

SKRIPSI

ANALISIS EFEKTIVITAS PENGOLAHAN SAMPAH DAUN DI KAMPUS GOWA DENGAN MOL PISANG RAJA (*MUSA PARADISIACA L*) DAN BIOAKTIVATOR EM4

Disusun dan diajukan oleh:

KEVINA CAREZA
D131 19 1041



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS EFEKTIVITAS PENGOLAHAN SAMPAH DAUN DI KAMPUS GOWA DENGAN MOL PISANG RAJA (MUSA PARADISIACA L) DAN BIOAKTIVATOR EM4

Disusun dan diajukan oleh

Kevina Careza
D131191041

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 26 September 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,



Dr. Eng. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T.
NIP 197211192000121001

Pembimbing Pendamping,



Annisa Dwi Damayanti, S.T., M.T.
NIP 199304282021016000

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM.
NIP 197204242000122001



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Kevina Careza
NIM : D131191041
Program Studi : Teknik Lingkungan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Efektivitas Pengolahan Sampah Daun Di Kampus Gowa Dengan Mol
Pisang Raja (*Musa Paradisiaca L*) Dan Bioaktivator EM4

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 17 Oktober 2023

Yang Menyatakan



Kevina Careza



ABSTRAK

KEVINA CAREZA. *Analisis Efektivitas Pengolahan Sampah Daun Di Kampus Gowa Dengan Mol Pisang Raja (Musa Paradisiaca L) Dan Bioaktivator EM4* (dibimbing oleh Dr.Eng.Irwan Ridwan Rahim, S.T.,M.T dan Annisa Dwi Damayanti S.T., M.T)

Limbah halaman juga dikenal sebagai limbah hijau terdiri dari semua jenis limbah vegetasi dan biasanya dapat terurai secara hayati. Untuk periode yang lama, pengolahan limbah daun dan halaman kurang mendapat perhatian dari instansi terkait dan masyarakat. Sebagian besar sampah daun hanya dapat dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir atau dibakar dimana proses pembakaran inilah yang akan mencemari udara. Tidak luput sektor institusi pendidikan seperti Lingkungan Kampus Universitas Hasanuddin pun dapat menemui permasalahan sampah organik utamanya mengenai Sampah daun. Luas Areal pekarangan kampus dan upaya pengadaan lahan yang asri melahirkan peningkatan jumlah sampah daun setiap tahunnya yang berpotensi untuk dapat diolah. Sehubungan dengan hal tersebut, dalam mewujudkan terciptanya kondisi lingkungan kampus yang sehat dan seimbang diperlukan suatu alternatif teknologi pengolahan sampah yang dinilai aman dan efektif. Melalui Penelitian Analisis Efektivitas Pengolahan Sampah Daun ini diharapkan mampu menemukan efektivitas terhadap penggunaan bioaktivator alami dan bioaktivator *Effective Microorganism 4* (EM 4). Penelitian yang dilakukan berupa eksperimental, dengan melakukan 4 variasi pengomposan sampah daun yakni dengan kontrol, Mol Buah Pisang, *Effective Microorganism 4*, dan campuran keduanya. Selanjutnya dilakukan tahapan pembuatan Mikroorganisme Lokal (Mol), pengomposan, hingga pengujian unsur hara dari bioaktivator dan hasil kompos. Berdasarkan Analisis deskriptif dan analisis statistik SPSS, adapun didapatkan hasil penelitian ini ditemukan pengomposan dengan pencampuran Mikroorganisme Lokal Buah Pisang + EM4 paling efektif, namun tidak berbeda jauh dengan hasil kompos mol pisang dan kompos EM4 yang ketiganya menghasilkan kompos yang telah sesuai dengan standar SNI 19-7030-2004.

Kata Kunci: Sampah Daun, Bioaktivator, Kompos



ABSTRACT

KEVINA CAREZA. *Analysis of the Effectiveness of Leaf Waste Processing at the Gowa Campus With Banana Acvtivator (Raja) (Musa Paradisiaca L) and Bioactivator EM4* (supervised by Dr.Eng.Irwan Ridwan Rahim, S.T.,M.T and Annisa Dwi Damayanti S.T., M.T)

Yard waste also known as green waste consists of all types of vegetation waste and is usually biodegradable. For a long period of time, the management of leaf and yard waste received little attention from related agencies and the community. Most of the leaf waste can only be disposed of in a landfill or incinerated where this burning process will pollute the air. Environment of the educational institution sector, such as the Hasanuddin University Campus, can also encounter problems with organic waste, especially regarding leaf waste. The area of the campus yard and efforts to procure beautiful land have resulted in an increase in the amount of leaf waste every year that has the potential to be processed. In this regard, in realizing the creation of a healthy and balanced campus environment, an alternative waste processing technology is needed which is considered safe and effective. Through the Research on Analysis of the Effectiveness of Leaf Waste Processing, it is hoped that it will be able to find the effectiveness of the use of natural bioactivators and *Effective Microorganism 4* (EM 4) bioactivators. The research was conducted in an experimental form, by carrying out 4 variations of leaf waste composting namely with control method, natural bioactivator from bananas, EM4, and a mixture of both. Furthermore, the stages of making natural bioactivator, composting, to testing the nutrients from the bioactivators and compost results are carried out. Based on descriptive analysis and SPSS statistical analysis, the results of this study found that composting with Banana Acvtivator + EM4 was the most effective, but not much different from the results of only using banana Acvtivator mol compost or EM4 compost, all three of which produced compost is in accordance with SNI 19-7030-2004 standards.

Keywords: Yard Waste, Bioacvtivator, Compost



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sampah.....	5
2.2 Sampah daun dan halaman.....	6
2.3 Kompos dan Pengomposan Sampah Pekarangan.....	10
2.4 Mempercepat Pengomposan.....	24
2.5 Bioaktivator Alami dan <i>Effective Microorganisme 4 (EM4)</i>	26
2.6 Karakteristik Aktivator Limbah Buah Pisang raja (<i>Musa paradisiaca L.</i>)....	32
2.7 Efektivitas Bioaktivator.....	36
2.8 Reaktor Komposter.....	38
BAB III METODE PENELITIAN/PERANCANGAN.....	41
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	41
3.2 Lokasi Penelitian.....	42
3.3 Populasi dan Sampel.....	42
3.4 Jenis Penelitian.....	43
3.5 Teknik Pengumpulan Data.....	43
3.6 Alat dan Bahan.....	45
3.7 Metode Penelitian.....	50
3.8 Metode dan Teknik Analisis Data.....	60
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	68
4.1 Karakteristik bioaktivator EM4 dan MOL buah pisang.....	68
4.2 Karakteristik Kompos yang Terbentuk dari 4 Variasi Penelitian.....	72
4.3 Analisis Statistik Terhadap Efektivitas Pengolahan Sampah Daun Kampus Gowa.....	92
4.4 Efektivitas Pengolahan Sampah Daun di Kampus Gowa.....	101
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	103
5.1 Kesimpulan.....	103
5.2 Saran.....	104
DAFTAR PUSTAKA.....	106
LAMPIRAN.....	111



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Potensi Sampah Daun yang Terdapat di UNHAS.....	8
Gambar 2. Perubahan suhu dan jumlah mikroba selama proses pengomposan....	14
Gambar 3. Contoh gambaran grafik suhu kompos yang terjadi pada umumnya ..	20
Gambar 4. Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 5. Lokasi penelitian lokasi penelitian pada TPS3R Kampus Teknik Universitas Hasanuddin Gowa	42
Gambar 6. Lokasi Pengambilan Limbah Buah Pisang di Pasar Todoppuli Makassar.....	50
Gambar 7. Persiapan Pembuatan Bioaktivator Alami dari Limbah Buah Pisang (<i>Musa paradisiaca L.</i>)	51
Gambar 8. Proses Pembuatan Bioaktivator Alami dari Limbah Buah Pisang (<i>Musa paradisiaca L.</i>)	52
Gambar 9. Proses Fermentasi Bioaktivator Alami dari Limbah Buah Pisang (Hari Pertama, Ke 10, dan Hari ke 15 berturut-turut).	52
Gambar 10. Proses Panen Bioaktivator Alami dari Limbah Buah Pisang (Hari ke-15)	52
Gambar 11. Berat Awal (Kering) dan Akhir (Basah dan Kering) Limbah Buah Pisang	53
Gambar 12. Sketsa Desain Komposter Aerob.....	53
Gambar 13. Proses Pembuatan Reaktor Drum Komposter.....	54
Gambar 14. Pengumpulan Sampah Daun Kering di Kampus Teknik Universitas Hasanuddin Gowa	55
Gambar 15. Proses Pencacahan Sampah Daun Kering Secara Manual	56
Gambar 16 Proses Pencacahan Sampah Daun Kering dengan Mesin Pencacah ..	56
Gambar 17 Proses Pengomposan Sampah Daun dengan 4 Variasi Penelitian di TPS Fakultas Teknik UNHAS Gowa.....	57
Gambar 18 Persiapan Bahan Pengomposan.....	59
Gambar 19 Proses Pengomposan	59
Gambar 20. Berat Awal (Kering) dan Akhir (Basah dan Kering) Limbah Buah Pisang	70
Gambar 21. Rekapitulasi Perubahan Warna Kompos Selama 40 hari.....	74
Gambar 22. Pematangan Kompos Setelah di Panen	74
Gambar 23. Grafik Perubahan Kelembaban Selama 40 Hari Pengamatan.....	79
Gambar 24. Grafik Perubahan Suhu Pengomposan Selama 40 Hari Pengamatan	81
Gambar 25. Uap Air Terbentuk Pada Proses Pengomposan.....	82
Gambar 26. Grafik Pengamatan pH Kompos	83
Gambar 27. Grafik Efektivitas Reduksi Sampah Daun	89



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Beberapa Contoh Jenis Pohon di Kampus Teknik UNHAS Gowa	9
Tabel 2. Organisme yang terlibat dalam proses pengomposan.....	15
Tabel 3. Kondisi optimal dalam pengomposan.....	16
Tabel 4. Rasio C/N.....	18
Tabel 5. Jenis Mikroba yang Terlibat dalam Pengomposan	22
Tabel 6. Standar Kualitas Kompos.....	23
Tabel 7. <i>Troubleshooting At Glance For Composting Problem</i>	25
Tabel 8. Klasifikasi Botani Buah Pisang Raja	34
Tabel 9. Komponen Zat Gizi Buah Pisang /100 gram bahan.....	34
Tabel 10. Karakteristik kimia Beberapa Jenis Kulit Pisang.....	35
Tabel 11. Produksi Pisang Provinsi Sulawesi Selatan Menurut Kabupaten/Kota (Kuintal)	35
Tabel 12. Produksi Buah Pisang di berbagai Provinsi di Indonesia (Ton)	36
Tabel 13. Skema Variasi Penelitian	43
Tabel 14. Alat dalam Penelitian	45
Tabel 15. Bahan dalam Penelitian.....	48
Tabel 16. Metode dan Teknik Analisis Data.....	60
Tabel 17. Interpretasi Nilai Koefisien Korelasi rho	67
Tabel 18. Karakteristik bioaktivator EM4 dan bioaktivator alami MOL buah pisang raja (<i>Musa paradisiaca L.</i>).....	68
Tabel 19. Penyusutan Bahan Organik dalam Proses Fermentasi Mol Pisang.....	69
Tabel 20. Hasil Uji Unsur Hara Bioaktivator EM4 dan Mol Buah Pisang Raja... 70	
Tabel 21. Penggunaan Aktivator Selama Pengomposan.....	71
Tabel 22. Pengamatan Perubahan Warna Kompos	73
Tabel 23. Dokumentasi Warna Kompos Setiap 5 Hari Sekali	74
Tabel 24. Penyusutan Volume Kompos.....	85
Tabel 25. Hasil Uji Unsur Hara Kompos Matang dari 4 Variasi Pengomposan... 90	
Tabel 26. Uji Normalitas Kuantitatif Kompos	92
Tabel 27. <i>Mean Rank</i> Kruskal-Wallis	93
Tabel 28. Uji Perbedaan Kruskal-Wallis	94
Tabel 29. Rekapitulasi Hasil Analisis Uji Kruskal-Wallis 4 Variasi Pengomposan	94
Tabel 30. Uji Mann-Whitney Kelembaban 4 Variasi Pengomposan.....	95
Tabel 31. Rekapitulasi Hasil Analisis Uji Mann-Whitney terhadap Kelembaban 4 Variasi Pengomposan.....	97
Tabel 32. Hasil Uji Korelasi Spearman.....	98
Tabel 33. Rekapitulasi Hasil Analisis Korelasi Spearman.....	100
Tabel 34. Rekapitulasi Tingkat Efektivitas 4 Variasi Pengomposan.....	102



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
LBP	Limbah Buah Pisang
GM	Gula Merah
ACB	Air Cucian Beras
AK	Air Kelapa
EM4	<i>Effective Microorganisme 4</i>
MOL	Microorganisme Lokal
POC	Pupuk Organik Cair
C	Carbon
N	Nitrogen
C/N	<i>Carbon to Nitrogen Ratio</i>
P	Phosfor
K	Kalium
pH	Derajat Keasaman
AOAC	<i>Association of Official Analytical Chemist</i>



