

**PENGARUH LAMA FERMENTASI LIMBAH KULIT  
KAKAO**  
*(Thebroma cacao L.)* TERHADAP KUALITAS PUPUK  
ORGANIK PADAT (POP) DI KABUPATEN BULUNGAN  
PROVINSI KALIMANTAN UTARA

**SKRIPSI**



**Oleh**

**SITI AYU WANIRA**  
**NPM. 202031004**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI**

**FAKULTAS PERTANIAN**

**UNIVERSITAS KALTARA**

**TANJUNG SELOR**

**2026**



**PENGARUH LAMA FERMENTASI LIMBAH KULIT KAKAO (*Thebroma cacao L*) TERHADAP KUALITAS PUPUK ORGANIK PADAT (POP) DI KABUPATEN BULUNGAN PROVINSI KALIMANTAN UTARA**

**SKRIPSI**

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Pada Program  
Sarjana Universitas Kaltara Tanjung Selor



Oleh

**SITI AYU WANIRA**  
**NPM. 202031004**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI**

**FAKULTAS PERTANIAN**

**UNIVERSITAS KALTARA**

**TANJUNG SELOR**

## **SURAT PERYATAAN SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : SITI AYU WANIRA

NPM : 202031004

Jurusan /Program Studi : Agroteknologi

Menyatakan bawah skripsi yang berjudul

**“PENGARUH LAMA FERMENTASI LIMBAH KULIT KAKAO (*Thebroma cacao* L) TERHADAP KUALITAS PUPUK ORGANIK PADAT (POP) DI KABUPATEN BULUNGAN PROVINSI KALIMANTAN UTARA”** merupakan karya tulis yang saya buat sendiri pada tahun 2025, bila ternyata dari persyatan saya tidak benar, maka saya sanggup menerima sanksi akademik apapun yang di terapkan oleh Universitas Kaltara Tanjung Selor.

Tanjung Selor, 11 Januari 2026

Yang menyatakan,



Siti Ayu Wanira  
**NPM : 202031004**

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Pengaruh Lama Fermentasi Limbah Kulit Kakao (*Thebroma cacao L*) Terhadap Kualitas Pupuk Organik Padat (POP) di Kabupaten Bulungan Provinsi Kalimantan Utara

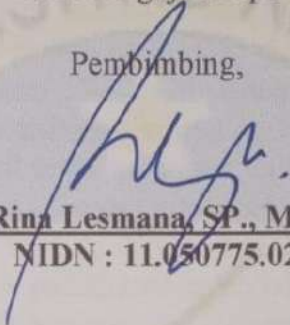
Nama Mahasiswa : Siti Ayu Wanira

NPM : 202031004

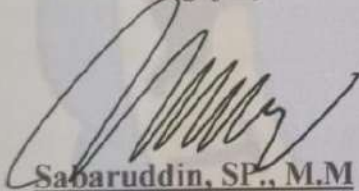
Program Studi : Agroteknologi

Tim Penguji Skripsi

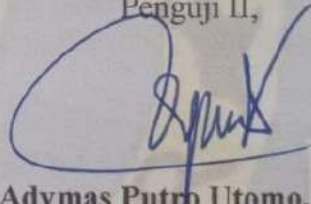
Pembimbing,

  
Rina Lesmana, SP., MM  
NIDN : 11.050775.02

Penguji I,

  
Sabaruddin, SP., M.M  
NIDN : 11.130380.01

Penguji II,

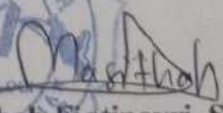
  
Advmas Putro Utomo, M.T  
NIDN : 11.111186.03

Mengetahui :

Dekan,

  
Rina Lesmana, SP., M.M  
NIDN : 11.050775.02

Ketua Jurusan Agroteknologi,

  
Siti Masithah Fiqtinovri, S.TP., M.Sc.  
NIDN : 11.131189.01

## ABSTRAK

SITI AYU WANIRA 202031004 Pengaruh Lama Fermentasi Limbah Kulit Kakao (*Theobroma cacao* L.) Terhadap Kualitas Pupuk organik Padat (POP) di Kabupaten Bulungan Provinsi Kalimantan Utara Dibawah bimbingan Rina Lesmana S,P., M.M Limbah kulit kakao (*Theobroma cacao* L) merupakan salah satu bahan organik potensial yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik padat melalui proses fermentasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama fermentasi terhadap kandungan unsur hara (C-organik, N, P, K), rasio C/N, dan pH dalam pupuk organik padat, serta menilai kesesuaiannya terhadap standar mutu teknis pupuk organik berdasarkan SNI 19-7030-2004. Penelitian dilaksanakan pada bulan (bulan mei tahun 2025) bertempat di (Tanjung selor bulungan) Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan waktu fermentasi, yaitu P1 (28 hari), P2 (35 hari), dan P3 (42 hari), dengan tiga kali ulangan sehingga diperoleh sembilan percobaan. Data dianalisis menggunakan sidik ragam (ANOVA) dan dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama fermentasi berpengaruh nyata terhadap semua parameter yang diamati. Perlakuan P2 (35 hari) memberikan hasil terbaik dengan kandungan C-organik 32,17%, Ntotal 1,06%, rasio C/N 30,41, serta nilai pH 6,07 yang mendekati netral. Berdasarkan SNI 19-7030-2004, seluruh perlakuan telah memenuhi syarat minimum mutu pupuk organik padat, namun perlakuan P2 menghasilkan kualitas terbaik secara keseluruhan. Oleh karena itu, fermentasi selama 35 hari merupakan waktu yang paling optimal untuk menghasilkan pupuk organik padat dari limbah kulit kakao.(*theobroma cacao* L)

Kata kunci :

Fermentasi Kulit Kakao. Pupuk



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, dengan segala berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul **“pengaruh Lama Fermentasi Limbah Kulit kakao (*Thebroma cacao L*) terhadap kualitas pupuk organik padat (POP)”** Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di program strata satu (S-1) Fakultas Pertanian Universitas Kaltara

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Didi Adriansyah, S.TP., M.M. Selaku Rektor Universitas Kaltara Tanjung Selor.
2. Ibu Rina Lesmana, S.P., MM. Selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Kaltara Tanjung Selor.
3. Ibu Siti Matsithah Fiqtinovri, S.TP., M.Sc. Selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Kaltara Tanjung Selor.
4. Ibu Tati Hariyati, S.P., M.P. Selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membantu penulis hingga tahap ini.
5. Ibu Rina Lesmana, S.P., MM. selaku selaku dosen pembimbing utama yang memberikan saran dan motivasi kepada penulis mulai dari persiapan dan selama penelitian hingga penyelesaian skripsi. uh dengan kesabaran telah memberikan arahan, bimbingan
6. Bapak Sabarudin, S.P., M.M. selaku dosen penguji 1 yang telah memberikan nasehat dan meluangkan waktu untuk membimbing penulis dengan penuh kesabaran.
7. Bapak Adymas Putro Utomo, S.P., M.T. selaku dosen penguj 2 yang telah memberikan masukan dan pengarahan guna memyempurnakan penulis skripsi ini.
8. Dosen di Fakultas Pertanian Universitas Kaltara Tanjung Selor yang telah memberikan ilmu, membimbing baik secara moril maupun spiritual kepada

penulis selama mengikuti studi di Fakultas Pertanian Universitas Kaltara Tanjung Selor.

9. Orang tua yang telah memberikan bantuan financial, dukungan, semangat serta doa yang tiada hentinya kepada penulis.
10. Teman-teman Fakultas Pertanian yang saat ini sama-sama berjuang untuk masa depan.

Penulis menyadari proposal skripsi ini tidak luput dari berbagai kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikannya sehingga proposal skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Tanjung Selor, 20 Agustus 2025

Penulis

## RIWAYAT HIDUP



SITI AYU WANIRA lahir kalimantan Utara kabupaten tana tideng pada tanggal 7 april 2000, Di lahirkan sebagai anak ke 2 dari 2 bersaudara dari Bapak Abdul Kadir Dan Ibu Yatmini.

Pendidikan formal dimulai di sekolah Dasar Negeri 002

Sedulun dan lulus pada tahun 2008, kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 01 Tana Tideng dan lulus tahun 2017, kemudian melanjutkan lagi pendidikan di SMA Negeri 01 Tana tideng dan lulus tahun 2020.

Setelah berhasil lulus kemudian pada tahun 2020 melanjutkan ke perguruan tinggi Kalimantan Utara di Universitas Kaltara Tanjung Selor dan mengambil jurusan pertanian Fakultas pertanian Program Studi S1 agroteknologi.

## DAFTAR ISI

|                             |             |
|-----------------------------|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>  | <b>i</b>    |
| <b>ABSTRAK.....</b>         | <b>ii</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b> | <b>v</b>    |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>     | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>   | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>  | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b> | <b>xii</b>  |

## **I. PENDAHULUAN**

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang .....       | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah .....      | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....    | 2 |
| 1.4 Hipotesis Penelitian ..... | 3 |

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 Tanaman Kakao ( <i>Thebroma cacao L</i> ) .....                     | 4  |
| 2.1.1. Panen Kakao .....                                                | 6  |
| 2.1.1. Limbah Kulit Kakao .....                                         | 7  |
| 2.2 Pupuk Organik .....                                                 | 8  |
| 2.2.1. Pupuk Padat .....                                                | 10 |
| 2.2.2. Sumber Pupuk Organik Padat.....                                  | 10 |
| 2.2.3. Standar Nasional Indonesia untuk Pupuk Organik Padat (POP) ..... | 11 |
| 2.3 Efektifitas Mikroorganisme (EM4) .....                              | 12 |
| 2.4 Fermentasi .....                                                    | 12 |
| 2.5 Unsur Hara .....                                                    | 13 |
| 2.5.1 Nitrogen (N) .....                                                | 14 |
| 2.5.2 Phospor (P) .....                                                 | 15 |
| 2.5.3 Kalium (K).....                                                   | 16 |
| 2.5.4 pH ( <i>Potential Hydrogen</i> ) .....                            | 18 |
| 2.5.5 C-Organik .....                                                   | 18 |

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 2.5.6 C/N Rasio ..... | 20 |
|-----------------------|----|

### **III. METODELOGI PENELITIAN**

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....                    | 21 |
| 3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....                      | 21 |
| 3.2.1 Pengumpulan Alat dan Bahan Penelitian .....        | 21 |
| 3.3 metode penelitian .....                              | 21 |
| 3.4 Proses Pembuatan Fermentasi Limbah Kulit Kakao ..... | 22 |
| 3.5 Diagram Alir .....                                   | 23 |
| 3.6 Parameter Pengamatan .....                           | 24 |
| 3.6.1 Parameter Uji Laboratorium .....                   | 23 |
| 3.6.2 Parameter Yang di Uji secara Mandiri .....         | 24 |
| 3.6 Analisis Data .....                                  | 25 |

### **IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| 4.1. Hasil Uji BNT 5% .....                  | 28 |
| 4.1.1. Hasil uji C-Organik .....             | 28 |
| 4.1.2. Hasil Uji C/N Rasio .....             | 29 |
| 4.1.3. Hasil Uji N Total .....               | 28 |
| 4.1.4. Hasil Uji Fosfor .....                | 30 |
| 4.1.5. Hasil Uji Kalium .....                | 30 |
| 4.1.6. Hasil Uji pH .....                    | 31 |
| 4.2. Hasil POP Fermentasi Dengan SNI.....    | 32 |
| 4.2.1. Nilai C-Organik Berdasarkan SNI ..... | 32 |
| 4.2.2. Nilai C/N Rasio Berdasarkan SNI.....  | 34 |
| 4.2.3. Nilai Nitrogen Berdasarkan SNI .....  | 36 |
| 4.2.4. Nilai Fosfor Berdasarkan SNI .....    | 37 |

|                                           |           |
|-------------------------------------------|-----------|
| 4.2.5. Nilai Kalium Berdasarkan SNI ..... | 40        |
| 4.2.6. Nilai pH Berdasarkan SNI.....      | 42        |
| <b>V PENUTUP .....</b>                    | <b>44</b> |
| 5.1. Kesimpulan.....                      | 44        |
| 5.2. Saran .....                          |           |
| 42 .....                                  | 45        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>               | <b>46</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                      | <b>49</b> |

## DAFTAR TABEL

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Persyaratan Teknis Minimal Mutu Pupuk Organik Padat .....             |    |
| 16                                                                       |    |
| 2. Rancangan Penelitian Terdiri dari (3) Perlakuan dan (3) ulangan ..... | 22 |
| 3. hasil uji laboratorium C/Organik. ....                                | 26 |
| 4. Hasil Rata-Rata C/N Rasio Selama Proses Fermentasi .....              | 27 |
| 5. Hasil Uji Laboratorium N Total .....                                  |    |
| 28                                                                       |    |
| 6. Paired Samples Correlations .....                                     |    |
| 29                                                                       |    |
| 7. Paired Samples Test .....                                             | 30 |

## DAFTAR GAMBAR

|                       |  |
|-----------------------|--|
| 1. Diagram alir ..... |  |
|-----------------------|--|

## 23 DAFTAR LAMPIRAN

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 1. Perhitungan anova C-organik ..... |  |
| 49                                   |  |
| 2. Perhitungan anova C/N rasio.....  |  |
| .....49                              |  |
| 3. Perhitungan anova nitrogen .....  |  |
| 50                                   |  |
| 4. Perhitungan anova fosfor .....    |  |
| 51                                   |  |
| 5. Perhitungan anova kalium .....    |  |
| 51                                   |  |
| 6. Perhitungan anova pH .....        |  |
| 52                                   |  |

| <u>Nomor</u>                                     | <u>Halaman</u> |
|--------------------------------------------------|----------------|
| 7. Hasil Uji Laboratorium 3 Sampel Pupuk.....    |                |
| .....53                                          |                |
| 8. Pengambilan Sampel Kulit Kakao .....          |                |
| 54                                               |                |
| 9. Pengukuran pH Kulit Kakao .....               |                |
| 55                                               |                |
| 10. Proses pengomposan dan Penambahan EM4 .....  |                |
| 55                                               |                |
| 11. Pengemasan dan Pengiriman Sampel Kakao ..... |                |
| 56                                               |                |



## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kakao (*Theobroma cacao L.*) merupakan komoditas perkebunan di Indonesia yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan memberikan kontribusi besar terhadap pembangunan sektor pertanian nasional. Komoditas ini memberikan kesempatan usaha serta menjadi sumber penghidupan bagi jutaan penduduk yang terlibat dalam kegiatan produksi, pengolahan hasil, pemasaran, penyimpanan, hingga ekspor (Fernando, 2019). Kabupaten Bulungan, khususnya di Desa antutan, tanaman kakao menjadi salah satu komoditas unggulan. Pengembangan kakao di desa ini dimulai sejak tahun 2019 melalui program kerja sama antara Dinas Pertanian dan Dinas Perkebunan Kabupaten Bulungan dengan Community Development PT. Pesona Khatulistiwa Nusantara (PKN), serta didampingi oleh UPTD Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Bulungan (Tim Redaksi Berita Bulungan, 2021). Menurut data BPS (2021), produksi kakao di Provinsi Kalimantan Utara mengalami fluktuasi dari tahun ke tahun. Pada tahun 2018, produksi mencapai 1.201 ton, menurun menjadi 1.047 ton pada 2019, dan kembali turun menjadi 941 ton pada 2020. Pada tahun 2021, produksi meningkat sedikit menjadi 996,45 ton. Di Kabupaten Bulungan sendiri, produksi kakao pada tahun 2020 tercatat sebesar 58,90 ton dan menurun menjadi 53,74 ton pada 2021.

