

**SINTESIS PUPUK ORGANIK GRANUL DARI LIMBAH
ORGANIK PADAT DENGAN EKSTRAK FERMENTASI KULIT
PISANG KEPOK DAN MANGGA MANALAGI SEBAGAI
BINDER SERTA ZEOLIT SEBAGAI AGEN LEPAS LAMBAT**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains dalam Ilmu Kimia



Oleh :

Nova Sabilatussalwa

NIM: 2108036045

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
2025**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nova Sabilatussalwa

NIM : 2108036045

Program Studi : Kimia

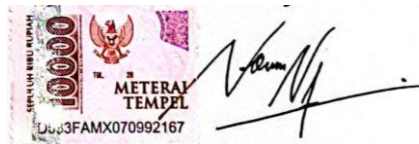
Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**SINTESIS PUPUK ORGANIK GRANUL DARI LIMBAH
ORGANIK PADAT DENGAN EKSTRAK FERMENTASI KULIT
PISANG KEPOK DAN MANGGA MANALAGI SEBAGAI
BINDER SERTA ZEOLIT SEBAGAI AGEN LEPAS LAMBAT**

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 29 Mei 2025

Pembuat Pernyataan



Nova Sabilatussalwa

NIM. 2108036045



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof. Dr. Hamka Ngaliyan Semarang
Telp.024-7601295 Fax.7615387

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Sintesis Pupuk Organik Granul Dari Limbah Organik Padat Dengan Ekstrak Fermentasi Kulit Pisang Kepok Dan Mangga Manalagi Sebagai Binder Serta Zeolit Sebagai Agen Lepas Lambat

Penulis : Nova Sabilatussalwa

NIM : 2108036045

Prodi : Kimia

Telah diujikan dalam sidang *tugas akhir* oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Kimia.

Semarang, 24 Juni 2025

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang

Dr. Mulyatun, M.Si.

NIP : 198305042011012008

Sekretaris Sidang

Mutista Hafsah, M.Si.

NIP : 199401022019032015

Penguji I

Wirda Udaibah, M.Si.

NIP : 198501042009122003

Penguji II

Kholidah, M.Sc.

NIP : 198508112019032008



Pembimbing

Dr. Mulyatun, M.Si.

NIP : 198305042011012008

NOTA DINAS

Semarang, 29 Mei 2025

Yth. Ketua Program Studi Kimia

Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum. wr. wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul	: Sintesis Pupuk Organik Granul Dari Limbah Organik Padat Dengan Ekstrak Fermentasi Kulit Pisang Kepok Dan Mangga Manalagi Sebagai Binder Serta Zeolit Sebagai Agen Lepas Lambat
Nama	: Nova Sabilatussalwa
NIM	: 2108036045
Program Studi	: Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqosyah.

Wassalamu'alaikum. wr. wb.

Pembimbing



Dr. Mulyatun, M.Si

NIP. 198305042011012008

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk Indonesia mendorong penggunaan pupuk anorganik secara masif, yang berisiko merusak tanah dan lingkungan. Pupuk organik granul (POG) menjadi alternatif ramah lingkungan, meskipun kandungan kalium umumnya pupuk masih rendah. Penelitian ini bertujuan mengembangkan POG berbahan organik dan ekstrak limbah kulit pisang kepok dan mangga manalagi sebagai *binder*, serta mengkaji pengaruh variasi perbandingan ekstraknya terhadap kandungan N, P, K dan kemampuan lepas lambat kalium. Limbah kulit buah diekstrak, diuji N, P, K. Ekstrak difermentasi dalam lima variasi komposisi (0:100, 25:75, 50:50, 75:25, 100:0), dianalisis unsur haranya, dan formulasi terbaik digunakan sebagai *binder* dalam pembuatan POG dengan penambahan zeolit sebagai agen pelepas lambat. POG yang dihasilkan dianalisis kandungan unsur haranya, diuji pola pelepasan kalium dalam media air selama 420 menit, serta dibandingkan dengan POG komersil (POGK). Hasil menunjukkan variasi *binder* ekstrak kulit pisang kepok dan mangga manalagi mempengaruhi kandungan unsur hara ekstrak fermentasi, dengan menghasilkan komposisi keseimbangan unsur hara terbaik berasal dari *binder* ekstrak fermentasi 25:75. POG dengan *binder* ekstrak fermentasi 25:75 yang dihasilkan mengandung K 3,66%, N 1,53%, dan P 1,35%, dengan kalium telah memenuhi SNI 7763:2024 untuk pupuk organik padat ($\geq 2\%$). Uji pelepasan lambat menunjukkan POG melepaskan kalium lebih lambat dibandingkan POGK, penambahan zeolit terbukti berperan penting dalam mengendalikan pelepasan tersebut.

Kata kunci: *kulit pisang kepok, kulit mangga manalagi, pupuk organik, granul, lepas lambat, kalium, zeolit.*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirrobbil'alamiin segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul : “Sintesis Pupuk Organik Granul Dari Limbah Organik Padat Dengan Ekstrak Fermentasi Kulit Pisang Kepok Dan Mangga Manalagi Sebagai Binder Serta Zeolit Sebagai Agen Lepas Lambat” dengan sebaik-baiknya. Sholawat serta salam semoga terlimpah pada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang diutus untuk menyempurnakan akhlaq manusia, dan yang kita nantikan syafaatnya di hari akhir kelak.

Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak bantuan, doa, dukungan, dan semangat dari berbagai pihak. Dengan penuh rasa hormat dan ketulusan, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Rektor UIN Walisongo Semarang, Prof. Dr. Nizar, M.Ag.
2. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang, Prof. Dr. H. Musahadi, M.Ag.
3. Ketua Program Studi Kimia, sekaligus Dosen Pembimbing Ibu Dr. Mulyatun, M.Si yang tidak hanya membimbing secara akademik, tetapi juga dengan tulus membimbing, memberi semangat dan mengupayakan terbaik untuk penulis di tengah berbagai tantangan. Kebaikan dan perhatian beliau menjadi penyemangat besar dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Ibu dosen Zidni Azizati, M.Sc yang tetap selalu setia mendampingi, membimbing dan mendukung penulis sejak awal proses penelitian hingga akhir. Dedikasi, bimbingan, arahan, dan motivasi beliau sangat berarti dalam membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.

5. Dosen Wali Studi Ibu Ana Mardliyah, M.Si yang senantiasa membimbing dan mengarahkan penulis dari awal masa studi sampai akhir studi.
6. Segenap Dosen FST terkhusus jurusan Kimia UIN Walisongo Semarang, yang telah memberikan berbagai pengetahuan dan pengalaman selama dibangku perkuliahan.
7. Ayah dan Ibu tercinta penulis, Bapak Mujiono dan Ibu Nur Kholifah yang selalu menjadi kekuatan utama di balik setiap langkah penulis. Dalam diamnya doanya, dalam besarnya pengorbanan, kasih sayang yang tiada henti, dan dukungannya setiap waktu penulis menemukan alasan untuk terus berjuang, bahkan saat dunia terasa berat dan sepi, terima kasih untuk semuanya Ayah dan Ibu.
8. Kakak laki-lakiku tersayang, Albab Hamzah N. yang dengan tulus mendampingi, menyemangati, dan memberikan dukungan terbaik selama penulis menempuh pendidikan. Semangat dan perhatian darinya menjadi penopang yang sangat berarti bagi penulis.
9. Diri saya sendiri, untuk setiap langkah yang tidak mudah, untuk tetap bertahan ketika ingin menyerah, untuk memilih bangkit ketika jatuh. Terima kasih telah mau berjuang sejauh ini. Meski tidak sempurna, kamu tetap memilih untuk terus melangkah, kamu hebat dan berhasil.
10. Sahabat terbaik, Ardila dan Kiki, yang selalu hadir dalam suka dan duka, menjadi tempat berbagi cerita dan pelipur lara yang selalu menyemangati penulis.
11. Teman seperjuangan, Diah Febri my roommate yang setia berjuang bersama selama hampir empat tahun, serta Fahira, May, Yuni, Winda yang bersama-sama menemani penulis melewati hari-hari sebagai mahasiswa Kimia.
12. Keluarga besar apart BPI E9: Febri, Fahira, May, Mitha, Wanda, Mba Dhita, Lidya, Alm. Vannesa, serta Bapak dan

Ibu Kos yang telah menjadi bagian dari rumah kedua penulis diperantauan.

13. Keluarga besar Kelas Kimia 2021-B sahabat Sulis, yang bersama-sama menemani perjuangan melalui masa perkuliahan dengan penuh perjuangan dan tawa.
14. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebut satu per satu.
15. Bangtan Sonyeondan: Kim Namjoon, Kim Seokjin, Min Yoongi, Jung Hoseok, Park Jimin, Kim Taehyung, Jeon Jungkook, yang menjadi sumber semangat dan inspirasi bagi penulis. Melalui karya, lirik, dan perjuangan mereka, penulis banyak belajar tentang ketekunan, serta pentingnya mencintai diri sendiri. Terima kasih telah menemani hari-hari penuh tekanan dengan musik dan pesan yang menguatkan.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menjadi kontribusi kecil dalam bidang keilmuan kimia, khususnya dalam pemanfaatan limbah organik.

Semarang, 29 Mei 2025

Penulis



Nova Sabilatussalwa

NIM: 2108036045

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PENGESAHAN	iii
NOTA DINAS	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	13
C. Tujuan.....	13
D. Manfaat Penelitian.....	14
BAB II	15
TINJAUAN PUSTAKA	15
A. Landasan Teori.....	15
1. Limbah Kulit Pisang Kepok.....	15
2. Limbah Kulit Mangga Manalagi.....	18
3. Pupuk Organik Granul.....	21
4. Zeolit.....	25

5. SNI Pupuk Organik Padat.....	28
6. Fermentasi dalam Pembuatan Pupuk Organik	29
7. Mikroorganisme Efektif (EM4).....	32
8. Granulasi Pada Pembuatan Pupuk Organik	34
9. Analisa Unsur Hara N, P, K.....	37
B. Karakterisasi	42
1. <i>Spektrofotometri UV-VIS</i>	42
2. <i>Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)</i>	44
3. <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)</i> ..	47
C. Kajian Pustaka	50
D. Hipotesis	57
BAB III	58
METODE PENELITIAN.....	58
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	58
B. Alat dan Bahan	58
1. Alat.....	58
2. Bahan	59
C. Prosedur Kerja	60
1. Proses Pengekstrakan Kulit Pisang Kepok dan Kulit Mangga Manalagi.....	60
2. Proses Fermentasi Ekstrak.....	61
3. Proses Penghancuran	63
4. Proses Pembentukan Granul	63
5. Karakterisasi dan Pengujian Pupuk Organik Granul	65
BAB IV	74

HASIL DAN PEMBAHASAN.....	74
A. Ekstrak Kulit Pisang Kepok dan Kulit Mangga Manalagi.....	75
B. Fermentasi Ekstrak Kulit Pisang Kepok dan Kulit Mangga Manalagi.....	80
C. Pembuatan Pupuk Organik Granul (POG).....	85
D. Pengujian Pupuk Organik Granul (POG).....	91
a. Kandungan Unsur Hara N, P, K Pupuk Organik Granul (POG).....	91
b. Lepas Lambat Kadar Kalium Pupuk Organik Granul (POG).....	96
BAB V.....	106
PENUTUP	106
A. Kesimpulan	106
B. Saran.....	107
DAFTAR PUSTAKA	109
LAMPIRAN	122
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	144

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 (a) Buah pisang kepok dipohon (b) Limbah kulit pisang kepok	16
Gambar 2. 2 (a) Buah mangga manalagi dipohon (b) Limbah kulit mangga manalagi.....	20
Gambar 2. 3 Struktur Zeolit.....	26
Gambar 2. 4 Proses pergantian sinyal disistem peralatan spektroskopi FTIR.....	48
Gambar 4. 1 Hasil Ekstrak Kulit Pisang Kepok & Mangga Manalagi.....	77
Gambar 4. 2 (a) Sebelum dilakukan Fermentasi (b) Setelah dilakukan Fermentasi 14 hari	82
Gambar 4. 3 Proses Granulasi Pupuk Organik	87
Gambar 4. 4 Tampak Fisik (a) POG basah (b) POG kering	90
Gambar 4. 5 Grafik %K terlarut POG VS POGK	97
Gambar 4. 6 Grafik %total K tersisa dalam POG VS POGK	99
Gambar 4. 8 Interaksi antara ikatan (Al-Si-O) Zeolite dengan K^+ POG.....	102

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 SNI Pupuk Organik Padat 7763:2024	29
Tabel 3. 1 Rasio Komposisi.....	62
Tabel 3. 2 Komposisi bahan Pupuk Organik Granul.....	63
Tabel 4. 1 Kadar Unsur Hara Ekstrak Kulit Pisang Kepok & Kulit Mangga Manalagi.....	78
Tabel 4. 2 Kadar Unsur Hara Ekstrak Setelah Fermentasi	82
Tabel 4. 3 Kadar Unsur Hara N, P, K POG	91
Tabel 4. 4 %Total K Tersisa dalam POG & POGK	98

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Sekema Kerja Penelitian.....	122
Lampiran 2. Perhitungan hasil pelepasan lambat kalium pada pupuk organik granul dan pupuk organik komersil.....	129
Lampiran 3. Hasil Karakterisasi.....	137
Lampiran 4. Dokumentasi.....	141

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Peningkatan jumlah penduduk di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya, hal ini didukung data Badan Pusat Statistik (BPS) terbaru, jumlah penduduk di Indonesia kini telah mencapai sebanyak 278,69 juta jiwa pada pertengahan 2023. Angka tersebut naik 1,05% dari tahun sebelumnya yang mana dapat mengakibatkan peningkatan kebutuhan pangan baik di perkotaan maupun di pedesaan. Kondisi ini mendorong petani untuk meningkatkan hasil panen guna memenuhi kebutuhan pangan masyarakat Indonesia yang mayoritas mengonsumsi bahan pangan sehari-hari (Fitriani, 2021).

Tingginya konsumsi pangan mendorong petani untuk mencari cara agar pertumbuhan tanaman menjadi lebih cepat dan hasil panennya melimpah. Petani umumnya meyakini bahwa memberikan pupuk pada tanaman memiliki peran penting dalam memastikan pertumbuhan dan pemeliharaan tanaman yang menghasilkan panen melimpah (Fitriani, 2021). Namun, banyak petani yang cenderung menggunakan pupuk anorganik secara terus

menerus, sehingga memiliki dampak negatif pada kandungan unsur hara dalam tanah dan mengurangi produktivitas lahan pertanian. Menurut Sharma & Mittra (1991) menyatakan bahwa pupuk anorganik atau pupuk kimia sintesis yang merupakan pupuk yang dibuat melalui proses industri dengan reaksi kimia dan mengandung unsur hara dalam bentuk murni seperti urea, ammonium nitrat, dan superfosfat, apabila digunakan terus-menerus maka dapat menyebabkan penurunan kadar bahan organik pada tanah, berkurangnya aktivitas mikroorganisme, dan pencemaran lingkungan.

Untuk mengatasi dampak negatif tersebut, diperlukan strategi jangka panjang yang ramah lingkungan guna meningkatkan produktivitas pertanian tanpa merusak kualitas tanah. Salah satu solusinya adalah dengan memanfaatkan pupuk organik yang berkualitas, yaitu pupuk yang bahan bakunya mudah diperoleh, dapat diproduksi secara berkelanjutan dari bahan-bahan organik yang melimpah di alam, serta mengandung unsur hara makro dan mikro yang dibutuhkan tanaman agar dapat tumbuh secara optimal. Hal ini sejalan dengan firman Allah SWT yang diterangkan pada firmanNya dalam Al Qur'an surat Al-A'raf ayat 58, yang memberikan petunjuk kepada

umat manusia untuk menjaga produktivitas pertanian pada tanaman, sebagaimana berbunyi berikut ini:

وَالْبَلَدُ الطَّيِّبُ يَخْرُجُ نَبَاتُهُ بِإِذْنِ رَبِّهِ وَالَّذِي خَبِثَ لَا يَخْرُجُ إِلَّا تَكْدًا كَذَلِكَ نُصَرِّفُ
الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَشْكُرُونَ ۝

Artinya : *“Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seizin Allah; dan tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya hanya tumbuh merana. Demikianlah Kami menjelaskan berulang-ulang tanda-tanda (kebesaran Kami) bagi orang-orang yang bersyukur”* (QS. Al-A’raf : 58).

Syaikh Jalaluddin Muhammad bin Ahmad al-Mahalli dan Syaikh Jalaluddin As-Suyuthi dalam Tafsir Jalalain menafsirkan bahwa tanah yang subur mencerminkan kehidupan seorang hamba yang taat, sementara tanah yang gersang mencerminkan orang-orang yang kufur terhadap nikmat Allah. Oleh karena itu, kesuburan tanah tidak hanya bergantung pada usaha manusia, tetapi juga keharmonisan dengan alam dan izin Allah SWT (Azmi, 2023).

Berdasarkan firman Allah dan tafsir tersebut dalam konteks penelitian ini, pembuatan pupuk organik granul dari limbah organik dan *binder* kulit pisang dan mangga bertujuan untuk memperbaiki kualitas tanah yang tidak

subur, dengan cara memberikan nutrisi yang dibutuhkan tanaman agar tumbuh subur. Ini mencerminkan bahwa pembuatan pupuk, sebagai usaha manusia, berperan dalam meningkatkan kualitas tanah, namun pada akhirnya keberhasilannya tetap atas izin Allah SWT. Ayat tersebut juga mengingatkan bahwa kesuburan tanah dan tanaman bergantung pada keharmonisan alam dan izin dari Tuhan. Pupuk organik granul dari bahan organik *binder* kulit pisang kepok dan mangga manalagi ini disintesis dengan tujuan untuk menciptakan keseimbangan tersebut, dengan memanfaatkan bahan-bahan alamiah yang berasal dari limbah organik, sehingga sesuai dengan prinsip keberlanjutan dan keharmonisan alam.

Penggunaan pupuk organik yang tepat dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah secara bersamaan. Secara fisik, pupuk organik memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas penyimpanan air, serta mengurangi fluktuasi suhu tanah. Secara kimia, pupuk organik berperan sebagai penyedia nutrisi makro (N, P, K) dan mikro (Zn, Ca, Mg, S, Cu, Mn, dan Fe), serta meningkatkan kemampuan pertukaran ion positif tanah. Sementara itu, secara biologi, pupuk organik menjadi sumber energi bagi mikroorganisme tanah, meningkatkan

aktivitas organisme, serta mendukung pembentukan pori-pori tanah oleh makroorganisme seperti cacing tanah (Wiwik, 2015).

Pupuk organik merupakan jenis pupuk yang dibuat dari limbah tanaman atau kotoran hewan yang telah diproses terlebih dahulu. Pupuk ini tersedia dalam berbagai bentuk seperti padat, cair, curah, maupun granul, serta dapat diformulasikan dengan tambahan mineral alami dan mikroorganisme positif untuk meningkatkan kandungan unsur hara, materi organik, serta memperbaiki kondisi fisik, kimia, dan biologi tanah (Hartatik et al., 2015). Pupuk organik padat umumnya berbentuk kompos atau granul yang lebih stabil dan mudah disimpan serta diaplikasikan ke tanah (Utari & Triyono, 2015). Pupuk organik cair berasal dari ekstrak bahan organik yang diaplikasikan dalam bentuk larutan yang digunakan dalam penyemprotan daun. Pupuk curah berbentuk serpihan atau partikel besar yang lebih kasar. Sedangkan pupuk granul berbentuk butiran-butiran kecil padat yang dibuat untuk mempermudah aplikasi (Hamzah & Siswanto, 2023).

Pupuk organik granul merupakan salah satu bentuk pupuk organik padat yang dibuat dengan menambahkan bahan pengikat (*binder*) dan pengeringan hingga

membentuk butiran. POG memiliki karakteristik fisik yang lebih stabil, mudah disimpan, dan diaplikasikan ke tanah, serta mendukung pertanian modern berbasis efisiensi (Hamzah & Siswanto, 2023; Hartatik et al., 2015). Namun, kelemahan umum pupuk organik granul adalah rendahnya kandungan unsur hara makro, terutama kalium (K), yang sangat penting bagi fotosintesis, pengaturan osmosis, dan ketahanan tanaman terhadap tekanan lingkungan (Firman, 2013). Untuk mengatasi kelemahan tersebut, diperlukan inovasi dengan menambahkan bahan alami yang tidak hanya berfungsi sebagai *binder*, tetapi juga dapat meningkatkan kandungan unsur hara, terutama kalium. Dalam hal ini, ekstrak kulit pisang kepok dan mangga manalagi memiliki potensi besar karena mengandung senyawa organik dan unsur hara makro seperti kalium (K), nitrogen (N), dan fosfor (P) (Akbari, 2015; Widyabudiningsih, et al., 2021). Kandungan tersebut tidak hanya mendukung terbentuknya butiran granul yang stabil, tetapi juga berkontribusi dalam meningkatkan nilai nutrisi unsur hara pupuk secara keseluruhan (Munir & Swasono, 2012).

Komponen utama dalam formulasi pupuk organik granul umumnya terdiri dari bahan organik (seperti

kotoran hewan dan limbah tanaman), bahan pengikat (*binder*), serta bahan tambahan seperti zeolit atau biochar yang berfungsi sebagai agen pelepas hara secara lambat. Salah satu komponen penting dalam pembuatan POG adalah *binder*, yaitu bahan pengikat yang berfungsi menyatukan partikel-partikel padat menjadi butiran yang kompak dan stabil. Syarat binder yang baik antara lain memiliki daya adhesi tinggi, kompatibel dengan bahan organik, tidak bersifat toksik terhadap tanaman, dan mampu mempertahankan kestabilan butiran selama penyimpanan dan aplikasi (Júnior et al., 2025; Zhalehrajabi et al., 2019). *Binder* juga dapat berkontribusi terhadap kandungan unsur hara pupuk apabila berasal dari bahan organik yang kaya nutrisi. Dalam penelitian ini, digunakan ekstrak fermentasi kulit pisang kepok dan mangga manalagi sebagai bahan pengikat karena mengandung senyawa organik dan unsur hara makro seperti kalium, nitrogen, dan fosfor (Akbari, 2015; Widyabudiningsih, et al., 2021).

Studi terkait uji aktivitas pelepasan kalium juga menjadi aspek penting dalam penelitian pupuk organik granul. Kalium merupakan salah satu unsur hara utama yang harus tersedia dalam jumlah cukup selama fase

pertumbuhan tanaman. Aktivitas pelepasan kalium dari pupuk menentukan sejauh mana unsur hara tersebut dapat diserap oleh tanaman secara efisien. Uji pelepasan unsur hara juga menjadi indikator efisiensi pupuk dalam menyediakan nutrisi secara berkelanjutan tanpa menyebabkan akumulasi yang dapat mencemari tanah atau air (Christy et al., 2017). Untuk mengatasi tantangan tersebut, salah satu solusi yang dapat diterapkan pada pupuk adalah dengan menambahkan bahan pengontrol pelepasan hara seperti zeolit. Zeolit berperan sebagai agen pelepas lambat karena memiliki kemampuan tukar ion dan daya serap tinggi terhadap kation seperti K^+ . Penggunaan zeolit dalam pupuk terbukti efektif menahan dan melepaskan unsur kalium secara perlahan sehingga lebih efisien diserap oleh tanaman (Kismolo et al., 2012)

Pengembangan formulasi pupuk organik granul dapat dibuat dengan tambahan bahan baku dari berbagai jenis limbah organik, termasuk limbah kulit buah seperti pisang dan mangga yang tumbuh subur banyak jenisnya yang terdapat di Indonesia. Salah satu jenis pisang dan mangga yakni pisang kepok dan mangga manalagi. Kulit pisang kepok mengandung unsur hara makro N, P, K sebesar 1,34%; 0,05%; dan 1,478%, serta unsur hara mikro

seperti Ca, Mg, Na, dan Zn yang mendukung pertumbuhan tanaman (Fadma et al., 2014). Sementara itu, kulit mangga manalagi mengandung N, P, K sebesar 5,25%; 0,15%; dan 1,90%, serta mineral mikro seperti Fe, Mn, dan Zn (Dewi et al., 2021; Njiru et al., 2014 ; Tambunan, 2021). Oleh karena itu kulit pisang kepok dan mangga manalagi dapat memperbaiki kualitas tanah tanpa merusak lingkungan, sehingga dapat digunakan sebagai bahan penyusun sintesis pupuk organik granul.