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rekap Data Hasil Pengukuran Harian 4 Variasi Kompos Selama 40 Hari.....	111
Lampiran 2. RAB Drum Komposter Aerob.....	112
Lampiran 3. Gambar CAD Sketsa Reaktor Komposter Aerob.....	113
Lampiran 4. Peta Lokasi Penelitian	114
Lampiran 5. Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 Tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati Dan Pembenah Tanah.....	115
Lampiran 6. Lembar Hasil Uji Analisis Kandungan Hara Bioaktivator Alami (Mol Buah Pisang) Dan Bioaktivator Komersial (EM4)	116
Lampiran 7. Standar Kualitas Kompos Menurut SNI 19-7030-2004 Tentang Spesifikasi Kompos Dari Sampah Organik Domestik	117
Lampiran 8. Lembar Hasil Uji Analisis Kandungan Unsur Hara 4 Variasi Pengomposan	118
Lampiran 9. Data Uji Analisis SPSS Version.27	119
Lampiran 10. Dokumentasi Penelitian.....	123



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, Allah SWT. Karena atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “*Analisis Efektivitas Pengolahan Sampah Daun Di Kampus Gowa Dengan Mol Pisang Raja (Musa Paradisiaca L) Dan Bioaktivator EM4*”, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Dengan segala kerendahan hati dan haru di puncak perjuangan ini penulis menyadari bahwa pada segala bentuk penyusunan laporan ini tidak terlepas dari banyaknya bantuan berbagai pihak yang amat terkasih dan penulis hormati. Mengantar hal itu, tidak lupa penulis ucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Mama Renita Saragih, dan Papa Arif Munandar, kedua orang tua penulis yang teramat penulis cintai, yang banyak mendampingi, berjasa tanpa pamrih, dan merupakan punggung dari segala bentuk pusat dukungan yang dapat penulis dapatkan.
2. Bapak Dr. Eng. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T. dan Ibu Annisa Dwi Damayanti S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing TA yang penulis hormati dan telah banyak membimbing, mengarahkan dan menginspirasi penulis.
3. Pak Indrawan Miga (Web: Mini Zoo Semut) dan Pak Mulyadi (Youtube: Mul Garden) yang sudah banyak membantu menjawab banyak pertanyaan saya, mengarahkan, menginspirasi saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Adik Ferrari Meilani yang penulis sayangi, Opung dan Tigan, Sepupu, Om dan Bibi, beserta seluruh keluarga besar penulis yang tak henti mendoakan dan memberi semangat.
5. Kuartet Cumami, Fila, Danti, dan Cima, sahabat penulis, sebagai salah satu anugerah terbesar yang penulis temukan di kampus ini.
6. Muhammad Abadi Alfarezy, atas segala bentuk dukungannya.

sahabat-sahabat terbaik penulis yang tersayang, Adhira dan Maura, Happy family, No Comment, Wiro Belenk, Panglima Tempur, Trikor, yang tidak



dapat penulis sebutkan satu-satu, terima kasih telah bertahan dan hadir di hidup penulis.

8. Keluarga Sou, Inzar, Nuzul, Pricil, Risma. Tidak lupa juga Mahani, yang telah banyak membantu penulis selama di perkuliahan.
9. Seluruh teman-teman Angkatan 2019 Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik UNHAS yang telah mengisi hari-hari perkuliahan, berbagi canda tawa, membantu, memberikkan masukan dan semangat, juga utamanya Enjel, Shanin, Vivi, Asnul, dan Afdal sebagai panutan penulis yang banyak membantu dalam pengerjaan skripsi ini.
10. Seluruh Dosen Teknik Universitas Hasanuddin, Juga terkhususnya kepada Ibu Sumiati, Kak Tami, dan Pak Olan, beserta Seluruh Staff, dan seluruh civia adkademika Kampus Universitas Hasanuddin yang telah banyak berjasa.
11. Semua pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung selama kegiatan pelaporan hingga terjilidnya dan yang utamanya diri penulis sendiri.

Penulis menyadari bahwa laporan kerja praktek ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis menerima segala bentuk kritikan dan saran yang bersifat membangun sehingga laporan ini dapat menjadi lebih baik lagi untuk kedepannya. Penulis berharap laporan ini dapat memberikan informasi positif bagi para pembacanya dan juga bermanfaat sebagai wujud pengembangan wawasan dan peningkatan ilmu pengetahuan bagi kita semua.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah adalah produk tak terhindarkan yang dihasilkan dari berbagai aktivitas kehidupan manusia. Seiring bertambahnya jumlah penduduk peningkatan volume sampah akan terus terjadi. Sebagai contoh Indonesia yang merupakan negara berkembang dengan pertumbuhan penduduk tinggi sehingga volume sampah yang dihasilkan juga akan cenderung lebih tinggi (Noventi, 2020). Limbah halaman juga dikenal sebagai limbah hijau terdiri dari semua jenis limbah vegetasi dan biasanya dapat terurai secara hayati. Jenis limbah pekarangan secara umum meliputi limbah daun, potongan rumput, ranting, batang pohon, guguran bunga, semak, dll. Mengacu pada material organik yang dihasilkan dari proses pemeliharaan dan pengelolaan lanskap perkotaan. Limbah taman dicirikan oleh volume yang besar, memerlukan areal yang luas, produksi musiman, memiliki kelimpahan zat organik seperti selulosa dan lignin, tidak beracun dan bernilai ekologis yang tinggi. Seiring kemajuan urbanisasi dan meningkatnya tuntutan masyarakat akan kehidupan yang lebih baik dan lingkungan ekologis yang indah, berbagai kawasan ruang hijau di kota-kota secara bertahap berkembang. Pada suatu fasilitas dengan luas halaman yang besar biasanya memiliki vegetasi yang jumlahnya searah dengan luasnya halaman yang dimiliki. Untuk periode yang lama, pengolahan limbah daun dan halaman kurang mendapat perhatian dari instansi terkait dan masyarakat. Sebagian besar sampah daun hanya dapat dibuang ke TPA atau dibakar dimana proses pembakaran inilah yang akan mencemari udara. Dalam beberapa kasus, limbah taman bahkan dibuang sembarangan, sehingga mengakibatkan pemborosan sumber daya yang serius dan memperburuk masalah lingkungan (Wenting dkk., 2021).

Karena tidak diolah maupun dimanfaatkan limbah pekarangan telah memenuhi sekitar 12 persen bagian dari sampah yang terkubur di tempat sampah di Amerika. Pemerintah daerah di 21 negara bagian telahakukan larangan pembuangan limbah pekarangan untuk meningkatkan A mengingat tingginya biaya konstruksi, pengoperasian, dan permintaan



tempat di TPA (Virginia Yard Waste Manual dkk., 2009). Selanjutnya berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) – Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2023). Timbulan sampah yang dihasilkan Indonesia adalah 19.558.92,83 ton/tahun dan sebanyak 13.981 ton (13,7%) diantaranya adalah sampah daun/kayu/ranting. Dimana sekitar 71% dari total komposisi sampah di Indonesia ini merupakan sampah yang dapat diolah menjadi kompos (KNLH 2008. SPN 2008 dalam Achmad Fauzi & Hilal, 2020).

Tidak luput sektor institusi pendidikan seperti lingkungan Kampus Universitas Hasanuddin pun dapat menemui permasalahan sampah organik utamanya mengenai sampah daun. Luas areal pekarangan kampus dan upaya pengadaan lahan yang asri melahirkan peningkatan jumlah sampah daun setiap tahunnya yang berpotensi untuk dapat diolah. Pengolahan sampah pekarangan dinilai sangat menjanjikan karena berbiaya rendah dan mudah dikelola. Sampah pekarangan berbahan organik ini dapat diubah menjadi mulsa atau bahan bakar ataupun menjadi kompos yang bermanfaat, bernilai ekonomis dan dapat digunakan sebagai bagian dari strategi pengelolaan sampah yang komprehensif (Thomas L. Richard dkk., 1990). Dalam mengubah sampah daun menjadi kompos intervensi manusia mampu mempercepat proses pengomposan, yakni dengan mencampurkan mikroba pengurai untuk menghasilkan kompos berkualitas tinggi (Ekawandani & Alvianingsih, 2018). Bioaktivator alami maupun jadi yang terjual di pasaran seperti Bioaktivator EM4 dapat digunakan sebagai *starter* yang bermanfaat untuk meningkatkan aktivitas dekomposisi sampah dalam proses komposting (Achmad Fauzi & Hilal, 2020).

Sehubungan dengan hal tersebut, dalam mewujudkan terciptanya kondisi lingkungan kampus yang sehat dan seimbang diperlukan suatu alternatif teknologi pengolahan sampah yang dinilai aman dan efektif. Melalui Penelitian Analisis Efektivitas Pengolahan Sampah Daun ini diharapkan mampu menemukan efektivitas terhadap penggunaan bioaktivator alami dan bioaktivator EM4 dalam mengolah dan mengurangi sampah daun di kampus Teknik Universitas Hasanuddin

maryana 2018 dalam Amallia Ashuri 2019).



1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, keberadaan sampah organik khususnya sampah daun di sekitar kampus Universitas Hasanuddin Gowa masih belum diolah dan dimanfaatkan sehingga adapun rumusan masalah pada penelitian ini yakni:

1. Bagaimana cara pembuatan bioaktivator alami MOL buah pisang raja (*Musa paradisiaca L.*)
2. Apakah karakteristik bioaktivator EM4 dan bioaktivator alami MOL buah pisang raja (*Musa paradisiaca L.*)
3. Bagaimana karakteristik kompos yang terbentuk dari bioaktivator EM4 dan kompos dari bioaktivator alami MOL buah pisang raja (*Musa paradisiaca L.*)
4. Seberapa besar tingkat efektivitas bioaktivator EM4 dan bioaktivator alami MOL buah pisang raja (*Musa paradisiaca L.*) dalam mengolah sampah daun menjadi kompos

Dengan mengacu kepada standar baku mutu SNI : 19-7030-2004 tentang spesifikasi kompos dari sampah organik domestik.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui bagaimana cara pembuatan bioaktivator alami MOL buah pisang raja (*Musa paradisiaca L.*)
2. Mengetahui karakteristik bioaktivator EM4 dan bioaktivator alami MOL buah pisang raja (*Musa paradisiaca L.*)
3. Mengetahui karakteristik kompos yang terbentuk dari bioaktivator EM4 dan kompos dari bioaktivator alami MOL buah pisang raja (*Musa paradisiaca L.*)
4. Mengetahui tingkat efektivitas bioaktivator EM4 dan bioaktivator alami MOL buah pisang raja (*Musa paradisiaca L.*) dalam mengolah sampah daun menjadi kompos



1.4 Manfaat Penelitian

Perencanaan Manfaat dari penyusunan laporan Tugas Akhir Ini adalah:

1. Memberikan pengetahuan tentang pengolahan sampah menggunakan bioaktivator alami dan bioaktivator EM4 dengan media sampah daun.
2. Memberikan informasi mengenai Efektivitas Pengolahan Sampah Daun di Kampus Gowa
3. Secara umum penelitian ini diharapkan akan bermanfaat bagi semua masyarakat dan penulis sendiri dalam menentukan teknologi yang dinilai paling efektif dalam pengolahan sampah daun di kampus Gowa

1.5 Ruang Lingkup

Adapun Ruang lingkup dan batasan – batasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan di Fakultas Teknik Hasanuddin Gowa.
2. Objek Penelitian berupa Bioaktivator Alami dari Buah Pisang raja (*Musa paradisiaca L.*), Bioaktivator EM4, dan juga sampah daun kering
3. Sumber sampah yang digunakan adalah sampah daun kering yang diperoleh dari kampus teknik Universitas Hasanuddin Gowa (yang diambil secara acak)
4. Bioaktivator EM4 dan mol buah pisang tidak akan dibahas secara spesifik pada bagian hasil dan pembahasan
5. Parameter yang diamati dalam penelitian ini, adalah :
 - Warna Kompos (SNI : 19-7030-2004)
 - Bau Kompos (SNI : 19-7030-2004)
 - Kelembaban (%) (SNI : 19-7030-2004)
 - Temperatur (°C) (SNI : 19-7030-2004)
 - Derajat Keasaman (pH) (SNI : 19-7030-2004)
 - Besar Penyusutan (%) (*Studi Literature*)
 - C-Organik (%) (Kompos: SNI 19-7030-2004) (Mol: Permentan No.70)
 - N-Total (%) (Kompos: SNI 19-7030-2004) (Mol: Permentan No.70)
 - Rasio C/N (%) (Kompos: SNI 19-7030-2004) (Mol: Permentan No.70)
 - Fosfor (%) (Kompos: SNI 19-7030-2004) (Mol: Permentan No.70)
 - Kalium (%) (Kompos: SNI 19-7030-2004) (Mol: Permentan No.70)



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah

Sampah atau yang biasa dikenal sebagai limbah padat dapat diartikan sebagai berikut. Dalam Undang-Undang Nomor 18 tahun 2012 sampah di definisikan sebagai sisa manusia sehari-hari yang berbentuk padat dan merupakan hasil atau dari proses alam. Berdasarkan SNI 19-2454-2002, sampah merupakan limbah yang memiliki sifat padat yang terdiri atas zat organik dan anorganik dan dinilai tidak lagi berguna sehingga memerlukan pengelolaan lanjutan agar tidak menimbulkan bahaya terhadap lingkungan maupun sekitar yang dapat dijadikan sebagai investasi terhadap pembangunan berkelanjutan. Sampah secara umum dapat berbentuk sebagai sampah dapur dari sisa makanan, dedaunan, ranting pohon, kain bekas, karton dan kertas, plastik, kaleng, ataupun debu penyapuan, dsb. Dalam kamus istilah lingkungan (1994) sampah di artikan sebagai bahan yang tidak memiliki nilai atau tidak memiliki harga atau merupakan materi berlebih atau ditolak dan dibuang. Dari seluruh definisi sebelumnya, dapat diberi kesimpulan bahwa sampah adalah bahan atau material yang tidak memiliki nilai ataupun harga yang bersumber dari sisa aktivitas manusia berupa zat organik dan non organik yang bersifat padat dan keberadaannya dapat menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan jika tidak dikelola atau diolah dengan baik (Hasanah, 2021).

