

**KOMBINASI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (*ELAIS GUINENSIS JACQ*)
DAN FESES AYAM DALAM PROSES PEMBUATAN PUPUK BOKASHI**

SKRIPSI



**Oleh:
WELLY HO
NIM 202031002**

**JURUSAN AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS KALTARA
TANJUNG SELOR
2025**

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat, kasih sayang, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan proposal penelitian ini dengan lancar dan penuh kemudahan. Proposal ini disusun sebagai bagian dari proses penyusunan skripsi dengan judul: "**Kombinasi Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dan Feses Ayam dalam Proses Pembuatan Pupuk Bokashi**", yang rencananya akan dilaksanakan di wilayah Kecamatan Tanjung Selor.

Terlaksananya penyusunan proposal ini tentu tidak terlepas dari peran serta dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Didi Adriansyah, S.TP., M.M., selaku Rektor Universitas Kaltara yang telah memberikan arahan dan fasilitas dalam mendukung kelancaran studi penulis.
2. Rina Lesmana, S.P., M.M., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Kaltara atas motivasi dan perhatiannya terhadap mahasiswa.
3. Siti Masithah Fiqtinovri, S.TP., M.Sc., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Kaltara yang selalu memberikan dorongan akademik bagi mahasiswa.
4. Fitrah Pangerang, S.TP., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta semangat selama proses penyusunan proposal ini.

5. Sabarudin, S.P., M.M., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta semangat selama proses penyusunan proposal ini.
6. Seluruh dosen Fakultas Pertanian Universitas Kaltara yang telah membagikan ilmu dan wawasan yang sangat berharga bagi penulis.
7. Staf Tata Usaha Fakultas Pertanian yang telah membantu dalam proses administrasi dan memberikan pelayanan terbaik bagi mahasiswa.
8. Kepada kedua orang tua penulis, yang selalu memberikan doa, dukungan moral, dan semangat tanpa henti sepanjang perjalanan studi ini.
9. Rekan-rekan mahasiswa Agroteknologi, serta sahabat-sahabat lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas segala bantuan, dorongan, dan kebersamaan yang luar biasa selama proses penyusunan proposal ini.

Penulis menyadari bahwa proposal ini masih jauh dari sempurna, baik dalam segi isi maupun penyajiannya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi penyempurnaan di masa mendatang.

Akhir kata, semoga proposal ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang pertanian, serta menjadi salah satu kontribusi kecil penulis bagi dunia akademik dan masyarakat. Terima kasih.

Tanjung Selor, 24 April 2025

Nama Lengkap

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	2
DAFTAR ISI	4
I. PENDAHULUAN.....	6
1.1 Latar Belakang	6
1.2 Rumusan Masalah	9
1.3 Tujuan Penelitian	10
1.4 Manfaat Penelitian	11
II. TINJAUAN PUSTAKA	15
2.1 Pupuk Organik	15
2.2 Bokashi	21
2.2.1 Definisi dan Prinsip Dasar Pembuatan Bokashi	21
2.2.2 Proses Fermentasi pada Pupuk Bokashi	22
2.2.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Pupuk Bokashi	23
2.3 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	24
2.3.1 Karakteristik dan Komposisi Kimia TKKS.....	24
2.3.2 Potensi TKKS sebagai Bahan Baku Pupuk Organik	26
2.3.3 Pengaruh TKKS terhadap Lingkungan dan Pengelolaannya	27
2.4 Feses Ayam.....	29
2.4.1 Kandungan Hara pada Feses Ayam.....	29
2.4.2 Potensi Feses Ayam sebagai Sumber Nitrogen Organik	30
2.4.3 Risiko dan Penanganan Feses Ayam dalam Pembuatan Pupuk	31

2.5	2Kombinasi TKKS dan Feses Ayam dalam Pembuatan Pupuk Bokashi	32
2.5.1	Rasionalisasi Kombinasi Bahan	32
2.5.2	Studi Terdahulu Terkait Kombinasi TKKS dan Feses Ayam	33
2.5.3	Potensi Sinergis Kombinasi TKKS dan Feses Ayam terhadap Kualitas Bokashi	34
III.	METODE PENELITIAN.....	36
5.1	Waktu dan Tempat.....	36
5.2	Alat dan Bahan Penelitian	36
5.2.1	Alat Penelitian	37
5.2.2	Bahan Penelitian.....	37
5.3	Rancangan Percobaan.....	38
5.4	Pelaksanaan Penelitian.....	38
5.5	Analisis Data	39
DAFTAR PUSTAKA		42

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia, dengan luas perkebunan yang terus meningkat setiap tahunnya. Perkebunan kelapa sawit tersebar luas di berbagai wilayah seperti Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi. Komoditas ini memberikan kontribusi besar terhadap perekonomian nasional, baik dari sisi ekspor maupun penyediaan lapangan kerja. Namun, di balik manfaat ekonominya, industri kelapa sawit juga menghasilkan limbah dalam jumlah besar, salah satunya adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang hingga kini masih menjadi permasalahan lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik (Warsito et al., 2016).

