIKUM**"

Penelitian ini dirancang sebagai sumber belajar berupa panduan praktikum kelas X semester genap dengan KD 3.10 menganalisis data perubahan lingkungan, penyebab, dan dampak bagi kehidupan. KD tersebut berisikan materi keseimbangan lingkungan (kerusakan lingkungan dan pelestarian lingkungan), dari materi tersebut kemudian siswa diminta untuk mengamati, menaya, mengumpulkan data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan penyebab perubahan lingkungan khususnya pada limbah cair karet. Analisis yang dilakukan siswa berupa tingkat kekeruhan, pH, warna dan bau dari limbah cair karet untuk mengambil kesimpulan bahwa dari limbah dapat membuat perubahan lingkungan. Pemilihan sumber belajar berupa panduan praktikum atas dasar, karena dengan materi perubahan lingkungan siswa akan dihadapkan dengan situasi mencemari lingkungan sehingga siswa dituntut untuk melakukan aktivitas sains dalam menangani pencemaran lingkungan, sehingga akan menumbuhkan sikap ilmiah kepada peserta didik. Selain itu produk yang dihasilkan dari percobaan praktikum ini dapat diterapkan dan dijadikan sebagai pupuk yang baik bagi tanaman.

Beberapa materi perlu dilakukannya sebuah percobaan secara langsung dengan melibatkan siswa, dengan harapan dapat mendapatkan hasil yang optimal. Pembelajaran biologi erat kaitannya dengan kegiatan praktikum, kegiatan praktikum ini siswa dituntut untuk melakukan aktivitas mandiri untuk mengembangkan kreativitas saintifiknya, untuk menghindari kesalah pahaman dalam melakukan proses praktikum, panduan praktikum dilengkapi dengan kajian teori, alat dan bahan, cara kerja dan tabel hasil praktikum.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah variasi formula Pumakkal berpengaruh terhadap hara makro (nitrogen) pupuk limbah cair karet?

2. Apakah variasi formula Pumakkal berpengaruh terhadap hara makro (Fospor) pupuk limbah cair karet?
3. Apakah variasi formula Pumakkal berpengaruh terhadap hara makro (kalium) pupuk limbah cair karet?
4. Apakah terdapat variasi formula Pumakkal terbaik terhadap hara makro (nitrogen) pupuk limbah cair karet?
5. Apakah terdapat variasi formula Pumakkal terbaik terhadap hara makro (Fospor) pupuk limbah cair karet?
6. Apakah terdapat variasi formula Pumakkal terbaik terhadap hara makro (kalium) pupuk limbah cair karet?
7. Apakah hasil penelitian layak dijadikan sumber belajar panduan praktikum.

C. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi formula Pumakkal terhadap hara makro (nitrogen) pupuk limbah cair karet.
2. Mengetahui pengaruh variasi formula Pumakkal terhadap hara makro (Fospor) pupuk limbah cair karet.
3. Mengetahui pengaruh variasi formula Pumakkal terhadap hara makro (kalium) pupuk limbah cair karet.
4. Mengetahui variasi formula Pumakkal terbaik terhadap hara makro (nitrogen) pupuk limbah cair karet.
5. Mengetahui variasi formula Pumakkal terbaik terhadap hara makro (Fospor) pupuk limbah cair karet.
6. Mengetahui variasi formula Pumakkal terbaik terhadap hara makro (kalium) pupuk limbah cair karet.
7. Mengetahui hasil penelitian layak dijadikan sumber belajar panduan praktikum.

D. Kegunaan Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada pihak-pihak terkait, sebagai berikut:

1. Bagi guru, diharapkan dapat digunakan sebagai pengayaan materi perubahan lingkungan.

2. Bagi siswa, dapat digunakan untuk menambah wawasan serta informasi terkait perubahan lingkungan sehingga siswa memiliki rasa tanggung jawab dan dapat berfikir kritis terutama berfikir ilmiah, serta dapat meningkatkan nilai afektif dan psikomotor pada terutama materi perubahan lingkungan.
3. Peneliti, dapat dijadikan sebuah referensi pengolahan limbah, dapat digunakan sebagai sumber belajar mengenai perubahan lingkungan.
4. Masyarakat, dapat digunakan untuk referensi penggunaan pupuk organik cair dan dapat mengurangi penggunaan pupuk non-organik serta memanfaatkan limbah karet sehingga tidak mencemari lingkungan.

E. Asumsi Penelitian

Asumsi penelitian bisa disebut juga dengan anggapan dasar. Asumsi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Limbah cair karet organik mengandung protein, lipid, karotenoid, dan garam anorganik.
2. Limbah cair karet berasal dari sumber yang sama.
3. Pumakkal mengandung bakteri yang mampu mendegradasi limbah cair karet.

F. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Variabel bebas (X) adalah variasi formula pumakkal.
2. Variabel terikat (Y) adalah hara makro (N, P, K) pupuk limbah cair karet.
3. Objek penelitian adalah limbah cair karet.
4. Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimen.
5. Lokasi penelitian dilaksanakan di Universitas Muhammadiyah Metro, Rumah Pupuk Pumakkal Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Metro dan Analisis Kandungan Pupuk Organik Cair di Laboratorium Analitik Universitas Muhammadiyah Malang.