Menurut (Siboro *et al.*, 2013) setelah fermentasi, pupuk yang dihasilkan perlu dikeringkan dengan baik. karena kadar air yang tinggi dapat menghambat penyimpanan dan efektivitas penggunaannya. Penggunaan pupuk organik padat pada umumnya memberikan manfaat dalam meningkatkan kesuburan tanah,

memperbaiki struktur tanah, dan mendukung aktivitas mikroorganisme yang bermanfaat.

Kulit kakao diketahui mengandung unsur hara yang baik sehingga berpotensi menjadi bahan baku pupuk organik yang berkualitas (Al, 2013; Awodun & M.A., 2007). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh lama fermentasi terhadap kualitas pupuk organik padat berbahan dasar limbah kulit kakao.

Mengingat potensi besar dari limbah kulit kakao yang belum dikelola secara optimal di Kabupaten Bulungan, perlu dilakukan penelitian yang berjudul "Pengaruh Lama Fermentasi Limbah Kulit Kakao Terhadap Kualitas Pupuk Organik Padat". Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif dalam pengelolaan limbah dan meningkatkan kualitas pupuk organik yang dihasilkan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh lama fermentasi kulit kakao terhadap kandungan unsur hara dalam pupuk organik padat ?
2. Bagaimana perbedaan kualitas pupuk organik padat (POP) yang dihasilkan dari limbah kulit kakao berdasarkan lama fermentasi.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. mengetahui pengaruh lama fermentasi limbah kulit kakao dalam proses pembuatan pupuk organik padat (POP) terhadap kandungan unsur hara dalam pupuk tersebut.
2. Untuk mengetahui perbedaan kualitas pupuk organik padat (POP) yang dihasilkan dari limbah kulit kakao berdasarkan lama fermentasi.

#### **1.4 Hipotesis Penelitian**

1. Terdapat pengaruh lama proses fermentasi pembuatan pupuk organik padat (POP) dari limbah kulit kakao terhadap kandungan unsur hara dalam pupuk.
2. Terdapat perbedaan kualitas pada pupuk organik padat (POP) yang dihasilkan dari limbah kulit kakao berdasarkan lama fermentasi





## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L)

Kakao merupakan satu-satunya di antara 22 jenis marga *Theobroma*, suku *Sterculiaceae* yang diusahakan secara komersial. sistematika tanaman kakao ini sebagai berikut :

|              |                             |
|--------------|-----------------------------|
| Kingdom      | : <i>Plantae</i>            |
| Division     | : <i>Spermatophyta</i>      |
| Sub-division | : <i>Angiospermae</i>       |
| Class        | : <i>Dicotyledoneae</i>     |
| Sub-class    | : <i>Dialypetalae</i>       |
| Ordo         | : <i>Malvales</i>           |
| Family       | : <i>Sterculiaceae</i>      |
| Genus        | : <i>Theobroma</i>          |
| Species      | : <i>Theobroma cacao</i> L. |

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) memiliki morfologi khas yang terdiri dari beberapa bagian penting seperti akar, batang, dan cabang. Sistem perakarannya tumbuh secara lateral di dekat permukaan tanah, dengan sebagian besar akar berada pada kedalaman sekitar 0–10 cm. Akar tanaman kakao mampu berkembang menyamping hingga 8 meter dan menembus ke dalam tanah hingga kedalaman 15 meter.

Tanaman kakao yang diperbanyak secara vegetatif pada fase awal pertumbuhannya tidak membentuk akar tunggang, melainkan menghasilkan banyak akar serabut. Namun, seiring pertumbuhan, tanaman tersebut akan

membentuk dua akar yang menyerupai akar tunggang sebagai penopang utama (sumarna, 2011).

Batang tanaman kakao memiliki karakteristik unik. Tunasnya terbagi menjadi dua jenis, yaitu tunas ortotrop yang tumbuh tegak ke atas, dan tunas plagiotrop yang tumbuh menyamping. Setelah tanaman mencapai tinggi sekitar 0,9–1,5 meter, pertumbuhan vertikalnya akan berhenti dan membentuk percabangan utama yang disebut jorket (*lorquette*) yaitu titik percabangan antara batang utama dan cabang plagiotrop (Karmawati, 2010). Daun tanaman kakao (*Theobroma cacao L.*) memiliki variasi warna dari merah muda hingga hijau pucat pada fase muda. Tangkai daun pada tunas ortotrop umumnya lebih panjang, yaitu sekitar 7,5–10 cm, dibandingkan dengan tangkai daun pada tunas plagiotrop yang hanya sekitar 2,5 cm. Daun kakao juga dilengkapi dengan pulvinus, yaitu persendian pada tangkai daun yang memungkinkan penyesuaian arah daun terhadap intensitas cahaya matahari.

Bunga kakao muncul dari ketiak daun pada batang dan cabang, dan setiap pohon dapat menghasilkan hingga 10.000 bunga per tahun. Bunga kakao berwarna putih kemerahan, tidak berbau, dan bersifat *hermafrodit*. Buah kakao mengalami perubahan warna dari hijau (atau merah pada beberapa varietas) saat muda menjadi kuning atau jingga saat matang. Buah akan matang setelah berumur sekitar 5–6 bulan sejak pembungaan. Ukuran buah bervariasi dengan panjang berkisar antara 10–30 cm dan diameter 7–15 cm.

Di dalam buah terdapat biji yang dilindungi oleh daging buah (*pulp*) berwarna putih dengan ketebalan yang bervariasi antara tebal dan tipis. Rasa daging buah cenderung asam manis dan mengandung zat penghambat perkecambahan. Di

bagian dalam pulp terdapat kulit biji yang membungkus dua kotiledon dan embrio (Steinbrecher & Leubner-Metzger, 2018). Tanaman kakao memerlukan kondisi tanah yang gembur dan sistem drainase yang baik. pH tanah yang ideal untuk pertumbuhannya berkisar antara 6-7. Kakao tumbuh optimal pada ketinggian 0-600 meter di atas permukaan laut dengan curah hujan 1.500-2.000 mm per tahun yang merata. Suhu ideal untuk pertumbuhannya adalah sekitar 25-27°C, dan tanaman ini memerlukan intensitas cahaya antara 50-70% (Farhanandi & Indah, 2022). Tanaman kakao merupakan salah satu komoditas unggulan Indonesia dan berperan penting dalam perdagangan internasional serta pengembangan agroindustri (Kusmiah *et al.*, 2020).

#### **2.1.1. Panen Kakao**

Panen merupakan tahap awal yang sangat penting dalam menentukan rendemen dan kualitas biji kakao. Tanaman kakao membutuhkan waktu sekitar 5 bulan sejak fase pembungaan hingga buah mencapai kematangan sempurna. Buah yang telah matang ditandai dengan perubahan warna kulit buah yang semula berwarna hijau akan berubah menjadi kuning saat matang, sedangkan buah yang awalnya berwarna merah akan berubah menjadi jingga (Nguyen *et al.*, 2018).

Perubahan warna pada kulit buah kakao ini dipengaruhi oleh keberadaan pigmen alami seperti karotenoid, antosianin, dan pigmen lainnya yang terdapat pada jaringan buah, bunga, daun, batang, maupun akar tanaman (Sampebarra, 2018). Oleh karena itu, ketepatan waktu panen menjadi faktor kunci untuk menghasilkan biji kakao dengan mutu yang optimal. Petani perlu memperhatikan tanda-tanda visual kematangan buah sebelum melakukan pemanenan agar kualitas dan cita rasa kakao dapat terjaga dengan baik. Pascapanen kakao merupakan

serangkaian proses penting yang dilakukan setelah panen hingga biji kakao siap diolah. Tahapan-tahapan seperti fermentasi, sortasi, pengeringan, dan penyangraian harus dilakukan dengan tepat, karena kesalahan dalam proses ini dapat berdampak negatif terhadap mutu biji kakao. Mutu biji kakao sangat menentukan kualitas produk olahan, di mana biji bermutu rendah akan menghasilkan produk yang juga berkualitas rendah (Insani, 2021).

Selain itu, spesifikasi alat dan mesin yang digunakan dalam setiap tahapan pengolahan turut memengaruhi hasil akhir produk. Menurut (Idris, 2019) pelaksanaan proses pascapanen yang baik, termasuk pemeraman buah kakao, berperan penting dalam pembentukan senyawa prekursor cita rasa serta aroma khas kakao. Oleh karena itu, penanganan pascapanen yang tepat sangat diperlukan untuk memperoleh biji kakao yang bermutu tinggi.

#### **2.1.1. Limbah Kulit Kakao**

Limbah merupakan buangan atau sisa yang dihasilkan dari suatu proses atau kegiatan produksi baik yang berasal dari industri, rumah tangga, maupun sektor pertanian. Sampah organik terbagi menjadi dua jenis, yaitu sampah organik basah dan sampah organik kering. Sampah organik basah memiliki kandungan air yang tinggi, contohnya seperti kulit buah dan sisa sayuran. Sedangkan sampah organik kering memiliki kadar air yang rendah, seperti ranting pohon dan daun-daun kering. Sampah organik masih dapat dimanfaatkan kembali apabila dikelola dengan prosedur yang benar. Sampah ini dapat mengalami pelapukan atau dekomposisi secara alami dan terurai menjadi bahan-bahan yang lebih kecil dan tidak berbau.

Kompos merupakan hasil pelapukan sampah organik, di mana proses pelapukannya dipercepat dengan bantuan manusia (H. Liu, 2016).

Limbah kulit buah kakao yang dihasilkan dalam jumlah besar akan menjadi permasalahan lingkungan jika tidak ditangani dengan baik. Produksi limbah padat ini mencapai sekitar 60% dari total produksi buah kakao. Pada dasarnya, kulit buah kakao memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber unsur hara bagi tanaman dalam bentuk kompos, pakan ternak, bahan baku biogas, maupun sumber pektin. Sebagai bahan organik, kulit buah kakao memiliki komposisi hara dan senyawa yang sangat potensial sebagai medium tumbuh tanaman (Soedarsono, 2004).

Buah segar yang menghasilkan limbah kulit kakao tercatat sebesar 75%. Kandungan mineral pada kulit buah kakao cukup tinggi, terutama unsur hara Kalium (K) dan Nitrogen (N). Bahkan, dilaporkan bahwa sekitar 61% dari total nutrisi dalam buah kakao tersimpan di bagian kulit buahnya (geonadi *et al.*, 2000) 2004). menemukan bahwa kandungan hara dalam kompos yang dibuat dari kulit buah kakao meliputi 1,81% Nitrogen (N), 26,61% C-Organik, 0,31% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 6,08% K<sub>2</sub>O, 1,22% CaO, 1,37% MgO, dan rasio C/N sebesar 14,70. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa limbah kulit kakao memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pupuk organik padat.

## **2.2 Pupuk Organik**

Pupuk adalah bahan yang ditambahkan ke dalam tanah atau tanaman dengan tujuan menyediakan unsur hara esensial yang dibutuhkan untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman secara optimal. Unsur hara tersebut

berperan penting dalam berbagai proses fisiologis tanaman, seperti fotosintesis, pertumbuhan akar, pembentukan bunga, hingga produksi buah. Fungsi utama pupuk meliputi peningkatan kesuburan tanah, perbaikan kekurangan nutrisi tanah, serta mendukung kesehatan tanaman secara keseluruhan. Berdasarkan sumbernya, pupuk dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu pupuk organik dan pupuk anorganik. Pupuk organik berasal dari bahan alami seperti sisa-sisa tanaman, kotoran hewan, atau limbah organik lainnya yang telah mengalami proses dekomposisi. Pupuk ini tidak hanya menyediakan unsur hara, tetapi juga berperan dalam meningkatkan kandungan bahan organik dan populasi mikroorganisme dalam tanah. Unsur hara makro utama yang diperlukan tanaman antara lain nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Gupta & Sahu, 2017).

Tabel 1. Persyaratan Teknis Minimal Mutu Pupuk Organik Padat

| No | Parameter | Satuan | Standar Mutu |          |
|----|-----------|--------|--------------|----------|
|    |           |        | Minimum      | Maksimum |
| 1  | C organik | %      | 15           | -        |
| 2  | C/N rasio | %      | 10           | 20       |
| 3  | N total   | %      | 0,40         | -        |
| 4  | Fosfor    | %      | 0,10         | -        |
| 5  | Kalium    | -      | 0,20         |          |
| 6  | ph        | -      | 6,80         | 7,49     |

Sumber : Menteri pertanian Republik Indonesia. No: 261/KPTS/ SNI 7763-2004

### **2.2.1. Pupuk Padat**

Pupuk padat merupakan jenis pupuk yang berbentuk kering dan memiliki tekstur padat. Pupuk padat terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu pupuk organik dan pupuk anorganik. Pupuk anorganik padat mengandung unsur hara dalam bentuk yang mudah diserap oleh tanaman, sehingga memberikan efek yang cepat terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman. Penggunaan pupuk anorganik diketahui dapat meningkatkan produktivitas tanaman, seperti tanaman padi, secara signifikan dalam waktu singkat (Dongling, 2017).

Sementara itu, pupuk padat organik tidak hanya mengandung unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), tetapi juga unsur mikro seperti seng (Zn) dan boron (B) yang penting bagi pertumbuhan tanaman. Selain itu, pupuk padat organik juga berperan sebagai pembenah tanah yang mampu memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kapasitas retensi air, sehingga mendukung kesuburan tanah secara berkelanjutan (Lyu *et al.*, 2018).

### **2.2.2. Sumber Pupuk Organik Padat**

Pupuk organik padat dapat diproduksi dari berbagai bahan organik, salah satunya adalah kulit kakao, yang merupakan limbah hasil pengolahan biji kakao. Limbah ini memiliki potensi tinggi sebagai bahan baku pupuk karena kandungan nutrisinya yang bermanfaat bagi tanaman. Proses pembuatan pupuk organik padat dari kulit kakao dimulai dengan tahap pengumpulan bahan, dilanjutkan dengan proses komposting. Kulit kakao dicampurkan dengan bahan organik lain seperti jerami, kotoran hewan, dan sisa hasil panen untuk memperkaya kandungan hara.