Tandan kosong kelapa sawit merupakan limbah padat yang dihasilkan setelah proses pengambilan minyak dari buah kelapa sawit. Setiap ton tandan buah segar (TBS) kelapa sawit menghasilkan sekitar 23–25% TKKS (Purnamayani et al., 2022). Jumlah ini sangat besar mengingat volume produksi TBS yang terus meningkat setiap tahunnya. Apabila limbah ini dibiarkan menumpuk tanpa pengelolaan yang tepat, maka dapat menimbulkan pencemaran lingkungan baik dari segi estetika, kualitas udara, maupun keseimbangan ekosistem setempat.

Padahal, secara kandungan, TKKS memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan organik, karena mengandung unsur hara seperti karbon, nitrogen, fosfor, dan kalium meskipun dalam kadar yang relatif rendah. Salah satu cara

pengelolaan limbah ini yang berkelanjutan dan ramah lingkungan adalah dengan mengolahnya menjadi pupuk organik, seperti bokashi. Namun, untuk dapat meningkatkan efektivitasnya sebagai pupuk, diperlukan kombinasi dengan bahan lain yang kaya akan unsur hara, seperti feses ayam (Hasibuan, 2023).

Feses ayam merupakan salah satu limbah peternakan yang mengandung unsur nitrogen (N) yang tinggi, serta fosfor (P) dan kalium (K) yang juga penting bagi pertumbuhan tanaman. Sayangnya, limbah ini juga sering kali menjadi sumber pencemaran lingkungan karena dibuang sembarangan dan tidak dikelola dengan baik. Padahal, jika diformulasikan secara tepat, feses ayam dapat menjadi komponen penting dalam proses pengomposan atau fermentasi bahan organik, termasuk dalam pembuatan pupuk bokashi.

Bokashi sendiri merupakan teknik fermentasi bahan organik dengan bantuan mikroorganisme efektif (EM4) yang lebih cepat dan ramah lingkungan dibandingkan kompos konvensional. Proses ini menghasilkan pupuk yang kaya akan mikroba dan nutrisi yang dapat memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kesuburan lahan secara berkelanjutan. Kombinasi antara TKKS dan feses ayam diyakini dapat menghasilkan bokashi dengan kualitas yang baik, karena sifat saling melengkapi dari kedua bahan tersebut.

Dengan mengombinasikan TKKS dan feses ayam dalam pembuatan pupuk bokashi, tidak hanya tercapai tujuan mengelola limbah organik secara produktif, tetapi juga mendukung pertanian berkelanjutan yang mengandalkan sumber daya lokal. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular (circular economy) yang

menekankan pada penggunaan kembali limbah untuk menciptakan nilai tambah. Di sisi lain, proses ini juga berpotensi menekan ketergantungan petani terhadap pupuk kimia yang cenderung mahal dan berdampak negatif terhadap tanah dalam jangka panjang.

Upaya pemanfaatan TKKS dan feses ayam menjadi bokashi juga merupakan bagian dari strategi mitigasi perubahan iklim, karena dapat mengurangi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari pembusukan limbah organik yang tidak terkontrol. Selain itu, hasil bokashi dari kombinasi ini berpotensi meningkatkan produktivitas lahan pertanian, khususnya di daerah pedesaan yang masih bergantung pada pertanian tradisional dengan akses terbatas terhadap pupuk komersial.

Namun, hingga kini, penelitian tentang kombinasi optimal antara TKKS dan feses ayam dalam pembuatan bokashi masih terbatas. Beberapa penelitian sebelumnya hanya berfokus pada salah satu bahan, atau belum menelaah secara mendalam rasio terbaik yang dapat memberikan hasil maksimal dari segi kandungan hara maupun efektivitasnya terhadap pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, penting dilakukan penelitian yang lebih mendalam untuk mengevaluasi potensi kombinasi kedua bahan ini.

Selain itu, studi ini juga penting dalam konteks pengembangan teknologi tepat guna yang dapat diaplikasikan oleh petani dan pelaku usaha kecil di sektor pertanian dan peternakan (Fuadi & Pranoto, 2016). Dengan pendekatan sederhana namun ilmiah, diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi rujukan dalam praktik pertanian terpadu, sekaligus memberi kontribusi terhadap pembangunan berkelanjutan di bidang pertanian, khususnya dalam pengelolaan limbah organik yang terintegrasi.

Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian mengenai kombinasi tandan kosong kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dan feses ayam dalam proses pembuatan pupuk bokashi, dengan tujuan untuk mengetahui proporsi terbaik yang dapat menghasilkan pupuk bokashi berkualitas tinggi, baik dari segi unsur hara, struktur fisik, maupun dampaknya terhadap pertumbuhan tanaman. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dan praktis bagi pengelolaan limbah organik di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini berangkat dari pentingnya pengelolaan limbah pertanian dan peternakan secara berkelanjutan, khususnya limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan feses ayam yang jumlahnya melimpah di daerah seperti Kecamatan Tanjung Selor. Pemanfaatan kedua limbah organik ini sebagai bahan baku pupuk bokashi dinilai potensial dalam mendukung pertanian ramah lingkungan serta meningkatkan efisiensi produksi pupuk organik lokal. Namun, untuk mengoptimalkan pemanfaatannya, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai efektivitas kombinasi bahan, proses fermentasi, serta mutu akhir pupuk yang dihasilkan. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

- a. Apakah kombinasi tandan kosong kelapa sawit dan feses ayam dapat difermentasi menjadi pupuk bokashi yang layak digunakan?

- b. Berapa perbandingan bahan terbaik antara tandan kosong kelapa sawit dan feses ayam yang menghasilkan pupuk bokashi dengan kualitas unsur hara (C-organik, N, P, dan K) optimal?
- c. Bagaimana pengaruh lama waktu fermentasi terhadap kualitas pupuk bokashi dari kombinasi tandan kosong kelapa sawit dan feses ayam?
- d. Apakah pupuk bokashi yang dihasilkan memenuhi kriteria standar mutu pupuk organik menurut Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia?

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Untuk mengidentifikasi kemampuan tandan kosong kelapa sawit dan feses ayam sebagai bahan baku dalam proses pembuatan pupuk bokashi. Penelitian ini bertujuan untuk menguji apakah kombinasi kedua bahan tersebut dapat difermentasi dengan baik menjadi pupuk bokashi yang memenuhi standar kualitas pupuk organik.
- b. Untuk menentukan perbandingan terbaik antara tandan kosong kelapa sawit dan feses ayam dalam menghasilkan pupuk bokashi dengan kandungan unsur hara yang optimal. Tujuan ini bertujuan untuk mengetahui rasio yang paling efektif antara TKKS dan feses ayam dalam proses fermentasi untuk menghasilkan pupuk yang kaya akan C-organik, N, P, dan K.
- c. Untuk mengevaluasi pengaruh lama waktu fermentasi terhadap kualitas pupuk bokashi yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah waktu

fermentasi yang berbeda dapat mempengaruhi kandungan unsur hara dan kualitas pupuk bokashi yang dihasilkan.

- d. Untuk mengukur kualitas pupuk bokashi yang dihasilkan dan membandingkannya dengan standar mutu pupuk organik yang berlaku di Indonesia. Tujuan ini bertujuan untuk memastikan bahwa pupuk bokashi yang dihasilkan memenuhi persyaratan standar yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia, guna memastikan kelayakan penggunaannya dalam kegiatan pertanian.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan, tetapi juga diharapkan dapat memberikan manfaat praktis bagi masyarakat, terutama dalam hal pengelolaan limbah dan pemenuhan kebutuhan pupuk organik yang ramah lingkungan. Dalam konteks tersebut, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi yang berkelanjutan dalam memanfaatkan limbah tandan kosong kelapa sawit dan feses ayam, dua bahan yang melimpah di daerah penghasil kelapa sawit dan peternakan. Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini tidak hanya terkait dengan aspek teoritis, tetapi juga mencakup manfaat praktis, ekonomi, lingkungan, dan sosial, yang semuanya akan berdampak positif pada sektor pertanian dan keberlanjutan ekonomi masyarakat setempat.

- a. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang pertanian dan pengelolaan limbah organik. Hasil penelitian ini dapat memperkaya literatur terkait dengan pemanfaatan limbah pertanian dan peternakan dalam pembuatan pupuk organik, serta memberikan gambaran tentang potensi kombinasi tandan kosong kelapa sawit dan feses ayam sebagai bahan baku pupuk bokashi. Penelitian ini juga dapat menjadi acuan bagi studi lebih lanjut terkait dengan teknik fermentasi dan pengolahan limbah pertanian yang lebih ramah lingkungan.

b. Manfaat Praktis

Secara praktis, penelitian ini dapat memberikan solusi alternatif bagi petani dan peternak dalam mengelola limbah yang selama ini sering dianggap sebagai masalah lingkungan. Dengan pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit dan feses ayam sebagai bahan baku pupuk bokashi, diharapkan dapat membantu petani memperoleh pupuk organik yang berkualitas dengan harga yang lebih terjangkau, serta meningkatkan keberlanjutan produksi pertanian melalui penggunaan bahan organik yang ramah lingkungan. Selain itu, penelitian ini dapat memberikan gambaran tentang teknik pembuatan pupuk bokashi yang dapat diterapkan secara langsung di lapangan.