Pada sintesis pupuk organik granul, kulit pisang kepok dan mangga manalagi diekstraksi kemudian difermentasi yang menjadi ekstrak fermentasi yang berfungsi sebagai bahan pengikat (*binder*), bukan sebagai sumber utama unsur hara. Fungsi utama dari *binder* ini adalah untuk merekatkan partikel-partikel bahan padat agar membentuk butiran granul yang kompak, stabil, dan tidak mudah hancur sehingga membentuk jembatan antar partikel serta meningkatkan viskositas dan kestabilan fisik campuran pupuk. Selain itu, meskipun bukan sumber bahan utama, kandungan unsur hara makro pada kulit pisang kepok dan mangga manalagi juga dapat menambah nilai nutrisi pada pupuk. Dengan demikian, pemanfaatan limbah kulit buah ini tidak hanya menambah unsur hara,

tetapi juga mendukung pembentukan granul yang berkualitas. Bahan utama pada sintesis ini yakni seperti kotoran sapi, urin sapi, molase, EM4, serbuk daun pisang kepok dan mangga manalagi ditambahkan untuk berfungsi meningkatkan kandungan unsur hara N, P, K pupuk organik granul.

Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2021 menyatakan produksi buah pisang dan mangga mengalami peningkatan dibandingkan produksi 2020 yakni pisang sebesar 8,74 juta ton/33,67% dan mangga yaitu sebesar 2,84 juta ton/10,94. Tingginya tingkat produksi buah pisang dan mangga oleh masyarakat Indonesia berpotensi meningkatkan jumlah limbah yang dihasilkan. Limbah yang selama ini dianggap tidak memiliki nilai ekonomi sebenarnya dapat dikelola melalui berbagai metode alternatif, salah satunya dengan mengubahnya menjadi produk yang berguna, seperti pupuk tanaman, yang bermanfaat bagi manusia maupun lingkungan (Hariani et al., 2022).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa limbah kulit pisang kepok dan kulit mangga manalagi memiliki kandungan kalium sebesar 1,4–1,9% (Fadma et al., 2014; Dewi et al., 2021; Njiru et al., 2014 ; Tambunan, 2021), yang

menunjukkan jika kedua bahan tersebut dikombinasikan memiliki potensi sebagai bahan penyusun pupuk organik granul. Meskipun kandungan tersebut masih berada di bawah standar SNI 7763:2024 untuk pupuk organik padat yang mensyaratkan kadar minimal 2% untuk unsur hara makro (N, P, K), bahan tersebut berpotensi dikombinasikan terutama untuk melepaskan kalium secara bertahap ke dalam tanah. Serta aktivitas pelepasan kalium menjadi indikator penting untuk menilai efisiensi pupuk organik dalam menyediakan nutrisi secara berkelanjutan tanpa mencemari lingkungan (Christy et al., 2017).

Beberapa penelitian terdahulu juga menunjukkan keberhasilan pembuatan pupuk organik dari formulasi berbagai limbah, di antaranya penelitian dari Christy et al., (2017) menggunakan bahan baku pisang kepok dengan *Azolla microphylla* menghasilkan kompos dengan konsentrasi N, P, K sebesar 0,886; 3,978; 0,26% dan nilai Ca, Mg, Fe, C sebesar 8,103; 2,58; 41,56; 36,118% dengan kualitas unsur hara yang dihasilkan rata-rata telah sesuai dengan standar SNI kompos. Penelitian Putra dan Ratnawati, (2019) menggunakan bahan baku limbah kulit buah pisang dan pepaya menghasilkan pupuk organik cair dengan konsentrasi C-organik: 3,96-7,34%; N: 1,37-3,21%;

P: 2,22-3,81%; dan K: 2,48-4,24 %. Serta penelitian dari Widyabudiningasih, et al., (2021) yang menggunakan bahan baku dari beberapa kulit buah yakni kulit buah pisang, mangga dan nanas juga menghasilkan pupuk organik cair dengan kandungan C-Organik, N-Total, P_2O_5 dan K_2O masing-masing sebesar 17,4; 6,05; 0,15; dan 2,50%.

Pembuatan pupuk organik cair pernah dilakukan sebelumnya, begitu juga pembuatan pupuk organik granul juga pernah dilakukan. Namun, sintesis pupuk organik granul dari kombinasi bahan organik padat berupa kotoran sapi, daun pisang kepok dan mangga manalagi, serta memanfaatkan ekstrak fermentasi kulit pisang kepok dan mangga manalagi sebagai *binder*, serta zeolit sebagai agen pelepas lambat dengan pengujian aktivitas pelepasan lambat kalium pada pupuk organik belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, inovasi pada penelitian ini adalah mengembangkan pupuk organik granul berbahan baku bahan organik dan ekstrak limbah kulit pisang kepok dan mangga manalagi sebagai *binder*, serta menguji aktivitas pelepasan kalium untuk menyediakan unsur hara secara efisien dalam jangka waktu panjang. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan pupuk organik yang

efektif, ramah lingkungan, dan sesuai dengan prinsip pertanian keberlanjutan.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi ekstrak kulit pisang kepok dan kulit mangga manalagi sebagai bahan pengikat (*binder*) terhadap kandungan unsur hara hasil fermentasi kulit pisang kepok dan kulit mangga manalagi?
2. Bagaimana kandungan unsur hara dari pupuk organik granul yang diformulasi dengan *binder* ekstrak fermentasi kulit pisang kepok dan mangga manalagi?
3. Bagaimana pola pelepasan unsur kalium secara lepas lambat dari pupuk organik granul kalium *binder* kulit pisang kepok dan mangga manalagi?

C. Tujuan

1. Mengetahui pengaruh variasi ekstrak kulit pisang kepok dan kulit mangga manalagi sebagai bahan pengikat (*binder*) terhadap kandungan unsur hara hasil fermentasi kulit pisang kepok dan kulit mangga manalagi
2. Mengetahui kandungan unsur hara dari pupuk organik granul yang diformulasi dengan *binder* ekstrak fermentasi kulit pisang kepok dan mangga manalagi.

3. Mengetahui pola pelepasan unsur kalium secara lepas lambat dari pupuk organik granul kalium *binder* kulit pisang kepok dan mangga manalagi.

D. Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi pengetahuan mengenai potensi limbah kulit pisang dan limbah kulit mangga sebagai bahan baku formulasi pupuk organik granul.
2. Mendorong pemanfaatan limbah organik sebagai pupuk organik bagi tumbuhan.
3. Mendorong penggunaan pupuk organik granul untuk efektivitas pertanian berkelanjutan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Limbah Kulit Pisang Kepok

Pisang merupakan tanaman yang berasal dari kawasan Asia Tenggara dan tumbuh dengan sangat baik di Indonesia. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya jenis pisang yang tersebar di hutan-hutan Indonesia. Selain ditemukan secara alami, tanaman ini juga banyak dibudidayakan dan telah dikelompokkan menjadi berbagai varietas seperti pisang kepok, pisang ambon, pisang nangka, pisang mas, pisang klutuk, pisang tanduk, pisang hias, pisang susu, dan lainnya (Ni'maturrohman, 2014).

Pisang merupakan buah yang digemari oleh masyarakat dari berbagai kalangan, salah satunya adalah jenis pisang kepok. Pisang kepok atau *Musa balbisiana* merupakan hasil kultivar *triploid* yang memiliki kandungan gizi cukup tinggi, termasuk vitamin A, B, dan B6 serta energi yang cepat tersedia. Kandungan lemak dan proteinnya yang

rendah menjadikan buah ini cocok sebagai pilihan makanan bagi mereka yang menjalani program diet. Tingginya tingkat konsumsi pisang oleh masyarakat, baik dalam skala rumah tangga maupun industri pengolahan, menghasilkan limbah berupa kulit pisang dalam jumlah besar. Apabila limbah ini tidak dimanfaatkan dengan baik, maka berpotensi menjadi sumber pencemaran lingkungan (Ni'maturrohmah, 2014). Gambar Pisang kepok dan limbah kulit pisang kepok ditunjukkan pada Gambar 2.1 (a) dan (b)



Gambar 2. 1 (a) Buah pisang kepok dipohon (b)
Limbah kulit pisang kepok

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Tumbuhan pisang kepok diklasifikasikan sebagai berikut: (Munadjim, 1988)

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Sub kingdom	: <i>Tracheobionta</i>
Super divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Liliopsida</i>
Sub kelas	: <i>Commelinidae</i>
Ordo	: <i>Zingiberales</i>
Famili	: <i>Musaceae</i>
Genus	: <i>Musa</i>
Spesies	: <i>Musa balbisiana</i>

Pisang kepok memiliki beragam manfaat, mulai dari buah, batang, daun, kulit, hingga bonggolnya. Selain mudah dijumpai dan berharga ekonomis, buah ini juga mengandung gizi tinggi sebagai sumber karbohidrat, energi, dan mineral (Wijaya, 2013). Kulit pisang kepok tergolong limbah organik yang masih mengandung sejumlah nutrisi dan berpotensi untuk dimanfaatkan kembali. Menurut Fadma, dkk., (2014) menyatakan pupuk padat dari kulit pisang kepok mengandung unsur hara yaitu C-organik 6,19%; N-total 1,34%; P_2O_5 0,05%; K_2O 1,478%; C/N 4,62%, sedangkan pupuk

cair kulit pisang kepok mengandung C-organik 0,55%; N-total 0,18%; P_2O_5 0,043%; K_2O 1,137%; C/N 3,06%. Menurut Okorie et al., (2015) kulit pisang mengandung beberapa mineral unsur seperti Ca, Mg, K, Na, P, Zn, Cu, Pb, Fe. Berdasarkan kandungan mineralnya, kulit pisang sudah mulai dimanfaatkan sebagai pupuk karena mengandung unsur hara makro yang dibutuhkan tanaman seperti fosfor (P), dan kalium (K). Selain itu, juga mengandung berbagai unsur hara mikro yang cukup beragam seperti besi (Fe), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan natrium (Na). Setiap unsur kandungan makro-mikro tersebut berfungsi untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang berdampak pada peningkatan produktivitas tanaman, dengan tersedianya kandungan-kandungan tersebut maka kulit pisang memiliki potensi yang baik untuk dijadikan pupuk organik. (Wahyuningsih, 2020).

2. Limbah Kulit Mangga Manalagi

Indonesia adalah negara penghasil mangga terkemuka yang memiliki keanekaragaman varietas mangga yang kaya. Indonesia membudidayakan

beberapa jenis mangga yang populer, seperti mangga manalagi, mangga arum manis, mangga golek, mangga gedong, mangga manalagi, dan mangga cengkir (Sri Suharyanti, 2017).

Mangga manalagi (*Mangifera indica* L. var *manalagi*) merupakan hasil hibridisasi alami antara varietas mangga golek dan arumanis, yang dikenal dengan tekstur daging buahnya yang padat dan cita rasa yang manis (Pracay, 2011). Mangga manalagi adalah jenis mangga yang digemari oleh banyak orang karena daging buahnya yang tebal, berwarna kuning cerah mengilap saat matang, sehingga menjadi daya tarik tersendiri di kalangan masyarakat. Tidak hanya disukai karena rasanya yang manis, tetapi juga memiliki kandungan serat yang tinggi, vitamin C dan E, serta antioksidan yang tinggi (Tambunan, 2021).

Bagian yang paling banyak dikonsumsi dari mangga manalagi adalah daging buahnya, sehingga menghasilkan limbah yang cukup banyak dalam bentuk kulit dan biji, yaitu 10% dari buah mangga. Sayangnya, limbah kulit mangga masih kurang dimanfaatkan di Indonesia, dengan kulit dan bijinya biasanya dibuang tanpa memanfaatkan kandungan

berharga yang ada di dalamnya (Mardhatilla & Hidayat, 2021). Gambar Mangga manalagi dan limbah kulit mangga manalagi ditunjukkan pada Gambar 2.2 (a) dan (b)



Gambar 2. 2 (a) Buah mangga manalagi dipohon
(b) Limbah kulit mangga manalagi

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Mangga manalagi diklasifikasikan sebagai berikut:
(Yadaf et al., 2018)

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Sub kingdom	: <i>Tracheobionta</i>
Super Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Divisi	: <i>Magnollophyta</i>
Kelas	: <i>Dicotyledonae</i>
Sub kelas	: <i>Rosidae</i>
Ordo	: <i>Sapindales</i>
Famili	: <i>Anarcadiaceae</i>
Genus	: <i>Mangifera</i>
Spesies	: <i>Mangifera indica</i> Linn var <i>manalagi</i>

Departemen Kesehatan dalam penelitian (Tambunan, 2021) mengungkapkan bahwa kulit mangga mengandung berbagai nutrisi penting seperti P, K, dan Fe. Selain itu, studi yang dilakukan oleh Widyabudiningsih et al., (2021) menunjukkan bahwa kulit mangga memiliki kandungan nitrogen yang cukup tinggi, bahkan merupakan yang tertinggi dibandingkan dengan kulit buah lainnya. Pada penelitian tersebut, pembuatan pupuk organik cair dari kulit mangga menghasilkan kandungan unsur hara makro berupa nitrogen (5,25%), fosfor (0,15%), kalium (1,90%), dan C-organik (24,85%) (Widyabudiningsih, et al., 2021). Dengan kandungan unsur hara makro dan mikro tersebut serta ketersediaan mangga yang melimpah di pasaran, kulit mangga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku pupuk organik yang efektif bagi tanaman (Tambunan, 2021).

3. Pupuk Organik Granul

Pupuk organik merupakan jenis pupuk yang bahan utamanya berasal dari organisme hidup, baik tumbuhan maupun hewan, yang telah melalui proses pengolahan tertentu. Mengacu pada

Peraturan Menteri Pertanian No. 2 Tahun 2006 tentang pupuk organik dan pembenah tanah, pupuk ini tersedia dalam bentuk cair dan padat, serta berfungsi untuk memperbaiki kualitas tanah. Aplikasi pupuk organik berkontribusi terhadap perbaikan sifat fisik tanah, seperti pembentukan agregat yang stabil, peningkatan porositas dan sistem peresapan air, serta pengurangan potensi erosi dengan meningkatkan kapasitas tanah dalam menyerap air hujan. Di sisi lain, pupuk organik juga mendukung perbaikan sifat kimia tanah melalui penambahan unsur hara esensial, baik makro maupun mikro, peningkatan efisiensi penyerapan nutrisi oleh tanaman, peningkatan kapasitas tukar kation (KTK), dan penetralan unsur beracun seperti aluminium dan besi. Selain itu, dari sisi biologis, pupuk ini juga menyediakan sumber energi bagi mikroorganisme tanah, yang pada akhirnya mendukung proses dekomposisi dan pelepasan unsur hara yang dibutuhkan tanaman. (Utari, 2014).

Bahan utama dalam pembuatan pupuk organik umumnya berasal dari limbah hewan ternak, kotoran, limbah bahan organik,

rerumputan, dan dedaunan (Arwida, 2017). Bahan-bahan ini akan mengalami proses dekomposisi oleh mikroorganisme yang kemudian menghasilkan unsur hara yang lebih mudah diserap oleh tanaman, sehingga berdampak positif terhadap peningkatan kualitas tanah (Hadisuwito, 2017).

Secara umum, pupuk organik dapat diklasifikasikan berdasarkan wujud fisiknya menjadi dua bentuk utama, yaitu padat dan cair. Jika dilihat dari sumber bahan bakunya, pupuk organik dikelompokkan menjadi tiga jenis utama: pupuk kandang yang berasal dari limbah hewan, pupuk kompos yang dihasilkan dari pelapukan sisa-sisa tanaman, serta pupuk hijau yang berasal dari tanaman segar atau bagian-bagian tanaman yang masih hidup. Untuk pupuk organik berbentuk padat, produk ini biasanya tersedia dalam bentuk curah, tablet, pelet, maupun granul. Diantara bentuk-bentuk tersebut, pupuk granul kini mulai mendapatkan perhatian lebih karena bentuknya yang padat, kering, dan bertekstur keras. (Utari, 2014).

Granul yang baik memiliki ciri berupa ukuran yang seragam, tingkat kekerasan yang cukup,

namun tetap mudah larut saat bersentuhan dengan air atau tertimbun dalam tanah. Dalam proses pembuatannya, beberapa hal penting perlu diperhatikan, antara lain ukuran butiran, kekuatan butir, serta kemudahan butiran tersebut untuk hancur dan larut (Isroi & Yuliarti, 2014). Wahyono et al., (2014) menjelaskan bahwa pupuk organik berbentuk pelet atau granul memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan pupuk dalam bentuk curah, seperti:

- 1) Memiliki massa jenis tertentu yang membuatnya tidak mudah terbawa angin atau hanyut oleh air.
- 2) Tidak menghasilkan debu saat diaplikasikan, sehingga aman digunakan di sekitar permukiman.
- 3) Lebih praktis dan efisien penggunaannya.

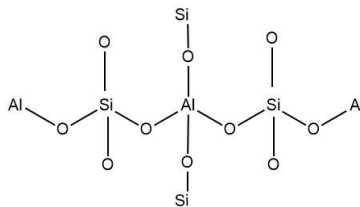
Utari, 2014), mengungkapkan bahwa penggunaan pupuk organik granul pada tanah bertekstur lempung dapat meningkatkan kadar unsur hara kalium dan karbon organik dari 1,18% menjadi 2-3%.

Proses utama dalam produksi pupuk organik berbentuk granul melibatkan dua tahapan penting, yakni fermentasi dan granulasi. Fermentasi merupakan proses pemecahan bahan organik oleh aktivitas mikroorganisme, sedangkan granulasi merupakan proses pembentukan butiran dari bahan serbuk menjadi partikel berukuran lebih besar dengan daya ikat tertentu. Semakin optimal proses granulasi berlangsung, maka kualitas butiran yang dihasilkan pun akan semakin padat dan baik (Hadisuwito, 2017). Fitri & Nasir (2015) menjelaskan bahwa produksi pupuk organik skala industri meliputi beberapa tahapan, yaitu fermentasi, pencampuran bahan, penghalusan, proses pembentukan granul, pengeringan, pengayakan, pendinginan, serta pengemasan. Sementara itu, Hanna et al., (2015), menjelaskan bahwa fermentasi mempengaruhi nilai C/N rasio yang menentukan kualitas pupuk organik.

4. Zeolit

Zeolit merupakan senyawa aluminosilikat yang tersusun dari unit-unit (AlO_4^-) dan (SiO_4^-) yang terhubung melalui sudut-sudut tetrahedral

membentuk jaringan tiga dimensi yang berpori, terdiri atas unsur aluminium dan silikon. Struktur ini membentuk rongga serta saluran di dalamnya, yang diisi oleh ion logam seperti Na, K, Mg, Ca, dan Fe, serta mengandung molekul air. Rangka utama zeolit tersusun dari gugus AlO dan SiO yang dihubungkan oleh atom oksigen. Ion-ion yang terkandung dalam struktur zeolit bersifat bebas, sehingga dapat mengalami pertukaran sebagian maupun seluruhnya dengan ion lain di sekitarnya (Gultom, 2015). Struktur sederhana dari zeolit ditunjukkan pada Gambar 2.3



Gambar 2. 3 Struktur Zeolit

Mineral zeolit memiliki karakteristik fisika dan kimia yang khas, antara lain kapasitas hidrasi yang tinggi, ruang pori yang luas, kestabilan kristal stabil meskipun jika terkena panas, kemampuan untuk melakukan pertukaran kation, sifat adsorptif

terhadap gas, dan potensi sebagai katalis. Zeolit juga memiliki ukuran pori yang seragam, sehingga memungkinkan penggunaannya sebagai penyaring molekul atau *molecular sieve* (Aulia, 2022). Berkat sifat-sifat tersebut, zeolit tergolong sebagai mineral multifungsi yang dapat dimanfaatkan di berbagai bidang, termasuk pertanian sebagai agen perbaikan tanah dan bahan pupuk pelepas lambat, serta di sektor perkebunan, peternakan, perikanan, hingga pengelolaan lingkungan (Seogianto & Al-Jabri, M., 2014).

Dalam bidang pertanian, zeolit kerap digunakan sebagai agen pelepas hara secara perlahan dalam formulasi pupuk NPK. Penggunaan zeolit dalam pupuk majemuk mampu menurunkan laju pelarutan unsur hara di tanah, sehingga efisiensi penyerapan oleh tanaman meningkat. Hal ini didukung oleh kapasitas tukar kation (KTK) zeolit yang tergolong tinggi, yakni berkisar antara 120–180/100 g, sehingga sangat efektif dalam proses adsorpsi, pengikatan, dan pertukaran ion dalam tanah (Suwardi, 2012).

Zeolit dapat dibedakan menjadi dua kategori utama, yaitu zeolit alami dan zeolit buatan

(sintetis). Zeolit alami terbentuk secara geologis, umumnya melalui proses zeolitisasi batuan vulkanik jenis tuf. Zeolit ini memiliki rongga pori yang mengandung air serta mengandung senyawa oksida seperti Al_2O_3 , SiO_2 , CaO , MgO , Na_2O , dan K_2O yang menempel pada permukaan mineralnya. Sementara itu, zeolit sintetis adalah hasil rekayasa kimia yang memiliki karakteristik fisik dan kimia menyerupai zeolit alami. Proses pembuatannya menggunakan bahan-bahan kimia tertentu yang fungsinya setara dengan komponen pada zeolit alam. Beberapa bahan yang umum digunakan dalam sintesis zeolit antara lain adalah karbon aktif, silika gel, dan zeolit hasil rekayasa (Mahaddilla, F.M & Putra, A., 2013).

5. SNI Pupuk Organik Padat

Standar Nasional Indonesia (SNI) merupakan pedoman kualitas yang berlaku secara nasional di Indonesia dan diterapkan pada produk yang dihasilkan oleh individu, badan usaha, maupun perusahaan. Pupuk organik termasuk dalam produk yang diatur oleh SNI, dengan standar mutu yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi

Nasional (BSN). Untuk pupuk organik padat, BSN menetapkan standar kualitas melalui SNI yang mencakup ketentuan mengenai kandungan unsur hara, kadar air, serta parameter fisik dan kimia lainnya yang harus dipenuhi

Pupuk organik padat memiliki standar yang bertujuan untuk memastikan pupuk yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dan aman bagi tanah serta tanaman. Salah satu standar yang digunakan adalah SNI nomor 7763 tahun 2024, yang menetapkan bahwa pupuk organik padat harus mengandung minimal 2% unsur N, P, dan K dengan ketentuan lain terkait pupuk organik padat dijelaskan pada tabel berikut ini (BSN (Badan Standarisasi Nasional), 2024). SNI pupuk organik padat dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 SNI Pupuk Organik Padat 7763:2024

Uraian	Satuan	Persyaratan
Hara makro (N + P ₂ O ₅ + K ₂ O)	%	Min 2

(Sumber : (BSN (Badan Standarisasi Nasional), 2024))

6. Fermentasi dalam Pembuatan Pupuk Organik

Fermentasi merupakan proses biologis yang melibatkan aktivitas mikroorganisme dalam

menguraikan bahan organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Dalam konteks pembuatan pupuk organik, fermentasi digunakan untuk meningkatkan kualitas pupuk melalui peningkatan kadar unsur hara, pengurangan senyawa toksik, dan stabilisasi bahan. Proses ini dapat berlangsung secara *aerob* (dengan oksigen) maupun *anaerob* (tanpa oksigen), tergantung pada jenis mikroorganisme yang digunakan serta tujuan akhir fermentasi tersebut (Puspita et al., 2022).