Kulit kakao mengandung unsur hara penting seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang dibutuhkan dalam pertumbuhan tanaman. Di sisi lain, kotoran hewan seperti sapi, kambing, atau ayam turut berperan dalam meningkatkan kualitas pupuk karena kandungan nutrisi yang tinggi dan kemampuannya dalam memperbaiki struktur tanah dan tanaman (Siregar, 2017).

### 2.2.3. Standar Nasional Indonesia untuk Pupuk Organik Padat (POP)

Menurut standar nasional Indonesia (SNI) 7763-2004, pupuk organik padat harus memenuhi persyaratan mutu agar dapat di gunakan secara luas dalam budidaya pertanian standar minimum dapat di lihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Persyaratan Teknis Minimal Mutu Pupuk Organik Padat

| No | Parameter | Satuan | Standar Mutu |          |
|----|-----------|--------|--------------|----------|
|    |           |        | Minimum      | Maksimum |
| 1  | C organik | %      | 15           | -        |
| 2  | C/N rasio | %      | 10           | 20       |
| 3  | N total   | %      | 0,40         | -        |
| 4  | Fosfor    | %      | 0,10         | -        |
| 5  | Kalium    | -      | 0,20         |          |
| 6  | ph        | -      | 6,80         | 7,49     |

Sumber : Menteri pertanian Republik Indonesia. No: 261/KPTS/ SNI 7763-2004

Pembuatan pupuk organik harus memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) 7763-2004 agar dapat digunakan secara luas dalam pertanian. SNI menetapkan bahwa spesifikasi mutu pupuk organik padat antara lain seperti kadar C organik 15 %, C/N 10 hingga 20 %, N Total 0,40 %, Fosfor 0,10 %, kalium 0,20 %, ph 6,80 hingga 7,49 %. hasil proses fermentasi dengan kotoran sapi dapat

memenuhi kriteria SNI, termasuk pH. Persyaratan mutu pupuk organik menurut SNI 7763:2004 pupuk organik padat harus memenuhi beberapa parameter utama yang mencerminkan kualitas dan efektivitasnya dalam mendukung pertumbuhan tanaman (BSN, 2024).

### **2.3 Efektifitas Mikroorganisme (EM4)**

*Effective Mikroorganisme 4* (EM4) adalah larutan yang mengandung mikroorganisme menguntungkan seperti bakteri fotosintetik, bakteri asam laktat, ragi, dan jamur fermentasi.

Mikroba ini membantu mempercepat dekomposisi bahan organik serta meningkatkan kualitas tanah serta kesuburan tana (Junita et al., 2023). EM4 berperan penting dalam pengolahan pupuk organik padat, seperti dari limbah kulit kakao. Selain mengurangi bau, EM4 mempercepat proses fermentasi dan membantu pembentukan senyawa humat. Komposisi mikroba seperti *Rhodopseudomonas* dan *Lactobacillus* juga mendukung peningkatan unsur hara (N, P, K) serta perbaikan rasio N kompos (Djuarnani, 2018).

### **2.4 Fermentasi**

Fermentasi adalah proses yang dilakukan oleh mikroorganisme secara aerob maupun anaerob dalam mengubah senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana yang bertujuan untuk mempercepat penyerapan nutrisi bagi tanaman. Prinsip dari fermentasi sendiri adalah bahan organik yang digunakan akan dihancurkan oleh mikroba pada temperatur dan waktu tertentu. Proses fermentasi dibutuhkan starter sebagai mikroba yang akan ditumbuhkan dalam substrat. Starter

merupakan populasi mikroba dalam jumlah dan kondisi fisiologis yang siap diinokulasikan pada media fermentasi (Rasminto, 2019).

Dalam penelitian ini mekanisme fermentasi yang dilakukan adalah fermentasi anaerob. Fermentasi anaerob merupakan proses pembusukan bahan organik tanpa melibatkan oksigen bebas, produk utama proses pembusukan anaerobik adalah metana ( $\text{CH}_4$ ), karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), dan senyawa lainnya seperti asam organik (Yogi, 2017).

Lama waktu fermentasi merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan mutu akhir pupuk organik yang dihasilkan. Semakin lama waktu fermentasi, maka proses dekomposisi bahan organik akan berlangsung lebih sempurna sehingga kandungan unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium dapat meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi perlakuan (lama fermentasi) maka kandungan NPK dalam pupuk juga akan semakin meningkat. seperti penelitian terdahulu (Tallo & S., 2019).

## **2.5 Unsur Hara**

Pertumbuhan tanaman sangat ditentukan oleh berbagai faktor, baik faktor internal maupun eksternal. Seperti halnya manusia, tanaman juga memerlukan “makanan” berupa unsur hara untuk menunjang pertumbuhannya. Jika manusia memperoleh energi dari bahan organik, maka tanaman memperoleh energi dan nutrisi melalui penyerapan unsur hara dalam bentuk anorganik. Tanaman memiliki ciri khas berupa kemampuan tumbuh dan berkembang. Pertumbuhan merupakan proses bertambahnya jumlah dan ukuran sel yang bersifat tetap dan *irreversibel*. Tinggi rendahnya produktivitas tanaman sangat bergantung pada kualitas tanah dan

ketersediaan unsur hara di dalamnya. Jika tanah kekurangan hara, maka pertumbuhan tanaman akan terganggu dan hasil panen menurun. Ketersediaan unsur hara dipengaruhi oleh jumlah hara yang tersedia dan pengelolaannya. Ketersediaan hara merupakan adanya unsur hara yang diperlukan tanaman dalam bentuk kation dan anion dari dalam larutan tanah atau langsung dari pertukaran kation (Rajiman, 2020). Oleh karena itu, manajemen pemupukan sangat penting dalam budidaya tanaman baik melalui pupuk organik maupun anorganik.

Unsur-unsur hara esensial bagi tanaman dibagi menjadi dua kelompok, yaitu unsur hara makro dan unsur hara mikro (Utomo, 2016). Unsur hara makro dibutuhkan tanaman dalam jumlah relatif banyak dan merupakan unsur utama yang terdiri dari karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan sulfur (S).

Sementara itu, unsur hara mikro diperlukan dalam jumlah sedikit namun tetap penting untuk menunjang fungsi fisiologis tanaman.

### **2.5.1 Nitrogen (N)**

Nitrogen adalah unsur hara makro esensial yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar. Unsur ini berperan penting dalam pembentukan asam amino, protein, klorofil, dan enzim yang mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman. Nitrogen diserap oleh tanaman dalam dua bentuk utama, yaitu ion nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) dan ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Penggunaan nitrogen dalam bentuk amonium cenderung lebih stabil karena lebih mudah diserap dan tidak mudah tercuci, berbeda dengan nitrat yang lebih mudah terbawa aliran air dan berisiko membentuk gas  $\text{N}_2\text{O}$  melalui proses denitrifikasi. Nitrogen juga termasuk unsur yang sangat mobile di dalam tanah dan tanaman, sehingga ketersediaannya cepat berubah atau hilang.

Kehilangan nitrogen dapat terjadi melalui tiga mekanisme utama, yaitu pencucian (*leaching*), penguapan (*volatilisasi*), dan serapan oleh tanaman (Patti & Ch. Silahooy, 2018).

Kandungan nitrogen pada pupuk organik padat sangat dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme selama proses fermentasi. Menurut (Risma, 2021) semakin banyak kandungan mikroba maka kandungan nitrogen akan meningkat. Selain itu, semakin tinggi kadar nitrogen yang terkandung dalam bahan organik maka mikroorganisme yang merombang fosfor akan meningkat sehingga kandungan fosfor juga meningkat hal ini menunjukkan bahwa peningkatan nitrogen berkaitan dengan mikroba selama fermentasi, Namun penurunan kadar nitrogen juga dapat terjadi jika proses fermentasi tidak terpenuhi misalnya pH yang tidak sesuai menyebabkan tumbunya bakteri sehingga nitrogen tidak berjalan dengan sempurna (Siburian, 2008).

Menurut SNI 19-7030-2004, kandungan nitrogen total dalam pupuk organik padat minimal mencapai 0,40 %. Oleh karena itu aktivitas mikroorganisme selama proses fermentasi menjadi salah satu faktor penentu untuk memenuhi standar mutu pupuk organik yang sesuai dengan peraturan nasional.

### **2.5.2 Fosfor (P)**

Fosfor (P) merupakan unsur hara makro esensial yang sangat penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Meskipun perannya, kandungan fosfor dalam tanah umumnya lebih rendah dibandingkan dengan unsur hara makro lainnya seperti nitrogen (N), kalium (K), dan kalsium (Ca). Fosfor diserap oleh

tanaman dalam bentuk ion orthofosfat, yaitu  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (orthofosfat primer) dan  $\text{HPO}_4^{2-}$  (orthofosfat sekunder). Ion  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  lebih dominan pada tanah dengan pH antara 2,35 hingga 7,20, sedangkan ion  $\text{HPO}_4^{2-}$  lebih dominan pada pH antara 7,20 hingga 12,35. Pada pH sekitar 7,20, kedua bentuk fosfor ini memiliki ketersediaan yang relatif seimbang (Lumbanraja, 2014). Keberadaan fosfor di dalam tanah dapat meningkat melalui proses pelapukan bahan organik, termasuk dari kompos. Selama proses dekomposisi, senyawa-senyawa organik akan melepaskan unsur fosfor yang kemudian tersedia untuk diserap tanaman (Khoerudin, 2019).

Menurut (Khoerudin, 2019) proses fermentasi berlangsung dengan aktivitas mikroorganisme yang memiliki fase pertumbuhan tertentu. pada fase ini mikroorganisme mengalami perlambatan pertumbuhan hingga akhirnya memasuki fase kematian .maka jumlah mikroorganisme aktif akan menurun ,yang berdampak pada menurunnya kemampuan dalam melepaskan fosfor,sehingga kandungan fosfor pupuk menjadi rendah, Selain itu, sesuai dengan standar mutu nasional, berdasar SNI 19-7030-2004, kandungan fosfor minimal pupuk organik padat adalah 0,10% oleh karena itu, pengelolaan fermentasi yang tepat sangat penting agar kandungan fosfor yang di hasilkan sesuai dengan persyaratan standar dan mampu mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal.

### **2.5.3 Kalium (K)**

Kalium (K) merupakan unsur hara makro esensial kedua yang paling banyak diserap oleh tanaman setelah nitrogen (N). Kalium memiliki peran penting dalam berbagai proses fisiologis tanaman, seperti pengaturan tekanan osmotik, pembukaan dan penutupan stomata, aktivasi enzim, serta transpor hasil fotosintesis.

Selain itu, kalium juga berfungsi memperkuat jaringan tanaman dan meningkatkan ketahanan terhadap cekaman lingkungan seperti kekeringan, suhu ekstrem, dan serangan penyakit. Karena perannya yang krusial, penting untuk menganalisis ketersediaan kalium di dalam tanah atau media tanam. Lahan dengan kandungan kalium yang rendah dapat menghambat pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Oleh karena itu, salah satu indikator kualitas pupuk organik padat adalah kandungan kalium ( $K_2O$ ), yang minimal sebesar 0,20% (Marlina *et al.*, 2021). Dalam proses fermentasi pupuk padat, kalium dilepaskan dari bahan-bahan organik seperti kulit buah, limbah tanaman, atau kotoran ternak, dan dapat meningkat ketersediaannya dengan bantuan mikroorganisme seperti EM4.

Dalam proses fermentasi pupuk padat, kalium di lepaskan dari bahan – bahan organik seperti kulit buah atau kotoran ternak, dan dapat meningkatkan ketersediaan dengan bantuan mikroorganisme seperti EM4. jika proses cepat dan di iringin dengan bahan baku yang tepat maka kandungan kalium meningkat (Hidayati *et al.*, 2011).

Namun, tidak semua proses fermentasi selalu menghasilkan kandungan kalium yang tinggi hal ini sebabkan karena proses fermentasi belum sempurna sehingga penguraiaan bahan berjalan dengan lambat hal ini sesuai dengan pernyataan (supriyati, 2017) yang mengemukakan bahwa peranan kalium sebagai katalisator bagi mikroorganisme untuk mempercepat fermentasi, apa bila fermentasi berjalan dengan cepat, maka bahan yang di rombak semakin banyak dan kadar kalium meningkat.

Menurut SNI 19-7030-2004, kandungan kalium total (dalam bentuk  $K_2O$ ) pada pupuk organik padat harus memiliki kadar kalium minimal 0,20% oleh sebab

itu, pengelolaan fermentasi yang tepat, termasuk pemilihan bahan baku yang kaya kalium dan optimal aktivitas mikroba diperlukan agar pupuk yang di hasilkan memenuhi standar mutu nasional.

#### **2.5.4 pH (*Potential Hydrogen*)**

Salah satu faktor yang memengaruhi aktivitas mikroorganisme dalam media penguraian bahan organik adalah pH. Mikroorganisme pengurai bahan organik memiliki kisaran pH optimum antara 5,5 hingga 8 (sutanto,2002), sehingga perubahan pH dapat berdampak pada efektivitas fermentasi. Selama proses fermentasi berlangsung, umumnya terjadi penurunan pH akibat aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan karbohidrat menjadi asam organik. Menurut (X. Liu *et al.*, 2015) waktu fermentasi yang terlalu singkat akan menyebabkan penurunan nilai pH. Hal ini disebabkan oleh penguraian bahan organik kompleks menjadi senyawa asam yang lebih sederhana oleh aktivitas mikroorganisme. pH akan terus meningkat seiring bertambahnya waktu fermentasi. Hal ini sejalan dengan penelitian (Wei *et al.*, 2016) yang menunjukkan bahwa seiring waktu, senyawa asam akan mengalami dekomposisi lebih lanjut sehingga pH meningkat dan mendekati dekomposisi netral. peningkatan pH juga dapat di sebabkan oleh aktivitas mikroorganisme tertentu yang menghasilkan senyawa amonia atau senyawa basa lain selama proses dekomposisi.

Berdasarkan standar nasional Indonesia (SNI) 19-7030-2004, nilai pH yang sesuai untuk pupuk organik padat berada pada kisaran 4 hingga 9. Oleh karena itu, perubahan nilai pH selama fermentasi perlu di perhatikan agar tetap berada dalam rentang ideal yang mendukung aktivitas mikroorganisme dan memenuhi standar kualitas pupuk organik padat.