Sampah merupakan sesuatu yang telah menjadi bagian dari kegiatan manusia sehari-hari, dimana salah satu faktor yang mempengaruhi bertambahnya jumlah sampah pada suatu wilayah iadalah faktor pertumbuhan penduduk pada wilayah itu sendiri. Jika pertumbuhan penduduk pada suatu wilayah besar maka akan diikuti dengan tuntutan kebutuhan yang diperlukan juga akan semakin besar pula, sehingga akan menghasilkan sampah yang sama besarnya. Jika dilihat berdasarkan sifat yang dimiliki sampah dapat dibagi kedalam tiga golongan yakni sampah organik, sampah non organik, dan sampah B3. (1) Sampah organik adalah jenis sampah yang dapat



cara alami oleh tanah (*degradable*) bersifat biologis contohnya sampah organik dan sampah sisa dapur dan makanan atau biasanya dikenal sebagai sampah basah. Sedangkan sebaliknya (2) Sampah non organik atau anorganik

merupakan jenis sampah yang sulit atau tidak dapat terurai secara alamiah oleh tanah dan bersifat (*undegradable*), sehingga dalam proses dekomposisinya dibutuhkan penanganan lanjutan yang khusus, contohnya sampah plastik, Styrofoam dan kaleng dan biasanya dikenal sebagai sampah kering. Disamping itu dikenal pula jenis (3) Sampah B3 atau sampah bahan berbahaya dan beracun yang merupakan limbah yang terbuat dari bahan-bahan berbahaya dan bersifat racun seperti limbah pabrik, limbah terkontaminasi, dan limbah rumah sakit (Adytama, 2017).

2.2 Sampah daun dan halaman

Sampah daun dan halaman atau yang biasa dikenal sebagai limbah pekarangan adalah sampah yang terdiri dari sampah daun, potongan rumput, dan semak-semak ataupun sampah hasil pemangkasan pohon, dsb. Limbah pekarangan telah memenuhi sekitar 12 persen bagian dari sampah yang terkubur di tempat pembuangan sampah di Amerika. Pemerintah daerah di 21 negara bagian telah memberlakukan larangan pembuangan limbah pekarangan untuk meningkatkan umur tempat pembuangan sampah. Limbah pekarangan ini tidak boleh ditimbun di TPA karena relatif bersih dan terdiri dari bahan yang dapat terurai secara hayati yang dapat didaur ulang untuk perbaikan tanah dan penggunaan pertanian lainnya (Virginia Yard Waste Manual dkk., 2009). Menurut Biro Pembangunan Pemerintah Daerah Administratif Khusus Hong Kong bagian Penghijauan, lansekap dan Pengelolaan Pohon (2014), limbah pekarangan juga dikenal sebagai limbah hijau atau taman yang terdiri dari seluruh jenis limbah vegetasi penting dan biasanya dapat terurai secara hayati. Adapun jenis sampah pekarangan antara lain adalah potongan rumput, daun, dahan, batang pohon, potongan bunga, semak dan ranting, tanaman gugur ataupun mati, dll. Limbah halaman ini utamanya paling banyak dihasilkan dari pekerjaan lanskap, pekarangan ataupun dari kegiatan pemeliharaan vegetasi. Disamping itu terdapat berbagai langkah-langkah dan tahapan dari mulai penanaman desain hingga pemeliharaan yang dapat mengurangi limbah an, misalnya melalui implementasi desain penanaman berkelanjutan mengubah potongan rumput, daun, ranting, dan segala macam limbah hijau dll, menjadi kompos atau mulsa.



Pengelolaan limbah padat organik merupakan suatu isu nasional yang kritis mengingat tingginya biaya konstruksi dan pengoperasian TPA, dari sekian banyak permasalahan sampah yang ada maka sampah organik yang paling banyak mendesak permintaan tempat di TPA karena tidak diolah maupun dimanfaatkan. Sebagian besar aliran limbah padat bersifat organik ini berpotensi untuk dapat diolah. Sampah organik termasuk limbah perkarangan dapat terurai dan jika diolah ketika masih segar dengan tepat termasuk limbah daun dan pekarangan, sampah tersebut memiliki potensi untuk dijadikan pupuk kompos berkualitas dan bermanfaat untuk penghijauan kota dan produksi pertanian. Di antara berbagai kemungkinan daur ulang, pengolahan sampah pekarangan dinilai sangat menjanjikan karena berbiaya rendah dan mudah dikelola. Sampah pekarangan berbahan organik ini dapat diolah menjadi mulsa atau bahan bakar ataupun menjadi kompos yang bermanfaat, bernilai ekonomis dan dapat digunakan sebagai bagian dari strategi pengelolaan sampah yang komprehensif (The Virginia Yard-Waste Management Manual, 2009).

Daerah yang menyumbang sampah paling banyak di Kota Makassar, di hasilkan oleh daerah yang memiliki penduduk tinggi yakni kecamatan Rappocini, Tallo, Bontoala, dan Tamalanrea. Semnetara itu fakta di lapangan dinas pertamanan dan kebersihan Kota Makassar perharinya hanya bisa menangani sampah sekitar 3500 m³. Karenanya , sekitar 500 m³ sampah pada Kota Makassar yang tidak dapat tertangani dengan baik (Tamsil Yunus, 2021). Seperti halnya Universitas Hasanuddin sebagai kampus terbesar di Indonesia Timur, menjadi salah satu kawasan penyumbang volume sampah yang cukup besar untuk TPA kota Makassar. Setiap harinya aktifitas dalam kampus Universitas Hasanuddin menghasilkan sampah mencapai ± 30 m³/ hari atau 4-5 kontainer dimana semua sampah tersebut dibuang langsung dari kampus menuju ke pembuangan akhir (Tamsil Yunus, 2021).

Data lain yakni Timbulan sampah di lingkungan Universitas Lampung berdasarkan perhitungan rata-rata persentase sampah organik dan anorganik diperoleh timbulan sampah organik sebesar 65,34% dengan berat 503,118 kg dan

sampah anorganik sebesar 34,66% dengan berat 266,882 kg serta berat pah perhari adalah 770 kg. Dengan Komposisi dan persentase sampah (%) sitas Lampung yakni dari keseluruhan total 100% diantaranya terdapat



komposisi dan presentase sampah yang dapat dikomposkan sebanyak 62%, Plastik 33,16% Kertas 3,34% B3 0,1%, Lain-lain 1,4% (Yuliandari, 2019).

Contoh Data timbulan Lainnya didapatkan berdasarkan penelitian Marhaban Lingga yang melakukan studi timbulan dan komposisi sampah kawasan kampus UIN Ar-Raniry pada tahun 2019 dan menemukan bahwa pada kampus tersebut timbulan sampah kampus terdiri dari ada sebanyak 50,66% sampah organik yang terdiri atas sampah kertas 20,99%, sampah makanan 19,83%, sampah halaman 6,43%, dan sampah kayu 3,14%, sedangkan sampah anorganik yang terdiri atas sampah plastik 25,50%, kaleng 16,43%, kaca 3,11%, dan tekstil 0,48% (Geany Gumilar, 2021). Namun untuk data timbulan sampah daun di kampus Universitas Hasanuddin (Teknik Gowa) sendiri belum dapat ditemukan secara spesifik namun gambaran terhadap Potensi Sampah daun yang terdapat di Kampus Teknik UNHAS Gowa dapat dilihat melalui beberapa dokumentasi lapangan dibawah ini:



Gambar 1. Potensi Sampah Daun yang Terdapat di UNHAS

Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2023



Selanjutnya berikut adalah beberapa contoh jenis pohon yang teridentifikasi terdapat di Kampus Teknik Universitas Hasanuddin Gowa yang dimana daun keringnya digunakan dalam penelitian pengomposan ini yakni sebagai berikut:

Tabel 1. Beberapa Contoh Jenis Pohon di Kampus Teknik UNHAS Gowa

No.	Jenis Pohon	Nama Latin	Gambar
1.	Pohon Ketapang	<i>Terminalia catappa</i>	
2.	Pohon Jati	<i>Tectona Grandis</i>	
3.	Pohon Mangga	<i>Mangifera Indica L</i>	
4.	Pohon Trembesi	<i>Albiza Lebbeck</i>	



5.	Pohon Waru	<i>Thespesia Populneoides</i>	
6.	Pohon Bunga Kupu-kupu	<i>Bauhinia Purpurea</i>	
7.	Pohon Daun Kelor	<i>Moringa Oleifera</i>	

Sumber: Data Penelitian, 2023

2.3 Kompos dan Pengomposan Sampah Pekarangan

Adapun penjelasan mengenai kompos dan proses pengomposan terkhususnya untuk limbah daun kering dari kebun maupun pekarangan dijelaskan pada poin-poin sebagai berikut berikut:

2.3.1 Kompos

Pengomposan merupakan metode tertua dan termudah dalam mengolah sampah organik. Sejatinya, pengomposan dapat terjadi secara alami namun melalui pembentukan humus yang berlangsung dalam waktu yang sangat lama karena prosesnya tergantung pada kehadiran mikroorganisme pengurai dan kondisi cuaca. Proses pembentukan humus yang relatif cukup lama ini terjadi karena pengomposan terjadi di kondisi yang tidak terkendali, sehingga



mikroorganisme yang bersifat aerobik dan anaerobik akan bergantian mengambil peran bergantung dengan kondisi lingkungan yang mendukung, yaitu jika terdapat kehadiran oksigen. Pengomposan ini dilakukan untuk mengkonversi sampah organik menjadi bahan yang dinilai lebih bermanfaat dan menguntungkan terhadap lingkungan (Amien dkk., 2023).

Dalam (An Naml, 2020) dijelaskan, kompos adalah hasil dari sisa bahan atau material organik yang berasal dari hewan, tanaman, maupun limbah organik dan telah melalui proses dekomposisi atau penghancuran ataupun telah mengalami tahapan fermentasi. Adapun jenis tanaman yang banyak digunakan sebagai bahan untuk kompos di antaranya adalah sekam padi, jerami, tanaman pisang, limbah sayuran yang busuk, sisa tanaman jagung, gulma, dan sabut kelapa. Selain itu berasal dari bahan ternak yang banyak digunakan sebagai kompos di antaranya yakni urine, kotoran ternak, cairan biogas, dan limbah pakan ternak yang sisa ataupun terbuang. Adapun terdapat pula tanaman air yang banyak digunakan sebagai kompos di antaranya adalah eceng gondok, gulma air, azolla, dan ganggang biru. Kompos memiliki beberapa kegunaan diantaranya adalah:

1. Kompos berguna untuk memperbaiki struktur dari tanah.
2. Kompos dapat digunakan untuk memperkuat (zat hara) daya ikat agregat tanah berpasir.
3. Meningkatkan daya tahan tanah dan permeabilitas atau daya serap air.
4. Dapat memperbaiki pori - pori dalam tanah dan drainase.
5. Kompos juga berguna untuk mengaktifkan dan menambah unsur zat hara.

Kompos dikenal pula sebagai pupuk yang dibuat menggunakan bahan-bahan organik sebagai contohnya sampah dapur rumah tangga, dedaunan, kotoran lainnya, hingga rerumputan yang berguna dalam meningkatkan kesuburan tanah. Berdasarkan SNI 19-7030-2004 yang membahas mengenai spesifikasi kompos dari sampah organik, telah diatur beberapa persyaratan terhadap parameter yang telah ditetapkan diantaranya adalah kompos yang sudah matang wajib memenuhi temperature atau suhu kompos lebih besar dari 22°C, pH kompos berada diantara

6,80 – 7,40, dan kelembaban kompos berada maksimal tidak lebih dari 80%. Selain itu dapat pula dilihat dari kondisi fisik kompos yang dihasilkan berbau



tanah, kompos berwarna kehitaman dan bertekstur seperti tanah (Atika Larasati & Indra Puspikawati, 2019).

Kompos adalah suatu produk yang didapatkan melalui proses biologis oleh mikroorganisme dalam memecah bahan atau material organik menjadi humus. Berat dan volume bahan yang terbentuk (kompos) akan memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan dari bahan induk atau mentahnya. Selain itu kondisi kandungan di dalamnya telah stabil dalam tingkat dekomposisinya, sehingga dapat menguntungkan jika digunakan sebagai sumber pupuk organik. Berbagai macam limbah organik dalam lingkungan pada dasarnya dapat digunakan sebagai bahan baku dalam membuat kompos. Daun merupakan salah satu contoh sampah organik atau limbah yang paling ditemui dari hasil kebun atau pengelolaan area hijau. Secara umum sampah daun ini dihilangkan dengan cara dibuang begitu saja ataupun dibakar. Padahal limbah dan sampah daun ini mempunyai banyak potensi sebagai bahan baku dalam pembuatan kompos dan dapat digunakan menjadi sumber pupuk hayati. Serasah daun dan ranting yang gugur dari pohon maupun rerumputan di taman ini mengandung makro dan mikro nutrien, yang tepat digunakan dalam proses pengomposan atau membuat kompos (Amien dkk., 2023).