Fermentasi bahan organik memainkan peran penting dalam mempercepat proses dekomposisi bahan baku seperti limbah kulit buah, kotoran hewan, atau limbah hijau. Proses ini membantu menurunkan rasio C/N, meningkatkan kadar nitrogen mineral (NH_4^+), dan melarutkan unsur-unsur seperti fosfor dan kalium agar lebih mudah diserap tanaman. Selain itu, fermentasi juga dapat menurunkan pH awal bahan organik, yang membantu menghambat pertumbuhan mikroba patogen serta mengurangi bau tidak sedap dari limbah (Tsai et al., 2024).

Dalam penelitian oleh Dahunsi et al., (2019) fermentasi anaerobik yang dilakukan pada limbah pepaya dan buah-buahan tropis lainnya menunjukkan peningkatan signifikan pada kandungan N, P, K, serta menghasilkan *biofertilizer* yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman secara nyata. Hasil fermentasi juga diketahui memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah melalui penambahan bahan organik terfermentasi dan mikroorganisme aktif yang terkandung di dalamnya.

Mikroorganisme yang umum digunakan dalam proses fermentasi pupuk organik meliputi *Lactobacillus sp.*, *Bacillus sp.*, *Streptomyces*, dan *Aspergillus niger*, yang bekerja secara sinergis dalam mendegradasi senyawa protein, selulosa, lignin, dan hemiselulosa. Aktivitas mikroba ini menghasilkan senyawa seperti gula, alkohol, asam amino, dan asam organik, yang berperan sebagai stimulan pertumbuhan tanaman (Yulianto, 2017).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi antara lain suhu, kelembapan, pH, dan

rasio C/N. Suhu optimal untuk fermentasi berkisar antara 30–45 °C. Kelembapan yang ideal adalah sekitar 60–70%, sedangkan pH awal bahan biasanya disesuaikan antara 5–7 untuk mendukung aktivitas mikroba. Rasio C/N yang terlalu tinggi dapat memperlambat fermentasi, sedangkan rasio yang terlalu rendah dapat menyebabkan kehilangan nitrogen dalam bentuk gas (Zhang et al., 2023).

Fermentasi yang terkontrol dan penggunaan inokulan seperti EM4 atau mikroorganisme lokal (MOL), proses pembuatan pupuk organik dapat dilakukan secara lebih cepat dan menghasilkan produk yang lebih stabil serta kaya hara. Pupuk hasil fermentasi tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga memiliki kemampuan meningkatkan produktivitas pertanian secara berkelanjutan (Setyorini et al., 2010).

7. Mikroorganisme Efektif (EM4)

Effective Microorganism 4 (EM4) merupakan larutan yang mengandung berbagai jenis

mikroorganisme bermanfaat yang berfungsi mempercepat proses pengolahan limbah serta efektif dalam mengurangi bau tak sedap dari limbah tersebut. EM4 yang terdiri dari *Lactobacillus sp.*, *Saccharomyces sp.*, Penambat N, Pelarut P, Penghasil Fitohormon, Perombak bahan organik (*Selulolitik*, *Lignolitik*). EM4 umumnya dimanfaatkan sebagai biostimulan untuk mempercepat proses pengomposan, yang jauh lebih efisien dibandingkan teknik konvensional tanpa tambahan mikroba. Selain itu, EM4 juga memiliki peran penting dalam memperbaiki struktur fisik tanah, meningkatkan kualitas kimia dan biologi tanah, memaksimalkan ketersediaan unsur hara untuk tanaman, serta menghambat perkembangan hama dan patogen tanaman. Penggunaan EM4 juga dapat meningkatkan hasil pertanian secara konsisten, memperkaya populasi mikroorganisme tanah, dan menyeimbangkan komunitas mikroba dalam ekosistem tanah (Yulianto, 2017).

Seperti yang dicatat oleh Indriani dalam Yulianto (2017) mikroorganisme yang terdapat dalam EM4 bekerja secara efektif dalam proses fermentasi bahan organik. Mikroorganisme dalam

EM4 terdiri atas bakteri fotosintetik, *Lactobacillus sp.*, *Streptomyces sp.*, ragi (*yeast*), serta *Actinomycetes*. Melalui fermentasi tersebut, zat organik diubah menjadi senyawa seperti gula, alkohol, asam amino, asam laktat, vitamin, dan unsur hara lain yang mendukung kesuburan tanaman. Menariknya, pupuk organik yang difermentasi dengan EM4 menghasilkan aroma khas yang dapat berfungsi sebagai penolak serangga dan hama (Pracaya & Juang, 2016).

8. Granulasi Pada Pembuatan Pupuk Organik

Granulasi merupakan salah satu tahap penting dalam pembuatan pupuk organik padat yang bertujuan untuk mengubah bahan halus atau bubuk menjadi butiran (granul) yang lebih padat, seragam, dan mudah diaplikasikan. Proses ini memanfaatkan gaya adhesi dan kohesi antar partikel yang diperkuat melalui penambahan bahan pengikat (*binder*), seperti air, molase, atau bahan perekat alami lainnya, dengan bantuan alat pengaduk seperti pan granulator atau disk granulator. Granul yang dihasilkan umumnya memiliki ukuran antara 2 hingga 5 mm dan kadar

air di bawah 15%, sehingga sesuai dengan spesifikasi standar pupuk organik granul (Wulandari et al., 2015).

Salah satu keunggulan proses granulasi adalah kemampuannya dalam meningkatkan stabilitas fisik pupuk, memperbaiki densitas curah, serta memperpanjang daya simpan. Bentuk butiran juga membuat pupuk lebih praktis dalam hal pengemasan, transportasi, dan pemupukan di lapangan (Permana & Prasetya, 2023). Selain itu, proses granulasi berperan dalam pengaturan pelepasan unsur hara secara bertahap, terutama jika digunakan bahan tambahan seperti zeolit yang berpori dan bermuatan negatif. Muatan negatif ini berasal dari kerangka aluminosilikat zeolit yang memungkinkan zeolit bertindak sebagai penukar kation. Zeolit dapat mengikat ion hara dan melepaskannya secara perlahan sesuai kebutuhan tanaman, sehingga mendukung prinsip pupuk lepas lambat (Setyorini et al., 2010).

Metode granulasi yang umum digunakan terbagi menjadi dua, yaitu granulasi kering (*dry granulation*) dan granulasi basah (*wet granulation*). Pada granulasi basah, partikel dicampur dengan

cairan pengikat dan kemudian dibentuk menjadi butiran dalam pan granulator. Proses ini lebih umum digunakan dalam pembuatan pupuk organik karena lebih fleksibel dan tidak membutuhkan tekanan tinggi. Sedangkan pada granulasi kering, bahan dikompaksi menggunakan tekanan mekanis tanpa penambahan cairan, biasanya diterapkan pada skala industri besar (Wulandari et al., 2015).

Faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan proses granulasi meliputi ukuran partikel awal, kadar kelembapan bahan, jenis dan jumlah *binder*, waktu granulasi, kecepatan putar alat, serta suhu dan kelembapan lingkungan selama proses pengeringan. Jika kadar air terlalu rendah, partikel tidak dapat saling melekat dengan baik, sementara jika terlalu tinggi, granul menjadi lunak dan mudah hancur (Setyorini et al., 2010). Oleh karena itu, pengaturan kondisi proses granulasi harus disesuaikan secara hati-hati untuk memperoleh butiran yang kuat, tidak mudah pecah, dan sesuai dengan spesifikasi pupuk organik granul menurut SNI 7763:2024.

Penelitian yang dilakukan oleh Wulandari et al., (2015) menunjukkan bahwa variasi waktu

granulasi dan komposisi bahan tambahan seperti dolomit dan molase dapat mempengaruhi karakteristik fisik pupuk granul, seperti porositas, kekerasan, dan densitas curah. Semakin lama waktu granulasi, maka kekuatan fisik butiran akan meningkat hingga titik optimal tertentu, setelah itu berisiko menurunkan kualitas granul karena penggumpalan berlebihan. Dengan mempertimbangkan aspek-aspek tersebut, proses granulasi menjadi salah satu tahap krusial dalam pembuatan pupuk organik berkualitas tinggi yang tidak hanya memenuhi standar teknis, tetapi juga mendukung efisiensi pelepasan unsur hara bagi pertumbuhan tanaman secara berkelanjutan.

9. Analisa Unsur Hara N, P, K

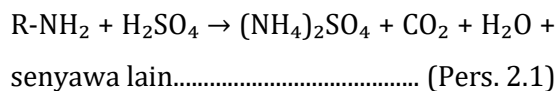
Analisis unsur hara nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) sangat penting dalam evaluasi kualitas pupuk organik. Masing-masing unsur dianalisis menggunakan metode yang berbeda, yaitu metode Kjeldahl untuk nitrogen, spektrofotometer UV-Vis untuk fosfor, dan spektrofotometer serapan atom (SSA) untuk kalium.

a. Analisis Unsur Hara Nitrogen (Metode Kjeldahl)

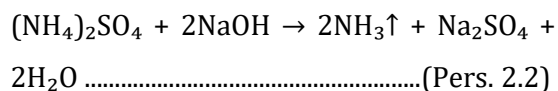
Metode Kjeldahl adalah metode klasik yang digunakan untuk menentukan kandungan nitrogen total dalam senyawa organik. Metode ini terdiri dari tiga tahap utama, yaitu destruksi, distilasi, dan titrasi (Al Kausar & Suryani, 2022).

a) N-Organik

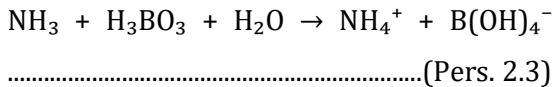
Pada tahap destruksi, senyawa nitrogen dalam bahan organik diuraikan menjadi ion amonium $((\text{NH}_4)^+)$ menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) pekat dan katalis *selenium mixture* (terdiri dari selenium, natrium sulfat, dan tembaga atau merkuri). Reaksi kimia yang terjadi sebagai berikut:



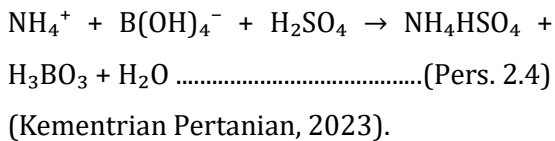
Setelah proses destruksi selesai dan larutan menjadi jernih, larutan didinginkan lalu ditambahkan larutan basa kuat (NaOH) untuk mengubah ion amonium menjadi gas amonia (NH_3):



Gas amonia yang terbentuk ditangkap oleh larutan asam borat (H_3BO_3) dan membentuk kompleks amonium borat:

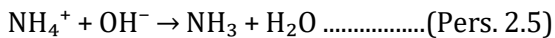


Larutan hasil distilasi tersebut kemudian dititrasi dengan larutan standar asam sulfat (H_2SO_4) 0,05 N menggunakan indikator metil merah. Reaksi titrasi yang terjadi adalah:

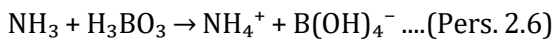


b) N-NH_4^+

Nitrogen dalam bentuk amonium dianalisis langsung tanpa destruksi. Sampel ditambahkan larutan NaOH sehingga amonium diubah menjadi amonia:



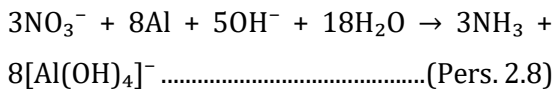
Gas amonia ditangkap oleh larutan asam borat dan kemudian dititrasi dengan H_2SO_4 dengan reaksi yang terjadi sebagai berikut:



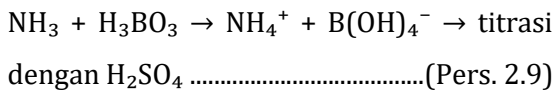
(Kementrian Pertanian, 2023).

c) N-NO_3^- (Nitrat)

Ion nitrat terlebih dahulu direduksi menjadi amonia menggunakan Devarda's alloy (campuran Al, Cu, Zn) dalam suasana basa:



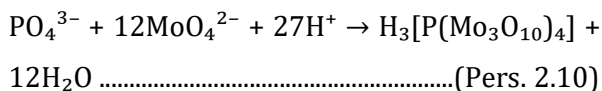
Gas NH_3 kemudian ditangkap dan dititrasi seperti pada metode amonium:



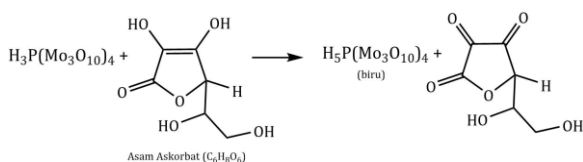
(Kementrian Pertanian, 2023).

b. Analisis Unsur Hara Fosfor (Metode Spektrofotometri UV-Vis)

Fosfor dianalisis dalam bentuk ion ortofosfat (PO_4^{3-}) dengan metode spektrofotometri UV-Vis. Sampel terlebih dahulu didestruksi menggunakan campuran asam HNO_3 dan HClO_4 untuk mengoksidasi bahan organik dan melepaskan fosfor dalam bentuk PO_4^{3-} . Ion fosfat kemudian direaksikan dengan molibdat dalam suasana asam untuk membentuk kompleks fosfomolibdat kuning:



Selanjutnya, kompleks fosfomolibdat direduksi oleh asam askorbat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) menjadi kompleks fosfomolibdenum biru yang diukur intensitas warnanya pada panjang gelombang 889 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Reaksi terjadi sebagai berikut:



.....(Pers. 2.11)

(Kementrian Pertanian, 2023; Meilani, 2020).

c. Analisis Kalium (Metode Spektrofotometer Serapan Atom)

Kalium dianalisis menggunakan metode spektrofotometer serapan atom (SSA), yang bekerja berdasarkan prinsip penyerapan cahaya oleh atom netral di fase gas. Sampel didestruksi dengan campuran HNO_3 dan HClO_4 , kemudian diencerkan dan disemprotkan ke dalam nyala api SSA. Atom K akan menyerap

cahaya pada panjang gelombang 766,5 nm, dan besarnya absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi kalium dalam sampel.

Proses ini mengikuti hukum Lambert-Beer:

$$A = \epsilon bc$$

Keterangan:

A = absorbansi

ϵ = koefisien serapan molar

b = panjang lintasan cahaya

c = konsentrasi analit

(Harris, 2010; Kementrian Pertanian, 2023; Musa et al., 2024).

B. Karakterisasi

1. Spektrofotometri UV-VIS

Spektrofotometer UV-Vis adalah alat analisis kuantitatif yang bekerja dengan cara mendeteksi intensitas penyerapan cahaya pada rentang spektrum ultraviolet hingga tampak. Penyerapan ini dapat terjadi karena adanya kromofor alami dalam suatu senyawa, atau akibat terbentuknya senyawa kompleks berwarna antara unsur yang

dianalisis dengan pereaksi tertentu. Metode pengukuran ini mengacu pada prinsip Hukum Lambert-Beer (Fitrani, 2021). Prinsip kerja alat ini didasarkan pada interaksi sinar monokromatis yang melewati sampel sebagian cahaya akan diserap, sebagian dipantulkan, dan sisanya dipancarkan (Yanlinastuti & Fatimah, 2016).

Terdapat dua jenis utama dari Spektrofotometer UV-Vis, yaitu:

- a. *Single-beam*, Jenis ini mengukur absorbansi dari satu panjang gelombang saja dalam satu lintasan cahaya. Keunggulannya terletak pada desainnya yang lebih sederhana dan harganya yang relatif terjangkau. *Single-beam* digunakan untuk mengukur cahaya dalam spektrum ultraviolet dan tampak dengan rentang panjang gelombang dari sekitar 190–210 nm hingga 800–1000 nm.
- b. *Double-beam*, instrumen ini memiliki dua jalur sinar yang berasal dari pembagi cahaya berbentuk cermin V. Satu sinar diarahkan ke larutan blanko, sementara sinar lainnya secara simultan melewati

sampel. *Double-beam* mampu mengukur panjang gelombang dalam kisaran 190–750 nm (Fitrani, 2021).

Metode spektrofotometri UV-Vis dapat diaplikasikan untuk menganalisis berbagai bentuk sampel seperti larutan, gas, maupun uap. Namun, sebelum dianalisis, sampel perlu dikonversi menjadi larutan bening, dengan pelarut yang memenuhi syarat berikut:

- a. Pelarutan sampel harus terlarut sempurna.
- b. Pelarut tidak berwarna dan tidak memiliki struktur molekul dengan ikatan rangkap terkonjugasi.
- c. Tingkat kemurniannya tinggi.
- d. Tidak mengalami reaksi atau interaksi dengan molekul senyawa yang sedang dianalisis (Suharti, 2017).

2. *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS)

Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) atau Spektrofotometri serapan atom (SSA) merupakan instrumen analisis yang digunakan untuk menentukan konsentrasi unsur tertentu

dalam suatu sampel, dengan setiap unsur memiliki panjang gelombang khas dan hanya merespons terhadap elemen tertentu (Nasir, 2020). AAS bekerja berdasarkan prinsip penyerapan cahaya oleh atom bebas dalam sampel. Ketika cahaya dari sumber tertentu dipancarkan melalui sampel, atom-atom di dalamnya akan menyerap sebagian dari cahaya tersebut pada panjang gelombang spesifik yang sesuai dengan kebutuhan energinya. Penyerapan ini menyebabkan atom dalam keadaan dasar berpindah ke tingkat energi yang lebih tinggi (eksitasi). Karena kondisi ini tidak stabil, atom tersebut akan kembali ke keadaan dasarnya dan melepaskan energi dalam bentuk radiasi (Kusuma et al., 2019).

Instrumen AAS terdiri dari beberapa komponen utama yakni antara lain:

- a. Sumber Radiasi: Menggunakan lampu katoda berongga atau EDT dengan pengisi gas (Ne, Ar, He) yang mengalami ionisasi saat diberi tegangan, memancarkan radiasi resonansi.
- b. Tabung Gas: menyimpan gas pembakar seperti udara atau nitrogen oksida.

- c. Alat penyemprot: Mengubah larutan menjadi aerosol.
- d. Monokromator : Memisahkan garis radiasi dari radiasi yang tidak diserap.
- e. Detektor: Mengukur radiasi yang ditransmisikan sebagai energi listrik.
- f. Rekorder: Mengubah sinyal listrik ke dalam bentuk digital berdasarkan nilai serapan (Aulia, 2022).

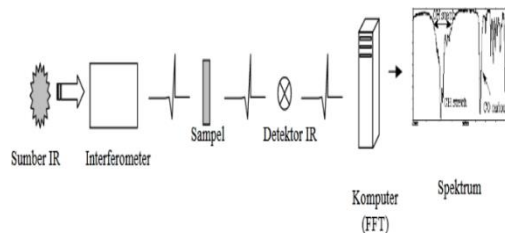
Menurut Kusuma et al., pada tahun (2019) menyatakan bahwa AAS bekerja dengan menggunakan sumber cahaya dari lampu katoda dari elemen yang diukur, kemudian akan melewati nyala api yang akan mengatomisasi sampel, lalu radiasinya diarahkan ke detektor melalui monokromator. Radiasi yang terdeteksi kemudian dibedakan dan diperkuat oleh *chopper* sebelum masuk ke alat pencatat hasil (*readout*) untuk menampilkan hasil data analisa dalam bentuk angka atau kurva yang menggambarkan absoransi atau intensitas emisi.

3. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

FTIR merupakan salah satu instrumen yang banyak digunakan untuk mengetahui spektrum vibrasi molekul yang dapat digunakan untuk memprediksi gugus fungsi senyawa kimia (Beasley et al., 2014). Spektrofotometer FTIR adalah suatu alat yang berguna untuk mengidentifikasi suatu senyawa tertentu dengan menentukan komposisi campuran serta dapat memperkirakan suatu struktur molekul. Sampel yang biasanya digunakan yaitu material dalam keadaan padat, cair, maupun gas. Bentuk spektrum yang dihasilkan merupakan analisis secara kualitatif yaitu berupa suatu puncak spesifik dari gugus fungsi yang dimiliki oleh senyawa tersebut (Ilmi, 2019). FTIR dianggap sebagai alat semi kuantitatif yang menggunakan radiasi inframerah untuk menentukan fraksi cahaya yang diserap pada panjang gelombang tertentu. Spektrum yang dihasilkan memiliki ciri getaran ikatan molekul yang dapat digunakan untuk menganalisis struktur setiap sampel (Beasley et al., 2014).

Menurut Tauhid dalam Fitasari & Ramadani, (2022) menjelaskan bahwa prinsip kerja

spektrofotometer FTIR yaitu cahaya masuk dari sumber cahaya lalu dilanjutkan dan dipecah oleh pemecah sinar menjadi dua bagian yang vertikal kemudian terjadinya pemantulan cahaya oleh dua cermin (cermin diam dan cermin bergerak). Setelah cahaya dipantulkan, cahaya hasil pantulan dipantulkan kembali ke pemecah sinar supaya dapat berinteraksi. Dari pemecah sinar, sebagian cahaya masuk ke sumber dan sepenggal cahaya masuk ke sampel. Fluktuasi terjadi pada cahaya yang mencapai detektor akan menciptakan sinyal, sinyal pada detektor disebut dengan *interferogram*. *Interferogram* akan diubah menjadi spektra IR.



Gambar 2. 4 Proses pergantian sinyal disistem peralatan spektroskopi FTIR

(Sumber : (Fitasari & Ramadani, 2022))

Frekuensi inframerah dapat dijelaskan dalam satuan bilangan gelombang (*wavenumber*), yaitu diartikan seperti jumlah gelombang per

sentimeter. Hanya perlu waktu beberapa menit saja sampel yang sedikit dikenai sumber radiasi inframerah akan mendapatkan hasil spektrum inframerah suatu senyawa. Otomatis spektroskopi akan membaca banyaknya radiasi yang menembus sampel dalam rentang frekuensi tertentu dan merekam berapa persentase radiasi yang ditransmisikan pada kertas. Muncul pita pada spektrum dihasilkan dari radiasi yang diserap oleh molekul (Fannyda, 2014).

Menurut Noor dalam penelitian Fitasari & Ramadani, (2022) menyebutkan setiap sampel yang diuji memiliki senyawa yang menyerap energi dari cahaya inframerah sehingga molekul tersebut akan tereksitasi ke tingkatan energi yang lebih tinggi. Penyerapan energi tersebut yang mengakibatkan perubahan energi vibrasi yang terjadi pada molekul tersebut. Vibrasi molekul dapat digolongkan menjadi vibrasi regangan (*stretching*) dan vibrasi bengkokan (*bending*).

FTIR dapat membedakan spektrum dari berbagai macam larutan atau campuran dengan bilangan gelombang berkisar antara 500 hingga 6000 cm^{-1} . Hasil dari uji FTIR adalah grafik yang

menunjukkan persentase *transmitansi* inframerah pada panjang gelombang tertentu. Pada grafik FTIR sumbu vertikal menunjukkan *persentase transmitansi* (%T) yaitu perbandingan sinar inframerah yang tidak diserap sampel yang diuji terhadap sinar inframerah yang diberikan pada sampel. Pada sumbu horizontal menunjukkan bilangan gelombang dalam satuan cm^{-1} . Jangkauan inframerah yang digunakan berada dalam kisaran $4000 - 500 \text{ cm}^{-1}$. Senyawa H_2 tidak dapat dideteksi daerah transmitansinya karena sifatnya yang tidak menyerap sinar inframerah (Rahmat & Suwarno, 2020).