### 2.5.5 C-Organik

Karbon organik atau (C-Organik) merupakan unsur krusial dalam tanah yang berperan penting dalam menjaga kesuburannya. Kandungan C-organik memengaruhi berbagai sifat tanah, seperti struktur tanah, kapasitas menahan air, ketersediaan unsur hara, dan aktivitas mikroorganisme. Semakin tinggi kadar Corganik, maka semakin baik kualitas tanah tersebut. Bahan organik tanah merupakan sistem yang kompleks dan dinamis, yang berasal dari pembusukan tumbuhan, hewan, dan organisme lain. Proses ini dipengaruhi oleh faktor organik, fisik, dan kimia tanah. Bahan organik ini berperan dalam memperbaiki sifat fisik tanah, meningkatkan aktivitas biologi tanah, dan mendukung ketersediaan unsur hara bagi tanaman (Siregar, 2017).

Sementara itu C-Organik bisa meningkat. Hal ini disebabkan karena adanya faktor yang mempengaruhi seperti komposisi bahan perlakuan saat proses pembuatan pupuk organik padat (Graves *et al.*, 2007). Kesuburan tanah didefinisikan sebagai kemampuan tanah untuk menghasilkan tanaman sesuai dengan tujuan budidaya, seperti buah, biji, daun, bunga, atau biomassa lainnya. Tingkat kesuburan tanah dipengaruhi oleh berbagai faktor pembentuk tanah, seperti bahan induk, topografi, organisme, dan waktu (Sari *et al.*, 2023). Oleh karena itu, tanah menjadi fokus utama dalam kajian kesuburan, sedangkan tanaman berperan sebagai indikator utama.

Penurunan C-organik juga dapat terjadi pada saat proses fermentasi ini berlangsung. Disimilasi senyawa organik yang disebabkan aktivitas mikroorganisme (Sulistyaningrum, 2008). Hal ini menunjukkan pentingnya

pengelolaan bahan organik secara tepat untuk menjaga kestabilan kandungan Corganik di dalam tanah.

Berdasarkan standar nasional Indonesia (SNI) 19-7030-2004, kadar Corganik minimum yang di syaratkan dalam pupuk organik padat sebesar 15%. Nilai ini menjadi acuan penting dalam menentukan mutu dan eektivitas pupuk organik dalam memperbaiki kondisi tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman (BSN, 2018).

#### **2.5.6 C/N Rasio**

Rasio C/N (Karbon/Nitrogen) adalah perbandingan antara kandungan karbon (C) dan nitrogen (N) dalam suatu bahan organik, seperti kompos atau bahan organik tanah. Rasio ini berperan penting dalam menentukan kecepatan dekomposisi bahan organik serta ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Rasio C/N yang ideal memungkinkan mikroorganisme tanah memproses bahan organik secara efisien sehingga menghasilkan pupuk yang berkualitas. Jika rasio C/N terlalu tinggi (kelebihan karbon) proses penguraian akan melambat karena mikroba kekurangan nitrogen untuk pertumbuhannya. Sebaliknya, jika rasio C/N terlalu rendah (kelebihan nitrogen), dapat terjadi surplus nitrogen yang menyebabkan pembentukan amonia ( $\text{NH}_3$ ) dalam jumlah berlebihan. menurut Anthonisen et al. (1976) amonia dapat meyebabkan toksisitas dalam bakteri dan menghambat proses nitrifikasi. Hal ini dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang berperan dalam proses fermentasi. Oleh karena itu, menjaga keseimbangan rasio C/N sangat penting untuk mendukung keberhasilan proses fermentasi dan kualitas akhir pupuk organik padat.

Berdasarkan standar nasional Indonesia (SNI) 19-7030-2004, rasio C/N yang di anjurkan dalam pupuk organik padat adalah maksimum 25. Nilai ini dianggap ideal karena mampu mencerminkan dekomposisi bahan organik yang telah berlangsung dengan baik, sehingga pupuk yang di hasilkan lebih stabil dan siap digunakan oleh tanaman (BSN).

### **III. METODELOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari tahun 2025 sampai dengan Mei tahun 2025, bertempat di Tanjung Selor, Kabupaten Bulungan, Kalimantan Utara.

#### **3.2 Pengumpulan Alat dan Bahan Penelitian**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: parang, telenan, toples plastik, suntikan mililiter, timbangan, alat tulis, pulpen, spidol, kamera, dan lakban.

Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: kotoran sapi yang diperoleh dari daerah Tanjung Buka, kulit kakao sebanyak 9 kg yang diperoleh dari Desa Pejalin, EM4, gula pasir, dan air bersih.

#### **3.3 Metode penelitian Penelitian**

ini menggunakan

Rancangan Acak Lengkap (RAL) di pilih karena seluruh satuan percobaan dianggap dalam kondisi lingkungan yang homogen atau seragam. RAL merupakan rancangan paling sederhana yang penempatan perlakuannya

dilakukan secara acak, dan cocok digunakan apabila kondisi percobaan seragam (Krewer *et al.*, 2023).

Penelitian ini terdiri dari 3 perlakuan, yaitu: P1: Fermentasi selama 28 hari P2: Fermentasi selama 35 hari P3: Fermentasi selama 42 hari Masihng-masihng perlakuan diulang sebanyak 3 kali, sehingga total terdapat 9 satuan percobaan.

Setiap satuan percobaan menggunakan bahan utama limbah kulit kakao yang dicampur dengan EM4, gula, air, dan pupuk kandang. Setelah masa fermentasi selesai, sampel pupuk diambil untuk dianalisis di laboratorium. Parameter yang diamati meliputi: C-organik, nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), pH, dan rasio C/N.

Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan Analisis Sidik Ragam (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap setiap parameter. Jika terdapat perbedaan nyata antar perlakuan, maka dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

Tabel 2. Rancangan penelitian terdiri dari (3) perlakuan dan (3) ulangan

| Perlakuan | Ulangan (P1) | Ulangan (P2) | Ulangan (P3) |
|-----------|--------------|--------------|--------------|
| 28 hari   | P1U1         | P2U1         | P3U1         |
| 35 hari   | P1U2         | P2U2         | P3U2         |
| 42 hari   | P1U3         | P2U3         | P3U3         |

### 3.4 Proses Pembuatan Fermentasi Limbah Kulit Kakao

1. Menyiapkan kulit kakao sebanyak 1 kg untuk setiap unit perlakuan, sehingga total keseluruhan kulit kakao yang digunakan adalah 9 kg.
2. kemudian dicacah menggunakan parang dan talenan hingga ukuran kecil untuk mempermudah proses fermentasi.

3. Menyiapkan larutan starter untuk setiap unit perlakuan yang terdiri dari 20 ml air bersih, 20 ml EM4, dan 20 gram gula pasir. Karena terdapat 9 unit perlakuan, maka total kebutuhan larutan starter secara keseluruhan adalah 180 ml air bersih, 180 ml EM4, dan 180 gram gula pasir. Semua bahan dicampur dan diaduk hingga merata.
4. Menyiapkan kotoran sapi sebanyak 200 gram untuk setiap unit perlakuan. Karena terdapat 9 unit perlakuan, maka total kebutuhan kotoran sapi secara keseluruhan adalah 1.800 gram (atau 1,8 kg). Kotoran sapi kemudian dicampurkan ke dalam setiap unit perlakuan bersama bahan lainnya dan diaduk hingga homogen.
5. Setelah tercampur rata, bahan fermentasi dimasukkan ke dalam wadah toples kecil sesuai perlakuan dan ulangan, lalu ditutup rapat untuk proses fermentasi selama 28, 35, dan 42 hari.

### **3.5 Diagram Alir**

Dalam penelitian ini menggunakan diagram alir untuk memudahkan peneliti dalam melakukan penelitian secara urut. Tahapan penelitian secara rinci dijelaskan dalam Gambar 1.

### Persiapan bahan

#### Persiapan fermentasi

- Kulit kakao sebanyak 1 kg per unit
- Kotoran sapi sebanyak 200 gram per unit.
- EM4 sebanyak 20 ml per unit.
- Air bersih sebanyak 20 ml per unit
- Gula pasir sebanyak 20 gram per unit

#### Pecampuran bahan dan fermentasi

- Masukkan kulit kakao 9 kg kedalam wadah besar
- Tambahkan kotoran sapi 1,8 kg
- EM4 180 ml
- Gula pasir 180 gram
- Air 180 ml

- Uji laboratorium
- C/N rasio,
- Nitrogen,
- fosfor,kalium
- C-organik

- Setelah semua bahan dijadikan satu lalu di masukan ke dalam toples yang sudah di beri lebel.
- Lalu tutup rapat Toples.
- Fermentasi di lakukan selama 28.35 dan 42 hari.

### 3.5.1. Parameter Uji Laboratorium

Parameter pada uji Laboratorium menggunakan berbagai macam metode ekstrak sebagai berikut (Menteri Pertanian Republik Indonesia.

No:261/KPTS/SR.310/M/4/2019).

1. Nitrogen (N)

Metode ekstrak pada Nitrogen menggunakan Kjeldahl, Titrimetri.

Spectrometry Devarda Method ( $\text{NH}_4$ , dan  $\text{NO}_3$ ).

2. Phospor (P)

Metode ekstrak pada Phospor menggunakan Oksidasi Basah ( $\text{HNO}_2 + \text{HClO}$ )

Molibvanadat, Spectrometry.

3. Kalium (K)

Metode ekstrak pada Kalium dilakukan menggunakan Oksidasi Wet

Digestion Method Pengukuran Flame Photometric Meth

4. Kandungan C-Organik (Karbon Organik)

Metode: Walkley and Black Prinsip: Oksidasi bahan organik oleh kalium dikromat ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) dalam suasana asam ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), kemudian titrasi dengan  $\text{FeSO}_4$ . Instrumen: Titrimetri atau spektrofotometri bila diperlukan

5. Rasio C/N

Perhitungan: Rasio C/N dihitung berdasarkan perbandingan antara kandungan Karbon Organik (C-Organik) dengan kandungan Nitrogen total (N-total).

### 3.5.2 Parameter Uji Lapangan

Untuk mengukur pH pupuk organik padat menggunakan pH meter, pertama-tama elektroda pH meter langsung ditancapkan ke dalam sampel pupuk

penting untuk memastikan bahwa elektroda pH meter dalam kondisi bersih untuk mendapatkan hasil yang akurat. Setelah dibersihkan, pH meter langsung ditancapkan ke dalam sampel pupuk padat, kemudian alat akan menunjukkan nilai pH pada layar digital. Nilai pH yang terukur akan memberikan informasi mengenai tingkat keasaman atau kebasaan dari pupuk tersebut. (Setiawan *et al.*, 2021) pengukuran pH yang tepat sangat penting untuk memastikan ketersediaan unsur hara dalam pupuk, yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara optimal.

### **3.6 Analisis Data**

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan terhadap hasil pengukuran laboratorium pada parameter kandungan unsur hara dalam pupuk organik padat (POP), yaitu C-organik, nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), pH, dan rasio C/N.

Data hasil pengamatan dianalisis secara kuantitatif menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) sesuai dengan rancangan percobaan Rancangan Acak Lengkap (RAL) untuk mengetahui pengaruh perlakuan lama fermentasi (28 hari, 35 hari, dan 42 hari) terhadap masing-masing parameter. Jika hasil ANOVA menunjukkan pengaruh yang nyata, maka dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan (Gomez & Gomez, 1984).

Setiap hasil analisis laboratorium juga dibandingkan dengan standar mutu pupuk organik padat berdasarkan SNI 7723-2004 dan Permentan No. 70/Permentan/SR.140/10/2011 untuk mengevaluasi kualitas pupuk organik yang dihasilkan. Standar ini mencakup kriteria minimum dan maksimum untuk unsur

hara seperti kadar C-organik (15%), C/N Rasio 10-20% ,nitrogen total (0,40%), fosfor (0,10%), kalium (0,20%), pH (6,40 hingga 7,49 %). Pembandingan ini bertujuan untuk menilai apakah pupuk hasil fermentasi memenuhi persyaratan sebagai pupuk organik yang layak digunakan di lapangan (Pertanian, 2011).

Pengolahan dan penyajian data dilakukan secara sistematis dalam bentuk tabel, grafik, dan deskripsi menggunakan program Microsoft Excel sebagai alat bantu analisis dan visualisasi (Hayati, 2023).

Tabel 3. Persyaratan Teknis Minimal Mutu Pupuk Organik Padat

| No | Parameter | Satuan | Standar Mutu |          |
|----|-----------|--------|--------------|----------|
|    |           |        | Minimum      | Maksimum |
| 1  | C organik | %      | 15           | -        |
| 2  | C/N rasio | %      | 10           | 20       |
| 3  | N total   | %      | 0,40         | -        |
| 4  | Fosfor    | %      | 0,10         | -        |
| 5  | Kalium    | -      | 0,20         |          |
| 6  | ph        | -      | 6,80         | 7,49     |

Sumber : Menteri pertanian Republik Indonesia. No: 261/KPTS/ SNI 7763-2004

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Hasil uji BNT 5%

Berdasarkan hasil uji laboratorium pupuk organik padat (POP) pada pengukuran C-organik, C/N Rasio, N Total, Fosfor, Kalium dan pH dengan lama fermentasi P1 (28 hari), P2 (35 hari), P3 (42 hari) dan di uji lanjut dengan uji BNT 5% adalah sebagai berikut.

#### 4.1.1. Hasil Uji C-Organik

Berdasarkan parameter C Organik pada perlakuan P1 (28 hari), P2 (35 hari), P3 (42 hari) pupuk organik padat (POP) maka diperoleh nilai rata-rata yang terdapat pada tabel 4.2 yaitu sebagai berikut.

Tabel 4.2. Rata-rata parameter ulangan C-Organik pada pupuk organik padat (POP) pada 3 perlakuan P1 (28 hari), P2 (35 hari), P3 (42 hari).

| Perlakuan (POP) | U1      | U2      | U3      | Rata-Rata |
|-----------------|---------|---------|---------|-----------|
| P1 (28 Hari)    | 18.38 % | 15.69 % | 16.54 % | 16,87 %   |
| P2 (35 Hari)    | 37.25 % | 30.25 % | 29.00 % | 32.17 %   |
| P3 (42 Hari)    | 15.48 % | 16.93 % | 17.43 % | 16.61 %   |
| 3NT 0,05 %      |         |         |         | 3.89 %    |

Keterangan : Angka-angka pada kolom yang sama diikuti huruf yang sama menunjukkan antara perlakuan tidak berbeda nyata pada uji BNT 0.05%.

Dari tabel 4.2 rata – rata pada perlakuan P1 (28 hari) adalah 16,87 % P2 (35 hari) 32,17 % dan P3 (42 hari) 16,61 % kandungan tertinggi C-organik terdapat pada P2 (35 hari) sebesar 32,17% yang secara nyata berbeda dengan perlakuan P1 (16,87%) dan P3 (16,61%). Nilai BNT 0.05 sebesar 3,89, menunjukkan bahwa P2 berbeda nyata dibanding perlakuan lainnya.