2.3.2 Prinsip Pengomposan

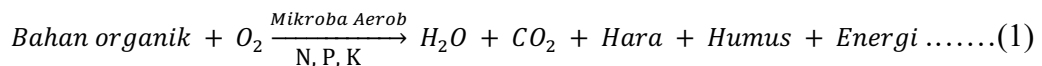
Di dalam bahan organik terkandung rasio C/N yang tidak sesuai dengan rasio C/N tanah sehingga bahan tersebut tidak dapat digunakan langsung oleh tanaman. Rasio *Carbon to Nitrogen* adalah suatu perbandingan antara unsur (C) karbohidrat dan (N) nitrogen. Tanah memiliki nilai rasio C/N berkisar antara 10 - 12, sehingga suatu bahan organik dapat diterima oleh tanaman jika mempunyai rasio C/N yang mendekati atau sama dengan rasio C/N tanah. Secara umumnya bahan organik segar memiliki rasio C/N yang tinggi (sebagai contoh jerami 50-70; daun-daun tanaman 50-60, kayu-kayuan > 400; dst). Akibat dari rasio yang tinggi ini maka digunakan prinsip pengomposan yang bertujuan untuk menurunkan rasio C/N bahan organik sehingga dapat mendekati C/N tanah (< 20). Proses

omposan atau perombakan bahan organik akan semakin lama apabila rasio C/N bahan organik tinggi. Dimana waktu dekomposisi yang dibutuhkan bahan



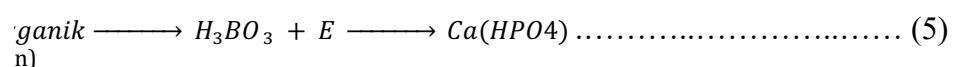
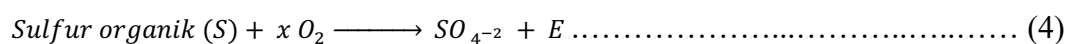
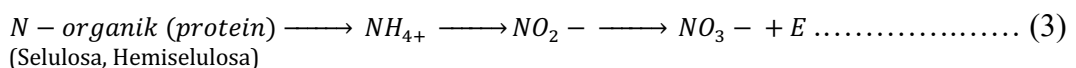
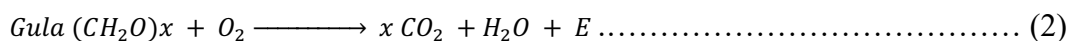
organik bervariasi dari satu bulan hingga beratus-tahun tergantung dari material dasar yang digunakan dalam kompos (Simanungkalit dkk., 2006).

Proses perombakan bahan organik terbentuk secara bio fisika-kimia, dimana aktivitas biologi mikroba dan mesofauna akan terlibat diantaranya. Penguraian ini dapat terjadi secara alami baik secara aerob (dengan O_2) maupun secara anaerob (tanpa adanya O_2). Secara garis besar untuk proses penguraian bahan organik secara aerobik adalah sebagai berikut (Simanungkalit dkk., 2006):

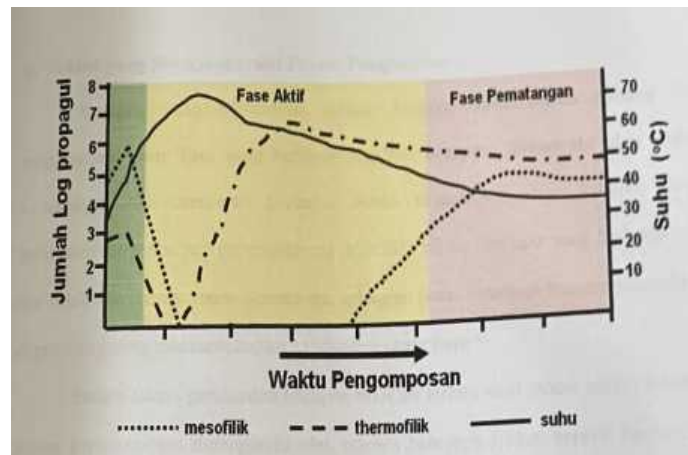


Dalam proses perombakan tersebut baik secara aerob maupun anaerob, unsur hara dan humus akan dihasilkan selama kandungan N, P, dan K tersedia disaat proses berlangsung. Dimana hal ini terjadi karena N, P, dan K adalah unsur yang diperlukan mikroba dekomposer dalam melakukan aktivitas metabolisme selnya (Gaur, 1980). Mikroorganisme tanah menggunakan komponen residu tanaman sebagai substrat untuk memperoleh energi yang dibentuk melalui oksidasi senyawa organik, dengan produk utama CO_2 yang dilepas kembali ke alam, dan sumber karbon untuk sintesis sel baru. Dekomposisi atau pengomposan disebut juga sebagai respirasi mikroba atau mineralisasi, yang merupakan salah satu bagian dari siklus karbon. Pengomposan aerob merupakan proses pengomposan bahan organik dengan menggunakan O_2 . Hasil akhir dari pengomposan aerob merupakan produk metabolisme biologi berupa CO_2 , H_2O , panas, unsur hara, dan sebagian humus (Simanungkalit dkk., 2006).

Penjabaran reaksi yang terjadi pada pengomposan sistem aerobik:



2.3.3 Proses Pengomposan Sampah Perkarangan



Gambar 2. Perubahan suhu dan jumlah mikroba selama proses pengomposan

Sumber: Agus Susanto, 2016

Proses dan tahap dalam pengomposan secara sederhana terbagi kedalam dua tahapan yaitu pertama tahap aktif dan kedua tahap pematangan. Pada awal proses pengomposan, mikroba mesofilik akan aktif memanfaatkan oksigen dan senyawa-senyawa lainnya dalam mendegradasi dan membuat temperature dalam tumpukan kompos mengalami peningkatan dengan cepat. Seiring hal tersebut pH kompos pun ikut meningkat. Suhu akan terus meningkat sampai di atas 50° - 70° C dan akan tetap tinggi hingga waktu tertentu. Pada suhu yang tinggi mikroba termofilik akan menjadi aktif dan terjadi proses dekomposisi yang akan menguraikan material organik menjadi sangat aktif (Agus Susanto, 2016).

Dalam tumpukan kompos mikroba akan menguraikan material organik menjadi karbon dioksida (CO₂), juga uap air dan panas. Suhu akan secara bertahap mengalami penurunan ketika sebagian besar bahan kompos telah terurai. Selanjutnya dalam proses pematangan kompos tingkat lanjut, akan terjadi pembentukan liat humus. Fase ini berlangsung secara terus menerus hingga pada tahap penyimpanan atau dikenal sebagai fase pematangan kompos (maturasi) dan menjadikan kompos secara berangsur akan bersifat humus. Selama terjadinya proses pengomposan dari awal sampai tahapan akhir akan terjadi penyusutan kompos maupun biomassa bahan. Pengurangan tersebut dapat mencapai 50% dari volume atau bobot awal material organik (bahan kompos). Pengurangan dalam prosesnya dapat terjadi secara aerobik (dengan oksigen) atau



secara anaerobik (tanpa oksigen). Namun, secara umum proses anaerobik tidak diinginkan dalam kegiatan pengomposan karena akan menghasilkan bau busuk yang tidak sedap karena dalam proses anaerobik akan terbentuk senyawa-senyawa seperti: asam asetat, asam valerat, asam butirat, putrecine, H_2S , dan ammonia yang merupakan asam-asam organik berbau tidak sedap (Agus Susanto, 2016).

Tabel 2. Organisme yang terlibat dalam proses pengomposan

No.	Parameter	Kondisi Optimal	Junlah/g
1.	<i>Mikroflora</i>	Bakteri	10^8 - 10^9
		Aktinomicetes	
		kapang	10^5 - 10^8
2.	<i>Mikrofauna</i>	Protozoa	10^4 - 10^5
3.	Makroflora	Jamur tingkat tinggi	
4.	Makrofauna	Cacing tanah, rayap, semut, kutu, dll	

Sumber: Sumber: Agus Susanto, 2016

Pengomposan telah muncul sebagai alternatif yang menarik untuk mengatasi teknik pembuangan limbah tradisional. Pengomposan merupakan pilihan praktis bagi masyarakat yang memerlukan solusi cepat dalam mengelola sebagian besar aliran limbah padat mereka. Sebagian besar aliran limbah padat bersifat organik ini berpotensi untuk dapat diolah, termasuk limbah daun dan pekarangan. Karena material ini paling umum ditemukan semestinya permasalahan ini memiliki banyak jalan mudah untuk penyelesaiannya. Di antara berbagai kemungkinan daur ulang, pengolahan sampah pekarangan dinilai sangat menjanjikan karena berbiaya rendah dan mudah dikelola. Karena banyak sampah halaman sudah dikumpulkan secara terpisah, maka relatif mudah untuk melakukan transportasi ketika nantinya sampah daun tersebut dialihkan ke tempat pengolahan lanjutan. Selain itu keterampilan yang dibutuhkan untuk mengelola pengomposan atau fasilitas pengolahan sampah daun tidak terlalu rumit. Dengan keuntungan ekonomi dan solusi praktis ini, daur ulang atau pengolahan sampah pekarangan dapat menjadi pertimbangan kuat untuk dilakukan dan dianggap sebagai bagian dari strategi pengelolaan sampah yang komprehensif. Sampah pekarangan berbahan organik ini dapat diolah menjadi mulsa atau bahan bakar ataupun dibuat menjadi kompos yang bermanfaat, bernilai

; dan dapat digunakan. Hasil daur ulang limbah pekarangan ini dapat n sebagai pengganti gambut yang dibeli, tanah lapisan atas, mulsa atau tanah lainnya. Banyak kota menemukan bahwa pengomposan adalah



metode yang paling ekonomis dan ramah lingkungan untuk mengolah limbah dalam jumlah besar (Thomas L. Richard dkk., 1990), dalam *Yard Waste Management planning guide for New York state*.

Selain itu di dalam buku yang sama pada sumber diatas mengungkapkan, pengomposan dapat mengurangi volume sampah halaman sekaligus mengubah limbah tersebut menjadi produk yang bermanfaat. Pengomposan melibatkan konversi mikrobiologis dari limbah organik mentah menjadi humus stabil yang dapat memperkaya tanah. Mikroorganisme yang bekerja pada proses pengomposan memerlukan beberapa persyaratan dasar yang perlu untuk dipenuhi. Dimana komposisi dan peran udara, air, nutrisi, luas permukaan, suhu, dan pH merupakan faktor penting yang harus diperhatikan dalam proses pengomposan. Pada dibawah ini menampilkan kondisi pengomposan yang optimal untuk sampah pekarangan.

Tabel 3. Kondisi optimal dalam pengomposan

No.	Parameter	Kondisi Optimal
1.	Oxygen	>5%
2.	Moisture	~40-60% °C
3.	Carbon : Nitrogen	30 : 1
4.	Temperature	32-60 °C
5.	pH	6-8

Sumber: Yard Waste Management planning guide for New York state, 1990.

Adapun keutamaan parameter pengomposan diatas dijelaskan dalam buku tersebut adalah sebagai berikut:

1. Udara/Aerasi

Pengomposan Limbah pekarangan merupakan suatu proses aerobik, dimana kondisi cukup oksigen (aerob) akan mempercepat laju pengomposan yang berarti pengomposan itu terjadi dengan adanya peran besar dari oksigen. Saat manusia bernapas akan membutuhkan sekitar 21 persen udara, sedangkan organisme dalam kompos dapat bertahan hidup dengan sekitar 5 persen oksigen. Namun, jika kadar oksigen tersebut turun di bawah 5 persen maka prosesnya bisa menjadi anaerobik (tanpa oksigen). Organisme anaerobik akan menghasilkan metana (gas tidak berbau) dan hidrogen sulfida (berbau seperti

busuk) ketika memproses limbah. Bau merupakan sensor penanda tingkat r oksigen yang tidak memadai pada tumpukan kompos. Karena bau adalah asalah yang paling umum ditemui, maka perlunya menjaga kebutuhan



oksigen yang memadai dalam melakukan pengomposan limbah halaman dinilai sangat penting. Udara dapat disuplai dengan cara pasif atau aktif. Oksigen tambahan dapat disediakan secara mekanis dengan membolak-balikkan tumpukan kompos. Dalam teknologi tinggi sistem pengomposan, oksigen disediakan oleh blower yang mendistribusikan udara ke tumpukan atau dapat secara sederhana dengan membuat jalur pipa berlubang untuk mengalirkan udara pada proses pengomposan.

2. Kelembaban (*Air/Moisture content*)

Mikroorganisme aktif membutuhkan lingkungan yang lembab. Kelembaban memiliki urgensi penting dalam pengomposan karena memiliki pengaruh besar terhadap proses metabolisme mikroorganisme sekaligus mempengaruhi kadar oksigen. Kadar air antara 40 dan 60 persen dianggap ideal/optimum pada pengomposan. Ketika kondisi terlalu basah, air akan mengisi pori-pori yang diperlukan untuk difusi udara, dan terjadilah kondisi anaerobik. Sedangkan jika kondisi terlalu kering, laju dekomposisi akan menjadi lambat. Pada pengomposan daun, cara mudah untuk mengukur kadar air dalam dedaunan yang sedang di komposkan adalah dengan memerasnya. Daun harus terasa lembap saat disentuh, dengan hanya satu atau dua tetes air yang dikeluarkan saat diperas dengan kuat di tangan. Untuk pengukuran yang lebih kuantitatif, timbang sampel (sekitar 1/2 cangkir) basah, lalu oven dan keringkan ($\sim 220^{\circ}\text{F}$ atau 104°C selama kira-kira 8 jam) dan timbang kembali. Perbedaan antara (berat air) dibagi dengan berat basah (dikurangi berat wadah) adalah kelembabannya. Air dapat ditambahkan ke tumpukan kompos dengan berbagai cara salah satunya dengan menuangkan air secara perlahan, yang akan memiliki kemungkinan lebih besar meresap menyeluruh kedalam tumpukan, dan tidak hanya mengalir di permukaan.