C. Kajian Pustaka

Penelitian Widyabudiningsih, et al., (2021) meneliti pembuatan pupuk organik cair berbahan dasar limbah kulit buah, yaitu pisang, mangga, dan nanas, dengan menggunakan bioaktivator EM4 serta variasi waktu fermentasi. Kombinasi bahan yang digunakan adalah campuran kulit pisang dan mangga. Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi kandungan unsur hara makro, mengevaluasi kualitas pupuk organik cair, serta menentukan durasi fermentasi yang paling

optimal dalam menghasilkan kandungan hara tertinggi. Hasil terbaik diperoleh dari campuran kulit pisang, mangga, dan nanas yang difermentasi selama 7–14 hari. Analisis kandungan hara dilakukan dengan metode spektrofotometri UV-Vis untuk C-organik dan P_2O_5 , metode Kjeldahl untuk N-total, serta AAS untuk K_2O . Komposisi hara makro dari variasi komposisi campuran pisang-mangga mencapai 19,90% C-organik, 6,80% N-total, 2,95% K_2O , dan 0,20% P_2O_5 . Kulit pisang saja menghasilkan 14,25% C-organik, 5,85% N-total, 5,80% K_2O , dan 0,25% P_2O_5 ; sedangkan kulit mangga saja mengandung 24,85% C-organik, 5,25% N-total, 1,90% K_2O , dan 0,15% P_2O_5 . Pupuk yang dihasilkan memenuhi standar Permentan No. 261 Tahun 2019, kecuali kadar P_2O_5 , namun kualitasnya masih lebih baik dibanding beberapa produk komersial.

Nasrun et al., (2016) melakukan penelitian terkait pemanfaatan limbah kulit pisang barangan sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik cair. Tujuan utama dari studi ini untuk mengevaluasi pengaruh perbedaan lama fermentasi serta variasi volume EM4 terhadap kualitas pupuk yang dihasilkan. Dalam percobaannya, sebanyak 1500 gram kulit pisang barangan dicampurkan dengan molase, aquadest, air,

dan EM4, kemudian difermentasi selama 7, 14, dan 21 hari. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa peningkatan durasi fermentasi serta penambahan jumlah EM4 berbanding lurus dengan peningkatan kadar unsur hara makro, yaitu nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), dalam pupuk cair. Meskipun kandungan unsur hara tersebut telah memenuhi standar minimum menurut SNI, namun masih lebih rendah dibandingkan dengan kandungan pupuk cair organik komersial yang beredar di pasaran.

Fadma *et al.*, (2014) melakukan penelitian mengenai pengaruh pupuk organik padat dan cair berbahan dasar kulit pisang kepok terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan respons tanaman terhadap kedua jenis pupuk serta melihat adanya interaksi antar perlakuan. Hasil menunjukkan bahwa pupuk organik padat menurunkan tinggi tanaman dan luas daun, sementara pupuk cair menurunkan tinggi tanaman, bobot kering, dan hasil panen baik per sampel maupun per plot. Meski demikian, kombinasi antara pupuk padat dan cair dari kulit pisang kepok menunjukkan pengaruh signifikan terhadap

peningkatan tinggi tanaman, yang mengindikasikan potensi kulit pisang kepok sebagai bahan pupuk organik.

Hutari *et al.*, (2021) melakukan penelitian mengenai pembuatan pupuk bubuk dari kulit buah mangga arum manis yang diaplikasikan untuk tanaman sawi hijau, yang bertujuan untuk mengetahui manfaat kulit buah mangga arum manis sebagai pupuk organik bubuk untuk sawi hijau serta mengetahui rata-rata pertumbuhan sawi jika menggunakan pupuk bubuk tersebut. Didapatkan hasil bahwa terbukti pupuk bubuk kulit buah mangga arum manis ini dapat meninggikan sawi hingga 42 hari setelah tanam (HST) dengan berat perlakuan pupuk 50 g/L, serta menghasilkan daun sawi yang lebih lebar hingga 35 HST. Hasil yang diperoleh tersebut lebih unggul dibandingkan dengan perlakuan tanaman sawi dengan pupuk NPK dan dengan air saja.

Helmi *et al.*, (2019) melakukan penelitian mengkaji efektivitas pupuk organik granul pada padi sawah varietas unggul baru. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia anorganik, meningkatkan hasil panen, serta menekan biaya produksi petani. Hasil menunjukkan aplikasi pupuk granul berpengaruh nyata

terhadap pertumbuhan tanaman, khususnya dalam hal peningkatan tinggi tanaman, serta memberikan dampak positif terhadap hasil panen, termasuk persentase gabah per malai, bobot 1000 butir gabah, dan produktivitas per hektar.

Munir & Swasono, (2012) melakukan penelitian mengenai pembuatan pupuk hijau organik yang berasal dari daun trembesi, paitan, dan lamtoro sebagai unsur kestabilan kesuburan tanah, yang bertujuan mengetahui kandungan pada jenis daun-daun yang digunakan, cara proses produksi, dan studi kelayakan pupuk yang dihasilkan. Pembuatan diawali pengekstrakan bahan utama daun-daun yang akan digunakan sebagai pupuk. Kemudian dilanjutkan peroses fermentasi dengan ditambahkan urine sapi, maxtro, molase, dan asam cuka selama 8-10 hari. Selanjutnya proses penghancuran kotoran sapi dan daun-daun. Proses pembentukan digunakan alat mesin pan glanulator, dengan menaburkan kotoran sapi dan daun yang sudah dihancurkan dan menyemprotkan hasil fermentasi kemudian digranulasi dan dihasilkan butiran bulat yang belum kering. Kemudian dikeringkan dengan menggunakan mesin drayer dan disaring dan dinginkan. Diperoleh hasil unsur hara N, P, K terdapat

pada daun trembesi 6.52%, 0.47%, 2,255%. Untuk daun paitan 4,65%, 0,25%, 64,52%. Sedangkan untuk daun lantoro 3,37%, 0.31%, 0,37%. Hasil produksi pupuk hijau organik menunjukkan bahwa daun trembesi, paitan, dan lantoro, serta bahan campurannya, memenuhi standar kelayakan sebagai pupuk organik, karena mampu meningkatkan kesuburan tanah lebih cepat dibandingkan pupuk organik padat lainnya.

Arisni et al., (2021) melakukan penelitian produksi pupuk granul Enrico-Fermi dengan memperkaya kandungan nitrogen dari limbah penyulingan minyak nilam. Tujuan penelitian ini untuk merancang formulasi pupuk granul yang mengandung limbah cair tahu sebagai sumber nitrogen organik, serta mengevaluasi pengaruh perbandingan bioaktivator EM4 terhadap mutu pupuk yang dihasilkan. Proses pembuatan meliputi formulasi pupuk, analisis kandungan N, P, dan K pada limbah nilam menggunakan XRD, identifikasi gugus fungsi dengan FTIR, serta uji kualitas kimia dan uji pertumbuhan tanaman. Analisis kimia mencakup kandungan nitrogen total (metode Kjeldahl), P_2O_5 (spektrofotometri UV-Vis), dan K_2O (AAS). Hasil terbaik diperoleh pada rasio limbah nilam dan limbah cair tahu 1:3 dengan penambahan EM4 7%,

menghasilkan kadar nitrogen 5,83%, fosfor 1,91%, dan kalium 3,46%, sesuai standar SNI 19:7030:2004 serta permentan No.70/Permentan/SR.140/10/2011. FTIR mengidentifikasi gugus adanya O-H, C=O, P=O, dan HO-P-OH. Pupuk Enrico-Fermi terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman nilam lebih cepat dibandingkan penggunaan limbah padat nilam atau tanah saja.

Pamungkas & Ridho, (2022) melakukan penelitian pembuatan pupuk urea lepas lambat (*Slow Release Urea/SRU*) menggunakan metode granulasi pada granulator piringan miring, dengan mencampurkan urea dan zeolit serta menambahkan larutan pati sebagai perekat. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji karakteristik pelepasan nitrogen serta pengaruh suhu dan pH terhadap laju pelepasan nutrien. Uji pelepasan nitrogen dilakukan dengan merendam 1 gram pupuk dalam 100 mL air, lalu menganalisis kadar urea menggunakan metode BOJIC melalui spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 510 nm. Data pelepasan dianalisis menggunakan tiga model kinetika: orde nol, Higuchi, dan Korsmeyer-Peppas, dengan hasil terbaik ditunjukkan oleh model Korsmeyer-Peppas. Penelitian ini membuktikan bahwa pupuk SRU berbasis zeolit

mampu melepaskan nitrogen secara terkendali dan berpotensi meningkatkan efisiensi pemupukan.

D. Hipotesis

Limbah kulit pisang kepok dan mangga manalagi memiliki kandungan unsur hara N, P, K yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pupuk organik. Oleh karena itu, kombinasi kedua bahan tersebut melalui proses ekstraksi, fermentasi, dan granulasi, diharapkan dapat menghasilkan pupuk organik granul yang memenuhi standar mutu SNI. Selain itu, cairan hasil fermentasi ekstrak dari limbah tersebut juga berperan sebagai cairan pengikat alami (*binder*) dalam proses granulasi, yang membantu membentuk ikatan antar partikel secara fisikokimia. Penambahan zeolit pada pupuk organik granul diharapkan dapat memberikan efek lepas lambat melalui struktur berpori dan muatan negatif pada kerangka aluminosilikatnya, yang memungkinkan ion hara terikat dan dilepaskan secara bertahap. Mekanisme tersebut diperkirakan dapat membantu mengontrol pelepasan nutrisi, mempertahankan unsur hara di dalam tanah, serta mendukung kesuburan tanah dan produktivitas tanaman secara optimal.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Progam Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo. Uji karakterisasi kadar unsur hara ekstrak kulit pisang kepok dan kulit mangga manalagi hasil fermentasi, dan kadar unsur hara N, P, K pupuk organik granul ekstrak kulit pisang kepok dan kulit mangga manalagi, serta uji pelepasan unsur K dengan AAS dilakukan di Laboratorium Penguji Balai Penerapan Standar Instrumen Pertanian Yogyakarta. Uji analisa gugus fungsi dilakukan di Laboratorium Fisika Universitas Islam Negeri Walisongo. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2024 – Februari 2025.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat-alat yang dipakai pada penelitian ini adalah mesin blender, botol plastik hasil ekstrak, saringan kain, saringan, karung plastik, konfensional mesin pan pembuat granul, skop,

timbangan, lumpang alu, neraca analitik AND HR-200, pipet volume, rangkaian alat gelas, *digestion apparatus*, labu Kjeldahl, labu didih, buret, pipet tetes, pipet ukur, *vessel reactor*, oven Memmert UN 30, *microwave digestion* Model MWM-520, Vortermixer DLAB MX-S, *Spektrofotometri* UV-Vis Orion Aquamate 8000, Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Perkin Elmer 400, dan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) Shimadzu: IRPrestige 21.

2. Bahan

Bahan yang dipakai pada penelitian ini yaitu limbah kulit pisang kepok dan mangga manalagi, mikroorganisme efektif (EM4), kotoran sapi kering, limbah daun pisang kepok dan daun mangga manalagi kering, aquades, air deionisasi, urine sapi, molase, asam cuka (Merck, p.a), serbuk zeolit, pupuk organik komersil merek Petrogenik, serbuk $\text{Ca}(\text{OH})_2$, H_2SO_4 98% (Merck, p.a) dan 0,05 N, asam borat 1% (Merck, p.a), indikator conway (asam borat, Metil merah, Bromokresol hijau) (Merck, p.a), *devarda alloy* (aluminium 45%, tembaga 50%, dan seng 5%), *selenium mixture* (Selenium, H_2SO_4 ,

Na_2SO_4) (Merck, p.a), NaOH 40% (Merck, p.a), HNO_3 65% (Merck, p.a), HClO_4 60% (Merck p.a.), pereaksi P pekat ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, H_2SO_4 pekat (Merck, p.a), $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$.), pereaksi pewarna P (asam askorbat, pereaksi P pekat), dan deret standar kerja P, LaCl_3 (Merck, p.a), pereaksi fosfat molibdat ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$, $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$, H_2SO_4 , air demineral, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$).

C. Prosedur Kerja

1. Proses Pengekstrakan Kulit Pisang Kepok dan Kulit Mangga Manalagi

Limbah kulit pisang kepok dan mangga manalagi sebanyak masing-masing 1 kg dipotong-potong dengan ukurannya ± 2 cm (Nasrun et al., 2016). Kulit pisang yang sudah dipotong-potong dimasukkan ke dalam mesin blender dan dituangkan air 500 mL. Mesin blender ditutup dan dihidupkan mesin dalam putaran penuh dengan diaduk bahan baku agar proses lebih sempurna. Selanjutnya dilakukan penyaringan dengan saringan kain, dituang ekstrak kulit pisang tersebut ke dalam botol plastik, dan ditutup rapat dibiarkan ekstrak tersebut dalam tiga hari agar hasil ekstrak agak mengental dan berbusa.

Setelah selesai proses pengestrakan kulit pisang kepok, dimasukkan kulit mangga manalagi ke dalam mesin blender dan dilakukan pemrosesan seperti proses kulit pisang kepok, disaring kemudian dituang ekstrak ke dalam botol plastik dan ditutup rapat serta dibiarkan selama tiga hari agar hasil ekstrak tersebut terfermentasi secara alami (Munir & Swasono, 2012). Selanjutnya dilakukan identifikasi kadar unsur hara N, P, K dengan prosedur lengkap pada tahap karakterisasi dan pengujian pupuk organik granul.

2. Proses Fermentasi Ekstrak

Larutan bakteri EM4 (*Lactobacillus sp.*, *Saccharomyces sp.*, Penambat N, Pelarut P, Penghasil Fitohormon, Perombak bahan organik (*Selulolitik*, *Lignolitik*)) sebanyak 150 mL, aquadest 200 mL, molase 50 mL, asam cuka 25 mL, urine sapi 75 mL disiapkan dan ekstrak kulit pisang kepok dan kulit mangga manalagi yang sudah di analisa N, P, K dimasukkan ke dalam botol plastik 1, 2, 3, 4, dan 5 (Nasrun et al., 2016 ; Munir & Swasono, 2012). Dan ekstrak kulit pisang kepok dan mangga manalagi yang dimasukkan terdiri dari berbagai variasi

komposisi seperti yang terdapat rasio variasi komposisi secara lengkap yang disajikan pada Tabel 3.1 berikut :

Tabel 3. 1 Rasio Variasi Komposisi

Bahan (mL)	Fungsi	Rasio Variasi Komposisi (Pisang Kepok : Mangga Manalagi)				
		F1	F2	F3	F4	F5
		0 : 100	25 : 75	50 : 50	75 : 25	100 : 0
EM4	Sumber mikroorganisme aktif yang menguraikan dan mempercepat proses fermentasi	150	150	150	150	150
Aquades	Pelarut	200	200	200	200	200
Molase	Sumber energi bagi mikroorganisme selama proses fermentasi	50	50	50	50	50
Asam Cuka	Pengatur pH selama proses fermentasi	25	25	25	25	25
Urin Sapi	Sumber penambah unsur hara N	75	75	75	75	75
Ekstrak kulit pisang kepok dan mangga manalagi	Bahan utama fermentasi	0 : 300	75 : 225	150 : 150	225 : 75	300 : 0

Selanjutnya dilakukan fermentasi selama 14 hari. Ekstrak yang sudah difermentasi selama 14 hari selanjutnya dilakukan identifikasi kadar unsur hara N, P, K dengan prosedur lengkap pada tahap karakterisasi dan pengujian pupuk organik granul.

3. Proses Penghancuran

Lumpang alu disiapkan dan dimasukkan kotoran sapi yang sudah kering sebanyak 1 kg ke dalam lumpang alu, selanjutnya ditumbuk hingga menjadi serbuk, jika proses sudah selesai dimasukkan ke dalam karung plastik.

Pada daun pisang kepok dan daun mangga manalagi yang sudah kering masing-masing 1 kg dipotong-potong ± 1 cm dan dimasukkan ke dalam blender dan diaduk hingga halus. Daun-daunan yang sudah halus diayak dengan saringan kelapa, dan selanjutnya daun yang sudah selesai diayak dimasukkan ke karung plastic (Munir & Swasono, 2012).

4. Proses Pembentukan Granul

Dipersiapkan dan ditimbang bahan seperti pada Tabel 3.2 komposisi bahan berikut ini:

Tabel 3. 2 Komposisi bahan Pupuk Organik Granul

Bahan	Fungsi	POG
Kotoran Sapi	Agen pemadat	500 g
Serbuk daun pisang kepok & mangga manalagi	Agen pemadat	500 g
Zeolit	Agen lepas lambat	150 g
Ca(OH) ₂	Pengatur pH/keasaman	50 g
Ekstrak fermentasi kulit pisang kepok & mangga manalagi	Binder (cairan pengikat)	250 mL

Kemudian dimasukkan bahan tersebut ke dalam konfensional pan pembuat granul. Selanjutnya dihidupkan mesin pada putaran normal, lalu disemprotkan *binder* fermentasi ekstrak kulit pisang kepok dan kulit mangga manalagi yang telah dikarakterisasi kadar unsur hara N, P, K pada perbandingan hasil yang terbaik sebanyak 250 mL sedikit demi sedikit diatas mesin konfensional pan agar bahan baku tidak berterbangan, kemudian disetiap 10 menit dilakukan pembalikan dengan skop agar bahan baku tidak menggumpal, apabila bahan baku masih agak kering kemudian disemprotkan lagi ekstrak fermentasi (Munir & Swasono, 2012).

Jika proses granulasi telah selesai selanjutnya butiran pupuk granul yang masih basah dikeringkan dengan oven dan diatur suhunya di suhu 85°, kemudian dimasukkan butiran pupuk organik granul pisang kepok dan mangga manalagi yang masih basah ke dalam oven. Proses pengovenan dilakukan selama 2 jam, dan apabila sudah selesai dikeluarkan pupuk organik granul yang sudah kering dari oven (Munir & Swasono,

2012). Pupuk organik granul yang sudah kering selanjutnya didinginkan dengan cara diangin-anginkan hingga dingin dan tidak panas lagi. Selanjutnya dilakukan identifikasi kadar unsur hara N, P, K dengan prosedur lengkap pada tahap karakterisasi dan pengujian pupuk organik granul.

5. Karakterisasi dan Pengujian Pupuk Organik Granul

a. Analisis Kandungan Unsur Hara N, P, K

Analisis kandungan unsur hara N, P, K ini dilakukan pada proses pengujian pada sampel ekstrak kulit pisang kepok dan mangga manalagi, fermentasi ekstrak pisang kepok dan mangga manalagi, dan juga pada produk pupuk organik granul. Analisa meliputi identifikasi kadar unsur hara N menggunakan metode Kjeldahl, unsur P menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis, dan unsur K menggunakan instrumen spektrofotometer serapan atom (SSA) dengan langkah karakterisasi sebagai berikut:

a. Pengukuran N total

1) Penetapan N-organik

Sampel ditimbang dengan teliti sebanyak 0,500 g ke dalam labu Kjeldahl. Selanjutnya ditambahkan 0,25-0,50 g *selenium mixture* (Selenium, H_2SO_4 , Na_2SO_4) dan 3 mL H_2SO_4 p.a, dilakukan pengkocokan hingga campuran homogen dan dibiarkan 2-3 jam agar terjadi perarangan pada sampel. Sampel didestruksi hingga sempurna disuhu bertahap dari 150°C hingga suhu maks 350°C , dan didapatkan cairan jernih (3 - 3,5 jam). Sampel didinginkan kemudian dilakukan pengenceran dengan sedikit akuades agar tidak mengkristal. Larutan dipindahkan secara kuantitatif ke labu didih destilator volume 250 mL, ditambahkan air bebas ion hingga setengah volume labu didih dan diberikan batu didih. Penampung destilat disiapkan yang berisi 10 mL asam borat 15% di erlenmeyer dan ditambahkan 3 tetes indikator Conway.

Kemudian didestilasikan dengan menambahkan 20 mL NaOH 40%

(destilasi dikatakan selesai jika volume cairan dalam erlenmeyer telah mencapai sekitar 75 mL). Kemudian destilat dititrasi dengan H_2SO_4 0,05 N hingga titik akhir (terjadi perubahan warna larutan dari hijau menjadi merah jambu muda) (Kementrian Pertanian, 2023).

2) Penetapan N- NH_4

Sampel ditimbang dengan teliti 0,500 g dan dimasukkan ke dalam labu didih destilator, ditambahkan batu didih dan ditambahkan 0,5 mL parafin cair dan 100 mL air bebas ion. Blanko dibuat yang terdiri dari 100 mL air bebas ion, batu didih dan parafin cair. Penampung destilat disiapkan yang berisi 10 mL asam borat 1% dalam erlenmeyer dan ditambahkan 3 tetes indikator Conway (asam borat, Metil merah, Bromokresol hijau).

Sampel didestilasikan dengan menambahkan 10 mL NaOH 40% (Destilasi dikatakan selesai jika volume cairan dalam erlenmeyer telah mencapai

sekitar 75 mL). Destilat yang diperoleh kemudian dilakukan titrasi dengan larutan baku H_2SO_4 0,05 N sampai titik akhir (terjadi perubahan warna larutan dari hijau menjadi merah jambu muda) (Kementrian Pertanian, 2023).

3) Penetapan N- NO_3

Sampel ditimbang dengan teliti 0,500 g, dimasukkan ke dalam labu didih destilator dan ditambahkan batu didih kemudian ditambahkan 0,5 mL parafin cair dan 100 mL air bebas ion. Blanko dibuat yang terdiri dari 100 mL air bebas ion, batu didih dan parafin cair. Penampung destilat disiapkan yang berisi 10 mL asam borat 1% dalam erlenmeyer dan ditambahkan 3 tetes indikator Conway.

Sampel didestilasikan dengan menambahkan 2 g *devarda alloy* (aluminium 45%, tembaga 50%, dan seng 5%) (Destilasi dikatakan selesai jika volume cairan dalam erlenmeyer telah mencapai sekitar 75 mL). Destilat

dilakukan titrasi dengan larutan baku H_2SO_4 0,05 N sampai titik akhir (terjadi perubahan warna larutan dari hijau menjadi merah jambu muda) (Kementrian Pertanian, 2023).

b. Pengukuran P

Sampel yang telah dihaluskan sebanyak 1 g ditimbang dengan teliti, kemudian dimasukkan ke dalam labu digestion. Selanjutnya 10 mL HNO_3 p.a. dan 2 mL HClO_4 p.a. ditambahkan ke dalam labu, dikocok, dan dibiarkan semalaman. Larutan kemudian dipanaskan dengan *block digester* dimulai pada suhu 100°C , setelah uap kuning habis suhu dinaikkan hingga 200°C , dan destruksi dihentikan ketika uap putih muncul dan cairan tersisa sekitar 0,5 mL. Larutan didinginkan, diencerkan dengan aquadest 100 mL. Larutan dikocok hingga homogen, dibiarkan semalaman, dan disaring menggunakan kertas saring untuk memperoleh ekstrak jernih (Kementrian Pertanian, 2023).