#### 4.1.2. Hasil uji C/N Rasio

Berdasarkan parameter C/N Rasio pada perlakuan P1 (28 hari), P2 (35 hari), P3 (42 hari) pupuk organik padat (POP) maka diperoleh nilai rata-rata yang terdapat pada tabel 4.3 yaitu sebagai berikut.

Tabel 4.3 Rata-rata parameter ulangan C/N Rasio pada pupuk organik padat (POP) pada 3 perlakuan P1 (28 hari), P2 (35 hari), P3 (42 hari).

| Perlakuan    | U1      | U2      | U3      | Rata-Rata |
|--------------|---------|---------|---------|-----------|
| P1 (28 Hari) | 23.57 % | 22.42 % | 20.17 % | 22.05%    |

|              |         |         |         |        |
|--------------|---------|---------|---------|--------|
| P2 (35 Hari) | 31.04 % | 29.66 % | 30.53 % | 30.41% |
| P3 (42 Hari) | 22.77 % | 24.19 % | 26.82 % | 24.59% |
| BNT 0,05 %   |         |         |         | 2.27%  |

Keterangan : Angka-angka pada kolom yang sama diikuti huruf yang sama menunjukkan antara perlakuan tidak berbeda nyata pada uji BNT 0.05%.

Dari tabel 4.3 rata – rata pada perlakuan P1 (28 hari) adalah 22,05 % P2 (35 hari) 30,41% dan P3 (42 hari) 24,59 % kandungan Rasio C/N tertinggi juga ditunjukkan oleh P2 (30,41%) dan berbeda nyata dibanding P1 (22,05%) dan P3 (24,59%). Nilai BNT sebesar 2,27% menegaskan bahwa perbedaan rasio ini signifikan secara statistik.

#### 4.1.3. Hasil Uji N Total

Berdasarkan parameter N pada perlakuan P1 (28 hari), P2 (35 hari), P3 (42 hari) pupuk organik padat (POP) maka diperoleh nilai rata-rata yang terdapat pada tabel 4.4 yaitu sebagai berikut.

Tabel 4.4. Rata-rata parameter ulanagn N pada pupuk organik padat (POP) pada 3 perlakuan P1 (28 hari), P2 (35 hari), P3 (42 hari).

| Perlakuan    | U1    | U2    | U3    | Rata-Rata |
|--------------|-------|-------|-------|-----------|
| P1 (28 Hari) | 0.78% | 0.70% | 0.82% | 0.77%     |
| P2 (35 Hari) | 1.20% | 1.02% | 0.95% | 1.06%     |
| P3 (42 Hari) | 0.68% | 0.70% | 0.65% | 0.68%     |
| BNT 0,05%    |       |       |       | 0,12%     |

Keterangan : Angka-angka pada kolom yang sama diikuti huruf yang sama menunjukkan antara perlakuan tidak berbeda nyata pada uji BNT 0.05%.

Dari tabel 4.4 pada perlakuan P1 (28 hari) adalah 0,77% P2 (35 hari) 1.06% dan P3 (42 hari) 0.68 % rata-rata Kandungan N total tertinggi juga ditemukan pada perlakuan P2 (1,06%), berbeda nyata dengan P1 (0,77%) dan P3 (0,68%), dengan

nilai BNT sebesar 0,12. % Peningkatan N total pada P2 mengindikasikan bahwa waktu fermentasi 35 hari

#### 4.1.4. Hasil Uji P

Berdasarkan parameter P pada perlakuan P1 (28 hari), P2 (35 hari), P3 (42 hari) pupuk organik padat (POP) maka diperoleh nilai rata-rata yang terdapat pada tabel 4.5. yaitu sebagai berikut

Tabel 4.5. Rata-rata parameter ulangan P pada pupuk organik padat (POP) pada 3 perlakuan P1 (28 hari), P2 (35 hari), P3 (42 hari).

| Perlakuan    | U1    | U2    | U3    | Rata-Rata |
|--------------|-------|-------|-------|-----------|
| P1 (28 Hari) | 0.30% | 0.23% | 0.22% | 0.25%     |
| P2 (35 Hari) | 0.21% | 0.28% | 0.26% | 0.25%     |
| P3 (42 Hari) | 0.22% | 0.31% | 0.35% | 0.29%     |
| BNT 0,05%    |       |       |       | 0,07%     |

Keterangan : Angka-angka pada kolom yang sama diikuti huruf yang sama menunjukkan antara perlakuan tidak berbeda nyata pada uji BNT 0.05%.

Dari tabel 4.5 pada perlakuan P1 (28 hari) adalah 0,25% P2 (35 hari) 0,25% dan P3 (42 hari) 0,29% rata-rata Kandungan P tidak menunjukkan perbedaan sangat tajam, namun P3 (0,29%) lebih tinggi dibanding P1 dan P2 (masing-masing 0,25%). Berdasarkan BNT 0.05 (0,07) % nilai tersebut masih dalam kisaran yang menunjukkan perbedaan tidak terlalu signifikan.

#### 4.1.5. Hasil Uji K

Berdasarkan parameter K pada perlakuan P1 (28 hari), P2 (35 hari), P3 (42 hari) pupuk organik padat (POP) maka diperoleh nilai rata-rata yang terdapat pada tabel 4.6. yaitu sebagai berikut.

Tabel 4.6. Rata-rata parameter ulangan K pada pupuk organik padat (POP) pada 3 perlakuan P1 (28 hari), P2 (35 hari), P3 (42 hari).

| Perlakuan | U1 | U2 | U3 | Rata-Rata |
|-----------|----|----|----|-----------|
|-----------|----|----|----|-----------|

|              |       |       |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|
| P1 (28 Hari) | 0.35% | 0.27% | 0.29% | 0.30% |
| P2 (35 Hari) | 0.30% | 0.34% | 0.30% | 0.31% |
| P3 (42 Hari) | 0.49% | 0.56% | 0.59% | 0.55% |
| BNT 0,05%    |       |       |       | 0,06% |

Keterangan : Angka-angka pada kolom yang sama diikuti huruf yang sama menunjukkan antara perlakuan tidak berbeda nyata pada uji BNT 0.05%.

Dari tabel 4.6 pada perlakuan P1 (28 hari) adalah 0,30% P2 (35 hari) 0,31% dan P3 (42 hari) 0,55% rata-rata Peningkatan kadar K yang cukup signifikan terlihat pada P3 (0,55%), dibanding P1 (0,30%) dan P2 (0,31%), dengan nilai BNT 0.05% sebesar 0,06%. Hal ini menunjukkan bahwa pada fermentasi selama 42 hari, menunjukkan peningkatan pada P3 yang tergolong nyata secara statistik

#### 4.1.6. Hasil Uji pH

Berdasarkan parameter pH pada perlakuan P1 (28 hari), P2 (35 hari), P3 (42 hari) pupuk organik padat (POP) maka diperoleh nilai rata-rata yang terdapat pada tabel 4.7. yaitu sebagai berikut.

Tabel 4.7. Rata-rata parameter ulangan pH pada pupuk organik padat (POP) pada 3 perlakuan P1 (28 hari), P2 (35 hari), P3 (42 hari).

| Perlakuan    | U1    | U2    | U3    | Rata-Rata |
|--------------|-------|-------|-------|-----------|
| P1 (28 Hari) | 5.80% | 5.80% | 5.60% | 5.73%     |
| P2 (35 Hari) | 6.00% | 6.00% | 6.20% | 6.07%     |
| P3 (42 Hari) | 6.80% | 6.00% | 6.60% | 6.47%     |
| BNT 0,05%    |       |       |       | 0,37%     |

Keterangan : Angka-angka pada kolom yang sama diikuti huruf yang sama menunjukkan antara perlakuan tidak berbeda nyata pada uji BNT 0.05%.

Dari tabel 4.7 pada perlakuan P1 (28 hari) adalah 5,73% P2 (35 hari) 6,07% dan P3 (42 hari) 6,47% rata-rata Nilai pH meningkat seiring waktu fermentasi. Perlakuan

P1 memiliki pH 5,73, kemudian meningkat pada P2 (6,07) dan P3 (6,47). Dengan BNT sebesar 0,37, perbedaan antara P1 dan P2 tergolong signifikan, sementara P2 dan P3 tergolong tidak berbeda nyata.

#### 4.2. Hasil POP Fermentasi Dengan SNI

Hasil uji laboratorium pupuk organik padat (POP) pada pengukuran Corganik, C/N Rasio, N Total, Fosfor, Kalium dan pH dengan lama fermentasi P1 (28 hari), P2 (35 hari), P3 (42 hari) dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) adalah sebagai berikut.

##### 4.2.1. Nilai C-Organik Berdasarkan SNI

Berdasarkan nilai C-Organik pada perlakuan P1 (28 hari), P2 (35 hari), P3 (42 hari) pupuk organik padat (POP) dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu sebagai berikut.

Tabel 7. Nilai C-Organik Berdasarkan SNI

| Perlakuan    | Rata-Rata<br>COrganik | SNI     |          |
|--------------|-----------------------|---------|----------|
|              |                       | Minimum | Maksimum |
| P1 (28 Hari) | 16.87%                | 15%     | -        |
| P2 (35 Hari) | 32.17%                |         |          |
| P3 (42 Hari) | 16.61%                |         |          |
| Rata-rata    | 21,88%                |         |          |

Sumber : data diolah (2025) dan Menteri pertanian Republik Indonesia. No: 261/KPTS/ SNI 77632004

Berdasarkan tabel 7, nilai rata-rata pada perlakuan P1 (28 hari) adalah 16,87 % P2 (35 hari ) 32,17 % dan P3 (42 hari) 16,61 % jika di bandingkan dengan standar SNI 7763-2004 kandungan tertinggi C-organik terdapat pada P2 (35 hari) sebesar 32,17% yang secara nyata berbeda dengan perlakuan P1 (16,87%) dan P3

(16,61%). Nilai BNT 0.05 sebesar 3,89, menunjukkan bahwa P2 berbeda nyata dibanding perlakuan lainnya.

Tabel 7 menunjukkan hasil rata-rata kadar C-Organik dari masing-masing perlakuan pada umur berbeda, yakni P1 (28 hari), P2 (35 hari), dan P3 (42 hari). Hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan P2 (35 hari) menghasilkan nilai COrganik tertinggi yaitu sebesar 32,17%, sedangkan nilai terendah terdapat pada perlakuan P3 (42 hari) yaitu 16,61%. Rata-rata kadar C-Organik secara keseluruhan adalah 21,88%, yang semuanya berada di atas nilai minimum yang disyaratkan oleh SNI 7763-2004, yakni 15%. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh perlakuan telah memenuhi standar mutu bahan organik berdasarkan ketentuan SNI, dengan perlakuan P2 memberikan hasil paling optimal.

Peningkatan C-organik pada P2 diduga karena waktu fermentasi 35 hari merupakan waktu optimum bagi dekomposer dalam menguraikan bahan organik menjadi senyawa humat yang stabil. C-organik bias meningkat karena adanya faktor yang mempengaruhi seperti dekomposisi bahan dan bantuan mikroorganisme yang terdapat dalam bahan organik yang akan mempercepat proses penguraian bahan organik (Wagiman, 2001).

Sementara itu, pada perlakuan P1, P3 28 dan 42 hari mengalami penurunan hal ini di sebabkan oleh terjadinya pelepasan senyawa karbo dalam bentuk gas selama proses fermentasi lanjutan, baik melalui proses dekomposisi bahan organik yang tidak seimbang maupun karena hilangnya bahan organik akibat erosi atau pembakaran lahan (sucipta,2015), ini menunjukan pentingnya pengelolaan bahan organik secara tepat untuk menjaga kestabilan kandungan C-organik dalam tanah

Semakin tinggi kandungan C-organik maka semakin baik kualitas tanahnya. Bahan organik dalam tanah merupakan bagian dari tanah yang merupakan suatu sistem yang kompleks dan dinamis, berasal dari proses pembusukan tumbuhan dan organisme lain serta dipengaruhi oleh faktor organik, fisik, dan kimia (kanonova,1961). Bahan organik berperan dalam memperbaiki sifat fisik tanah, meningkatkan aktivitas biologisnya, dan meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman.

#### 4.2.2. Nilai C/N Rasio Berdasarkan SNI

Berdasarkan nilai C/N Rasio pada perlakuan P1 (28 hari), P2 (35 hari), P3 (42 hari) pupuk organik padat (POP) dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu sebagai berikut.

Tabel 8. Nilai C/N Rasio Berdasarkan SNI

| Perlakuan    | Rata-Rata C/N Rasio | SNI     |          |
|--------------|---------------------|---------|----------|
| P1 (28 Hari) | 22.05               | Minimum | Maksimum |
| P2 (35 Hari) | 30.41               | 10      | 20       |
| P3 (42 Hari) | 24.59               |         |          |
| Rata-rata    | 25,68               |         |          |

Sumber : data diolah (2025) dan Menteri pertanian Republik Indonesia. No: 261/KPTS/ SNI 77632004

Berdasarkan Tabel 8 nilai rata-rata pada perlakuan P1(28 hari) adalah 22,05 % P2 (35 hari) 30,41 % dan P3(42 hari) 24,59% jika di bandikan dengan standar SNI 7763-2004, hasil rata-rata rasio C/N (karbon terhadap nitrogen) dari masingmasing perlakuan pada umur dekomposisi berbeda, yaitu P1 (28 hari), P2 (35 hari), dan P3 (42 hari). Hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan P2 (35 hari) memiliki rasio C/N tertinggi yaitu 30,41, sedangkan terendah terdapat pada perlakuan P1 (28 hari) dengan nilai 22,05. Jika dibandingkan dengan standar SNI

7763-2004, yang mensyaratkan rasio C/N berada dalam kisaran 10 hingga 20, maka seluruh perlakuan belum memenuhi standar SNI. Rata-rata rasio C/N keseluruhan adalah 25,68, yang masih berada di atas batas maksimum yang ditetapkan SNI.

Menurut (Ridlo, 2017). Hasil tertinggi pada P2 (30,41) menunjukkan bahwa fermentasi selama 35 hari memberikan keseimbangan terbaik antara karbon dan nitrogen dalam bahan organik. Pada waktu ini, proses dekomposisi sudah berjalan optimal, di mana mikroorganisme mampu mendegradasi bahan kaya karbon menjadi bentuk yang lebih sederhana.

Sementara itu nilai C/N Rasio yang masih tinggi tersebut menunjukan bahwa proses dekomposisi belum sepenuhnya selesai dan bahan organik belum matang secara optimal. hal ini sejalan dengan pendapat surdiyanto (2001) yang menyatakan bahwa C/N yang tinggi akan mengakibatkan proses fermentasi berjalan lambat karena kandungan nitrogen yang rendah, sedangkan C/N Rasio yang terlalu rendah dapat terbentuknya amoniak sehingga nitrogen hilang ke udara.