3. C/N (*Carbon to Nitrogen Ratio*)

Saat menggabungkan bahan organik untuk membuat kompos, konsep rasio (C:N) sangat penting. Mikroorganisme dalam kompos membutuhkan senyawa

on (C) untuk sumber energi dan nitrogen (N) untuk mensintesis protein a mengoksidasi bahan organik. Proporsi kedua elemen ini ideal untuk mposisi mikroba, rata-rata (30:1) yakni 30 bagian karbon berbanding 1



bagian nitrogen dalam satuan berat hingga rasio (40:1). Jika rasio karbon terhadap nitrogen sangat menyimpang dari rasio ini, sistem mikroba akan memiliki banyak permasalahan. Ketika jumlah nitrogen sedikit, populasi mikroba tidak akan tumbuh secara optimum, dan pengomposan akan melambat. Sebaliknya, terlalu banyak nitrogen memungkinkan pertumbuhan mikroba yang cepat dan mempercepat dekomposisi namun hal ini dapat menimbulkan masalah bau yang serius karena oksigen habis dan kondisi anaerobik terjadi. Selain itu, sebagian dari kelebihan nitrogen ini akan dilepaskan sebagai gas amonia, yang menghasilkan bau dan memungkinkan unsur penting nitrogen ikut keluar. Untuk itu material dengan kandungan nitrogen yang tinggi, seperti potongan rumput, memerlukan pengelolaan yang lebih hati-hati, dengan aerasi yang memadai, serta pencampuran menyeluruh dengan limbah dengan material karbon yang tinggi.

Tabel 4. Rasio C/N

<i>High Nitrogen Materials</i>	C:N
<i>Sewage Sludge: Activated</i>	6:1
<i>Disested</i>	16:1
<i>Humus</i>	10:1
<i>Food Waste</i>	15:1
<i>Grass Clippings</i>	19:1
<i>Cow Manure*</i>	20:1
<i>Horse Manure*</i>	25:1
<i>High Carbon Materials</i>	C:N
<i>Fruit Waste</i>	35:1
<i>Foliage</i>	40-80:1
<i>Corn Stalks</i>	60:1
<i>Straw</i>	80:1
<i>Bark</i>	100-130:1
<i>Paper</i>	150-200:1
<i>Wood and sawdust</i>	300-700:1

**Livestock bedded with high carbon materials will increase C:N ratio*

Sumber: Yard Waste Management planning guide for New York state, 1990.

Material limbah dapat dicampur untuk meningkatkan keseimbangan kandungan karbon-nitrogen dan mempercepat penguraian. Misalnya, daunnya memiliki rasio 40-80 unit karbon dengan 1 unit nitrogen. Meskipun akan secara alami mengkomposkan dirinya sendiri secara perlahan, ini banyak manfaat yang dapat diperoleh dengan tambahan nitrogen.



Mencampur sampah daun dengan limbah ber nitrogen tinggi, seperti potongan rumput, pupuk kandang, atau bioaktivator tinggi akan kandungan nitrogen (contohnya *ammonium nitrate* atau *urea*) akan mempercepat proses dekomposisi.

4. Luas Permukaan (*Surface Area*) / Ukuran Partikel

Luas permukaan dinilai penting dalam proses pengomposan. Partikel yang berukuran kecil memiliki lebih banyak luas permukaan per satuan volume dan akan menghasilkan lebih banyak ketersediaan nutrisi dan energi untuk mikroorganisme. Semakin luas area permukaan maka kontak mikroba dengan bahan akan semakin meningkat. Sampah pekarangan yang telah di cacah terlebih dahulu akan menciptakan lebih banyak ketersediaan area permukaan untuk aktivitas mikroba yang dapat mempercepat dekomposisi. Selain itu dapat membatasi aliran udara sekaligus meningkatkan kebutuhan oksigen (*oxygen demand*). Sampah pekarangan yang dicacah halus perlu untuk lebih sering dibalik guna mencegah kondisi anaerobik. Beberapa penerapan lapangan telah menemukan bahwa dengan mencacah daun melalui mesin pencacah dapat mengurangi waktu yang dibutuhkan limbah daun untuk terdekomposisi dan menghasilkan kompos.

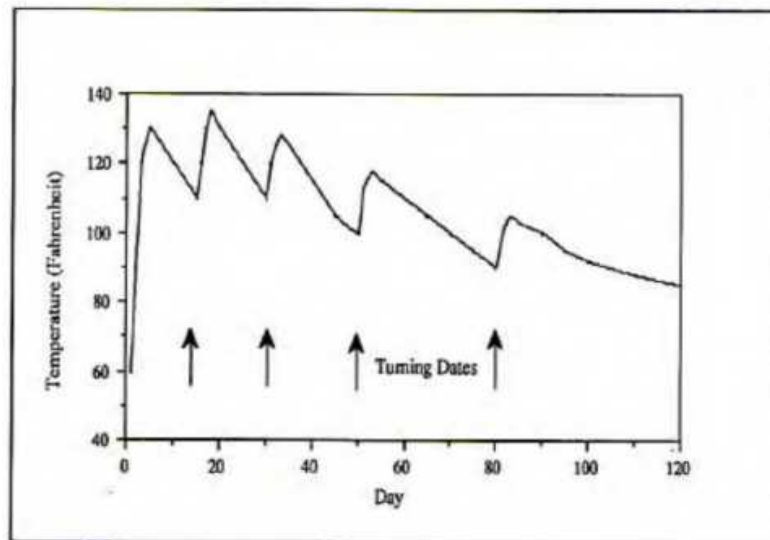
5. Suhu (*Temperature*)

Pemantauan suhu sangat penting untuk mengelola proses kompos. Ketika organisme melakukan pembusukan terhadap limbah mereka akan menghasilkan panas. Dekomposisi akan terjadi paling cepat saat suhu berada di antara 32°C dan 60°C. Sedangkan ketika suhu berada di bawah 32°C maka proses pengomposan akan jauh melambat, sedangkan ketika suhu berada di atas 60°C maka sebagian besar mikroorganisme tidak dapat bertahan hidup. Suhu tumpukan kompos akan tergantung terhadap bagaimana panas yang dihasilkan oleh mikroorganisme diimbangi oleh panas yang hilang melalui aerasi atau terjadinya pendinginan pada permukaan. Peningkatan suhu akan berhubungan langsung dengan pemakaian oksigen. Jika suhu semakin tinggi

semakin banyak pemakaian oksigen dimana laju dekomposisi akan semakin cepat pula. Lebih jelasnya dibawah ini terdapat gambaran grafik suhu kompos yang terjadi pada umumnya. Dimana setelah terjadinya peningkatan



suhu dan tinggi di awal periode (terjadi kira-kira untuk beberapa hari hingga beberapa minggu), suhu tumpukan kompos secara bertahap akan turun.



Gambar 3. Contoh gambaran grafik suhu kompos yang terjadi pada umumnya

Sumber: Yard Waste Management planning guide for New York state, 1990.

Membolak-balikkan tumpukan kompos akan mengoptimalkan ketersediaan pasokan oksigen dan meratakan terurainya tumpukan kompos dan menyebabkan temperatur naik. Ketika suhu tumpukan kompos turun di bawah 21°C maka, proses pengomposan terdeteksi hampir selesai. Jika kompos lembab, dan ketika dilakukan pembalikan tidak menyebabkan suhunya naik, maka kompos dapat dinilai sudah jadi dan siap dipanen atau digunakan. Namun selain itu turunnya suhu dimana kondisi tumpukan menjadi dingin juga dapat menjadi sensor yang menandakan bahwa terdapat kemungkinan telah terjadinya ketidak seimbangan oksigen ataupun kelembaban.

6. pH (derajat keasaman)

Faktor lain yang dapat berguna dalam mendiagnosis dan mengoreksi beberapa permasalahan operasional yang ditemukan pada kegiatan pengomposan adalah pH kompos itu sendiri. pH menyediakan suatu indikator keasaman dan kebasaan dari bahan pengomposan, dan diukur dalam skala dari ngat asam) hingga 14 (sangat basa), dan 7 bernilai netral. Penguraian akan di paling efisien ketika pH berada diantara 6-8, yang merupakan nilai al untuk parameter kompos limbah pekarangan. Selama tahap awal proses



dekomposisi akan terbentuk asam organik yang akan dikonsumsi oleh mikroorganisme. Tanpa oksigen yang cukup pada tumpukan kompos, asam-asam ini tidak dapat diubah dan diproses dengan cepat. Kelebihan keasaman dapat menurunkan pH di bawah 6, dan dapat memperlambat dekomposisi. Penambahan aerasi biasanya dapat menyelesaikan masalah ini, tetapi dalam beberapa kasus ekstrim ketika asam terlalu tinggi akan lebih baik untuk menambahkan kapur atau zat penetral lainnya yang dapat menaikkan pH kembali ke rentang batas optimumnya. Namun, penting pula untuk menghindari alkalinitas yang terlalu tinggi ($> \text{pH } 8,0$) yang dapat menyebabkan pelepasan gas amonia berbau tidak sedap. PH kompos juga dapat menjadi parameter penanda kualitas kompos yang telah jadi. pH hasil kompos akhir di atas 8,0 dapat merusak atau membunuh tanaman yang menyukai asam, terutama jika digunakan dalam jumlah besar.

Selain itu menambahkan beberapa parameter lain yang perlu diperhatikan dalam kompos juga dijelaskan dalam (Hasanah, 2021) dan (Musafir Wellang, 2015):

7. Porositas

Ruang yang berada di antara partikel-partikel pada tumpukan kompos adalah porositas. Porositas diukur dengan membagi volume rongga dengan volume total. Rongga-rongga tersebut merupakan ruang yang dibutuhkan sebagai tempat air dan udara. Udara akan menyediakan oksigen yang dibutuhkan dalam proses pengomposan. Sehingga porositas sangat diperlukan karena ketika rongga dipenuhi oleh air (kelembaban berlebihan), maka akan terjadi kekurangan *supply* oksigen sehingga proses pengomposan akan menjadi lambat dan terganggu.

8. Kandungan Zat Hara

Keberadaan unsur hara seperti N, P dan K tidak kalah pentingnya dalam proses pengomposan. Unsur hara diperlukan oleh mikroba pada proses pengomposan. (An Naml, 2020):



- a. Fosfor (P): Memiliki peran untuk mengangkut energi hasil metabolisme pada tanaman, merangsang pembuahan dan pembungaan, pembentukan biji, pertumbuhan akar, memperbesar

jaringan dan melakukan pembelahan sel tanaman. Jika tanaman kekurangan dalam unsur P maka: tanaman akan kerdil dan sedikit buah atau biji yang tumbuh. Selain itu teridentifikasi terdapat keunguan atau kemerahan pada warna daun.

- b. Kalium (K): Pada proses fotosintesis kalium berfungsi sebagai pengangkut hasil asimilasi, mineral, enzim, dan juga air. Memperkuat daya tahan tanaman terhadap penyakit. Jika unsur K tidak tercukupi pada tanaman: maka daun/batang tanaman menjadi lemas, tidak hijau segar/tidak sehat, ujung daun kering dan menguning, dan pada pucuk daun terdapat bercak berwarna coklat.
- c. Nitrogen (N): Adalah organ tanaman atau bagian sel yang berfungsi untuk merangsang tumbuh kembang tanaman (berupa pertumbuhan vegetatif batang dan daun, dsb), juga berperan dalam sintesa protein dan asam amino dalam tanaman. Jika unsur N kurang maka: pertumbuhan tanaman lambat dan ukuran kerdil, daun kecil, pendek, tua cepat menguning hingga mati.

9. Jumlah Mikroorganisme

Jumlah mikroorganisme akan mempengaruhi laju pengomposan dan diharapkan dapat mempercepat proses dekomposisi. Ketika proses ini berlangsung biasanya bakteri, protozoa, fungi dan actinomycetes akan bekerja. Sehingga dalam proses pengomposan mikroorganisme sering ditambahkan pada bahan atau materi yang dikomposkan. Selain itu dijelaskan dalam Agus Susanto, 2016: Berdasarkan temperature yang sesuai untuk metabolisme dan pertumbuhannya, mikroorganisme dapat diklasifikasikan kedalam tiga kategori, yang dijabarkan kedalam tabel dibawah ini:

Tabel 5. Jenis Mikroba yang Terlibat dalam Pengomposan

<i>Mikroorganisme</i>	Jenis	Suhu
<i>Psychrophiles</i>	mikroba temperature rendah	pada suhu kurang dari 20°C
<i>Mesophiles</i>	mikroba temperature sedang	pada suhu antara 25-40°C
<i>thermophiles</i>	mikroba temperature tinggi	pada suhu diatas 65°C

er: Agus Susanto, 2016

selanjutnya organisme lain yang ikut berperan membantu dalam proses pengomposan yakni termasuk actinomycetes, jamur, lipan, laba-laba, luing,



kecoa, dan cacing tanah. Pada fase pematangan kompos atau tahapan akhir secara progresif suhu akan menurun seiring dengan jumlah mikroorganisme termofil perlahan akan menurun dan menghilang dan digantikan dengan munculnya kembali mikroorganisme mesofil. Mikroorganisme kelompok mesofilik dan termofilik akan melakukan proses pencernaan dengan melarutkan dan menguraikan bahan organik secara kimiawi. Proses kerja tersebut yakni dengan mengeluarkan enzim dan melarutkannya kedalam selaput air (*water film*) yang melapisi bahan organik. Enzim tersebut memiliki fungsi sebagai penngurai bahan organik menjadi unsur-unsur yang dapat mereka serap.