Pengukuran P_2O_5 , sebanyak 1 mL ekstrak dan masing-masing deret standar kerja P dipipet ke dalam tabung kimia. Kemudian, sebanyak 9 mL pereaksi fosfat molibdat encer ditambahkan ke dalam setiap sampel dan deret standar P, campuran dikocok menggunakan *vortex mixer* hingga homogen. Selanjutnya didiamkan selama 15–25 menit, diukur larutan dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 889 nm dan nilai absorbansi dicatat (Kementrian Pertanian, 2023).

c. Pengukuran K

Sampel yang telah dihaluskan sebanyak 1 g ditimbang dengan teliti, kemudian dimasukkan ke dalam labu digestion. Selanjutnya 10 mL HNO_3 p.a. dan 2 mL $HClO_4$ p.a. ditambahkan ke dalam labu, dikocok, dan dibiarkan semalaman. Larutan kemudian dipanaskan dengan block digester dimulai pada suhu $100^\circ C$, setelah uap kuning habis suhu dinaikkan hingga $200^\circ C$, dan destruksi dihentikan ketika uap

putih muncul dan cairan tersisa sekitar 0,5 mL. Larutan didinginkan, diencerkan dengan aquadest 100 mL. Larutan dikocok hingga homogen, dibiarkan semalaman, dan disaring menggunakan kertas saring untuk memperoleh ekstrak jernih (Kementrian Pertanian, 2023).

Pengukuran K, sampel dipipet 1 mL dan dimasukkan ke dalam tabung kimia volume 20 mL, ditambahkan 9 mL air bebas ion dan dikocok dengan *vortex mixer* sampai homogen. Ekstrak diencerkan sebanyak 10 kali pengenceran. Analisa kadar K dilakukan dengan menggunakan SSA dengan dicatat deret standar dan contoh (Kementrian Pertanian, 2023).

b. Pengujian Lepas Lambat Pupuk Organik Granul (POG)

Pengujian lepas lambat pada pupuk organik granul (POG) digunakan untuk mengidentifikasi pola pelepasan kadar unsur hara kalium pada POG yang dibandingkan dengan kontrol pupuk organik komersil (POGK)

yang tidak memiliki kemampuan lepas lambat. Sebanyak 1 g POG dan POGK ditimbang. Kemudian dimasukkan masing-masing ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan akuades sebanyak 100 mL, lalu dibiarkan selama 420 menit dan dilakukan pengambilan sampel sebanyak 1 mL secara berkala dari menit ke-0, 15, 30, 60, 120, 180, 240, 300, 360, dan 420 menit. Selanjutnya dilakukan analisis kandungan unsur hara K yang ada di dalam filtrat dengan menggunakan instrumen AAS (Pamungkas & Ridho, 2022 ; (Suci & Astar, 2022).

c. Identifikasi Gugus Fungsi Pupuk Organik Granul dengan FTIR

Pengujian dengan FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat dalam pupuk organik granul, dengan prosesnya dimulai dengan sampel pupuk yang telah jadi didestruksi hingga halus dengan menggunakan mortar agate sebanyak 1 mg yang telah berisi serbuk KBR sebanyak 100 mg. Sampel halus dimasukkan ke dalam alat pres secara merata dan dipress hingga terbentuk

lapisan tipis transparan. Selanjutnya dimasukkan ke dalam holder sampel dan dilakukan analisis menggunakan FTIR dan akan didapatkan hasil berupa spektrum gelombang (Thaharo, 2014).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk menghasilkan pupuk organik granul (POG) yang memiliki kemampuan lepas lambat unsur kalium berbasis bahan organik dari *binder* ekstrak limbah kulit pisang kepok dan mangga manalagi. Pada penelitian ini disintesis 5 ekstrak fermentasi dengan variasi kulit pisang kepok dengan kulit mangga manalagi dengan komposisi sebagai berikut: F1 (0:100), F2 (25:75), F3 (50:50), F4 (75:25), F5 (100:0). Komposisi terbaik dari variasi tersebut akan dibuat menjadi *binder* untuk pupuk organik granul (POG) dengan ditambahkan kotoran sapi, urine sapi, daun pisang kepok dan mangga manalagi, Ca(OH)_2 dan zeolit. POG akan diuji aktivitas pelepasan lambat unsur kalium dalam media air selama 420 menit yang dibandingkan dengan kontrol pupuk organik granul komersil tanpa zeolit (POGK). Hasil penelitian akan disajikan dalam bentuk pembahasan mengenai kadar unsur hara (N, P, K) ekstrak limbah kulit pisang kepok dan mangga manalagi, kadar unsur hara (N, P, K) fermentasi dari ekstrak limbah kulit pisang kepok dan mangga manalagi, pembuatan POG, dan pengujian POG yang terdiri

dari uji kadar unsur hara (N, P, K) POG serta uji laju pelepasan lambat unsur kalium pada POG.

A. Ekstrak Kulit Pisang Kepok dan Kulit Mangga Manalagi

Pengekstrakan kulit pisang kepok dan mangga manalagi merupakan langkah penting dalam penelitian ini karena bahan baku tersebut mengandung senyawa organik yang berpotensi sebagai sumber hara makro, terutama nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Selain itu, ekstrak dari kedua limbah kulit buah tersebut difungsikan sebagai *binder* atau bahan pengikat alami dalam formulasi pupuk organik granul. Penggunaan *binder* dari bahan organik ini diharapkan tidak hanya membantu membentuk butiran pupuk yang stabil, tetapi juga berperan mendukung peningkatan kadar unsur hara pada pupuk yang dihasilkan. Kulit pisang kepok dan mangga manalagi dipotong hingga ukuran ± 2 cm sehingga mempermudah proses penghancuran dengan blender. Proses penghancuran dengan blender dilakukan dengan penambahan aquades yang berfungsi sebagai pelarut untuk mempermudah pencampuran dan menghasilkan ekstrak cair yang homogen. Penambahan aquades juga membantu mengurangi gesekan berlebih pada pisau blender dan mencegah kerusakan mesin. Setelah diblender,

penyaringan dilakukan menggunakan kain penyaring untuk memisahkan padatan dari ekstrak cair, dan dihasilkan filtrat yang disebut sebagai ekstrak cair kulit pisang kepok dan mangga manalagi. Ekstrak dibiarkan selama tiga hari dalam wadah tertutup untuk memungkinkan proses fermentasi alami. Fermentasi alami ini bertujuan untuk meningkatkan ketersediaan nutrisi melalui aktivitas mikroorganisme indigenus, yaitu mikroba yang secara alami sudah terdapat dalam bahan organik tanpa perlu penambahan dari luar. Mikroorganisme ini memecah senyawa organik kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana seperti asam amino, amonium, asam organik, gula sederhana, dan asam lemak rantai pendek yang larut dalam air sehingga lebih mudah diserap tanaman (E. Wulandari, 2019). Proses ini turut meningkatkan viskositas dan kestabilan ekstrak sebagai *binder* dalam formulasi pupuk granul dengan peningkatan ketersediaan nutrisi melalui aktivitas mikroba yang memecah senyawa organik kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana dan ekstrak menjadi lebih kental (Munir & Swasono, 2012). Fermentasi alami menghasilkan senyawa organik seperti polisakarida dan asam organik yang meningkatkan viskositas serta membentuk jaringan perekat yang stabil secara fisik dan kimia karakteristik

tersebut penting untuk binder dalam granulasi pupuk organik (Munir & Swasono, 2012; Nada et al., 2025). Ekstrak yang diperoleh pada kulit pisang kepok berwarna coklat muda dan pada kulit mangga manalagi berwarna coklat pekat seperti pada Gambar 4.1 (A) dan (B) berikut:



Gambar 4. 1 Hasil ekstrak kulit (A) Pisang kepok (B) Mangga manalagi

Ekstrak yang telah dibiarkan selama 3 hari dianalisa kandungan unsur haranya dengan beberapa metode analisa. Unsur hara N dengan metode Kjeldahl yang terdiri dari tiga tahap yaitu destruksi, destilasi, dan titrasi. Hasil dari proses ini menghasilkan nilai kandungan nitrogen total (N-total). Unsur hara P ditentukan dengan metode spektrofotometri UV-Vis berdasarkan pembentukan kompleks biru fosfomolibdenum yang intensitasnya sebanding dengan konsentrasi fosfor. Dan unsur hara K dianalisis menggunakan metode SSA (Spektrofotometer Serapan Atom) setelah sampel

didestruksi dengan campuran asam kuat. Diperoleh hasil kadar unsur hara ekstrak pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4. 1 Kadar Unsur Hara Ekstrak Kulit Pisang Kepok & Kulit Mangga Manalagi

Parameter (%)	Ekstrak Kulit Pisang Kepok	Ekstrak Kulit Mangga Manalagi
N-organik	0,02	0,03
N-NH ₄	0,03	0,01
N-NO ₃	0,01	0,01
N total	0,06	0,05
P₂O₅ total	0,01	0,01
K₂O total	0,14	0,16

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.1, kadar unsur hara N-total ekstrak kulit pisang kepok kadarnya lebih tinggi dibandingkan dengan ekstrak kulit mangga manalagi. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kandungan unsur N dalam pupuk organik cair dari kulit pisang cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan kulit mangga (Widyabudiningsih, et al., 2021). Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh variasi komposisi kimia pada masing-masing jenis kulit buah.

Kadar unsur hara P dalam ekstrak kulit pisang kepok dan kulit mangga manalagi menunjukkan nilai yang relatif sama dan tergolong lebih rendah dibanding unsur hara lainnya. Perbedaan dan rendahnya kadar fosfor ini

dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti ketersediaan fosfor di tanah tempat tanaman tumbuh, efisiensi penyerapan fosfor oleh tanaman, serta akumulasi fosfor dalam jaringan kulit buah yang secara alami lebih rendah dibandingkan jaringan lain seperti daun atau biji. Kondisi lingkungan dan status hara tanah merupakan faktor utama yang menentukan kadar unsur hara dalam jaringan tanaman. Oleh karena itu, rendahnya kadar P yang terdeteksi pada kulit buah tidak serta-merta menunjukkan defisiensi pada tanaman, melainkan kemungkinan mencerminkan karakteristik fisiologis dari akumulasi hara di bagian tersebut (Arlina et al., 2024).

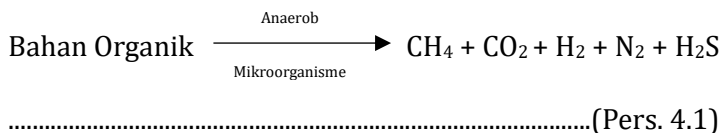
Kadar unsur hara K ekstrak kulit mangga manalagi lebih tinggi dibandingkan ekstrak kulit pisang kepok, perbedaan kadar ini diduga dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara di dalam tanah tempat tanaman tersebut tumbuh. Semakin banyak unsur hara di dalam tanah, maka tanaman akan semakin banyak mengandung mineral seperti kalium. Oleh karena itu, kemungkinan variasi kadar unsur hara K disebabkan oleh perbedaan kondisi lingkungan tumbuh tanaman tersebut yang turut memengaruhi kualitas tanaman, termasuk pada kulit mangga manalagi dan pisang kepok (Anggraeni et al., 2021).

B. Fermentasi Ekstrak Kulit Pisang Kepok dan Kulit Mangga Manalagi

Pada proses fermentasi ekstrak kulit pisang kepok dan mangga manalagi merupakan tahapan penting dalam penelitian ini karena hasil fermentasinya digunakan sebagai bahan pengikat (*binder*) dalam sintesis pupuk organik granul. Fermentasi ini bertujuan untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara dan memperkaya komposisi nutrisi pada ekstrak sebelum digunakan sebagai bahan pengikat untuk formulasi dalam granulasi pupuk. Terdapat 5 variasi komposisi perbandingan ekstrak kulit pisang kepok dan mangga manalagi sebagai berikut: F1 (0:100), F2 (25:75), F3 (50:50), F4 (75:25), dan F5 (100:0). Masing-masing variasi fermentasi dibuat dari campuran bahan aktif berupa larutan EM4 sebagai inokulan mikroorganisme aktif selama proses fermentasi, aquades sebagai pelarut netral, molase sebagai sumber energi mikroorganisme ketika fermentasi, asam cuka sebagai pengatur pH, dan urin sapi sebagai sumber penambah unsur hara terkhusus nitrogen, yang dicampurkan dengan ekstrak kulit buah sesuai dengan rasio masing-masing variasi. EM4 diketahui mengandung berbagai mikroorganisme seperti *Lactobacillus sp.*, *Saccharomyces sp.*, dan bakteri pelarut P serta penambat N yang bekerja

secara sinergis dalam proses fermentasi (Munir & Swasono, 2012; Nasrun et al., 2016).

Proses fermentasi berlangsung selama 14 hari menggunakan aktivator EM4 yang dilakukan oleh mikroorganisme yang akan bekerja untuk mendekomposisi senyawa organik yang terdapat dalam ekstrak limbah kulit pisang kepok dan mangga manalagi untuk diubah menjadi senyawa yang lebih sederhana, dan dihasilkan gas metana, karbondioksida, dan asam organik yang memiliki bobot molekul rendah dengan reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Selama proses fermentasi, botol fermentasi dikocok setiap hari untuk menghomogenkan substrat dan dibuka sesaat guna melepaskan gas hasil fermentasi seperti CO_2 dan CH_4 agar tidak terjadi tekanan berlebih. Proses ini turut memengaruhi kestabilan kondisi fermentasi, serta membantu mikroorganisme tetap aktif dalam kondisi semi-aerobik. Hasil ini sesuai dengan penelitian dari Widyabudiningsih, et al., (2021) yang mengatakan bahwa selama proses fermentasi menghasilkan gas metana dan karbondioksida.



(a)



(b)

Gambar 4. 2 (a) Sebelum dilakukan Fermentasi (b) Setelah dilakukan Fermentasi 14 hari

Hasil fermentasi ekstrak kulit pisang kepok dan mangga manalagi ini dilakukan selama 14 hari agar dihasilkan hasil yang optimum, hasil ini ditunjukkan dengan indikator ciri fisik hasil fermentasi yang berwarna coklat, tidak berbau busuk, dan tidak terdapat bakteri atau serangga di dalamnya seperti terlihat pada Gambar 4.2 di atas. Hasil ini menunjukkan bahwa fermentasi yang terjadi sudah matang (Sulfianto, 2010). Hasil tersebut sesuai dengan penelitian dari Hamawi & Akhiriana, (2022) yang diperoleh hasil setelah fermentasi yang berwarna coklat muda kekuningan, tidak bau busuk, dan tidak terdapat larva serangga. Hasil analisis kandungan unsur hara dari masing-masing variasi ekstrak setelah proses fermentasi disajikan pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Kadar Unsur Hara Ekstrak Setelah Fermentasi

Parameter (%)	Pisang Kepok : Mangga Manalagi				
	F1	F2	F3	F4	F5
	0 : 100	25 : 75	50 : 50	75 : 25	100 : 0
N-organik	0,06	0,08	0,06	0,06	0,04
N-NH ₄	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
N-NO ₃	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
N-total %	0,09	0,11	0,09	0,09	0,07
P₂O₅ %	0,02	0,08	0,01	0,05	0,02
K₂O %	0,69	0,78	0,95	0,99	1,04

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.2 kandungan N total tertinggi terdapat pada variasi perbandingan dengan variasi F2 sebesar 0,11%. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak kulit mangga manalagi dapat meningkatkan kadar N. Tingginya hasil kadar N didukung pada variasi perbandingan F1, dimana kadar N mencapai 0,09%. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan kadar N pada variasi perbandingan F5 yang hanya sebesar 0,07%. Namun, tingginya kadar N tidak hanya berasal dari substrat bahan kulit buah saja, tetapi juga dapat berasal dari kandungan urea atau senyawa amonia yang secara alami terdapat dalam urin sapi yang diketahui mengandung nitrogen dalam bentuk urea dan amonium yang cukup tinggi (Hariani et al., 2022). Rendahnya kadar N pada ekstrak kulit pisang kepok juga dapat disebabkan oleh kandungan unsur

hara N pada kulit pisang kepok yang tidak terlalu tinggi, hal ini sesuai dengan penelitian Akbari, (2015) yakni berkisar antara 0,17–0,18%.

Kandungan kadar P tertinggi terdapat pada variasi perbandingan F2 sebesar 0,08%. Peningkatan kadar fosfor tersebut diduga disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme pelarut fosfat yang terkandung dalam EM4, seperti *Bacillus megaterium* dan *Pseudomonas fluorescens*, yang mampu menghasilkan asam organik untuk melarutkan fosfat terikat dalam bahan organik menjadi bentuk ortofosfat (PO_4^{3-}) yang lebih larut dan terukur. Hal ini sesuai dengan temuan Sari & Alfianita (2018) bahwa EM4 memiliki kemampuan meningkatkan ketersediaan fosfor melalui aktivitas mikroba pelarut fosfat. Penurunan kadar P pada beberapa perlakuan fermentasi dapat diduga terjadi karena proses pelarutan telah mencapai titik jenuh atau keterbatasan substrat bagi mikroba pelarut P.

Kandungan kadar K tertinggi diperoleh pada variasi perbandingan F5 sebesar 1,04%. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa kulit pisang kepok memiliki kandungan K yang lebih tinggi dibandingkan kulit mangga manalagi. Pada variasi perbandingan F1 kandungan K sebesar 0,69%. Sementara itu, kombinasi antar fermentasi

ekstrak kulit pisang kepok dan mangga manalagi pada variasi perbandingan F3 menghasilkan kadar K sebesar 0,95%, menunjukkan bahwa kombinasi kedua bahan tersebut juga mampu memberikan kadar kalium yang relatif tinggi. Peningkatan kadar kalium ini disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme dalam penguraian bahan organik yang menyebabkan pemutusan rantai karbon menjadi lebih sederhana, sehingga terjadi peningkatan unsur kalium dalam pupuk semakin meningkat hal ini bersamaan dengan semakin berkembangnya jumlah bakteri (Kurniawan et al., 2013).

Berdasarkan hasil kandungan unsur hara fermentasi ekstrak setelah fermentasi, variasi komposisi F2 (25:75) dipilih sebagai formulasi ekstrak fermentasi tertinggi secara keseluruhan yang paling optimal untuk digunakan sebagai *binder* dalam pembuatan pupuk organik granul. Komposisi ini memberikan keseimbangan kandungan unsur hara N, P, K yang optimal diantara yang lain untuk mendukung nutrisi kadar unsur hara pada pupuk organik granul.

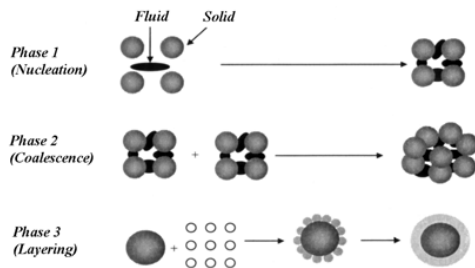
C. Pembuatan Pupuk Organik Granul (POG)

Pembuatan pupuk organik granul (POG) dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu preparasi bahan, ekstraksi,

fermentasi, granulasi, dan pengeringan. Proses ini dirancang untuk menghasilkan butiran pupuk yang stabil, mudah diaplikasikan, serta memiliki kemampuan pelepasan unsur hara secara perlahan (*slow release*). Pada proses granulasi, bahan-bahan kering berupa kotoran sapi sebanyak 500 g, serbuk daun pisang kepok dan mangga manalagi masing-masing 250 g, zeolit 150 g, dan Ca(OH)_2 50 g dicampurkan dalam pan granulasi konvensional. Proses granulasi dilakukan dengan metode granulasi basah (*wet granulation*), yaitu dengan mencampurkan semua bahan kering dan menyemprotkan cairan pengikat berupa larutan fermentasi ekstrak kulit pisang kepok dan mangga manalagi sebanyak 250 mL (dengan rasio variasi perbandingan F2 yang memiliki kadar unsur hara tertinggi) dengan alat penyemprot hingga membasahi seluruh permukaan, lalu diaduk pada mesin hingga terbentuk butiran/granul berukuran 3–5 mm (Aulia, 2022).

Metode granulasi basah merupakan teknik pencampuran partikel aktif dan bahan tambahan dengan menggunakan cairan pengikat (*binder*) untuk membentuk massa lembap yang kemudian dikeringkan menjadi butiran granul. Cairan pengikat berfungsi sebagai pembentuk jembatan antar partikel yang memperkuat ikatan fisik,

meningkatkan kekompakan, serta memastikan ukuran granul seragam dan memiliki stabilitas mekanik yang baik (Gozali & Gopalan, 2018 ;Aulia, 2022). Tahapan pembentukan granul secara umum melibatkan empat fase yaitu seperti pada gambar 4.3 berikut:



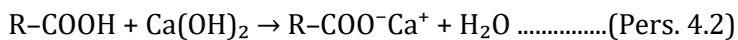
Gambar 4. 3 Proses Granulasi Pupuk Organik

(Sumber : (Navickaite et al., 2010))

1. Nukleasi (*Nucleation*): Tahap awal di mana cairan membentuk jembatan antar partikel halus, membentuk inti granul.
2. Koalesensi (*Coalescence*): Penggabungan dua atau lebih granul yang telah terbentuk akibat tumbukan antar granul.
3. Pelapisan (*Layering*): Partikel halus menempel di permukaan granul besar yang sudah ada, sehingga

granul bertambah besar dan lebih stabil (Navickaite et al., 2010)

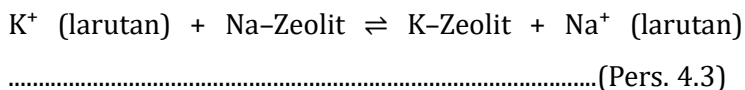
Binder yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari cairan fermentasi ekstrak limbah kulit pisang kepok dan mangga manalagi. Bahan ini berperan dalam membentuk jembatan antarmolekul melalui interaksi non-kovalen seperti ikatan hidrogen. Selain itu, binder fermentasi ekstrak juga mengandung asam-asam organik hasil metabolisme mikroba, yang dalam kondisi basa dari Ca(OH)_2 , memungkinkan terjadi reaksi netralisasi sederhana sebagai berikut:



Reaksi ini berperan dalam membantu pengeringan lebih cepat dan meningkatkan kekompakan granul (Musa et al., 2024).

Bahan tambahan berupa zeolit yang berfungsi sebagai agen pelepas hara secara lambat (*slow-release agent*), karena memiliki struktur kerangka tiga dimensi aluminosilikat (AlO_4^- dan SiO_4^-) yang mengandung kation tukar seperti Na^+ , K^+ , Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Pertukaran ion antara

kation ini dengan ion hara seperti K^+ dari bahan pupuk dapat terjadi dalam proses sebagai berikut:



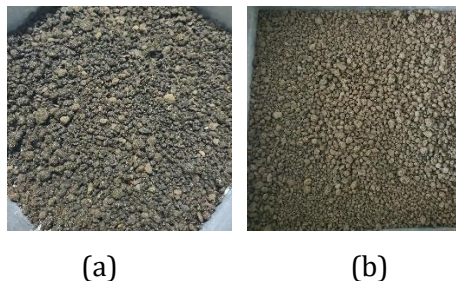
Interaksi tersebut tidak membentuk senyawa baru, namun merupakan proses adsorpsi ionik dan pertukaran ion, yang termasuk dalam interaksi fisikokimia (Kabiri et al., 2019; Kismolo et al., 2012). Proses tersebut juga menjelaskan bagaimana zeolit mampu menyerap dan menyimpan unsur hara, lalu melepaskannya secara perlahan sesuai kebutuhan tanaman.

Pada proses granulasi ini bersifat fisikokimia, yang tidak terjadi reaksi kimia dalam pengertian pembentukan senyawa baru secara kovalen (ikatan permanen antar atom melalui pembagian elektron), melainkan hanya interaksi fisikokimia seperti gaya kapiler, ikatan hidrogen, dan pertukaran ion yang memainkan peran penting dalam menghasilkan granul yang stabil, kuat, dan efisien dalam pelepasan unsur hara (Isroi, 2009; Zhang et al., 2013).