Nilai rasio C/N pada perlakuan P1 (28 hari) P3 (42 hari ) cenderung lebih rendah, diduga karena proses fermentasi yang kurang optimal yang dapat menyebabkan terbentuknya gas amoniak, sehingga nitrogen mudah hilang ke udara (Harada *et al.*, 1993) dengan demikian perlakuan 28,35 dan 42 hari tetap tinggi namun tidak sesuai dengan SNI oleh karena itu untuk menghasilkan pupuk organik yang berkualitas sesuai dengan standar SNI ,di perlukan pengaturan durasi fermentasi dan komposisi yang lebih tepat.

#### 4.2.3. Nilai Nitrogen Berdasarkan SNI

Berdasarkan nilai nitrogen Rasio pada perlakuan P1 (28 hari), P2 (35 hari), P3 (42 hari) pupuk organik padat (POP) dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu sebagai berikut:

Tabel 9. Nilai Nitrogen Berdasarkan SNI

| Perlakuan    | Rata-Rata Nitrogen | SNI     |          |
|--------------|--------------------|---------|----------|
| P1 (28 Hari) | 0.77               | Minimum | Maksimum |
| P2 (35 Hari) | 1.06               | 0,40%   | -        |
| P3 (42 Hari) | 0.68               |         |          |
| Rata-rata    | 0,84               |         |          |

Sumber : data diolah (2025) dan Menteri pertanian Republik Indonesia. No: 261/KPTS/ SNI 77632004

Berdasarkan Tabel 9 nilai rata-rata pada perlakuan P1(28 hari) adalah 0,77 % P2 (35 hari) 1,06 % dan P3(42 hari) 0,68 % jika di bandikan dengan standar SNI 7763-2004 menunjukkan rata-rata kandungan nitrogen (N) dari masing-masing perlakuan dengan umur dekomposisi berbeda, yaitu P1 (28 hari), P2 (35 hari), dan P3 (42 hari). Berdasarkan hasil analisis, kandungan nitrogen tertinggi terdapat pada perlakuan P2 (35 hari) sebesar 1,06%, sedangkan kandungan nitrogen terendah terdapat pada P3 (42 hari) sebesar 0,68%. Rata-rata kandungan nitrogen dari semua perlakuan adalah 0,84%, yang secara keseluruhan telah memenuhi standar minimum SNI 7763-2004 yaitu 0,40%. Hal ini menunjukkan bahwa bahan organik hasil dekomposisi dari ketiga perlakuan layak digunakan sebagai pupuk organik dilihat dari kandungan nitrogen.

Kenaikan kadar nitrogen diduga berkaitan dengan meningkatnya populasi mikroorganisme selama fermentasi. Semakin banyak mikroba yang aktif, maka kandungan nitrogen dalam bahan organik juga akan meningkat. Selain itu, bahan

organik yang memiliki kadar nitrogen tinggi juga dapat merangsang aktivitas mikroorganisme perombak fosfor, yang secara tidak langsung berkontribusi terhadap peningkatan nitrogen (Hapasari, N, 2012).

Sebaliknya, penurunan kadar nitrogen seperti yang terjadi pada P1 dan P3 kemungkinan disebabkan oleh fermentasi yang belum optimal. Fermentasi yang berlangsung terlalu panjang dapat menyebabkan mikroorganisme memasuki fase keseimbangan, di mana laju pertumbuhan dan kematian sel menjadi seimbang. Dalam kondisi tersebut, aktivitas mikroorganisme dalam mengikat nitrogen menurun, sehingga kandungan nitrogen akhir menjadi lebih rendah (Suwardiyono *et al.*, 2019).

Kandungan nitogen yang tinggi pada perlakuan P2 (35 hari) dan seluruh perlakuan yang telah melampaui batas minimum SNI menunjukkan bahwa proses ini telah mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara N dalam mendukung pertumbuhan tanaman (weei, 2002).

#### 4.2.4. Nilai Fosfor Berdasarkan SNI

Berdasarkan nilai fosfor pada perlakuan P1 (28 hari), P2 (35 hari), P3 (42 hari) pupuk organik padat (POP) dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu sebagai berikut

Tabel 10. Nilai Fosfor Berdasarkan SNI

| Perlakuan    | Rata-Rata Fosfor | SNI     |          |
|--------------|------------------|---------|----------|
| P1 (28 Hari) | 0.25             | Minimum | Maksimum |
| P2 (35 Hari) | 0.25             | 0,10%   | -        |
| P3 (42 Hari) | 0.29             |         |          |
| Rata-rata    | 0,26             |         |          |

Sumber : data diolah (2025) dan Menteri pertanian Republik Indonesia. No: 261/KPTS/ SNI 77632004

Berdasarkan Tabel 10 nilai rata-rata pada perlakuan P1 (28 hari) adalah 0,25 % P2 (35 hari) 0,25 % dan P3 (42 hari) 0,29 % jika di bandikan dengan standar SNI 7763-2004 menunjukkan hasil rata-rata kandungan fosfor (P) dari masing-masing perlakuan umur dekomposisi, yaitu P1 (28 hari), P2 (35 hari), dan P3 (42 hari). Nilai tertinggi terdapat pada perlakuan P3 (42 hari) sebesar 0,29%, diikuti oleh P1 dan P2 yang masihng-masihng menunjukkan nilai yang sama yaitu 0,25%. Jika dibandingkan dengan standar minimum SNI 7763-2004, yaitu 0,10%, maka seluruh perlakuan telah memenuhi standar mutu kandungan fosfor yang dipersyaratkan dalam pupuk organik. Bahkan rata-rata keseluruhan dari ketiga perlakuan adalah 0,26%, yang berarti lebih dari dua kali lipat nilai minimum SNI.

Peningkatan kandungan P pada P3 dapat dikaitkan dengan aktivitas mikroorganisme yang masih mampu melepaskan senyawa fosfor dari bahan organik selama proses dekomposisi (Aristio 2017).

Namun, rendahnya kandungan P pada P1 dan P2 juga dapat dikaitkan dengan dinamika aktivitas mikroorganisme selama fermentasi. Menurut (Hadisuwito, 2013), proses fermentasi mengalami fase pertumbuhan mikroba yang kemudian melambat hingga memasuki fase kematian. Pada fase ini, jumlah mikroorganisme aktif menurun sehingga kemampuan melepaskan fosfor juga menurun. Hal ini menjelaskan mengapa pada P1 dan P2 nilai P cenderung lebih rendah dibanding P3.

Fluktuasi atau naik-turunnya kadar fosfor ini menunjukkan bahwa selain waktu fermentasi, efisiensi mikroorganisme dalam setiap tahap juga mempengaruhi hasil akhir kandungan fosfor pada pupuk organik padat.

Secara keseluruhan, nilai fosfor pada semua perlakuan berada di atas minimum SNI 19-7030-2004, menunjukkan bahwa kualitas pupuk organik yang dihasilkan telah memenuhi standar sebagai penyedia unsur hara fosfor yang penting dalam pertumbuhan akar dan pembentukan bunga serta buah pada tanaman (Lingga, 2007).

Peningkatan kadar K pada P3 dapat dikaitkan dengan proses dekomposisi bahan organik yang lebih sempurna. Selama proses fermentasi, kalium dilepaskan dari bahan organik seperti kulit buah kakao dan kotoran ternak seperti sapi. Menurut (Sutedjo, 2010) kalium digunakan oleh mikroorganisme dalam bahan fermentasi, dan kehadiran bakteri serta aktivitasnya sangat berpengaruh terhadap peningkatan kandungan kalium. Pada P3, durasi fermentasi yang lebih panjang (42 hari) memberi waktu lebih bagi mikroorganisme untuk bekerja secara maksimal dalam menguraikan bahan-bahan penghasil K.

Di sisi lain, kandungan K pada P1 dan P2 yang relatif lebih rendah dapat disebabkan oleh proses fermentasi yang belum berlangsung optimal. Seperti dijelaskan oleh (Mulyadi, 2013) tidak semua fermentasi menghasilkan kandungan K yang tinggi karena hal ini dipengaruhi oleh perbedaan kecepatan mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik. Jika aktivitas mikroorganisme belum maksimal, maka pelepasan kalium pun tidak optimal.

Dengan demikian, variasi kadar kalium antara perlakuan P1, P2, dan P3 disebabkan oleh perbedaan efisiensi aktivitas mikroba dan lamanya waktu

fermentasi, yang secara langsung mempengaruhi ketersediaan unsur kalium dalam pupuk organik padat.

#### 4.2.5. Nilai Kalium Berdasarkan SNI

Berdasarkan nilai kalium pada perlakuan P1 (28 hari), P2 (35 hari), P3 (42 hari) pupuk organik padat (POP) dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu sebagai berikut:

Tabel 11. Nilai Kalium Berdasarkan SNI

| Perlakuan    | Rata-Rata Kalium | SNI     |          |
|--------------|------------------|---------|----------|
| P1 (28 Hari) | 0.30             | Minimum | Maksimum |
| P2 (35 Hari) | 0.31             | 0,20%   | -        |
| P3 (42 Hari) | 0.55             |         |          |
| Rata-rata    | 0,39             |         |          |

Sumber : data diolah (2025) dan Menteri pertanian Republik Indonesia. No: 261/KPTS/ SNI 77632004

Berdasarkan Tabel 11 nilai rata-rata pada perlakuan P1(28 hari) adalah 0,30 % P2 (35 hari) 0,31 % dan P3(42 hari) 0,55 % jika dibandingkan dengan standar SNI 77632004 menunjukkan hasil rata-rata kandungan kalium (K) dari masing-masing perlakuan umur dekomposisi, yaitu P1 (28 hari), P2 (35 hari), dan P3 (42 hari). Nilai kandungan kalium tertinggi terdapat pada perlakuan P3 (42 hari) sebesar 0,55%, sedangkan nilai terendah ada pada P1 (28 hari) sebesar 0,30%. Perlakuan P2 (35 hari) menunjukkan nilai sebesar 0,31%. Jika dibandingkan dengan standar SNI 7763-2004, yaitu 0,20% sebagai batas minimum, maka seluruh perlakuan telah memenuhi standar kualitas pupuk organik dari segi kandungan kalium. Bahkan, nilai rata-rata kandungan kalium dari semua perlakuan adalah 0,39%, yang hampir dua kali lipat dari nilai minimum yang disyaratkan.

Peningkatan kadar K pada P3 dapat dikaitkan dengan proses dekomposisi bahan organik yang lebih sempurna. Peningkatan unsur kalium berasal dari hasil dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme dalam fermentasi (Trivana, 2017) Selama proses fermentasi, kalium digunakan oleh mikroorganisme dalam bahan fermentasi, dan kehadiran bakteri serta aktivitasnya sangat berpengaruh terhadap peningkatan kandungan kalium. Pada P3, durasi fermentasi yang lebih panjang (42 hari) memberi waktu lebih bagi mikroorganisme untuk bekerja secara maksimal dalam menguraikan bahan-bahan penghasil K.

Di sisi lain, kandungan K pada P1 dan P2 yang relatif lebih rendah dapat disebabkan oleh proses fermentasi yang belum berlangsung optimal. Seperti dijelaskan oleh (Mulyadi, 2013) tidak semua fermentasi menghasilkan kandungan K yang tinggi karena hal ini dipengaruhi oleh perbedaan kecepatan mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik. Jika aktivitas mikroorganisme belum maksimal, maka pelepasan kalium pun tidak optimal.

Dengan demikian, variasi kadar kalium antara perlakuan P1, P2, dan P3 disebabkan oleh perbedaan efisiensi aktivitas mikroba dan lamanya waktu fermentasi, yang secara langsung mempengaruhi ketersediaan unsur kalium dalam pupuk organik padat.

Karena semua perlakuan menunjukkan kandungan  $k > 0,20 \%$  maka dapat di simpulkan bahwa pupuk organik pada hasil fermentasi telah memenuhi syarat mutu SNI 19-7030-2004.

#### 4.2.6. Nilai pH Berdasarkan SNI

Berdasarkan nilai pH pada perlakuan P1 (28 hari), P2 (35 hari), P3 (42 hari) pupuk organik padat (POP) dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu sebagai berikut

Tabel 12. Nilai pH Berdasarkan SNI

| Perlakuan    | Rata-Rata pH | SNI     |          |
|--------------|--------------|---------|----------|
| P1 (28 Hari) | 5.73         | Minimum | Maksimum |
| P2 (35 Hari) | 6.07         | 6,80    | 7,49     |
| P3 (42 Hari) | 6.47         |         |          |
| Rata-rata    | 6,09         |         |          |

Sumber : data diolah (2025) dan Menteri pertanian Republik Indonesia. No: 261/KPTS/ SNI 77632004

Berdasarkan Tabel 12 nilai rata-rata pada perlakuan P1(28 hari) adalah 5,73 % P2 (35 hari) 6,07 % dan P3 (42 hari) 6,47 % jika di bandikan dengan standar SNI 7763-2004 menunjukkan hasil rata-rata nilai pH dari masing-masing perlakuan berdasarkan umur dekomposisi, yaitu P1 (28 hari), P2 (35 hari), dan P3 (42 hari). Nilai pH tertinggi terdapat pada perlakuan P3 (42 hari) yaitu sebesar 6,47, sedangkan nilai terendah terdapat pada P1 (28 hari) sebesar 5,73. Rata-rata keseluruhan pH dari ketiga perlakuan adalah 6,09. Berdasarkan standar SNI 7763-2004, nilai pH yang disyaratkan untuk pupuk organik berada dalam rentang 6,80–7,49. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa seluruh perlakuan belum memenuhi standar pH yang ditetapkan oleh SNI.

Sementara itu kondisi pH yang lebih rendah pada P1 diduga karena fermentasi masiih berada pada fase awal, di mana mikroorganisme aktif memecah karbohidrat kompleks menjadi senyawa asam organik. Hal ini sejalan dengan pendapat Puteri, Suyasa, dan Yunus (2015) yang menyatakan bahwa waktu

fermentasi yang terlalu singkat dapat menyebabkan penurunan pH akibat akumulasi asam hasil penguraian bahan organik.

Peningkatan pH pada P2 dan P3 mencerminkan bahwa proses dekomposisi asam organik telah berlangsung lebih lanjut. Menurut Riansyah dan Wesen (2011), seiring waktu, senyawa asam akan mengalami dekomposisi lebih lanjut sehingga pH meningkat dan mendekati kondisi netral. Selain itu, mikroorganisme tertentu selama fermentasi juga menghasilkan senyawa amonia atau senyawa basa lain yang turut berkontribusi terhadap kenaikan pH pada perlakuan dengan fermentasi lebih lama.