10. Lama Pengomposan

Lama dari waktu pengomposan ini bergantung dari karakteristik materi yang akan dikomposkan. Bahan akan menjadi cepat atau lambat terdekomposisi tergantung dengan metode apa yang digunakan yakni secara natural atau dengan penambahan bioaktivator dalam proses pengomposan. Jika dilakukan dan terjadi secara natural maka proses pengomposan akan memakan waktu selama beberapa minggu hingga 2 tahun sampai kompos benar-benar matang.

11. Kandungan Bahan Berbahaya

Beberapa bahan organik bisa saja membawa bahan-bahan berbahaya yang dapat berakibat fatal terhadap kehidupan mikroba dan mampu meng-non aktifkan kemampuan mikroba dalam proses pengomposan. Beberapa contoh tersebut terdapat pada Logam-logam berat seperti Mg, Zn, Cu, Cr, dan Nikel.

Tabel 6. Standar Kualitas Kompos

No.	Parameter	Satuan	Min	Max
1.	Kadar Air	%	-	50
2.	Temperature	°C		Suhu air tanah
3.	Warna			Kehitaman
4.	Bau			Berbau tanah
5.	Ukuran Partikel	mm	0,55	25
6.	Kemampuan Ikatan Air	%	58	-
7.	Ph		6,80	7,49
8.	Bahan asing	%	*	1,5
Unsur Makro				
	Bahan Organik	%	27	58
	nitrogen	%	0,40	-
	karbon	%	9,80	32



No.	Parameter	Satuan	Min	Max
12.	Fosfor (P ₂ O ₅)	%	0,10	-
13.	C/N-rasio		10	20
14.	Kalium (K ₂ O)	%	0,20	*
	Unsur Mikro		*	
15.	Arsen	mg/kg	*	13
16.	Kadmium (Cd)	mg/kg	*	3
17.	Cobar (Co)	mg/kg	*	34
18.	Kromium (Cr)	mg/kg	*	210
19.	Tembaga (Cu)	mg/kg	*	100
20.	Merkuri (Hg)	mg/kg	*	0,8
21.	Nikel (Ni)	mg/kg	*	62
22.	Timbal (Pb)	mg/kg	*	150
23.	Selenium (Se)	mg/kg	*	2
24.	Seng (Zn)	mg/kg	*	500
	Unsur lain			
25.	Kalsium	%	*	25,50
26.	Magnesium (Mg)	%	*	0,60
27.	Besi (Fe)	%	*	2,00
28.	Aluminium (Al)	%	*	2,20
29.	Mangan (Mn)	%	*	2,10
	Bakteri			
30.	<i>Fecal coli</i>	MPN/gr		1000
31.	<i>Salmonella sp</i>	MPN/4gr		3

Keterangan: *Nilainya lebih besar dari minimum atau lebih kecil dari maksimum

Sumber: SNI : 19-7030-2004 dalam (Andjani, 2022)

2.4 Mempercepat Pengomposan

Berhasil ataupun tidaknya dalam melakukan pengomposan dapat dinilai dengan melihat durasi dan lamanya waktu pengomposan. Jika kompos dihasilkan dalam waktu yang singkat maka semakin tinggi pula tingkat keberhasilannya ataupun sebaliknya. Walaupun dalam prinsipnya, secara alami tanpa bantuan apapun kompos dapat terbentuk namun dengan begitu proses pengomposan akan memakan waktu sangat lama untuk matang, yakni mulai dari lama waktu 2-3 bulan hingga bahkan dapat mencapai waktu selama 6-12 bulan. Umur pengomposan ini juga bergantung dengan material organik yang dikomposkan. Sehingga untuk mempercepat waktu pembuatan kompos tersebut diperlukan beberapa penanganan dan perlakuan tambahan kedalam proses pengomposan. Adapun perlakuan tambahan yang dapat dilakukan tersebut diantaranya dengan menambahkan dan atikan pemilihan bioaktivator dan penggunaan komposter, selain itu perlu memperhatikan kondisi pengomposan dan melakukan penanganan dalam hal-hal yang terjadi pada proses pengomposan. Dengan memperhatikan hal-



hal tersebut maka diharapkan proses pengomposan mampu dipercepat dari yang semestinya 2-3 bulan menjadi 2-3 minggu saja, tergantung dengan bahan kompos (Agus Susanto, 2016). Adapun untuk identifikasi penyebab serta solusi terhadap masalah yang ditemui dalam pengomposan dapat diselesaikan dengan menggunakan bantuan panduan pengomposan yang telah dijabarkan dalam tabel dibawah ini:

Tabel 7. *Troubleshooting At Glance For Composting Problem*

No.	Problem	Cause	Solution
1.	Timbul Bau Busuk dan Kondisi Anaerobik	- Kelembaban berlebih - Tergenang - Tumpukan terlalu padat dan permukaan tertimbun - Kurang Oksigen - Presentase bahan mengandung nitrogen terlalu tinggi - Kekurangan bahan yang ruah	- Bolak-balik tumpukan - Perkecil tumpukan atau kurangi ukuran tumpukan - Hilangkan genangan - Tambahkan agen penghilang bau seperti menambahkan bahan yang ruah
2.	Suhu tumpukan rendah	- Tumpukan terlalu kecil - Kelembaban tidak mencukupi - Kurang Aerasi	- Gabungkan Tumpukan dengan bahan kering - Tambahkan air sambil bolak-balik tumpukan - Balik tumpukan
3.	Bahan baku terlalu basah, kekurangan oksigen	- Curah hujan terlalu tinggi - Bahan campuran mengandung air tinggi, namun kandungan nitrogen rendah	- Kompos dibalik secara berkala, bagian dasar diberi alas kering berupa potongan kayu atau ranting - Menambah tanah, batuan yang dihaluskan atau kapur
4.	Suhu tumpukan terlalu tinggi	- Tumpukan terlalu besar - tumpukan terlalu padat	- Kurangi ukuran tumpukan - bolak-balik tumpukan
5.	Bahan baku terlalu kering, proses dekomposisi berhenti	- Kelembapan turun di bawah batas ambang yang dibutuhkan mikroba karena suhu meningkat - Bahan dasar kompos terlalu kering	- Kompos dibolak-balik berkala - Menambah bahan kompos segar - Menutup timbunan kompos untuk mengurangi penguapan
6.	Muncul Vektor/Hama - Tikus - Nyamuk - kecoak	- Terdapat sampah dapur, dll - Terdapat genangan air pada tumpukan - Tersisa makanan dan hewan di sekitar timbunan dan tidak ditutup	- Hilangkan vektor - Buat perangkap hama/vektor - Hilangkan genangan - Menempatkan bahan kompos limbah dapur di bagian tengah timbunan kemudian ditutup.



No.	Problem	Cause	Solution
7.	Dekomposisi berjalan lambat	- Prosentase kandungan lignin terlalu tinggi sehingga rasio C/N tinggi - Terlalu kering	- Kompos dibalik secara berkala - Menambahkan bahan yang kaya nitrogen (kotoran ternak, limbah dapur/rumah tangga)
8.	Kompos mengandung benih gulma	- Selama proses dekomposisi suhu terlalu rendah	- Kelembapan dan aerasi diatur - Bahan yang mengandung biji gulma diletakkan di bagian tengah timbunan agar mencapai peningkatan suhu yang tinggi
9.	Polusi terhadap air	- Eliminasi Lindi	- Beri perlakuan terhadap air lindi sebelum meninggalkan areal/site. - lewatkan melalui tanah, pasir, atau rumput - pasang filter pada area - dan hindari limpasan permukaan
10.	Ledakan/kebakaran	- Suhu yang berlebihan - kondisi - Kelembapan yang tidak memadai - Percikan api liar, rokok,	- Buat tumpukan lebih kecil - Tambahkan air - Jauhkan sumber api potensial dari tumpukan - Jika api muncul atau terjadi kebakaran - hancurkan tumpukan, pisahkan dan padamkan sepenuhnya

Sumber: diolah dari (Virginia Yard Waste Manual dkk., 2009) dan (Simanungkalit dkk., 2006).

2.5 Bioaktivator Alami dan *Effective Microorganisme 4 (EM4)*

Pada proses pengomposan istilah Bioaktivator sering dikenal sebagai bahan biologi aktif yang dapat digunakan untuk meningkatkan aktivitas dalam proses tersebut. Bioaktivator berbeda dengan pupuk, bioaktivator mengandung bahan berupa mikroorganisme efektif yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi bahan organik secara aktif sehingga dapat terdekomposisi dan terfermentasi secara optimal. Selain itu bioaktivator juga dapat digunakan untuk mengatasi berbagai masalah tanaman di dalam tanah seperti terhadap penyakit, meminimalisir hama, meningkatkan kemampuan fotosintesis dan proses penyerapan anaman, sumber nutrisi tanah, meningkatkan ketersediaan bahan organik pupuk dan memperbaiki sifat tanah. Bioaktivator ditambahkan kedalam



bahan organik pada proses pengomposan. Mikroorganisme yang terkandung dalam bioaktivator berguna untuk mereduksi protein, lignin, lipid, selulosa, amilum, dan membantu proses fiksasi nitrogen. Selain itu dengan adanya bantuan mikroorganisme yang tersedia dalam bioaktivator bahan organik akan mengalami proses pengomposan yang lebih cepat (Arina Pitriya, 2021).

Dalam mengelola sampah menjadi pupuk kompos dapat dilakukan melalui bantuan sumber bakteri pengurai dengan menggunakan bioaktivator (komersial) yang dijual di pasaran yaitu *Efective Microorganism 4* (EM4). EM4 adalah kultur campuran dari mikroorganisme dan dapat digunakan untuk mempercepat proses pengomposan dibandingkan dengan pengolahan limbah secara konvensional. Di dalam EM4 terkandung 90% bakteri *Lactobacillus* sp serta tiga jenis mikroorganisme lainnya, yakni *Streptomyces* sp, ragi, dan bakteri fotosintetik (Subula dkk., 2022).

1. Effective Microorganisme 4 (EM4)

a. Pengertian

Bioaktivator EM4 atau *Effective Microorganisme-4* merupakan activator komersial yang dijual dipasaran yang awalnya ditemukan oleh Prof. Dr, Teruo Higa dari Universitas Ryukyus Jepang. Bioaktivator Effective Microorganisme-4 (EM-4) ini merupakan kultur campuran dari mikroorganisme yang dinilai dapat bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman dan selain itu bisa digunakan sebagai starter yang dapat meningkatkan aneka ragam dan populasi mikroorganisme. EM-4 ini juga termasuk jenis pupuk hayati yang bekerja dengan memanfaatkan mikroorganisme efektif yang menguntungkan bagi tanaman, serta dapat mendestruksi bahan organik dengan waktu singkat dan bersifat pestisida terhadap hama. *Effective Microorganisme-4* juga dapat digunakan dalam mempercepat proses pengomposan dan destruksi material organik pada pembuatan pupuk organik. Manfaat unggul lain dari larutan EM-4 ini yaitu disinyalir dapat menghilangkan aroma busuk atau bau yang timbul dalam proses pengomposan (An Naml, 2020). Dalam pengomposan larutan EM4 ini berperan sebagai bioaktivator yang berfungsi untuk membuat kompos berbentuk lebih cepat dengan mempersingkat proses penguraian bahan



kompos juga merupakan inokulan yang dapat meningkatkan keragaman dan populasi dari mikroorganisme pada tanah dan tanaman sehingga nantinya pertumbuhan, kualitas, kuantitas dan kesehatan hasil tanaman akan mengalami peningkatan secara searah (Atika Larasati & Indra Puspikawati, 2019).

b. Manfaat *Effective Microorganisme 4* (EM4)

Aktivator EM-4 mengandung banyak sekali mikroorganisme fermentasi, dimana ada sekitar 80 genus mikroorganisme yang mampu bekerja secara efektif dalam memfermentasikan bahan organik. Adapun dari sekian banyaknya mikroorganisme yang terkandung dalam larutan EM-4, terdapat lima golongan yang pokok diantaranya yakni, *Lactobacillus* sp, bakteri fotosintetik, jamur fermentasi, *Saccaromyces* sp, dan *Actinomyces* sp (An Naml, 2020).

Kandungan di dalam EM4 terdiri dari: (1) Bakteri fotosintetik, yakni adalah bakteri bebas yang mampu mensintesis gula, senyawa nitrogen, dan substansi bioaktif lainnya. Hasil dari metabolit yang terproduksi dapat diserap langsung dan bermanfaat bagi tanaman serta tersedia sebagai substrat dalam pembiakkan mikroorganisme menguntungkan. (2) *Lactobacillus* sp. (bakteri asam laktat), adalah bakteri yang dapat memproduksi asam laktat dari hasil menguraikan gula dan karbohidrat lainnya. Dalam melakukan kegiatan penguraian bakteri *Lactobacillus* sp berkerja sama dengan ragi dan bakteri fotosintesis. Asam laktat ini merupakan bahan sterilisasi kuat dan bermanfaat dalam menekan jumlah mikroorganisme berbahaya, selain itu asam laktat berguna untuk mempercepat penguraian bahan organik. (3) *Streptomyces* sp, enzim streptomisin dikeluarkan bakteri ini dan dapat menjadi racun terhadap hama serta penyakit yang merugikan. *Streptomyces* sp. Dibagi kedalam dua golongan, yaitu: (a) Ragi, yang mampu memproduksi substansi yang bermanfaat bagi tanaman melalui fermentasi. Substansi bioaktif yang terhasikan dari ragi ini dapat berguna dalam pertumbuhan sel juga pembelahan akar tanaman. Ragi memiliki peran dalam perkembangbiakan atau pembelahan mikroorganisme menguntungkan lainnya contohnya bakteri asam laktat dan *Actinomyces*.