Setelah terbentuk granul, dilakukan proses pengeringan pada suhu 85°C selama 2 jam, bertujuan untuk mengurangi kadar air dan meningkatkan kekuatan fisik

granul. Suhu pengeringan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan degradasi senyawa aktif, sehingga kontrol suhu menjadi penting (Supriyanto, 2019). Setelah pengeringan, granul didinginkan dengan diangin-anginkan untuk menurunkan suhu, menjaga kestabilan struktur kualitas pupuk granul mencegah deformasi akibat suhu tinggi, serta mengurangi stres termal pada ikatan fisik yang terbentuk selama granulasi. Pendinginan juga agar pupuk organik granul siap untuk uji karakterisasi tanpa risiko penguapan lanjutan (Sahwan et al., 2011).

Pupuk organik granul basah dan sudah kering diperoleh hasil tampak fisik sebagai berikut :



Gambar 4. 4 Tampak Fisik (a) POG basah (b) POG kering

Hasil pada Gambar 4.4 (a) terlihat bahwa POG yang masih basah berwarna coklat kehitam lebih pekat, hasil ini sesuai dengan penelitian dari Romadhan, (2023) yang diperoleh hasil memiliki warna yang menyerupai tanah yaitu coklat

kehitaman yang disebabkan oleh kandungan bahan organik serta proses dekomposisi yang terjadi. Gambar 4.4 (b) menunjukkan POG yang sudah kering yang berwarna coklat muda yang disebabkan oleh penurunan kadar air selama proses pengeringan. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Romadhan (2023) yang menyatakan pupuk organik granul yang telah kering akan memiliki warna yang lebih terang dibandingkan saat masih basah.

D. Pengujian Pupuk Organik Granul (POG)

a. Kandungan Unsur Hara N, P, K Pupuk Organik Granul (POG)

Pengujian unsur hara N, P, K pada POG bertujuan untuk mengetahui kualitas dan efektivitas pupuk tersebut dalam menyediakan nutrisi bagi tanaman. Kadar unsur hara N dianalisa menggunakan metode Kjeldahl, unsur P menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis, dan unsur K menggunakan instrumen spektrofotometer serapan atom (SSA), dan diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Kadar Unsur Hara N, P, K POG

Parameter (%)	POG	SNI Pupuk Organik Padat 7763:2024
N-Organik	1,12	Min. 2%
N-NH ₄	0,24	
N-NO ₃	0,18	
N-total	1,53	
P₂O₅	1,35	
K₂O	3,66	

Kadar unsur hara N pada POG bagi tanaman berfungsi untuk merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman pada daun, batang, dan akar; sehingga meningkatkan pertumbuhan secara keseluruhan pada tanaman (Suci et al., 2018). Analisa kandungan unsur hara N pada POG disini menggunakan metode Kjeldah meliputi destruksi, destilasi, dan titrasi.

Kadar unsur hara P dari POG berperan pada tanaman sebagai perangsang pertumbuhan akar, mempercepat pembungaan, pembentukan buah, dan pembuahan (Purnomo et al., 2016). Unsur hara P juga berperan bagi tanaman sebagai pemecah karbohidrat untuk energi penyimpanan ke seluruh bagian tanaman dalam bentuk ADP (*adenosin difosfat*) dan ATP (*adenosin*

trifosfat) yang digunakan oleh tanaman dalam berbagai proses metabolisme (Suyono et al., 2008)

Unsur hara K pada POG pada tanaman berperan untuk menambah sintesa dan translokasi karbohidrat sehingga ketebalan dinding sel dapat terbentuk secara cepat dan menguatkan tangkai tanaman (Sudartik & Thamrin, 2019). Adisarwanto, (2004) menyatakan bahwa tanaman tidak dapat menghasilkan hasil yang maksimal apabila unsur kalium tidak optimal pada proses pertumbuhannya. Unsur hara K juga berperan dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap sejumlah penyakit serta memperkuat sistem perakaran, yang berfungsi mengurangi risiko tanaman roboh (Putri & Pinaria, 2021).

Berdasarkan Tabel 4.3 diperoleh hasil kadar unsur hara N dan P pada POG sebesar 1,53% dan 1,35%. Jika dibandingkan dengan standar SNI 7763:2024 kadar unsur hara N dan P tersebut belum memenuhi standar SNI, hal tersebut dapat diduga disebabkan oleh terlalu rendahnya kandungan unsur N dan P pada bahan baku yang digunakan yang terbukti dengan kandungan unsur hara N dan P pada kadar *binder* ekstrak murni limbah kulit pisang kepok dan mangga manalagi pada Tabel 4.1 yang terlalu rendah. Rendahnya kandungan unsur N dan

P pada bahan baku dapat menyebabkan semakin lambatnya proses dekomposisi selama proses fermentasi yang mengakibatkan semakin rendahnya kandungan nitrogen dalam pupuk yang dihasilkan (Widarti et al., 2015 ; Ismayana et al., 2012).

Pada kadar unsur hara K diperoleh hasil sebesar 3,66%, hasil tersebut jika dibandingkan dengan standar SNI 7763:2024 telah memenuhi standar pupuk organik padat. Tingginya kadar unsur hara K pada pupuk organik granul (POG) ini didukung oleh penggunaan cairan pengikat (*binder*) berupa larutan fermentasi ekstrak limbah kulit pisang kepok dan mangga manalagi yang berperan ganda, yakni sebagai pembawa hara K dan sebagai agen pengikat (*binder*) dalam proses granulasi. Hal ini diperkuat oleh hasil pada Tabel 4.2 serta didukung oleh penelitian Hariyono et al., (2020) yang menunjukkan bahwa kulit pisang dapat menjadi sumber hara kalium yang efektif bagi tanaman. Selain itu, penggunaan kotoran sapi, daun pisang kepok dan daun mangga manalagi, yang masing-masing memiliki kontribusi unsur hara tersendiri, turut meningkatkan kadar K dalam pupuk, sebagaimana dilaporkan oleh Faoziah et al., (2022) yang menyatakan bahwa kotoran sapi memiliki kandungan K sebesar 1,07%. Menurut

Arini et al., (2022), kombinasi antara kotoran sapi dan bahan organik lainnya dapat meningkatkan kadar unsur hara K pada pupuk. Bahan organik lain seperti limbah daun pisang kepok dan daun mangga manalagi juga mendukung peningkatan unsur hara, di mana menurut Darma et al., (2020) daun pisang memiliki kandungan N, P, K sebesar 1,20%; 0,06%; dan 0,05%, sementara daun mangga mengandung masing-masing sebesar 1,12%; 0,03%; dan 0,33%.

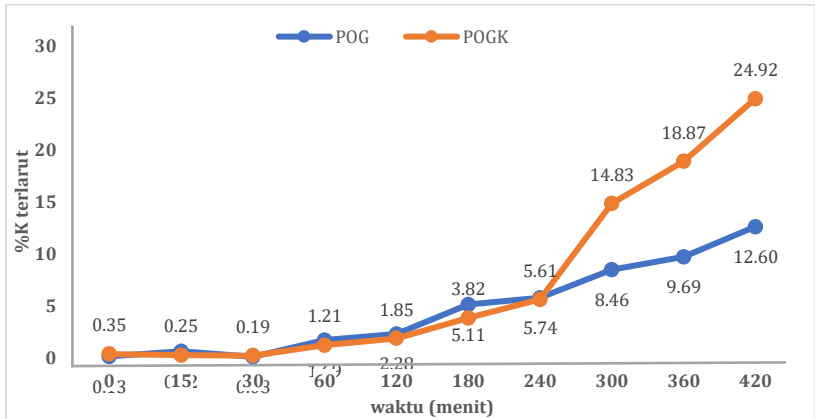
Mengingat kandungan kalium yang cukup tinggi serta formulasi bahan penyusun berasal dari limbah organik dan zeolit, maka POG ini memiliki potensi diuji lebih lanjut untuk dikembangkan sebagai pupuk kalium organik granul bertipe *slow release fertilizer*. Meskipun belum ditemukan studi terdahulu yang secara spesifik meneliti kombinasi bahan ini sebagai pupuk organik *slow release*, penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penggunaan bahan organik seperti biochar dapat menghasilkan pupuk dengan karakteristik pelepasan hara yang lebih lambat yang terbukti berhasil meningkatkan hasil tanaman (Aulia, 2022). Oleh karena itu, potensi ini dapat diuji lebih lanjut dengan studi pelepasan unsur hara kalium secara bertahap.

b. Lepas Lambat Kadar Kalium Pupuk Organik Granul (POG)

Pupuk organik granul berbahan limbah organik dan *binder* fermentasi ekstrak kulit pisang kepok dan mangga manalagi dilakukan pengujian lepas lambat untuk mengamati pelepasan unsur kalium dalam media air. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kemampuan pupuk organik granul (POG) dalam melepaskan kalium secara perlahan, dengan perbandingan pupuk organik granul komersial (POGK) sebagai kontrol, dalam rentang waktu tertentu. Metode uji dilakukan menggunakan 100 mL air sebagai media dan 1 gram pupuk, dengan pengukuran kadar kalium terlarut yang dilakukan secara berkala pada menit ke-0, 15, 30, 60, 120, 180, 240, 300, 360, dan 420. Penggunaan air sebagai media uji dipilih karena air berperan sebagai faktor utama dalam proses pencucian (*leaching*) yang menyebabkan hilangnya unsur hara kalium dari pupuk (Pamungkas & Ridho, 2022).

Sebelum dilakukan uji pelepasan lambat K, terlebih dahulu dilakukan pengukuran K total pada masing-masing pupuk. Hasil K total POG sebesar 36,6 mg/g, sedangkan K total dari POGK sebesar 15 mg/g. Hasil

pelepasan kalium disajikan dalam grafik pada Gambar 4.5 berikut:



Gambar 4. 5 Grafik %K terlarut POG VS POGK

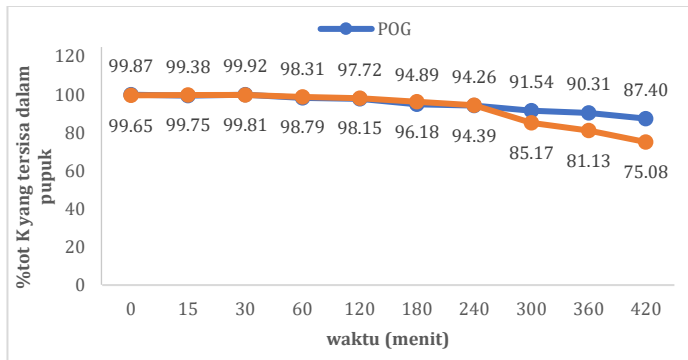
Gambar 4.5 menunjukkan grafik pola pelepasan persentase kalium terlarut per menit dari pupuk organik granul (POG) dari ekstrak limbah kulit pisang kepok dan mangga manalagi dan pupuk organik granul komersil (POGK) selama 420 menit pengujian. Pada 60 menit pertama, baik POG maupun POGK menunjukkan pelepasan kalium dalam jumlah kecil. POG memiliki %K terlarut sebesar 0,128% di menit ke-0 dan meningkat menjadi 1,69% di menit ke-60. Sebaliknya, POGK pada menit ke-0 berada pada angka 0,353%, namun menurun di menit ke-15 menjadi 0,246% dan terus menunjukkan

pola pelepasan fluktuatif hingga menit ke-60. Setelah 120 menit, pelepasan kalium pada kedua pupuk meningkat signifikan. Pada menit ke-240, %K terlarut POG dan POGK masing-masing mencapai 5,74% dan 5,60%, dan terus meningkat hingga menit ke-420. Pada akhir pengamatan, POG mencatat total pelepasan kumulatif sebesar 12,60%, sementara POGK mencapai 24,92%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase POGK lebih banyak melepaskan kalium dibandingkan POG, dengan kandungan awal kalium pada POG lebih tinggi sebesar 36,6 mg/g dibandingkan POGK sebesar 15 mg/g.

Untuk melihat kemampuan pelepasan kalium secara lebih detail, berikut disajikan Tabel 4.4 yang menunjukkan %K total yang masih tersisa dalam pupuk setiap interval waktu:

Tabel 4. 4 %Total K Tersisa dalam POG & POGK

Waktu (menit)	%Total K yang tersisa dalam POG	%Total K yang tersisa dalam POGK
0	99,87	99,64
15	99,38	99,75
30	99,92	99,81
60	98,31	98,79
120	97,72	98,14
180	94,89	96,18
240	94,25	94,39
300	91,54	85,17
360	90,30	81,12
420	87,39	75,08



Gambar 4. 6 Grafik %total K tersisa dalam POG VS POGK

Tabel 4.4 tersebut menunjukkan bahwa POG mempertahankan kadar kalium dalam pupuk lebih tinggi selama waktu pengujian dibandingkan POGK. Hal ini mengindikasikan bahwa POG memiliki kemampuan lepas lambat yang lebih baik dibandingkan dengan POGK, karena unsur K yang tersisa dalam POG lebih besar sebesar 87,39% di menit ke-420 dan pola pelepasan dilepaskan secara bertahap tidak langsung habis di awal waktu. Sebaliknya, POGK menunjukkan kandungan unsur K yang tersisa lebih sedikit sebesar 75,08% serta penurunan kadar K yang lebih cepat dan signifikan, terutama mulai dari menit ke-300 hingga 420. Pola perbedaan kandungan K yang tersisa ini divisualisasikan

pada grafik Gambar 4.6, yang menunjukkan tren penurunan kadar K dalam kedua jenis pupuk.

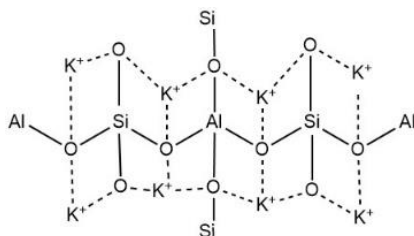
Dengan demikian, menunjukkan bahwa POGK melepaskan kalium dalam persentase yang lebih besar dibandingkan POG, yang dapat diartikan bahwa kemampuan POG dalam mempertahankan kandungan kalium lebih lama dan menunjukkan karakteristik lepas lambat yang lebih baik. Hal ini menunjukkan bahwa zeolit dalam POG turut berperan dalam memperlambat pelepasan kalium, struktur pori dari zeolit mampu menyimpan ion kalium dan melepaskannya secara bertahap ke dalam larutan. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Tisdale et al. (2005) bahwa pupuk dengan kandungan kalium yang lebih tinggi akan melepaskan kalium lebih banyak ke media, dan pelepasannya akan lebih lambat dan bertahap jika bahan pembawanya (*carrier*) bersifat menyerap seperti zeolit yang memiliki daya serap tinggi.

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya dari Betriani (2018) dilaporkan bahwa dalam uji pelepasan pupuk anorganik zeolit/NPK, kandungan kadar total kalium pada pupuk sebanyak 4,79 mg/0,2 g pupuk tersebut sudah habis terlepas dalam 12 jam (720

menit). Jika dikonversi, nilai tersebut setara dengan 23,95 mg/g dan menunjukkan pelepasan cepat dalam waktu singkat. Sedangkan, dalam penelitian ini, POG hanya melepaskan 4,613 mg/g dalam 420 menit, mengindikasikan bahwa mekanisme pelepasannya yang lebih lambat sesuai dengan karakteristik pupuk lepas lambat.

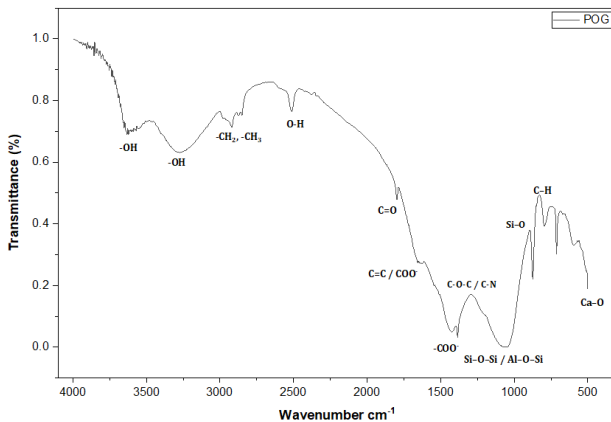
Dengan demikian, pada POG pola pelepasan hara kalium dalam media air menunjukkan stabil dan lambat dibandingkan pupuk komersial POGK. Perbedaan ini disebabkan oleh keberadaan zeolit dalam formulasi POG. Zeolit diketahui mengandung aluminium silikat (AlO_4^- dan SiO_4^-) dengan struktur berpori dan bermuatan negatif akibat substitusi Al^{3+} terhadap Si^{4+} dalam kerangka kristalnya. Rongga-rongga dalam zeolit berisi kation logam seperti Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , dan Mg^{2+} yang dapat dengan mudah mengalami pertukaran ion (Mumpton, 1999; Ramesh et al., 2020) Muatan negatif pada struktur zeolit dapat menarik dan menahan ion K^+ melalui gaya elektrostatik terhadap gugus oksigen (O^-) yang terikat pada Si dan Al dalam kerangka zeolit (Ghobarkar et al., 2002).

Dalam kondisi terlarut, ion K^+ dari pupuk organik granul akan berikatan sementara dengan zeolit dan kemudian terlepas secara bertahap melalui mekanisme pertukaran ion yang dipengaruhi oleh keseimbangan muatan dan konsentrasi ion dalam larutan. Hal ini menjelaskan mengapa pelepasan kalium pada POG berlangsung lebih lambat dibandingkan pupuk POGK yang tidak mengandung zeolit (Aulia, 2022; Kismolo et al., 2012). Rancangan ilustrasi interaksi ion K^+ dengan gugus (Al-Si-O) zeolit dalam pupuk organik granul digambarkan pada Gambar 4.7



Gambar 4. 7 Rancangan ilustrasi interaksi antara ikatan (Al-Si-O) Zeolit dengan K^+ POG

Untuk mendukung bukti keberadaan struktur zeolit dan memperkuat interaksi antara zeolit dengan K^+ pada pupuk organik granul, dilakukan karakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Spektrum FTIR ditunjukkan pada gambar 4.8



Gambar 4. 8 Spektrum FTIR POG

Gambar 4.8 spektrum FTIR POG tersebut menunjukkan adanya puncak intens pada wilayah $1000\text{--}1100\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan getaran asimetris dari gugus Si-O-Si dan Al-O-Si, yang mengindikasikan keberadaan struktur zeolit (Kurniawan et al., 2013; Ramesh et al., 2020). Puncak lain di sekitar 800 cm^{-1} (Si-O *bending*) dan $500\text{--}600\text{ cm}^{-1}$ (Ca-O) juga mendukung keberadaan komponen mineralik dari zeolit dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Selain itu, terdeteksi pula puncak-puncak dari komponen bahan organik seperti gugus -OH (3300 dan 3750 cm^{-1}), -CH alifatik (2920 dan 2850 cm^{-1}), karbonil (C=O) di 1730 cm^{-1} , serta karboksilat *symmetric stretching* (COO^-) di 1415 cm^{-1} . Gugus-gugus tersebut berasal dari carian pengikat (*binder*) ekstrak fermentasi

limbah kulit pisang kepok dan mangga manalagi serta bahan organik lainnya (Susilawati et al., 2016). Keberadaan senyawa-senyawa ini mendukung stabilisasi unsur hara dan turut mempengaruhi interaksi ionik dalam media air.

Hasil FTIR mengonfirmasi bahwa keberadaan zeolit dalam pupuk organik granul, yang ditandai oleh puncak khas gugus Si-O-Si dan Al-O-Si, menunjukkan struktur aluminosilikat aktif yang berperan sebagai agen pelepas hara secara lambat. Walaupun tidak menunjukkan bukti langsung interaksi ion kalium dengan zeolit, struktur berpori dan bermuatan negatif dari zeolit mendukung mekanisme pertukaran ion yang memungkinkan kalium dilepaskan secara bertahap (Ghobarkar et al., 2002; Ramesh et al., 2020). Selain itu, keberadaan senyawa-senyawa organik seperti gugus hidroksil ($-OH$), karbonil ($C=O$), dan karboksilat (COO^-) dari bahan pengikat fermentasi turut membantu menstabilkan ion hara dalam sistem granul, baik melalui ikatan hidrogen maupun retensi fisik. Kombinasi ini menunjukkan bahwa pelepasan kalium dalam POG berlangsung secara lambat dan efisien, hal ini menunjukkan potensi besar POG sebagai pupuk alternatif pelepas lambat berbasis bahan

organik yang ramah lingkungan dan sesuai untuk mendukung pertanian berkelanjutan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Variasi ekstrak kulit pisang kepok dan mangga manalagi sebagai bahan pengikat (*binder*) memberikan pengaruh terhadap kandungan unsur hara hasil fermentasi. Kulit pisang kepok cenderung memberikan kandungan unsur hara K, sementara kulit mangga manalagi berkontribusi meningkatkan unsur hara N dan P. Komposisi formulasi terbaik diperoleh pada rasio perbandingan fermentasi ekstrak F2 (25:75), yang menghasilkan keseimbangan unsur hara dengan kandungan N sebesar 0,11%, P sebesar 0,08%, dan K sebesar 0,78%.
2. Pupuk organik granul yang diformulasi dengan *binder* ekstrak fermentasi kulit pisang kepok dan mangga manalagi F2 (75 : 25), serta ditambah bahan organik padat seperti kotoran sapi dan serbuk daun, menghasilkan kandungan unsur hara

N sebesar 1,53%, P sebesar 1,35%, dan K sebesar 3,66%, di mana kandungan unsur hara K telah memenuhi standar SNI pupuk organik padat 7763:2024 ($\geq 2\%$), sementara unsur hara N dan P masih di bawah standar yang berlaku.

3. Pelepasan kalium dari pupuk organik granul *binder* kulit pisang kepok dan mangga manalagi menunjukkan hasil bahwa pupuk organik granul memiliki pola pelepasan kalium yang lebih lambat serta kandungan unsur hara kalium yang lebih tinggi, dibandingkan pupuk organik granul komersil. Penambahan zeolit sebagai agen pelepas lambat terbukti membantu mengoptimalkan pelepasan kalium secara lambat.

B. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan kandungan unsur hara N dan P dalam pupuk organik granul berbahan organik dari *binder* kulit pisang kepok dan mangga manalagi agar memenuhi standar SNI 7763:2024, baik dengan menambahkan bahan organik lain, termasuk limbah kulit pisang kepok dan mangga manalagi, maupun dengan mengoptimalkan proses fermentasi pada *binder*. Selain itu, diperlukan pengujian kadar unsur hara N,

P, K pada bahan baku organik utama yang digunakan dan efektivitas pupuk pada berbagai jenis tanaman dan kondisi tanah, termasuk mekanisme pelepasan unsur hara terutama kalium guna memastikan efektivitas pelepasan lambat di lingkungan pertanian yang sesungguhnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisarwanto, T. (2004). Efisiensi penggunaan pupuk kalium pada kedelai di lahan sawah. *Bul. Palawija*, 7(8), 31–39.
- Akbari, W. A. (2015). AkbaKandungan Nutrisi Limbah Kulit Pisang sebagai Bahan Dasar Pupuk Organik. *Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 3(1), 27–33.
- Al Kausar, R., & Suryani, A. (2022). Determination Of Protein Levels in Kpok Banana Peels (*Musa acuminata balbisiana colla*) and Tanduk Banana Peels (*Musa corniculata*) With The Kjeldahl Method. *JURNAL ANALIS FARMASI* , 7, 164–174.
- Anggraeni, S., Apridamayanti, P., & Nugraha, F. (2021). Penentuan Kadar Kalium Pada Kulit Pisang (*Musa paradisiaca* L.) dan Kulit Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) Sebagai Sumber Mikronutrien. *Jurnal UNTAN*, 5(1), 39–45.
- Arini, N., Ariyanto, S., E., & Irkham Latief, M., I. (2022). Pengaruh Dosis Kompos Kotoran Sapi dan Pupuk Kalium Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang (*Vigna radiata* L.). *Muria Jurnal Agroteknologi* , 1, 22–27.
- Arisni, N., Tania, R., Machdar, I., Fathanah, U., Studi Teknik Kimia, P., Teknik, F., Syiah Kuala, U., & Aceh, B. (2021). Produksi Material Enrico-Fermi (Memperkaya Kandungan Nitrogen Pada Pupuk Organik Dari Hasil Produk Samping Penyulingan Minyak Nilam). *Serambi Engineering*, VI(3).
- Arlina, S., Advinda, L., Chatri, M., & Putri, D., H. (2024). The Role of Phosphate Solubilizing Bacteria in

Sustainable Agriculture. *Serambi Biologi*, 158–163.