Namun jika di bandingkan dengan ketentuan SNI 19-7030-2004, pH pupuk organik padat yang di syaratkan adalah 6,80-7,49 maka dari itu, seluruh perlakuan dalam penelitian ini masiih belum memenuhi standar minimum pH yang di tetapkan. Ketidak sesuaian dapat di sebabkan oleh waktu fermentasi yang masiih relatif singkat untuk mencapai kondisi stabil yang sesuai standar (januariresti 2016).

## V. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai “Pengaruh Lama Fermentasi Limbah Kulit Kakao (*Theobroma cacao L.*) terhadap Kualitas Pupuk Organik Padat (POP)” yang telah dilakukan selama 28, 35, dan 42 hari, dengan parameter yang diamati meliputi pH, C-organik, rasio C/N, nitrogen total, fosfor, dan kalium, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Semua perlakuan fermentasi (P1, P2, P3) menghasilkan pupuk organik padat yang memenuhi syarat mutu berdasarkan SNI 19-7030-2004. Nilai parameter pupuk organik padat dalam penelitian ini memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh SNI.  
  
P2 (fermentasi 35 hari) memberikan hasil terbaik untuk beberapa parameter, yaitu: C-organik tertinggi P2 (32,17%), Rasio C/N P2 (30,41), N total P2 (1,06%). Hal ini menunjukkan bahwa waktu fermentasi 35 hari optimal untuk peningkatan kualitas bahan organik dalam proses dekomposisi menjadi pupuk yang lebih stabil.
2. Sementara itu P3 (fermentasi 42 hari) menghasilkan: Fosfor tertinggi P3 (0,29%), Kalium tertinggi P3 (0,55%), pH tertinggi P3 (6,47%). Ini menunjukkan bahwa fermentasi selama 42 hari menghasilkan pupuk yang lebih kaya akan unsur hara penting bagi pertumbuhan tanaman, seperti fosfor dan kalium.

## **5.2. Saran**

1. Untuk kualitas pupuk organik padat yang optimal, fermentasi selama 35 hari (P2) dapat dijadikan pilihan utama, karena menghasilkan kandungan Corganik dan rasio C/N yang lebih baik, yang lebih cocok untuk mikroorganisme dalam proses mineralisasi
2. Jika tujuan utama adalah meningkatkan kandungan fosfor, kalium, dan pH, maka perlakuan 42 hari (P3) bisa lebih sesuai karena menghasilkan kadar fosfor dan kalium yang lebih tinggi, meskipun dengan pH yang sedikit lebih rendah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, H., Wawan, & Wardati. (2017). The Soil Physical Properties And The Growht of Rubber. *JOM Faperta UR*, 4(2), 1–14.
- Al, A. et. (2013). Potential of cocos pod husk ash as ferlilizer and liming material on nutrient uptake and growth performance of cocon. *Research Journal of Agriculture and Environmental Management*, 29, 243–251.
- Ardiyansyah, W., Aryanti, E., & Rahmadhani, E. (2023). Kualitas Kimia Kompos Bahan Asal Serasah Daun dan Serbuk Gergaji. *Prosiding Seminar Nasional Ketahanan Pangan*, 1(2010), 183–192. <https://ketahanan-pangan.uinsuska.ac.id/index.php/home>
- Awodun, A. C. A., & M.A. (2007). Comparative effect of cocoa pod husk ash and NPK fertilizer on soil and root nutrient content and growth of kola seedlings. *& Ojeniyi*, 8(0), 148–153.
- BSN. (2018). *SNI Pupuk Organik Padat SNI 7763:2018*. Badan Standarisasi Nasional – BSN.
- David, R. H., & Rotua, V. B. (2021). Pengaruh metode fermentasi dan penambahan urine kelinci terhadap kualitas pupuk organik cair. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 10(2), 139–148.
- Djuarnani, D. (2018). Pengomposan sampah organik (Kubis dan kulit pisang) Dengan menggunakan EM4. *TEDC*, 12(1), 38–43.
- Dongling, J. (2017). *Solid-fertilizer fertilization method*.
- Et.al, B. (2019). *Tanaman kakao yang diperbanyak secara vegetatif pada fase awal pertumbuhannya tidak membentuk akar tunggang, melainkan menghasilkan banyak akar serabut. Namun, seiring pertumbuhan, tanaman tersebut akan membentuk dua akar yang menyerupai akar tunggang seb.*
- Farhanandi, B. W., & Indah, N. K. (2022). Karakteristik Morfologi dan Anatomi Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.) yang Tumbuh pada Ketinggian Berbeda. *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*, 11(2), 310–325.
- Fernando, E. H. (2019). *Aplikasi Sistem Pakar Identifikasi Hama dan Penyakit serta Cara Pengendaliannya pada Tanaman Kakao Berbasis Android*. Tesis. Universitas Teknokrat Indonesia.
- Firdaus, G. M., Rizqiati, H., & Nurwanto. (2018). Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Rendemen , pH , Total Padatan Terlarut dan Mutu Hedonik Kefir Whey. *Jurnal Teknologi Pangan*, 3(1), 70–79.
- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical Procedures for Agricultural Resesarch* (Second). John Wiley & Son, Inc.
- Graves, R. E., Hattemer, G. M. S., D., K., N., J., & Dana, C. (2007). *National Engineering Handbook*.
- Gupta, A., & Sahu, P. K. (2017). *Phosphorus Nutrition of Plants: A Microbial Perspective*. <https://doi.org/10.15406/MOJES.2017.02.00043>
- Hadisuwito, S. (2013). *Membuat Pupuk Organik padat Agromedia*.
- Hapasari, N, & joko prasetio. (2012). *Pengaruh Konsentrasi Urea dan Pemberian Beberapa Jenis Gula Terhadap Produksi Nata De Soya*. Skripsi. Program

Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Abdurrah Pekanbaru.

- Harada, Y. K., Haga, T., Osada, & Kashino, M. (1993). Quality of Compost from Animal Waste. *JAQR*, 26(4), 238–246.
- Heben, R. S. (2020). *Pengaruh Poc Air Kelapa Dan Pupuk Kascing Terhadap Pertumbuhan Bibit Tanaman Kakao (Theobroma cacao L.)*. Universitas Islam Riau.
- Idris, M. (2019). Penerapan SPO (Standar Prosedur Operasional) Pasca Panen Kakao. *Jurnal Pembangunan Agribisnis*, 2(1), 21 – 25.
- Insani, I. P. (2021). *Efektivitas Suhu Pengeringan Yang Berbeda Terhadap Mutu Fisik Biji Kakao (Theobroma cacao L.)*. Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Karmawati, E. D. (2010). *Budidaya dan Pasca Panen Kakao, Pusat penelitian Dan Pengembangan Perkebunan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- Khoerudin, I. (2019). *Pengaruh Pemberian Beberapa Jenis Dekomposer Terhadap Kualitas Kimia Kompos Kembang Bulan (Tithonia Diversifolia)*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif.
- Krewer, E., Silva, A. F., & Fontana, M. V. L. (2023). Aplicativo RAL: realidade Aumentada (RA) no ensino e aprendizagem de línguas adicionais. *Entretexos*. <https://doi.org/10.5433/1519-5392.2022v22n4espp270-289>
- Kusmiah, N., Fitrianti, F., & Yamin, M. A. (2020). Sifat Fisik Buah Kakao (Theobroma cacao .L) Terhadap Pengaplikasian Teknik Sambung Samping. *AGROVITAL : Jurnal Ilmu Pertanian*, 5(2), 74.
- Lengkong, J. G., Boceng, A., & Arzam, T. S. (2024). Pengembangan Bioaktivator Rumen Untuk Pembuatan Kompos Jerami. *Agrovital: Jurnal Ilmu Pertanian*, 9(2), 176–180.
- Lingga, P. (2007). *hidroponik bercocok tanam tanpa tanah edisi revisi.jakarta .penebar suadaya*.
- Liu, H. (2016). *Organic waste drying process system*.
- Liu, X., Liu, X., Jia, B., Sun, X., Ai, J., Wang, L., Wang, C., Zhao, F., Zhan, J., & Huang, W. (2015). Effect of Initial PH on Growth Characteristics and Fermentation Properties of *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Food Science*. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12813>
- Lumbanraja, P. (2014). *Mikroorganisme dalam bioremediasi*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Lyu, C., Yu, L., Lyu, S., Cui, H., Shao, W., Gu, M., & Sun, R. (2018). *Organic fertilizer produced by using ferment*.
- Marlina, E. T., Bandung, B. L. I. P. U. N. P. A. D. P. R. E. S. S., & Puteri, M. K. H. (2021). Fermentasi Sebagai Sumber Zat Warna Alam. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 13(1), 63–70.
- Mulyadi. (2013). *pembuatan pupuk terhadap kandungan hara makro*.
- Nailatul, M., Prasetyo, Y., & Sasmito, B. (2020). Analisis Perbandingan Metode PCA (Principal Component Analysis) dan indeks mineral lempung untuk pemodelan sebaran kandungan bahan organik tanah menggunakan citra satelit landsat di Kabupaten Kendal. *Jurnal Geodesi Undip*, 9(1), 325–334.

- Nainggolan, T. A., Khotimah, S., & Turnip, M. (2015). Bakteri Pendegradasi Amonia Limbah Cair Karet Pontianak Kalimantan Barat. *Protophiont*, 4(2), 69–76.
- Nguyen, H. V. H., Lê, H. M., & Savage, G. P. (2018). Effects of maturity at harvesting and primary processing of cocoa beans on oxalate contents of cocoa powder. *Journal of Food Composition and Analysis*.  
<https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2018.01.007>
- Patti, P. S., & Ch. Silahooy, E. K. (2018). Analisis Status Nitrogen Tanah Dalam Kaitannya Dengan Serapan N Oleh Tanaman DiDesa Waimital. *Kecamatan Kairatu Kabupaten Seram Bagian Barat. Jurnal Agrologia*, 5(1), 51–58.
- Pertanian, K. (2011). *Peraturan Menteri Pertanian No.40/Permentan/OT.140/4/2007 tentang Rekomendasi Pemupukan (P. N & K. Padi Sawah Spesifik Lokasi (Eds.))*.
- Rahmawati, T. I., Asriany, A., & Hasan, S. (2021). Kandungan Kalium Dan Rasio C/N Pupuk Organik Cair (Poc) Berbahan Daun-Daunan Dan Urine Kambing Dengan Penambahan Bioaktivator Ragi Tape (*Saccharomyces cerevisiae*). *Buletin Nutrisi Dan Makanan Ternak*, 14(2), 50–60.  
<https://doi.org/10.20956/bnmt.v14i2.12553>
- Rajiman. (2020). *Pengantar Pemupukan*. Deepublish.
- Rasminto, A. (2019). Pembuatan pupuk organik cair dengan cara fermentasi limbah cair tahu, starter filtrat kulit pisang dan kubis dan bioaktivat EM4. *Jurnal Iptek Media Komunikasi Teknologi*, 23.
- Risma. (2021). Penentuan nitrogen Pada Tanah Untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman dan Keberlanjutan Umur Tanaman Dengan Metoda Spektrofotometri UV VIS. *Politeknik ATI Padang*, 12(1).
- Rita, M., Syarifah, A., & Defina, N. R. A. (2023). Potensi Dan Prospek Pengembangan Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.) Di Desa Antutan Kecamatan Tanjung Palas Kabupaten Bulungan. *J. Agrifarm*, 12(2), 90–97.
- Sampebarra, A. L. (2018). *Karakteristik Zat Warna Antosianin dari Biji Kakao Non*.
- Sari, R., Maryam, & Yusama, R. A. (2023). Penentuan C-Organik Pada Tanah Untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Dan Berkelanjutan Umur Tanaman Dengan Metoda Spektrofotometri UV. *VIS*, 12(1), 11–19.
- Setiawan, A., Prabowo, T., & Daryanto, S. (2021). Penggunaan pH Meter dengan Kompensasi Suhu untuk Pengukuran pH Tanah dan Pupuk Organik. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 20(3), 205–213.
- Siboro, E. S., Surya, E., & Herlina, N. (2013). *Pembuatan pupuk cair dan biogas dari campuran limbah*.
- Siregar, B. (2017). Analisa Kadar COrganik Dan Perbandingan C/N Tanah Di Lahan Tambak Kelurahan Sicanang Kecamatan Medan Belawan. *Jurnal Warta*, 53, 1–14.
- Soedarsono, dkk2004 P. K. B. K. S. S. B. O. T. dan P. T. P. K. P. P. (2004). *No Title*.
- Steinbrecher, T., & Leubner-Metzger, G. (2018). Tissue and cellular mechanics of seeds. *Current Opinion in Genetics & Development*.  
<https://doi.org/10.1016/J.GDE.2018.03.00>

- Sulfianti, Risman, & Saputri, I. (2021). Analisis Npk Pupuk Organik Cair Dari Berbagai Jenis Air Cucian Beras Dengan Metode Fermentasi Yang Berbeda. *Jurnal Agrotech*, 11(1), 36–42.
- Sutedjo, M. (2010). *pupuk dan cara pemupukan*. Reneka cipta Jakarta.
- Suwardiyono, Maharani, F., & Harianingsih. (2019). Pembuatan Pupuk Organik Cair Dari Air Rebusan Olahan Kedelai Menggunakan Effective Mikroorganisme. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 4(2), 43–48.  
<https://doi.org/10.31942/inteka.v4i2.3024>
- Tallo, M. L. L. D. S., & S. (2019). Pengaruh lama fermentasi terhadap kualitas pupuk bokhasi padat kotoran sapi. *Journal of Animal Science*, 4(1).
- Untung, P. (2023). Pengaruh pemberian kulit buah kakao fermentasi terhadap laju digesta, pH digesta, dan berat hati itik lokal jantan umur 9 minggu. *Jurnal Ilmiah SP Stindo Profesional (STIPRO)*, 11(1), 28–43.
- Utomo, M. (2016). *Ilmu Tanah Dasar-Dasar dan Pengelolaan*. Prenadamedia Goup. Jakarta.
- Verika, D., Wiharyanto, O., & Endro, S. (2017). Pengaruh penambahan limbah sayuran terhadap kandungan C-Organik dan Nitrogen total dalam vermikomposting limbah rumen dari sapi rumah potong hewan (RPH). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 1–14.
- Wei, Z., Wei, Z., Spinney, R., Ke, R., Yang, Z., & Xiao, R. (2016). Effect of pH on the sonochemical degradation of organic pollutants. *Environmental Chemistry*
- Wijayanti, R., & Prasetya, B. (2018). Pengaruh Pemberian Urea Terhadap Laju Dekomposisi Serasah Tebu di Pusat Penelitian Gula Jengkol, Kabupaten Kediri. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 5(1), 793–799. <http://jtsl.ub.ac.id>
- Letters. <https://doi.org/10.1007/S10311-016-0557-3>
- Yogi (Ed.). (2017). *penambahan sampah sayur pada fermentasi Biogas dan kotoran sapi dengan staster EM4*, universitas PGRI Adi. Surabaya.
- Zuhra, M. (2022). *Penyisihan Kadar Amonia dengan MBBR Sederhana pada Limbah Industri Pupuk Urea*. 1–70.