Selanjutnya (b) Actinomycetes yang termasuk organisme peralihan antara jamur dan bakteri dan berguna dalam mengambil asam amino dan zat serupa dari hasil produksi bakteri fotosintesis kemudian merombaknya menjadi antibiotik yang berguna dalam mengendalikan patogen. Organisme ini juga dapat menekan jamur serta bakteri berbahaya melalui penghancuran khitin, yang dimiliki oleh jamur dan bakteri berbahaya tersebut sebagai zat esensial untuk pertumbuhan mereka. Selain itu, Actinomycetes juga mampu menciptakan substrat yang baik dalam perkembangan mikroorganisme lain (Ekawandani & Alvianingsih, 2018).

Tidak hanya berperan dalam menfermentasi dan mendekomposisi material organik, EM4 juga mempunyai keunggulan lainnya. Contohnya di dalam EM4 terkandung gula dan garam tinggi dalam jumlah tinggi, 30-40% kadar air, dengan suhu 40-50 °C, memiliki kandungan mikroorganisme fermentasi, mengandung antioksidan, juga tanaman obat dan rempah-rempah dan tanaman obat. EM4 berguna untuk menunjang sifat fisik, kimia, dan biologis tanah, mensuplai nutrisi untuk tanaman dan menguatkan tanaman, dan dapat meningkatkan produksi pertanian secara konsisten. EM4 juga secara langsung dapat diterapkan kepada tanah dan berguna untuk memenuhi kecukupan nutrisi pada tanah. EM4 juga dapat mempercepat waktu pengomposan dengan mencampurkannya pada daun tanaman. Bokashi (dalam bahasa Jepang adalah bahan organik yang di fermentasi) merupakan istilah yang merujuk pada kompos yang dibuat melalui penambahan *Effective Microorganisme-4* ((Septiani dkk., 2022).

2. Bioaktivator Alami berupa Mikroorganisme Lokal (MOL)

a. Pengertian

Selain penggunaan Bioaktivator yang dijual di pasaran dikenal pula jenis Bioaktivator alami atau yang biasa dikenal dengan *Natural bioaktivator*. Menurut (Hadiwidodo dkk., 2018) Bioaktivator digunakan pada pembuatan kompos untuk mempercepat proses kematangannya. Selain dapat menggunakan aktivator yang dijual secara komersial, dapat digunakan pula bioaktivator alami dengan memanfaatkan mikroorganisme lokal. Larutan mikroorganisme lokal (MOL) dapat



diperoleh dari hasil fermentasi yang dapat diciptakan dengan mengolah berbagai bahan organik yang tersedia di lingkungan sekitar. Pada larutan MOL ini terkandung mikroorganisme yang berguna untuk membantu merombak bahan organik, memajukan pertumbuhan tanaman serta berperan sebagai agen untuk mengendalikan hama dan penyakit dalam tanaman. Pembuatan bioaktivator alami mikroorganisme lokal ini dapat dilakukan melalui cara sederhana, contohnya dengan memanfaatkan berbagai limbah yang tersedia di lingkungan sekitar. Kunci keberhasilan Pembuatan MOL ini yakni cukup dengan memenuhi komponen utama bahan MOL berupa glukosa, karbohidrat, dan sumber mikroorganisme.

Natural Bioaktivator adalah larutan yang dapat diperoleh dengan mem-fermentasikan berbagai bahan dasar alami dari sumber daya alam yang tersedia disekitar baik dari unsur hayati maupun hewani. Larutan bioaktivator alami mengandung unsur zat hara mikro dan makro dan juga bakteri aktif yang memiliki potensi untuk merombak material organik di dalam tanah, merangsang tumbuh kembang tanaman, dan mampu berperan sebagai pestisida alami. Dalam *natural dekomposer* ini terkandung banyak mikroorganisme yang dapat digunakan sebagai aktivator pada pembuatan pupuk organik padat maupun cair. Dalam bioaktivator alami komponen utama yang perlu terkandung dalam pembuatannya adalah (1) Sumber Karbohidrat yang berperan penting dalam menyediakan sumber nutrisi bagi mikroorganisme yang berasal dari limbah organik contohnya bekatul, air cucian beras, gandum, rumput gajah, singkong, dan daun gamal. (2) Sumber Glukosa, yang berperan dalam menyediakan nutrisi untuk mikroba yang dapat dipenuhi dengan menggunakan molase, gula pasir, gula merah yang telah dilarutkan, maupun air kelapa. (3) Sumber mikroorganisme, kehadiran mikroba yang berada di dalam larutan bioaktivator alami berperan sangat penting dalam proses penguraian bahan-bahan organik hingga menjadi material anorganik yang dibutuhkan oleh tanaman (Vina Nur Isra, 2016).

Mikroorganisme aktif atau yang dimaksud mikroba ini berupa bakteri dan jamur contohnya bakteri pelarut fosfat, *Lactobacillus*,



Streptococcus, Pseudomonas, Micrococcus, Leuconostoc, Streptomyces, Pediococcus, serta Flavobacterium, dan Arthrobacter. Mikroba atau bakteri penggurai ini akan melakukan interaksi dan membantu proses pengomposan material organik seperti daun-daun, sisa-sisa dahan dan ranting, rerumputan, jerami, buah yang telah busuk ataupun sangat matang, limbah kotoran hewan, dsb (Istnaeny Hudha dkk., 2022). Mikroorganisme lokal dapat dibuat menggunakan bahan-bahan alami contohnya berbagai limbah buah seperti limbah buah pisang, pepaya, air kelapa, rebung, dan juga limbah basah dapur seperti sisa makanan, tulang ikan, sisa sayur, dst. Berbagai bahan tersebut dapat dikombinasikan dengan mencampurkan bahan lainnya untuk memperoleh kandungan mikroorganisme yang lebih banyak lagi. Semakin besar jumlah mikroorganisme yang terkandung pada bahan maka proses laju pendegradasian atau pengomposan bahan organik akan semakin cepat pula. Kandungan mikroorganisme dalam MOL ini dapat digunakan sebagai starter pada pembuatan kompos, pupuk, ataupun pestisida alami. Dengan memanfaatkan material alami yang disediakan oleh alam, biaya yang digunakan dalam pembuatan MOL akan lebih ekonomis sehingga dapat menghemat dalam pemakaian pupuk kimia yang lebih mahal. Selain pembuatannya mudah, waktu pembuatan mol sebagai bioaktivator alami juga relatif singkat dan penggunaannya dinilai ramah lingkungan (Vina Nur Isra, 2016).

Dalam membuat mikroorganisme lokal (MOL), pertama-tama bahan atau material berupa limbah organik perlu dihaluskan lalu dimasukkan ke dalam wadah plastik tertutup kemudian dilakukan penambahan sumber energi pertumbuhan mikroba di dalamnya berupa larutan glukosa. Setelah itu larutan difermentasikan dengan cara dibiarkan selama beberapa hari. Pada penelitian Said, 2020, mol bonggol pisang dibuat dengan cara menambahkan gula merah yang berperan sebagai sumber energi bakteri (glukosa) dan juga air cucian beras yang berfungsi sebagai sumber karbohidrat untuk mikroba. Semua bahan dicampur lalu dihomogenkan secara merata dengan mengaduknya lalu disimpan pada



tempat yang tidak terkena cahaya matahari langsung (gelap atau tertutup). Larutan mol lalu difermentasikan hingga 14 hari (Susanti dkk., 2021).

b. Manfaat Mikroorganisme Lokal (MOL)

Bioaktivator dapat diperoleh dengan memanfaatkan MOL yang dapat dijadikan sebagai upaya alternatif dalam menciptakan produksi pertanian yang berkelanjutan dan ramah lingkungan melalui pengurangan ketergantungan terhadap pada pupuk kimia dan penggunaan pestisida sintetik. Cairan MOL mengandung zat gizi mikro yang berperan penting terhadap kesuburan tanaman yakni diantaranya adalah zat pengatur tumbuh (Giberellin, Auksin, dan Sitokinin), kalsium (Ca), zat besi (Fe), seng (Zn), mangan (Mn), dan magnesium (Mg), juga bakteri-bakteri *Aspergillus* sp., *Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp., *Aeromonas* sp., *Bacillus* sp., *Lactobacillus* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Saccharomyces* sp. Tidak hanya itu terdapat berbagai jenis mikroba bermanfaat di dalam MOL seperti Mikroba selulolisis dan mikroba yang dapat melarutkan fosfat. Mikroorganisme ini bisa didapatkan dengan memanfaatkan berbagai limbah organik yang tersedia. Selain itu di dalam MOL juga memiliki kandungan makronutrien diantaranya yakni N-P-K (Nitrogen, Phosfor, dan Kalsium) (Septiani dkk., 2022).

2.6 Karakteristik Aktivator Limbah Buah Pisang raja (*Musa paradisiaca* L.)

Pada buah terkandung banyak zat makanan yang dapat digunakan oleh berbagai mikroorganisme menguntungkan contohnya bakteri dan fungi yang sangat berperan aktif pada proses pembuatan kompos (Kartika, 2021). Buah Pisang merupakan satu contoh tanaman yang tumbuh subur pada daerah ber iklim tropis, dan paling banyak diperdagangkan dan digemari secara merata oleh para konsumen di seluruh Indonesia (Kartika, 2021). Sehingga negara ini memiliki potensi berperan sebagai negara pengekspor pisang dengan jumlah yang besar karena

keragaman kultivar pisang yang tinggi. Adapun telah diketahui ada lebih dari 352 macam kultivar pisang di Indonesia, baik itu pisang yang aya maupun pisang yang dibiarkan tumbuh liar (Sanatang & Purnama,



2023). Menurut data badan pusat statistik mengenai produksi tanaman buah-buahan tahun 2022, terdapat sebanyak 177.727,00 ton produksi buah pisang di Sulawesi-selatan dan ada sebanyak 9.245.427,00 ton total produksi buah pisang di Indonesia per tahun (BPS, 2022) dimana produksi ini mengalami peningkatan dari tahun sebelumnya yakni sebanyak 8.741.147,00 ton per tahun (BPS, 2021).

Menurut (Wekti dan Khanifa, 2019), Buah pisang tergolong kedalam buah klimaterik, dimana proses pematangan dan respirasinya akan terus berjalan bahkan setelah dipetik. Pisang yang memiliki kualitas baik akan dipilih oleh konsumen, sedangkan pisang yang kualitasnya dinilai kurang baik biasanya dijadikan pakan burung ataupun ditumpuk dan terbuang menjadi limbah oleh para pedagang. Melihat hal tersebut kondisi seperti ini jika tidak dilakukan suatu penanganan tepat tentu saja akan menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan contohnya dapat menurunkan estetika lingkungan karena dapat menimbulkan bau tidak sedap dan menciptakan vektor penyakit (Kartika, 2021). Kelimpahan produksi buah pisang tersebut jika tidak ditangani dan dimanfaatkan secara maksimal akan di khawatirkan dapat menimbulkan permasalahan lingkungan akibat dari potensi sumbangsih aliran limbah organik dari buah maupun kulit pisang yang belum termanfaatkan dengan maksimal (Sanatang & Purnama, 2023).

Dalam (Proverawati dkk., 2019) disebutkan di dalam buah pisang (*Musaceae.sp*) terkandung nutrisi yang lebih tinggi (sebagai contoh kandungan karbohidrat dapat mencapai 18,50 %) dibandingkan dengan beberapa jenis buah-buahan lainnya. Selain buahnya yang sering kali terbuang ketika membusuk, kulit pisang merupakan bagian dari limbah buah pisang yang terbuang dengan jumlah cukup tinggi, yakni sekitar 1/3 bagian dari buah pisang yang belum di kupas. Karbohidrat yang terkandung pada kulit buah pisang merupakan amilum (pati) yang tidak dapat larut dalam air, memiliki bentuk bubuk putih, tawar/tidak berasa, dan tak berbau. Dalam jangka Panjang, tumbuhan menggunakan pati untuk menyimpan kelebihan glukosa, sedangkan untuk hewan dan manusia pati berfungsi sebagai sumber energi utama, yang bahkan dapat dijadikan sebagai bahan makanan pokok

vati dkk., 2019).

ah satu jenis pisang yang digandrungi peminat di Indonesia adalah pisang *sa paradisiaca L.*). Pisang Raja banyak ditemukan di Indonesia, melihat



Indonesia sendiri merupakan salah satu negara yang memproduksi buah pisang terbesar di dunia. Buah pisang raja dapat dikonsumsi secara langsung ataupun diolah kembali menjadi berbagai olahan makanan lainnya (Aziz dkk., 2019). Pisang raja yang masak ditandai dengan warna kuning dan mempunyai bagian kulit yang tebal, buahnya terasa manis juga sedikit berasa asam (Hapsari and Lestari 2016).