Arwida, S. D. (2017). *Adenium Arabicum*. Gramedia Pustaka Utama.

Aulia, K. (2022). *Sintesis Pupuk Lepas Lambat (Slow Release Fertilizer) dengan Biochar Sebagai Matriks Untuk Tanaman Bawang Merah (Allium ascalonium)*. Universitas Jambi.

Azmi, I. M. (2023). *Pembuatan Pupuk Lepas Lambat Nitrogen Berbasis Silika Sekam Padi-Kitosan-Asam Fulvurea*. UIN Walisongo Semarang.

Beasley, M. M., Bartelink, E. J., Taylor, L., & Miller, R. M. (2014). Comparison of Transmission FTIR, ATR, and DRIFT Spectra: Implications for Assessment of Bone Bioapatite Diagenesis. *Journal of Archaeological Science*, 16–22.

Betriani, R. (2018). *Sintesis Zeolit/NPK terlapis Alginat-PVA-Glutaraldehyd sebagai Pupuk Lepas Lambat*. Universitas Gadjah Mada.

BSN (Badan Standarisasi Nasional). (2024). *SNI 7763:2024 Pupuk Organik Padat*. BSN (Badan Standarisasi Nasional).

Christy, B., Nugroho Jati, W., Yulianti, I. M., Teknobiologi, F., Atma, U., & Yogyakarta, J. (2017). Kualitas Unsur Hara Kompos Campuran Limbah Kulit Pisang Kepok Musa paradisiaca dan Azolla microphylla. *Serviens in Lumine Veritatis*, 1, 1–14.

Dahunsi, S. O., Oranusi, S., & Owolabi, J. B. (2019). Bioconversion of fruit wastes to liquid organic fertilizer using anaerobic digestion and its effect

- on seed germination. *Waste and Biomass Valorization*, 10(2), 423–434.
- Darma, S., Ramayana, S., Sadaruddin, & Suprianto, B. (2020). Investigasi Kandungan C Organik, N, P, K dan C/N ratio Daun Tanaman Buah Untuk Bahan Pupuk Organik. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 3(1).
- Faoziah, N., Iskandar, & Djajakirana, G. (2022). Pengaruh Penambahan Kompos Kotoran Sapi dan FABA Terhadap Karakteristik Kimia pada Tanah Berpasir dan Pertumbuhan Tanaman Tomat. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 24(1), 1–5. <https://doi.org/10.29244/jitl.24.1.1-5>
- Fitasari, D., & Ramadani, R. , H. (2022). *Hidrochar Ampas Kopi Termodifikasi H2O2 Sebagai Adsorben Untuk Ion Logam Berat Cd (II)*.
- Fitrani, S. (2021a). *Uji Analisis Kadar Sulfur (S) Pupuk SP-36 PT Petrokimia Menggunakan Metode In House dan Inovasi*. UIN Walisongo Semarang.
- Fitri, J. L., & Nasir W. S. (2015). Peningkatan Produktivitas dan Kinerja Lingkungan Menggunakan Pendekatan Green Productivity pada Proses Produksi Pupuk Organik (Studi Kasus di PT Tiara Kurnia, Malang). *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Sistem Industri*, 3(2), 363–374.
- Ghobarkar, H., Schäfer, H., & Spyridou, A. (2002). Zeolites in fertilizers: Controlled release and nutrient efficiency. *Microporous and Mesoporous Materials*, 56, 35–43.

- Gozali, D., & Gopalan, S. V. (2018). review artikel : formulasi dan evaluasi sediaan granul Effervescent dan Sediaan Tablet dengan Metode Granulasi Basah. *Jurnal Farmaka*, 117–122.
- Hadisuwito, S. (2017a). *Membuat Pupuk Organik Cair*. Agromedia Pustaka.
- Hadisuwito, S. (2017b). *Membuat Pupuk Organik Cair*. Agromedia Pustaka.
- Hamawi, M., & Akhiriana, E. (2022). Karakterisasi POC (Pupuk Organik Cair) Berbasis Limbah Dapur Dari Universitas Darussalam Gontor Kampus Putri. In *Jurnal AGRINIKA-2022* (Vol. 6, Issue 1).
- Hamzah, A., & Siswanto, B. (2023). *Pupuk Organik Tinjauan Teori & Praktek* (R. Priyadarshini, Ed.). Forind.
- Hanna, Z., Anggun D. A., & Juwari P. S. (2015). Studi Awal Desain Pabrik Pupuk Organik Granul dari Organic Waste. *Jurnal Teknik ITS*, 4(2), 153–156.
- Hariani, N., Kusuma, R., Samsurianto, S., Patang, F., Oktavianingsih, L., & Rukmi, D. S. (2022). Pemberdayaan Masyarakat Suwandi, Samarinda Ulu: Sampah Organik Dapur untuk Bumi dengan Eco Enzym. . *GLOBAL ABDIMAS: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(1).
- Hariyono, Mulyono, & Ayunin, I. Q. (2020). Effectiveness of Banana Peel-Based Liquid Organic Fertilizer Application as Potassium Source for Eggplant (*Solanum melongena* L.) Growth and Yield. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 752(1).

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/752/1/012022>

- Harris, D. C. (2010). *Quantitative Chemical Analysis* (8th ed.). W. H. Freeman and Company.
- Hartatik, W., Husnain, & Widowati, L. (2015). Peranan Pupuk Organik dalam Peningkatan Produktivitas Tanah dan Tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 9(2).
- Helmi, Ilyas, & Bakhtiar, B. (2019). Pengujian Pupuk Organik Granul Terhadap Padi Sawah Varietas Unggul Baru. *Jurnal Agroristek*, 2, 37–42.
- Ismayana, A., Indrasti, N. , S., Suprihatin, S., Maddu, A., & Fredy, A. (2012). Faktor Rasio C/N Awal dan Laju Aerasi Pada Proses Co-Composting Bagasse dan Blotong. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 22, 173–179.
- Isroi. (2009). *Pupuk Organik Granul Sebuah Petunjuk Praktis*. CV Andi.
- Isroi, & Yuliarti, N. (2014). *Kompos*. C.V Andi Offset .
- Kabiri, S., Tran, D. , N. , H., Baird, R., Mclaughlin, M. , J., & Losic, D. (2019). Revealing The Dependence Of Graphene Concentration And Physicochemical Properties In The Crushing Strength Of Co-Granulated Fertilizer By Wet Granulation Process. *Powder Technology*, 588–597.
- Kementrian Pertanian. (2023). *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Agrostandar.

- Kismolo, E., Nurimaniwathy, & Suyatno, T. (2012). Karakterisasi Kapasitas Tukar Kation Zeolit Untuk Pengolahan Limbah B3 Cair. *Pertemuan Dan Presentasi Ilmiah-Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Nuklir*, 245-251.
- Kurniawan, D., Kumalanngsih, S., & Sabrina, N. M. (2013). Pengaruh Volume Penambahan Effective Microorganism 4 (EM4) 1% dan Lama Fermentasi Terhadap Kualitas Pupuk Bokashi dari Kotoran Kelinci dan Limbah Nangka. *Jurnal Ind*, 2, 57-66.
- Kusuma, A. T., N. Effendi., Z. Abidin, & S. S. Awaliah. (2019). Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Raksa (Hg) Pada Cat Rambut Yang Beredar Di Kota Makassar Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Celebes Enviromental Science Journa*, 1(1), 6-12.
- Mardhatilla, F., & Hidayat, F. (2021). Mardhatilla, F., Hartono, E., & Hidayat, F. (2021). Pemanfaatan Limbah Kulit Mangga di Kota Cirebon. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(1), 446-450.
- Meilani, S. , R. (2020). Verivikasi Metode Penentuan Fosfat Dalam Air Permukaan Menggunakan Spektrofotometer UV-VIS di PT Karsa Buana Lestari. UII.
- Mumpton, F. A. (1999). La roca magica: Uses of natural zeolites in agriculture and industry. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 3463-3470.
- Munir, M., & Swasono, H. , A. (2012). Potensi Pupuk Hijau Organik(Daun Trembesi, Daun Paitan,

Daun Lantoro) Sebagai Unsur Kestabilan Kesuburan Tanah. *Agromix*, 3(2). <https://doi.org/10.35891/agx.v3i2.750>

Musa, W. , J. , A., Bialangi, N., Giu, F, Isa, I., Mohamad, E., & Kunusa, W. , R. (2024). Analisis Kandungan Unsur Kalsium dan Kalium serta Pembuatan Pupuk Organik dari Sedimen Danau Limboto. *Jamb.J.Chem.*, 46–56.

Nada, D. N., Abi, F. D. Y. P., & Nadut, A. (2025). Pengaruh Waktu dan Metode Fermentasi Terhadap Kandungan C, N, P,K dalam Pupuk Organik Cair dari Limbah Air Kelapa Tua, Limbah Buah-Buahan dan Molase. *Agroteknika*, 8(1), 54–64.

Nasir, M. (2020). *Spektrometri Serapan Atom*. Syiah Kuala University Press.

Nasrun, Jalaluddin, & Herawati. (2016). Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Barangan Sebagai Bahan Pembuatan Pupuk Cair. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 5(2).

Navickaite, G., Paleckiene, R., Sviklas, A. , M., & Slinksiene, R. (2010). Molasses Influence on Ash Granulation Process and Quality Parameters. *Material Science*, 373–379.

Ni'maturrohman, W. (2014). Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Pisang Kepok (Musa Paradisiaca) Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Cuka Organik Dengan Penambahan Acetobacter Aceti Dengan Konsentrasi Yang Berbeda. In *skripsi*. UMS.

Okorie, D. O., Eleazu, C. O., & Nwosu, P. (2015). Nutrient and Heavy Metal Composition of Plantain (Musa paradisiaca) and Banana (Musa paradisiaca)

Peels. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 5(370), 1-3.

- Pamungkas, R. B., & Ridho, R. A. (2022). Kinetika Pelepasan Nitrogen Dari Pupuk Urea Lepas Lambat (Urea Slow Release, SRU) Matriks Zeolit Teraktivasi. *TECHNO*, 23(1), 55-60. <http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/Techno>
- Permana, A. P., & Prasetya, B. (2023). Pembuatan pupuk organik granul berbasis kompos eceng gondok dengan penambahan mikoriza menggunakan disk granulator. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 12(2), 87-95.
- Pracay. (2011). *Bertanam Mangga*. Penebar Swadaya.
- Pracaya, & Juang G. K. (2016). *Bertanam 8 Sayuran Organik*. Penebar Swadaya.
- Purnomo, J., Harjoko, D., & Sulistyono, T. , D. (2016). Budidaya Cabai Rawit Sistem Hidroponik Substrat dengan Variasi Media dan Nutrisi. *Caraka Tani - Journal of Sustainable Agriculture*, 31(2).
- Puspita, L. N., Riyanto, B., & Andriani, D. (2022). Pengaruh proses fermentasi terhadap kualitas pupuk organik cair dari limbah buah dan sayur. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1(23), 56-62.
- Putri, R. , S., & Pinaria, A. , G. (2021). The Use Of Compost *Chromolaena odorata* to Improve Soil Potassium. *Jurnal Agroekoteknologi Terapan*, 1, 15-17.

- Rahmat, S., & Suwarno. (2020). Analisa Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier dan Gas Terlarut Terhadap Perubahan Gugus Fungsi Komposisi Minyak Ester. *Jurnal Infotekmesin*, 11(1).
- Ramesh, K., Reddy, D. D., & Subba Rao, A. (2020). Zeolites and their applications in agriculture. *Indian Journal of Fertilizers*, 16(2), 50–61.
- Romadhan, P. (2023). Karakteristik Pupuk Organik Granul Biokanat Formulasi Biochar Sekam Padi, Senyawa Polimer dan Tanah Liat. *Jurnal Agrium*, 20(1).
- Sahwan, L. , F., Wahyono, S., & Suryanto, F. (2011). Evaluasi Proses Produksi Pupuk Organik Granul (POG) yang Diperkaya dengan Mikroba Fungsional. *J. Tek Ling*, 12(1), 7–16.
- Santos Júnior, J. M. dos, Colen, F., Frazão, L. A., Pegoraro, R. F., & Fernandes, L. A. (2025). Granulated organomineral fertilizers from by-products of the agricultural and forestry sector. *Scientia Agricola*, 82. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2024-013>
- Sari, S., & Alfianita, M. W. (2018). Pemanfaatan Batang Pohon Pisang Sebagai Pupuk Organik Cair Dengan Aktivator Em4 Dan Lama Fermentasi. *Jurnal TEDC*, 12, 133–138.
- Setyorini, D., Dariah, A., & Hartatik, W. (2010). *Pupuk organik dan pemanfaatannya*. Balai Penelitian Tanah. Badan Litbang Pertanian.
- Sharma, A. R., & Mittra, B. N. (1991). . Effect of different rates of application of organic and nitrogen

fertilizers in a rice-based cropping systems. *The Journal of Agricultural Science*, 313–318.

- Suci, G. , Z., Armita, D., & Islami, T. (2018). Pengaruh Pemberian Pupuk Nitrogen Terhadap Pertumbuhan Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) pada Dua Varietas Lokal The Effect Of Nitrogen Fertilizer On Growth Of Two Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Local Varieties. *Jurnal Produksi Tanaman*, 6(11), 2910–2915.
- Sudartik, E., & Thamrin, N. , T. (2019). Penggunaan jarak tanam dan aplikasi dosis pupuk kandang sapi terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kacang panjang (*Vigna sinensis* L.). . *J. Pertan. Berkelanjutan*, 7, 163–171.
- Suharti, T. (2017). *Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrofotometri Massa Untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. CV. Anugrah Utama Raharja.
- Suharyanti, S. (2017). *Analisis Kandungan Pigmen Flavonoid Pada Ekstrak Mangga*. UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG .
- Supriyanto, Y. , C. (2019). Pengaruh Perbedaan Suhu Pengeringan Granul Pada Keragaman Bobot Dan Profil Disolusi Tablet Vitamin B1 Dengan Pengisi Amilum Umbi Talas (*Colocasia esculenta* L. Schott). *Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi Semarang*, 1–13.
- Susilawati, K., Sari, R. N., & Jayanegara, A. (2016). Identifikasi senyawa organik hasil fermentasi limbah menggunakan FTIR. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 26(2), 19–25.

- Suyono, A. , D., Kurniatin, T., Mariam, S., Damayanti, M., Syammusa, T., Yuniarti, A., Trinurani, E., & Machfud, Y. (2008). Pupuk dan pemupukan. *UNPAD Press*.
- Tambunan, H. (2021). *Pemanfaatan Bubuk Kulit Buah Mangifera indica L. sebagai Pupuk Tanaman Brassica Juncea L.* Universitas Kristen Indonesia.
- Thaharo, M. (2014). *Pencangkokkan n,n'-metilendiakrilamida pada selulosa menggunakan radiasi sinar gamma*. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Tsai, W. T., Chen, H. R., & Hsien, K. J. (2024). Improvement of nitrogen recovery in organic fertilizer production from food waste via microbial fermentation. *Bioresource Technology Reports*, 26, 101–134.
- Utari, W. , A., & Triyono, S. (2015). Kajian Karakteristik Fisik Pupuk Organik Granul Dengan Dua Jenis Bahan Perekat. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* Vol, 3(3), 267–274.
- Wahyono, S., F. L. Sahwan, & F. Suryanto. (2014). *Membuat Pupuk Organik Granul Dari Aneka Limbah*. PT Argomedia Pustaka .
- Wahyuningsih, R. (2020). *Pengembangan Media Ajar Materi Pertumbuhan dan Perkembangan Berdasarkan Eksperimentasi Pemberian Pupuk Organik Cair Kulit Pisang Kepok (Musa Paradisiaca Forma Typica) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (Brassica Juncea L.)*. UIN Tulungagung.

- Widyabudiningsih, D., Troskialina, L., Fauziah, S., Nisa, S., & Riniati. (2021). Pembuatan dan Pengujian Pupuk Organik Cair dari Limbah Kulit Buah-buahan dengan Penambahan Bioaktivator EM4 dan Variasi Waktu Fermentasi. *Indonesian Journal of Chemical Analysis*, 4(1).
- Widyabudiningsih, D., Troskialina, L., Fauziah, S., & Siti, N. (2021). Pembuatan dan Pengujian Pupuk Organik Cair dari Limbah Kulit Buah-buahan dengan Penambahan Bioaktivator EM4 dan Variasi Waktu Fermentasi. 4(1), 30–39.
- Wijaya. (2013). *Manfaat Buah Asli Indonesia*. PT Gramedia.
- Wulandari, D., Suryanto, D., & Prabowo, D. (2015). Studi pengaruh waktu granulasi terhadap kualitas fisik pupuk organik granul berbasis limbah pertanian. *Jurnal Rekayasa Proses*, 9(1), 39–45.
- Wulandari, E. (2019). *Pengaruh Lama Fermentasi dan Dosis Penggunaan Mikroorganisme Indigenous YL (MOIYL) Terhadap Kandungan Nutrisi Pod Kakao*. Universitas Sumatera Utara.
- Yadaf, D., Singh, K., & S.P. Singh. (2018). Mango: Taxonomy and Botany . *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7.
- Yanlinastuti, & Fatimah, S. (2016). Pengaruh Konsentrasi Pelarut untuk Menentukan Kadar Zirkonium dalam Paduan U-Zr dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-VIS. *PIN (Pengelolaan Instalasi Nuklir)*, 1(17), 22–33.

- Yulianto, A. W. (2017). *Perancangan Unit Produksi Pupuk Organik Granul Berbasis Kotoran Sapi Pada Skala Menengah*. UNIVERSITAS BRAWIJAYA.
- Yulianto, R. (2017). *Pemanfaatan EM4 dalam budidaya tanaman organik*.
- Zhalehrajabi, E., Lau, K. K., Ku Shaari, K. Z., Zahraee, S. M., Seyedin, S. H., Azeem, B., & Shaaban, A. (2019). Effect of Biodegradable Binder Properties and Operating Conditions on Growth of Urea Particles in a Fluidized Bed Granulator. *Materials*, 12(14), 2320. <https://doi.org/10.3390/ma12142320>
- Zhang, M., Wang, Y., & Li, X. (2023). Effect of C/N ratio and pH on composting performance and microbial community succession. *Journal of Environmental Management*, 139, 179–189.
- Zhang, Y., Wang, Y., & Han, L. (2013). Mechanism of granule formation during wet granulation. *Advanced Powder Technology*, 24(1), 331–338.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Sekema Kerja Penelitian

A. Pengekstrakan Kulit Pisang Kepok dan Kulit Mangga Manalagi

Limbah kulit pisang kepok dan limbah kulit mangga manalagi

- ← dipotong masing-masing 1 Kg dengan ukurannya ± 2 cm
- ← dihaluskan dengan mesin blender
- ← disaring dengan saringan kain, dituangkan ekstrak ke botol
- ← dibiarkan ekstrak selama 3 hari, hingga mengental dan berbusa
- ← diidentifikasi kadar unsur hara N dengan metode Kjeldahl, unsur P dengan instrumen spektrofotometer UV-Vis, dan unsur K dengan instrumen spektrofotometer serapan atom (SSA)

Kadar unsur hara N, P, K ekstrak kulit pisang kepok dan mangga

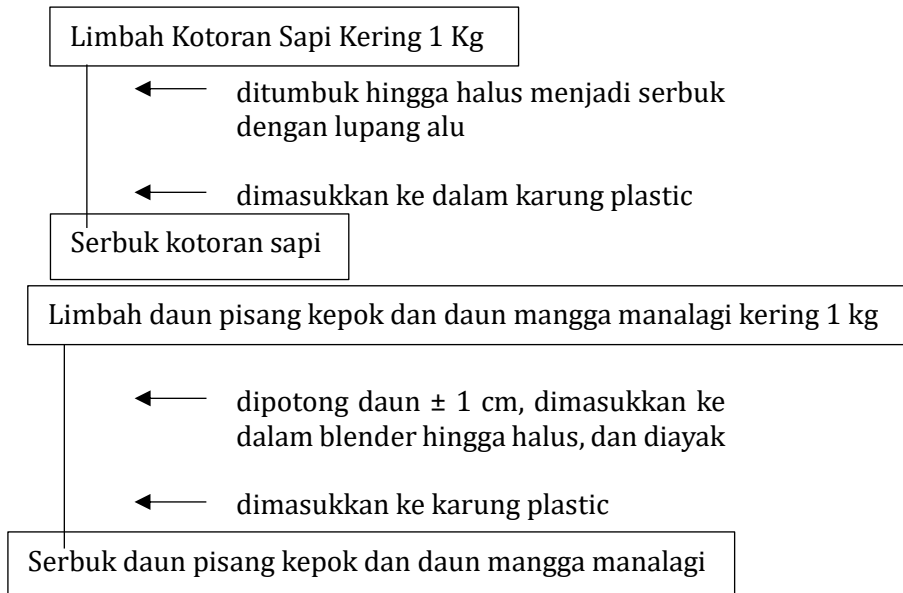
B. Fermentasi Ekstrak Kulit Pisang Kepok dan Kulit Mangga Manalagi

Ekstrak Kulit Pisang Kepok dan Limbah Kulit Mangga Manalagi

- ← dimasukkan ekstrak kulit pisang kepok dan mangga manalagi dengan variasi komposisi 0:100, 25:75, 50:50, 75:25, dan 100:0
- ← ditambahkan EM4 150 mL, aquadest 200 mL, molase 50 mL, asam cuka 25 mL, dan urine sapi 75 mL
- ← difermentasi ekstrak selama 14 hari
- ← diidentifikasi kadar unsur hara fermentasi ekstrak N dengan metode Kjeldahl, unsur P dengan instrumen spektrofotometer UV-Vis, dan unsur K dengan instrumen spektrofotometer serapan atom (SSA)

Kadar unsur hara N, P, K fermentasi ekstrak kulit pisang kepok dan mangga manalagi

C. Penghancuran



D. Pembentukan Granul

Binder ekstrak fermentasi kulit pisang kepok dan mangga manalagi + kotoran sapi + daun pisang kepok dan mangga manalagi + zeolit + $\text{Ca}(\text{OH})_2$

- ← dimasukkan kotoran sapi 500 g, daun pisang kepok dan mangga manalagi masing-masing 500 g, zeolit 150 g, dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ke dalam konfensional pan pembuat granul
- ← disemprotkan *binder* ekstrak fermentasi kulit pisang kepok dan mangga manalagi yang telah dikarakterisasi kadar unsur hara N, P, K dari variasi komposisi terbaik sebanyak 250 mL sedikit demi sedikit diatas mesin konfensional pan
- ← dilakukan pembalikan dengan skop disetiap 10 menit agar bahan baku tidak menggumpal
- ← dikeringan pupuk organik granul yang masih basah ke oven di suhu $50-85^\circ$ selama 2 jam
- ← diangin-anginkan pupuk organik granul yang sudah kering hingga dingin

Pupuk organik granul

E. Pengujian Kandungan Unsur Hara N, P, K Pupuk Organik Granul

Pupuk organik granul kulit pisang kepok dan mangga manalagi

← diuji pupuk organik granul sebanyak 100 g kadar unsur hara N dengan metode Kjeldahl, unsur P dengan instrumen spektrofotometer UV-Vis, dan unsur K dengan instrumen spektrofotometer serapan atom (SSA)