## LAMPIRAN

### 1. Lampiran Tabel 1 Perhitungan C-ORGANIK

Tabel 1. Tabel sidik ragam C-Organik

| Komponen | DB | JK | KT | F<br>hitung<br>5% | F<br>tabel<br>5% | BNT |
|----------|----|----|----|-------------------|------------------|-----|
|----------|----|----|----|-------------------|------------------|-----|

|           |   |        |        |       |      |      |
|-----------|---|--------|--------|-------|------|------|
| Perlakuan | 2 | 475.96 | 237.98 | 31.47 | 5.14 | 3.89 |
| Galat     | 6 | 45.37  | 7.56   |       |      |      |
| Total     | 8 | 521.33 |        |       |      |      |

Tabel 2. Interpretasi BNT

| Perbandingan | Selisih Rata-Rata       | Keterangan          |
|--------------|-------------------------|---------------------|
| P2 vs P1     | $32.17 - 16.87 = 15.30$ | Berbeda nyata       |
| P2 vs P3     | $32.17 - 16.61 = 15.55$ | Berbeda nyata       |
| P1 vs P3     | $16.87 - 16.61 = 0.26$  | Tidak Berbeda nyata |

Kesimpulan:

1. Perlakuan fermentasi 35 Hari (P2) memberikan C Organik tertinggi dan berbeda nyata dibanding fermentasi 28 Hari dan 42 Hari.
2. Perlakuan fermentasi 28 Hari dan 42 Hari tidak berbeda nyata terhadap C Organik.

Tabel 3. Data C-Organik

| Perlakuan    | U1    | U2    | U3    | Total | Rata-Rata |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| P1 (28 Hari) | 18.38 | 15.69 | 16.54 | 50.61 | 16.87     |
| P2 (35 Hari) | 37.25 | 30.25 | 29.00 | 96.50 | 32.17     |
| P3 (42 Hari) | 15.48 | 16.93 | 17.43 | 49.48 | 16.61     |

## 2. Lampiran Tabel 2 Perhitungan C/N RASIO

Tabel 4. Tabel sidik ragam C/N Rasio

| Komponen  | DB | JK     | KT    | F hitung 5% | F tabel 5% | BNT  |
|-----------|----|--------|-------|-------------|------------|------|
| Perlakuan | 2  | 110.12 | 55.06 | 21.45       | 5.14       | 2.27 |
| Galat     | 6  | 15.40  | 2.57  |             |            |      |
| Total     | 8  | 125.52 |       |             |            |      |

Tabel 5. Interpretasi BNT

| Perbandingan | Selisih Rata-Rata | Keterangan |
|--------------|-------------------|------------|
|--------------|-------------------|------------|

|          |                        |               |
|----------|------------------------|---------------|
| P2 vs P3 | $30.41 - 24.59 = 5.82$ | Berbeda nyata |
| P2 vs P1 | $30.41 - 22.05 = 8.36$ | Berbeda nyata |
| P3 vs P1 | $24.59 - 22.05 = 2.54$ | Berbeda nyata |

Kesimpulan:

1. Perlakuan fermentasi 35 Hari (P2) memberikan C/N Rasio tertinggi dan berbeda nyata dibanding fermentasi 28 Hari dan 42 Hari.
2. Perlakuan fermentasi 28 Hari dan 42 Hari berbeda nyata terhadap C/N Rasio

Tabel 6. Data C/N Rasio

| Perlakuan    | U1    | U2    | U3    | Total | Rata-Rata |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| P1 (28 Hari) | 23.57 | 22.42 | 20.17 | 66.16 | 22.05     |
| P2 (35 Hari) | 31.04 | 29.66 | 30.53 | 91.23 | 30.41     |
| P3 (42 Hari) | 22.77 | 24.19 | 26.82 | 73.78 | 24.59     |

### 3. Lampiran Tabel 3 Perhitungan N TOTAL

Tabel 7. Tabel sidik ragam N Total

| Komponen  | DB | JK   | KT   | F hitung 5% | F tabel 5% | BNT  |
|-----------|----|------|------|-------------|------------|------|
| Perlakuan | 2  | 0.24 | 0.12 | 21.45       | 5.14       | 0.12 |
| Galat     | 6  | 0.04 | 0.01 |             |            |      |
| Total     | 8  | 0.28 |      |             |            |      |

Tabel 8. Interpretasi BNT

| Perbandingan | Selisih Rata-Rata    | Keterangan          |
|--------------|----------------------|---------------------|
| P2 vs P1     | $1.06 - 0.77 = 0.29$ | Berbeda nyata       |
| P2 vs P3     | $1.06 - 0.68 = 0.38$ | Berbeda nyata       |
| P1 vs P3     | $0.77 - 0.68 = 0.09$ | Tidak berbeda nyata |

Kesimpulan:

1. Perlakuan fermentasi 35 Hari (P2) memberikan N Total tertinggi dan berbeda nyata dibanding fermentasi 28 Hari dan 42 Hari.
2. Perlakuan fermentasi 28 Hari dan 42 Hari berbeda nyata terhadap N Total

Tabel 9. Data N Total

| Perlakuan    | U1   | U2   | U3   | Total | Rata-Rata |
|--------------|------|------|------|-------|-----------|
| P1 (28 Hari) | 0.78 | 0.70 | 0.82 | 2.30  | 0.77      |
| P2 (35 Hari) | 1.20 | 1.02 | 0.95 | 3.17  | 1.06      |
| P3 (42 Hari) | 0.68 | 0.70 | 0.65 | 2.03  | 0.68      |

#### 4. Lampiran Tabel 4 Perhitungan P

Tabel 10. Tabel sidik ragam P

| Komponen  | DB | JK    | KT    | F hitung 5% | F tabel 5% | BNT  |
|-----------|----|-------|-------|-------------|------------|------|
| Perlakuan | 2  | 0.004 | 0.002 | 0.74        | 5.14       | 0.07 |
| Galat     | 6  | 0.015 | 0.003 |             |            |      |
| Total     | 8  |       |       |             |            |      |

Tabel 11. Interpretasi BNT

| Perbandingan | Selisih Rata-Rata    | Keterangan          |
|--------------|----------------------|---------------------|
| P3 vs P1     | $0.29 - 0.25 = 0.04$ | Tidak Berbeda nyata |
| P3 vs P2     | $0.29 - 0.25 = 0.04$ | Tidak Berbeda nyata |
| P1 vs P2     | $0.25 - 0.25 = 0.00$ | Tidak Berbeda nyata |

Kesimpulan:

1. Perlakuan fermentasi 42 Hari (P3) memberikan P tertinggi namun tidak berbeda nyata dibanding fermentasi 28 Hari dan 35 Hari.
2. Perlakuan fermentasi 28 Hari dan 35 Hari tidak berbeda nyata terhadap P

Tabel 12. Data P

| Perlakuan    | U1   | U2   | U3   | Total | Rata-Rata |
|--------------|------|------|------|-------|-----------|
| P1 (28 Hari) | 0.30 | 0.23 | 0.22 | 0.75  | 0.25      |
| P2 (35 Hari) | 0.21 | 0.28 | 0.26 | 0.75  | 0.25      |

|              |      |      |      |      |      |
|--------------|------|------|------|------|------|
| P3 (42 Hari) | 0.22 | 0.31 | 0.35 | 0.88 | 0.29 |
|--------------|------|------|------|------|------|

## 5. Lampiran Tabel 5 Perhitungan K

Tabel 12. Tabel sidik ragam K

| Komponen  | DB | JK    | KT    | F hitung 5% | F tabel 5% | BNT  |
|-----------|----|-------|-------|-------------|------------|------|
| Perlakuan | 2  | 0.114 | 0.057 | 34.82       | 5.14       | 0.06 |
| Galat     | 6  | 0.010 | 0.002 |             |            |      |
| Total     | 8  | 0.124 |       |             |            |      |

Tabel 13. Interpretasi BNT

| Perbandingan | Selisih Rata-Rata    | Keterangan          |
|--------------|----------------------|---------------------|
| P3 vs P2     | $0.55 - 0.31 = 0.23$ | Berbeda nyata       |
| P3 vs P1     | $0.55 - 0.30 = 0.24$ | Berbeda nyata       |
| P2 vs P1     | $0.31 - 0.30 = 0.01$ | Tidak Berbeda nyata |

Kesimpulan:

- Perlakuan fermentasi 42 Hari (P3) memberikan K tertinggi berbeda nyata dibanding fermentasi 28 Hari dan 35 Hari.
- Perlakuan fermentasi 28 Hari dan 35 Hari tidak berbeda nyata terhadap K

Tabel 14. Data K

| Perlakuan    | U1   | U2   | U3   | Total | Rata-Rata |
|--------------|------|------|------|-------|-----------|
| P1 (28 Hari) | 0.35 | 0.27 | 0.29 | 0.91  | 0.30      |
| P2 (35 Hari) | 0.30 | 0.34 | 0.30 | 0.94  | 0.31      |
| P3 (42 Hari) | 0.49 | 0.56 | 0.59 | 1.64  | 0.55      |

## 6. Lampiran Tabel 6 Perhitungan pH

Tabel 15. Tabel sidik ragam pH

| Komponen  | DB | JK   | KT   | F hitung 5% | F tabel 5% | BNT  |
|-----------|----|------|------|-------------|------------|------|
| Perlakuan | 2  | 0.81 | 0.40 | 6.07        | 5.14       | 0.37 |

|       |   |      |      |  |  |  |
|-------|---|------|------|--|--|--|
| Galat | 6 | 0.40 | 0.07 |  |  |  |
| Total | 8 | 1.21 |      |  |  |  |

Tabel 16. Interpretasi BNT

| Perbandingan | Selisih Rata-Rata    | Keterangan          |
|--------------|----------------------|---------------------|
| P3 vs P2     | $6.47 - 6.07 = 0.40$ | Berbeda nyata       |
| P3 vs P1     | $6.47 - 5.73 = 0.73$ | Berbeda nyata       |
| P2 vs P1     | $6.07 - 5.73 = 0.33$ | Tidak Berbeda nyata |

Kesimpulan:

5. Perlakuan fermentasi 42 Hari (P3) memberikan pH tertinggi berbeda nyata dibanding fermentasi 28 Hari dan 35 Hari.
6. Perlakuan fermentasi 28 Hari dan 35 Hari tidak berbeda nyata terhadap pH

Tabel 15. Data pH

| Perlakuan    | U1   | U2   | U3   | Total | Rata-Rata |
|--------------|------|------|------|-------|-----------|
| P1 (28 Hari) | 5.80 | 5.80 | 5.60 | 17.20 | 5.73      |
| P2 (35 Hari) | 6.00 | 6.00 | 6.20 | 18.20 | 6.07      |
| P3 (42 Hari) | 6.80 | 6.00 | 6.60 | 19.40 | 6.47      |

## 7. Hasil Uji Laboratorium 3 Sampel Pupuk



### LABORATORIUM TANAH

FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS MULAWARMAN

JLN. TANAH GROGOT, GD.C.12 GN. KELUA SAMARINDA, TELP./FAX (0541)748701

#### HASIL ANALISIS

No. : 315/LT-FP/11-2024  
Pengirim : Siti Ayu Wanira  
Jumlah contoh : 3 (tiga)  
Fermentasi : 28 Hari

| No. | Kode Sampel | C organik | N total | C/N rasio | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|-----|-------------|-----------|---------|-----------|-------------------------------|------------------|
|     |             | %         |         |           | Total                         | %                |
| 1   | P1U1        | 18,38     | 0,78    | 23,57     | 0,30                          | 0,35             |
| 2   | P1U2        | 15,69     | 0,70    | 22,42     | 0,23                          | 0,27             |
| 3   | P1U3        | 16,54     | 0,82    | 20,17     | 0,22                          | 0,29             |

Samarinda, 4 Juli 2025

Kepala Laboratorium,

  
Roro Kusumaningwati, S.P., M.Sc.  
NIP. 19810831 200312 2 002



### LABORATORIUM TANAH

FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS MULAWARMAN

JLN. TANAH GROGOT, GD.C.12 GN. KELUA SAMARINDA, TELP./FAX (0541)748701

#### HASIL ANALISIS

No. : 315/LT-FP/11-2024  
Pengirim : Siti Ayu Wanira  
Jumlah contoh : 3 (tiga)  
Fermentasi : 35 Hari

| No. | Kode Sampel | C organik | N total | C/N rasio | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|-----|-------------|-----------|---------|-----------|-------------------------------|------------------|
|     |             | %         |         |           | Total                         | %                |
| 1   | P2U1        | 37,25     | 1,20    | 31,04     | 0,21                          | 0,30             |
| 2   | P2U2        | 30,25     | 1,02    | 29,66     | 0,28                          | 0,34             |
| 3   | P2U3        | 29,00     | 0,95    | 30,53     | 0,26                          | 0,30             |

Samarinda, 4 Juli 2025

Kepala Laboratorium,

  
Roro Kusumaningwati, S.P., M.Sc.  
NIP. 19810831 200312 2 002



**LABORATORIUM TANAH**  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS MULAWARMAN

JLN. TANAH GROGOT, GD. C.12 GN. KELUA SAMARINDA. TELP./FAX (0541)748701

**HASIL ANALISIS**

No. : 315/LT-FP/11-2024  
Pengirim : Siti Ayu Wanira  
Jumlah contoh : 3 (tiga)  
Fermentasi : 42 Hari

| No. | Kode Sampel | C organik | N total | C/N rasio | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|-----|-------------|-----------|---------|-----------|-------------------------------|------------------|
|     |             | %         |         |           | Total (%)                     |                  |
| 1   | P3U1        | 15,48     | 0,68    | 22,77     | 0,22                          | 0,49             |
| 2   | P3U2        | 16,93     | 0,70    | 24,19     | 0,31                          | 0,56             |
| 3   | P2U3        | 17,43     | 0,65    | 26,82     | 0,35                          | 0,59             |

Samarinda, 4 Juli 2025  
Kepala Laboratorium,

  
Roro Kusumaningwati, S.P., M.Sc.  
NIP. 19810831 200312 2 002  




8. Pengambilan Sampel Kulit Kakao



9. Pengukuran pH Kulit Kakao



10. Proses Pengomposan dan Penambahan EM4



11. Pengemasan dan Pengiriman Sampel Kakao