Tabel 8. Klasifikasi Botani Buah Pisang Raja

Tingkatan	Pisang Raja
Kerajaan	Plantae
Divisi	Magnoliophyt
Kelas	Liliopsida
Ordo	Musales
Famili	Musaceae
Genus	Musa
Spesies	<i>Musa paradisiaca</i> L

Sumber: (Kurnianto dkk., 2023)

Tanaman buah pisang sebagai contoh jenis buah yang selain mengandung jumlah vitamin yang tinggi juga memiliki berbagai kandungan lainnya yang memiliki banyak manfaat. Adapun kandungan zat gizi yang tinggi dibawa oleh buah pisang raja per 100 gram bahan adalah sebagai berikut sebagai berikut (Kurnianto dkk., 2023):

Tabel 9. Komponen Zat Gizi Buah Pisang /100 gram bahan

Kandungan Gizi	Konsentrasi
Kalori	90 kkal
Karbohidrat	22.84 g
Gula	12,23 g
Serat	2,26 g
Lemak	0,33 g
Protein	1.09 g
Riboflavin (vit B2)	0,073 mg
Tiamin (vit B1)	0.031 mg
Asam Pantotenat (vit B5)	0.334 mg
Niasin (vit B2)	0 665 mg
Vitamin C	0,26 mg
Vitamin A	3 µg
Vitamin (vit B6)	0,367 mg
Folat (vit B9)	20 µg
Magnesium	27 mg
Calcium	0,15 mg
Iron	5 mg
Zinc	8,7 mg
Copper	22 mg
Selenium	358 mg

Sumber: (Kurnianto dkk., 2023)



Selain itu berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Proverawati dkk., 2019) dimana dapat diketahui dari beberapa jenis kulit pisang yang diuji dan diteliti maka kandungan kadar abu, protein, dan karbohidrat tertinggi ditemukan pada kulit pisang Raja:

Tabel 10. Karakteristik kimia Beberapa Jenis Kulit Pisang

No.	Karakteristik Kimia	Jenis Pisang		
		Ambon	Kepok	Raja
1.	Kadar Air	69.93	69.45	61,60
2.	Kadar Abu	3,22	2,56	4,23
3.	Kadar Lemak	1.38	0,98	3,41
4.	Kadar Protein	1.30	1.50	3,12
5.	Kadar Serat	12,02	10,44	9,55
6.	Karbohidrat	25,08	25,35	27,64
7.	Pektin	1,00	1,08	1,08

Sumber: (Proverawati dkk., 2019)

Unsur yang bermanfaat dalam buah pisang tersebut seperti karbohidrat dan protein dapat berfungsi sebagai nutrisi bagi bakteri untuk bertumbuh dan berkembang (Sanatang & Purnama, 2023). Selain itu untuk kadar abu sendiri menjadi parameter kandungan mineral yang berada dalam suatu bahan pangan. Kadar abu tersebut merupakan residu an-organik yang tertinggal pada suatu bahan pangan setelah dibakar. Sehingga semakin tinggi kadar abunya maka kandungan mineral yang terkandung pada bahan tersebut akan semakin tinggi pula. Juga dapat mempengaruhi nilai gizi yang terkandung pada bahan tersebut (Proverawati dkk., 2019).

Adapun berikut merupakan Data Produksi Pisang Provinsi Sulawesi Selatan Menurut Beberapa contoh Kabupaten/Kota (Kuintal) berdasarkan data Badan Pusat Statistik Sulawesi Selatan (2023):

Tabel 11. Produksi Pisang Provinsi Sulawesi Selatan Menurut Kabupaten/Kota (Kuintal)

No.	Kabupaten/Kota	Produksi Pisang Provinsi Sulawesi Selatan (Kuintal)		
		2018	2019	2020
	Gowa	181.391	176.529	102.731
	Makassar	4.570	846	1.234
	Pare Pare	1.413	892	996
	Bulukumba	16.376	16.528	26.349



No.	Kabupaten/Kota	Produksi Pisang Provinsi Sulawesi Selatan (Kuintal)		
		2018	2019	2020
5.	Bantaeng	15.531	19.094	34.406
6.	Jeneponto	34.040	27.249	27.927
7.	Maros	54.503	59.284	64.612
8.	ana Toraja	10.327	7.760	9.130
9.	Luwu Utara	16.439	26.061	35.786
10.	Luwu Timur	52.201	67.411	71.502
11.	Toraja Utara	10.797	12.304	24.497
12.	SULAWESI SELATAN	1.360.994	1.424.924	1.465.395

Sumber: Badan Pusat Statistik Sulawesi Selatan (2023)

Selanjutnya berikut merupakan perbandingan Data Produksi Buah Pisang di berbagai Provinsi di Indonesia (Ton) berdasarkan data Badan Pusat Statistik Indonesia (2023):

Tabel 12. Produksi Buah Pisang di berbagai Provinsi di Indonesia (Ton)

No.	Kabupaten/Kota	Produksi Pisang 2022 (Ton)
1.	Sulawesi Utara	81.126,00
2.	Sulawesi Tengah	20.845,00
3.	Sulawesi Selatan	177.727,00
4.	Sulawesi Tenggara	49.496,00
5.	Sulawesi Barat	144.785,00
6.	DKI Jakarta	2.962,00
7.	Jawa Barat	1.317.558,00
8.	Jawa Tengah	999.739,00
9.	Jawa Timur	2.626.582,00
10.	Sumatera Selatan	334.145,00
11.	Sumatera Utara	164.533,00
12.	Kep. Riau	954,00
13.	Indonesia	9.245.427,00

Sumber: Badan Pusat Statistik Sulawesi (2023)

2.7 Efektivitas Bioaktivator

Sejatinya suatu pengomposan dapat terjadi secara alami, kendati demikian proses dan waktu pengomposan dapat berlangsung sangat lama dengan proses alami tersebut, sehingga penambahan suatu bioaktivator diharapkan dapat meningkatkan proses dan waktu pengomposan juga dapat meningkatkan kualitas kompos. Terdapat mikroorganisme menguntungkan terkandung dalam bioaktivator, sehingga ketika diaplikasikan pada tanaman dapat berguna dalam



meningkatkan kualitas suatu tanaman itu sendiri. Bioaktivator yang umum digunakan di pasaran secara komersial selama ini sebagai contoh yakni EM4 (*effective microorganism*), *trichoderma*, *stardec*, *biocom* dst. Namun sebenarnya bioaktivator ini dapat dibuat juga dengan mengolah bahan limbah organik sebagai contoh yakni limbah buah-buahan dan berbagai macam limbah organik lainnya yang biasa dikenal sebagai bioaktivator alami. Limbah organik seperti buah-buahan ini mudah hancur dan mengalami dekomposisi atau penghancuran dan mengalami pembusukan. Dengan peralatan dan teknologi yang sederhana, limbah organik buah-buahan dapat diolah menjadi bioaktivator (Kartika, 2021).

Dalam mengolah limbah menjadi pupuk kompos akan lebih efektif apabila dilakukan dengan menambahkan bioaktivator komersial yakni Efektif Mikroorganisme 4 (EM4) berfungsi menjadi sumber bakteri pengurai. Aktivator EM4 merupakan kultur campuran berasal dari mikroorganisme yang jika digunakan dalam proses pengolahan bahan limbah menjadi kompos akan menghasilkan proses yang lebih cepat jika dibandingkan dengan menggunakan pengolahan limbah secara konvensional (tradisional). Pada EM4 terkandung 90% bakteri *Lactobacillus* sp dan tiga jenis mikroorganisme lainnya, yaitu *Streptomyces* sp, bakteri fotosintetik, dan ragi. EM4 memiliki kemampuan untuk merangsang tumbuh, kembang berbagai mikroorganisme yang bermanfaat contohnya bakteri pengikat nitrogen dan pelarut fosfat, serta mikroorganisme yang memiliki sifat sebagai racun terhadap patogen. Selain EM4 tersebut, proses penguraian dan pengomposan ini dapat juga dilakukan dengan memanfaatkan bantuan bioaktivator lokal yang dikenal sebagai mikroorganisme lokal (MOL). Mol digunakan sebagai mikroorganisme starter yang dapat di dapatkan dengan cara memanfaatkan berbagai bahan organik di lingkungan dengan catatan bahan tersebut mampu berperan sebagai media hidup dan berkembangnya mikroorganisme yang berguna sebagai decomposer dan berperan aktif dalam mempercepat penguraian bahan atau material organik. Di dalam MOL terkandung bakteri dan berbagai unsur hara mikro dan juga makro yang memiliki potensi sebagai bioaktivator pengurai, perangsang tanaman dan berperan sebagai organik (Subula dkk., 2022).

dasarakan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yakni bahasan yang dilakukan oleh (Subula dkk., 2022), dicantumkan informasi



dimana peneliti melakukan analisis terhadap perbedaan fisik dan kimia antara kompos daun antara dengan menggunakan bioaktivator MOL nasi basi dan bioaktivator EM4. Ternyata diperoleh hasil penelitian bahwa kualitas hasil kompos dilihat baik dari segi sifat fisik maupun dari sifat kimia kompos dari penambahan bioaktivator MOL nasi basi ternyata tidak jauh berbeda dari hasil kompos dengan penambahan EM4. Kedua hasil kompos pada penelitian ini masuk kategori layak sesuai standar SNI. Sehingga dalam merujuk dalam melihat efektivitas bioaktivator terhadap hasil penelitian tersebut, ditemukan keefektifan bioaktivator komersial (EM4) dan bioaktivator alami (MOL) dalam menghasilkan kompos yang memenuhi SNI yang telah ditetapkan sebagai parameter kelayakan kualitas kompos yang dihasilkan dalam penggunaannya.

2.8 Reaktor Komposter

Reaktor adalah suatu alat pemrosesan yang dikenal sebagai tempat dimana suatu reaksi terjadi atau sedang berlangsung. Reaksi ini dapat berupa baik adalah reaksi kimia ataupun reaksi nuklir yang bukan terjadi secara fisika. Reaktor kimia merupakan segala tempat atau wadah dimana reaksi kimia berlangsung atau terjadi, baik dalam ukuran kecil sebagai contoh pada tabung reaksi hingga yang berukuran lebih besar contohnya reaktor skala industri. Reaktor merupakan jantung dari suatu proses kimia. Bahan-bahan akan diubah menjadi suatu produk melalui proses yang dilakukan pada tempat yang disebut reaktor. Dalam perancangan pembuatan reaktor untuk industri kimia perlu memenuhi keperluan: Faktor kimia, faktor transfer massa, faktor transfer panas, dan faktor keselamatan. Perubahan energi yang terjadi dalam suatu reaktor kimia dapat terjadi karena adanya suatu kondisi penambahan panas maupun pendinginan, penambahan ataupun pengurangan tekanan, dan juga akibat adanya gaya gesekan antar pengaduk dan cairan (Wahyuningsi & Amna, 2020). Dibawah ini merupakan beberapa macam jenis reaktor:

1. Reaktor Batch: Reaktor jenis ini merupakan reaktor yang digunakan sebagai meningkatkan selektivitas reaksi fase cair.



2. Reaktor Kontinyu: Reaktor kontinyu adalah jenis reaktor yang beroperasi secara terus-menerus (kontinyu) dimana reaktan akan terus mengalir yang diikuti dengan reaksi disepanjang reaktor.

3. Bioreaktor: Reaktor ini terjadi secara biologis dan merupakan tempat terjadinya proses biologis secara anaerob dan aerob berlangsung contohnya seperti fermentasi dan pengomposan.

Pengolahan limbah organik dalam keperluan pembuatan dan pembentukan kompos dapat dilakukan dengan sederhana, yaitu cukup menggunakan teknologi komposter yang bisa terbuat dari tong maupun ember. Komposter tersebut dapat bersifat aerob, ataupun secara anaerob dan juga semi anaerob. Secara alami sampah dan bahan organik ini akan melalui penguraian di alam dibantu oleh mikroba dan biota tanah lainnya. Kendati demikian proses pengomposan yang terjadi secara alami ini akan memerlukan waktu yang lama dan berlangsung lambat. Sehingga untuk mempercepat proses pengomposan tersebut maka telah banyak berkembang pilihan teknologi-teknologi pengomposan yang dapat dipilih. Baik pengomposan itu menggunakan teknologi sederhana, teknologi sedang, hingga teknologi tinggi. Pada prinsipnya pengembangan teknologi pengomposan ini di dasarkan pada proses penguraian atau dekomposisi bahan organik yang berlangsung secara alami. Proses penguraian dapat dioptimalkan sedemikian rupa agar pengomposan dapat berjalan secara lebih cepat dan efisien. Teknologi pengomposan pada saat ini dinilai sangat penting utamanya dalam upaya penanganan permasalahan sampah organik, seperti dalam mengatasi masalah sampah di perkotaan besar, masalah limbah organik industri, dan juga limbah pertanian dan perkebunan (Utomo & Nurdiana, 2018).

Salah satu komposter terkenal adalah model *Johnson-Su Composting Bioreactor*. Reaktor ini dilahirkan menggantikan proses pengomposan konvensional seperti secara windrow yang tidak memungkinkan kompos terdegradasi secara memadai dan akan menghasilkan kompos yang belum matang dan dalam beberapa kasus dapat merugikan pertumbuhan tanaman.





(a).

Sebagian besar metodologi pengomposan konvensional memerlukan perhatian ekstra dalam pembuatan tumpukan dan keperluan pembalikan secara berkala. Selain itu metode lama ini dapat menghasilkan bau yang tidak diinginkan, mengundang lalat, dan menimbulkan masalah lainnya. Sebaliknya model tumpukan dengan bioreaktor Johnson-Su tidak perlu dibolak-balik, tidak berbau, dan tidak mengundang vektor seperti lalat. Rancangan reaktor ini memungkinkan bahan untuk dikomposkan secara aerobik, memungkinkan penguraian biologis lengkap dari bahan kompos dan menghasilkan produk kompos yang beragam secara mikroba maupun dominan jamur. Produk akhir kompos yang dihasilkan memiliki konsistensi tanah liat saat matang. Kompos dari bioreaktor pengomposan Johnson-Su memiliki reaktor dengan model tabung, dengan jalur udara dan air dibawahnya, serta terdapat penancapan pipa PVC ditengah reaktor sebagai jalur akses udara masuk dan pengairan merata keseluruhan bagian tumpukan kompos dalam reaktor, terlihat seperti dibawah ini.



(b).

Bioreaktor Komposter Johnson-Su (a). tampak depan; (b). tampak atas

Sumber: David Johnson dan Patrick DeSimio, 2017