Kadar unsur hara N, P, K pupuk organik granul

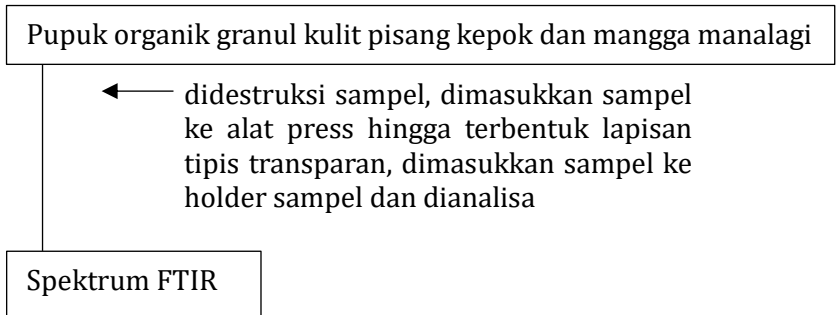
F. Pengujian Lepas Lambat Pupuk Organik Granul

Pupuk organik granul kulit pisang kepok dan mangga manalagi

- ← dimasukkan 1 g pupuk organik granul dan 1 g pupuk organik granul komersil ke dalam erlenmeyer
- ← ditambahkan akuades sebanyak 100 mL ke dalam erlenmeyer
- ← dibiarkan selama 420 menit dan dilakukan pengambilan sampel sebanyak 1 mL secara berkala dari menit ke- 0, 15, 30, 60, 120, 180, 240, 300, 360, dan 420 menit
- ← dianalisa kandungan unsur hara K yang ada di dalam filtrat dengan menggunakan instrumen AAS

Kadar K yang terlepas setiap menitnya

G. Pengujian Identifikasi Gugus Fungsi FTIR Pupuk Organik Granul



Lampiran 2. Perhitungan hasil pelepasan lambat kalium pada pupuk organik granul dan pupuk organik komersil

Dari hasil pengujian lepas lambat kadar kalium dalam media air diperoleh hasil kadar kalium yang terlarut dalam air setiap menitnya, media air yang digunakan sebanyak 100 mL serta 1 gram sampel pupuk. Dari hasil satuan ppm kemudian dikonversi menjadi mg/g dengan rumus :

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/L}$$

$$\text{Digunakan } 100 \text{ mL aquades} = 0,1 \text{ L}$$

$$K \text{ (mg/g)} = K \text{ (mg/L)} \times 0,1 \text{ L}$$

Untuk mengetahui seberapa persen kalium yang terlarut pada setiap menitnya dapat dihitung dengan rumus:

$$\% K \text{ terlarut} = \left(\frac{K \text{ yang terlarut } \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}} \right)}{\text{total } K \text{ dalam pupuk } \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}} \right)} \right) \times 100$$

Dalam mengetahui seberapa banyak persentase total kalium yang tersisa dalam pupuk selama waktu pengujian dapat dihitung dengan rumus:

$$\%K \text{ total yang tersisa} = \frac{(K \text{ awal} - K \text{ akhir})}{K \text{ awal}} \times 100$$

- POG menit ke- 0

$$K = 0,47 \times 0,1$$

$$= 0,047 \text{ mg/g}$$

$$\% K \text{ terlarut} = \left(\frac{0,047 \text{ mg/g}}{36,6 \text{ mg/g}} \right) \times 100 = 0,1284\%$$

$$\begin{aligned} \%K \text{ total yang tersisa} &= \frac{(36,6 \text{ mg/g} - 0,047 \text{ mg/g})}{36,6 \text{ mg/g}} \times 100 \\ &= 99,87\% \end{aligned}$$

- POG menit ke- 15

$$\begin{aligned} K &= 2,26 \times 0,1 \\ &= 0,226 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\% K \text{ terlarut} = \left(\frac{0,2226 \text{ mg/g}}{36,6 \text{ mg/g}} \right) \times 100 = 0,6174\%$$

$$\begin{aligned} \%K \text{ total yang tersisa} &= \frac{(36,6 \text{ mg/g} - 0,226 \text{ mg/g})}{36,6 \frac{\text{mg}}{\text{g}}} \times 100 \\ &= 99,38\% \end{aligned}$$

- POG menit ke- 30

$$\begin{aligned} K &= 0,29 \times 0,1 \\ &= 0,029 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\% K \text{ terlarut} = \left(\frac{0,029 \text{ mg/g}}{36,6 \text{ mg/g}} \right) \times 100 = 0,0792\%$$

$$\begin{aligned} \%K \text{ total yang tersisa} &= \frac{(36,6 \text{ mg/g} - 0,029 \text{ mg/g})}{36,6 \frac{\text{mg}}{\text{g}}} \times 100 \\ &= 99,92\% \end{aligned}$$

- POG menit ke- 60

$$K = 6,18 \times 0,1$$

$$= 0,618 \text{ mg/g}$$

$$\% K \text{ terlarut} = \left(\frac{0,618 \text{ mg/g}}{36,6 \text{ mg/g}} \right) \times 100 = 1,6885\%$$

$$\%K \text{ total yang tersisa} = \frac{(36,6 \text{ mg/g} - 0,618 \text{ mg/g})}{36,6 \frac{\text{mg}}{\text{g}}} \times 100$$

$$= 98,31\%$$

• POG menit ke- 120

$$K = 8,34 \times 0,1$$

$$= 0,834 \text{ mg/g}$$

$$\% K \text{ terlarut} = \left(\frac{0,834 \text{ mg/g}}{36,6 \text{ mg/g}} \right) \times 100 = 2,2786\%$$

$$\%K \text{ total yang tersisa} = \frac{(36,6 \text{ mg/g} - 0,834 \text{ mg/g})}{36,6 \text{ mg/g}} \times 100$$

$$= 97,72\%$$

• POG menit ke- 180

$$K = 18,7 \times 0,1$$

$$= 1,87 \text{ mg/g}$$

$$\% K \text{ terlarut} = \left(\frac{1,87 \text{ mg/g}}{36,6 \text{ mg/g}} \right) \times 100 = 5,1092\%$$

$$\%K \text{ total yang tersisa} = \frac{(36,6 \text{ mg/g} - 1,87 \text{ mg/g})}{36,6 \text{ mg/g}} \times 100$$

$$= 94,89\%$$

- POG menit ke- 240

$$K = 21,02 \times 0,1$$

$$= 2,102 \text{ mg/g}$$

$$\% K \text{ terlarut} = \left(\frac{2,101 \text{ mg/g}}{36,6 \text{ mg/g}} \right) \times 100 = 5,7431\%$$

$$\begin{aligned} \%K \text{ total yang tersisa} &= \frac{(36,6 \text{ mg/g} - 2,102 \text{ mg/g})}{36,6 \text{ mg/g}} \times 100 \\ &= 94,25\% \end{aligned}$$

- POG menit ke- 300

$$K = 30,96 \times 0,1$$

$$= 3,096 \text{ mg/g}$$

$$\% K \text{ terlarut} = \left(\frac{3,096 \text{ mg/g}}{36,6 \text{ mg/g}} \right) \times 100 = 8,4590\%$$

$$\begin{aligned} \%K \text{ total yang tersisa} &= \frac{(36,6 \text{ mg/g} - 3,096 \text{ mg/g})}{36,6 \text{ mg/g}} \times 100 \\ &= 91,54\% \end{aligned}$$

- POG menit ke- 360

$$K = 35,48 \times 0,1$$

$$= 3,548 \text{ mg/g}$$

$$\% K \text{ terlarut} = \left(\frac{3,548 \text{ mg/g}}{36,6 \text{ mg/g}} \right) \times 100 = 9,6939\%$$

$$\begin{aligned} \%K \text{ total yang tersisa} &= \frac{(36,6 \text{ mg/g} - 3,548 \text{ mg/g})}{36,6 \text{ mg/g}} \times 100 \\ &= 90,30\% \end{aligned}$$

- POG menit ke- 420

$$K = 46,13 \times 0,1$$

$$= 4,613 \text{ mg/g}$$

$$\% K \text{ terlarut} = \left(\frac{4,613 \text{ mg/g}}{36,6 \text{ mg/g}} \right) \times 100 = 12,6038\%$$

$$\%K \text{ total yang tersisa} = \frac{(36,6 \text{ mg/g} - 4,613 \text{ mg/g})}{36,6 \text{ mg/g}} \times 100$$

$$= 87,39\%$$

- POGK menit ke- 0

$$K = 0,53 \times 0,1$$

$$= 0,053 \text{ mg/g}$$

$$\% K \text{ terlarut} = \left(\frac{0,053 \text{ mg/g}}{15 \text{ mg/g}} \right) \times 100 = 0,3533\%$$

$$\%K \text{ total yang tersisa} = \frac{(15 \text{ mg/g} - 0,053 \text{ mg/g})}{15 \text{ mg/g}} \times 100 = 99,64\%$$

- POGK menit ke- 15

$$K = 0,37 \times 0,1$$

$$= 0,037 \text{ mg/g}$$

$$\%K \text{ terlarut} = \left(\frac{0,037 \text{ mg/g}}{15 \text{ mg/g}} \right) \times 100 = 0,2466\%$$

$$\%K \text{ total yang tersisa} = \frac{(15 \text{ mg/g} - 0,037 \text{ mg/g})}{15 \text{ mg/g}} \times 100 = 99,75\%$$

- POGK menit ke- 30

$$K = 0,28 \times 0,1$$

$$= 0,028 \text{ mg/g}$$

$$\% \text{ K terlarut} = \left(\frac{0,028 \text{ mg/g}}{15 \text{ mg/g}} \right) \times 100 = 0,1866\%$$

$$\% \text{K total yang tersisa} = \frac{(15 \text{ mg/g} - 0,028 \text{ mg/g})}{15 \text{ mg/g}} \times 100 = 99,81\%$$

○ POGK menit ke- 60

$$\begin{aligned} K &= 1,81 \times 0,1 \\ &= 0,181 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\% \text{ K terlarut} = \left(\frac{0,181 \text{ mg/g}}{15 \text{ mg/g}} \right) \times 100 = 1,2066\%$$

$$\% \text{K total yang tersisa} = \frac{(15 \text{ mg/g} - 0,181 \text{ mg/g})}{15 \text{ mg/g}} \times 100 = 98,79\%$$

○ POGK menit ke- 120

$$\begin{aligned} K &= 2,78 \times 0,1 \\ &= 0,278 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\% \text{ K terlarut} = \left(\frac{0,278 \text{ mg/g}}{15 \text{ mg/g}} \right) \times 100 = 1,8533\%$$

$$\% \text{K total yang tersisa} = \frac{(15 \text{ mg/g} - 0,278 \text{ mg/g})}{15 \text{ mg/g}} \times 100 = 98,14\%$$

○ POGK menit ke- 180

$$\begin{aligned} K &= 5,73 \times 0,1 \\ &= 0,573 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\% \text{ K terlarut} = \left(\frac{0,573 \text{ mg/g}}{15 \text{ mg/g}} \right) \times 100 = 3,82\%$$

$$\%K \text{ total yang tersisa} = \frac{(15 \text{ mg/g} - 0,573 \text{ mg/g})}{15 \text{ mg/g}} \times 100 = 96,18\%$$

○ POGK menit ke- 240

$$K = 8,41 \times 0,1 \\ = 0,841 \text{ mg/g}$$

$$\% K \text{ terlarut} = \left(\frac{0,841 \text{ mg/g}}{15 \text{ mg/g}} \right) \times 100 = 5,6066\%$$

$$\%K \text{ total yang tersisa} = \frac{(15 \text{ mg/g} - 0,841 \text{ mg/g})}{15 \text{ mg/g}} \times 100 = 94,39\%$$

○ POGK menit ke- 300

$$K = 22,24 \times 0,1 \\ = 2,224 \text{ mg/g}$$

$$\% K \text{ terlarut} = \left(\frac{2,224 \text{ mg/g}}{15 \text{ mg/g}} \right) \times 100 = 14,8266\%$$

$$\%K \text{ total yang tersisa} = \frac{(15 \text{ mg/g} - 2,224 \text{ mg/g})}{15 \text{ mg/g}} \times 100 = 85,17\%$$

○ POGK menit ke- 360

$$K = 28,31 \times 0,1 \\ = 2,831 \text{ mg/g}$$

$$\% K \text{ terlarut} = \left(\frac{2,831 \text{ mg/g}}{15 \text{ mg/g}} \right) \times 100 = 18,8733\%$$

$$\%K \text{ total yang tersisa} = \frac{(15 \text{ mg/g} - 2,831 \text{ mg/g})}{15 \text{ mg/g}} \times 100 = 81,12\%$$

○ POGK menit ke- 420

$$K = 37,38 \times 0,1$$

$$= 3,738 \text{ mg/g}$$

$$\% K \text{ terlarut} = \left(\frac{3,738 \text{ mg/g}}{15 \text{ mg/g}} \right) \times 100 = 24,92\%$$

$$\%K \text{ total yang tersisa} = \frac{(15 \text{ mg/g} - 3,738 \text{ mg/g})}{15 \text{ mg/g}} \times 100 = 75,08\%$$

Lampiran 3. Hasil Karakterisasi



Laboratorium Tanah, Tanaman, Pupuk, Air

BADAN STANDARDISASI INSTRUMEN PERTANIAN

Laboratorium Penguji BALAI PENERAPAN STANDAR INSTRUMEN PERTANIAN YOGYAKARTA

Jl. Stadion Maguwoharjo No.22, Wedomartani, Ngemplak, Sleman, Yogyakarta

Telp. (0274) 884662, 4477053 Fax. (0274) 4477052; e-mail: bsi-p.yogyakarta@pertanian.go.id

STANDARD · SERVICES · GLOBALIZATION

HASIL ANALISIS CONTOH PUPUK

DF.7.8.2.c

Nomor SPK. : CE.3.12.24.120
 Nama Pemohon : Nova Sabilitussalwa
 Alamat Pemohon : UIN Walisongo Semarang
 Asal Sampel : UIN Walisongo Semarang
 Uraian Kondisi Sampel : Ujoh
 Tipe/Kategori : Cair
 Merk : -
 Jumlah Sampel Uji : 2 (Dua)
 Tanggal Penerimaan : 16 Desember 2024
 Tanggal Pengujian : 16 - 18 Desember 2024

No.	Parameter	Satuan	POC manga	POC pisang	Metode	Standar mutu cair
			PO. 24. 255	PO. 24. 256		
1.	Hara makro					
	N-organik	%	0,03	0,02	Kjeldahl, Titras I K 5.4.o	min. 0.5
	N-NH ₄	%	0,01	0,03		
	N-NO ₃	%	0,01	0,01		
	N total*	%	0,05	0,06		
	P ₂ O ₅ total*	%	0,01	0,01	Oksidasi Basah, HNO ₃ +HClO ₄ , Spektrometri I K 5.4.p	2 - 6
	K ₂ O total*	%	0,16	0,14	Oksidasi Basah, HNO ₃ +HClO ₄ , AAS I K 5.4.q	

Hasil analisis ini hanya berlaku untuk sampel yang dimaksud

Tidak dibenarkan menggandakan sebagian /
 seluruh isi hasil analisis ini, tanpa izin
 Laboratorium BPSIP Yogyakarta dan atau
 pemilik hasil analisis.

Yogyakarta, 20 Desember 2024
 Manajer Teknis,

Widada, A.Md
 NIP. 19680712 199903 1 001

Ket.

Standar mutu berdasarkan Permentan
 Nomor : 261/KPTS/SR.310/M/4/2019
 * Parameter terakreditasi

Hal. 1/1

Gambar Lampiran 1. Uji Ekstrak Kulit Pisang Kepok dan Mangga Manalagi



Laboratorium Tanah, Tanaman, Pupuk, Air

BADAN STANDARDISASI INSTRUMEN PERTANIAN

Laboratorium Penguji BALAI PENERAPAN STANDAR INSTRUMEN PERTANIAN YOGYAKARTA

Jl. Stadion Maguwoharjo No.22, Wedomartani, Ngemplak, Sleman, Yogyakarta

Telp. (0274) 884662, 4477053 Fax. (0274) 4477052; e-mail: bsiip.yogyakarta@pertenian.go.id

STANDARD · SERVICES · GLOBALIZATION

HASIL ANALISIS CONTOH PUPUK CAIR

DF.7.8.2.c

Nomor SPK : CE.304.2492
Nama Pemohon : Nova Sablatussalwa
Alamat Pemohon : RT.02 RW.02, Dsn. Gancang, Pandanan, Dusuksampeyan, Gresik, Jatim
Asal Sampel : RT.02 RW.02, Dsn. Gancang, Pandanan, Dusuksampeyan, Gresik, Jatim
Uraian Kondisi Sampel : Uluh
Type/Kategori : Cair
Mark : -
Jumlah Sampel Uji : 5 (Lima)
Tanggal Penerimaan : 3 Juni 2024
Tanggal Pengujian : 3 - 10 Juni 2024

No.	Parameter	Satuan	0 - 100	100 - 0	25 - 75	Metode	Standar mutu cair
			PO. 24.92	PO. 24.93	PO. 24.94		
1	Hara makro						
	N-organik	%	0,06	0,04	0,08	Kjeldahl, Titirasi IK 5.4.o	min. 0.5
	N-NH ₄	%	0,02	0,02	0,02		
	N-NO ₃	%	0,01	0,01	0,01		
	N total*	%	0,09	0,07	0,11		
	P ₂ O ₅ total*	%	0,02	0,02	0,08	Oksidasi Basah, HNO ₃ +HClO ₄ , Spektrometri IK 5.4.p	2 - 6
	K ₂ O total*	%	0,69	1,04	0,78	Oksidasi Basah, HNO ₃ +HClO ₄ , AAS IK.5.4.q	

No.	Parameter	Satuan	75 - 25	50 - 50		Metode	Standar mutu cair
			PO. 24.95	PO. 24.96			
1	Hara makro						
	N-organik	%	0,06	0,06		Kjeldahl, Titirasi IK 5.4.o	min. 0.5
	N-NH ₄	%	0,02	0,02			
	N-NO ₃	%	0,01	0,01			
	N total*	%	0,09	0,09			
	P ₂ O ₅ total*	%	0,05	0,01		Oksidasi Basah, HNO ₃ +HClO ₄ , Spektrometri IK 5.4.p	2 - 6
	K ₂ O total*	%	0,99	0,95		Oksidasi Basah, HNO ₃ +HClO ₄ , AAS IK.5.4.q	

Hasil analisis ini hanya berlaku untuk sampel yang dimaksud

Tidak dibenarkan menggandakan sebagian /
seluruh isi hasil analisis ini, tanpa izin
Laboratorium BPSIP Yogyakarta dan atau
pemilik hasil analisis.

Yogyakarta, 10 Juni 2024
Manajer Teknis.

Widada A.Md
NIP. 199807121999031001

Gambar Lampiran 2. Uji Ekstrak Fermentasi Kulit Pisang
Kepok dan Mangga Manalagi



Laboratorium Tanah, Tanaman, Pupuk, Air

BADAN STANDARDISASI INSTRUMEN PERTANIAN

Laboratorium Penguji BALAI PENERAPAN STANDAR INSTRUMEN PERTANIAN YOGYAKARTA

Jl. Stadion Maguwoharjo No.22, Wedomartani, Ngemplak, Sleman, Yogyakarta

Telp. (0274) 884662, 4477053 Fax. (0274) 4477052; e-mail: bsip.yogyakarta@pertanian.go.id

STANDARD SERVICES GLOBALIZATION

HASIL ANALISIS CONTOH PUPUK

DF.7.8.2.c

Nomor SPK : CE.3.01.25.003
Nama Pemohon : Nova Sabilatussalwa
Alamat Pemohon : UIN Walisongo Semarang
Asal Sampel : UIN Walisongo Semarang
Uraian Kondisi Sampel : Uluh
Type/Kategori : Padatan
Merk : -
Jumlah Sampel Uji : 2 (Dua)
Tanggal Penerimaan : 8 Januari 2025
Tanggal Pengujian : 9 - 15 Januari 2025

No.	Parameter	Satuan	Pupuk organik padat	Metode	Standar mutu padat
			PO. 25. 004		
1.	Hara makro				
	N-organik	%	1,12	Kjeldahl, Titirasi IK 5.4.o	Min. 2
	N-NH ₄	%	0,24		
	N-NO ₃	%	0,18		
	N total*	%	1,53		
	P ₂ O ₅ total*	%	1,35	Oksidasi Basah, HNO ₃ +HClO ₄ , Spektrometri IK 5.4.p	
	K ₂ O total*	%	3,66	Oksidasi Basah, HNO ₃ +HClO ₄ , AAS IK 5.4.a	
2.	K ₂ O total* (kom)	%	1,5	Oksidasi Basah, HNO ₃ +HClO ₄ , AAS IK 5.4.q	

Hasil analisis ini hanya berlaku untuk sampel yang dimaksud

Tidak dibenarkan menggandakan sebagian /
seluruh isi hasil analisis ini, tanpa izin
Laboratorium BPSIP Yogyakarta dan atau
pemilik hasil analisis.

Yogyakarta, 15 Januari 2025
Manajer Teknis,


Wiyada / A.Md
NIP. 19680712 199903 1 001

Ket.

Standar mutu berdasarkan SNI 7763:2018

*Parameter terakreditasi

Hal. 1/1

**Gambar Lampiran 3. Uji POG Kulit Pisang Kepok Mangga
Manalagi dan POG Komersil**

	LABORATORIUM BPSIP DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA				
	DUKUMEN FORMAT				
	7. PERYARAN PROSES REKAMAN TEKNIS				
No. Dokumen DF-7.5	Terbitan/Revisi 1/0	Tanggal diterbitkan: 02/11/2019	Tanggal Direvisi	Halaman: 1 dari 1	Disetujui

06.7.5.1



DATA PENETAPAN K

No. SPK	CE.3.02.25/28
Nama pemohon	Nova Sabilituslawa
Asal contoh	UIN Walisongo Semarang
Jumlah contoh	20 (Dua puluh)
Tanggal ekstraksi :	20 Februari 2025
	Tanggal pengukuran : 21 Februari 2025

Pengukuran deret standar

ppm	0	50	100	150	200	250	slope
Abs. ($\times 10^{-3}$)	0	505	1188	1831	2567	3128	0.0846





[illegible]




Ditujukan	tgl : 21 Februari 2025	Catatan :	Teknis,
Manajer Teknis,  (Widada, A.Md)			 (Widada, A.Md)

Gambar Lampiran 4. Uji Lepas Lambat POG Pisang Kepok
Mangga Manalagi dan POG Komersil

Lampiran 4. Dokumentasi

No.	Aktifitas	Gambar
1.	Penghancuran limbah kulit pisang kepok dan mangga manalagi	
2.	Ekstrak kulit pisang kepok dan mangga manalagi	
3.	Fermentasi ekstrak kulit pisang kepok dan mangga manalagi	
4.	Penghancuran limbah daun pisang kepok dan mangga manalagi	

5.	Hasil serbuk daun pisang kepok dan mangga manalagi	
6.	Proses granulasi	 
7.	Hasil pupuk organik granul yang sudah kering	

8.	Uji lepas lambat POG		
9.	Uji lepas lambat POGK		
10.	Hasil sampel uji lepas lambat kalium		

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama : Nova Sabilatussalwa
2. Tempat & Tgl lahir : Gresik, 02 Mei 2003
3. Alamat Rumah : Gancang,
Duduksampeyan, Gresik,
Jawa Timur.
4. Nomor HP : 087850006259
5. E-mail : novaasabil2@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. MI Munawaroh Gelanggang Lulus 2015
2. MTs Munawaroh Gelanggang Lulus 2018
3. SMA Panca Marga 1 Lamongan Lulus 2021
4. UIN Walisongo Semarang Lulus 2025