c. Manfaat Ekonomi

Dari sisi ekonomi, hasil penelitian ini dapat membuka peluang bagi pengembangan usaha pengolahan limbah menjadi pupuk organik di daerah-daerah dengan produksi kelapa sawit dan peternakan yang melimpah, seperti di Kecamatan

Tanjung Selor. Dengan adanya pemanfaatan limbah tersebut, masyarakat setempat dapat memperoleh sumber daya yang lebih bernilai, yang pada gilirannya dapat mendukung keberlanjutan ekonomi lokal. Pengolahan limbah menjadi pupuk bokashi juga dapat menjadi peluang usaha baru, yang memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat dan sektor pertanian secara keseluruhan.

d. Manfaat Lingkungan

Manfaat lingkungan yang diharapkan dari penelitian ini adalah pengurangan akumulasi limbah tandan kosong kelapa sawit dan feses ayam yang dapat mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Dengan mengubah limbah tersebut menjadi pupuk organik yang bermanfaat, penelitian ini berpotensi untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, sekaligus meningkatkan kualitas tanah dan kesuburan tanaman secara berkelanjutan. Penggunaan pupuk bokashi yang dihasilkan dari limbah ini dapat menjadi salah satu langkah dalam mendukung pertanian berkelanjutan dan ramah lingkungan.

e. Manfaat Sosial

Penelitian ini juga memiliki manfaat sosial, terutama bagi masyarakat yang terlibat dalam kegiatan pertanian dan peternakan di Kecamatan Tanjung Selor. Dengan pengolahan limbah menjadi pupuk yang berguna, masyarakat dapat meningkatkan hasil pertanian mereka, yang pada gilirannya dapat mendukung ketahanan pangan lokal dan meningkatkan kesejahteraan ekonomi keluarga petani. Selain itu, dengan adopsi teknologi pengelolaan limbah yang ramah lingkungan, masyarakat juga

dapat lebih peduli terhadap isu-isu lingkungan dan berperan dalam menjaga kelestarian alam.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pupuk Organik

2.1.1 Pengertian dan Jenis-Jenis Pupuk Organik

Pupuk organik adalah bahan alami yang berasal dari sisa-sisa makhluk hidup, seperti tanaman dan hewan, yang telah mengalami proses dekomposisi dan digunakan untuk memperbaiki kesuburan tanah. Pupuk ini mengandung unsur hara esensial yang dibutuhkan tanaman, seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), serta mikronutrien lainnya. Penggunaan pupuk organik telah menjadi bagian integral dalam praktik pertanian berkelanjutan karena kemampuannya dalam meningkatkan kualitas tanah dan hasil pertanian (Priambodo & Erdiansyah, 2024).

Jenis-jenis pupuk organik sangat beragam, tergantung pada sumber bahan bakunya. Pupuk kandang, misalnya, berasal dari kotoran hewan seperti sapi, ayam, dan kambing. Pupuk ini kaya akan nitrogen dan sangat bermanfaat untuk meningkatkan kesuburan tanah. Pupuk kompos dibuat dari dekomposisi bahan organik seperti sisa tanaman dan limbah dapur, yang menghasilkan humus yang kaya akan nutrisi dan mikroorganisme bermanfaat (Muliani et al., 2022).

Pupuk hijau adalah jenis pupuk organik yang berasal dari tanaman tertentu yang ditanam dan kemudian ditanamkan ke dalam tanah untuk

meningkatkan kandungan bahan organik dan nitrogen. Tanaman seperti kacang-kacangan sering digunakan sebagai pupuk hijau karena kemampuannya dalam mengikat nitrogen dari udara. Selain itu, pupuk hayati mengandung mikroorganisme hidup yang membantu dalam proses penyerapan nutrisi oleh tanaman dan meningkatkan kesehatan tanah (Sari, 2023).

Humus, hasil akhir dari dekomposisi bahan organik, juga termasuk dalam kategori pupuk organik. Humus memiliki kemampuan tinggi dalam menahan air dan nutrisi, serta meningkatkan struktur tanah. Pupuk serasah, yang berasal dari dedaunan dan ranting yang gugur, juga berperan dalam menambah bahan organik ke dalam tanah dan mendukung aktivitas mikroorganisme tanah (Sari, 2023).

Pupuk organik cair dibuat melalui fermentasi bahan organik dalam bentuk cair, yang memudahkan penyerapan nutrisi oleh tanaman. Pupuk ini sering digunakan sebagai pupuk daun atau disiramkan langsung ke tanah. Pupuk guano, yang berasal dari kotoran burung laut atau kelelawar, kaya akan nitrogen dan fosfor, dan telah digunakan sejak lama dalam pertanian (Sari, 2023).

Penggunaan berbagai jenis pupuk organik ini tidak hanya meningkatkan kesuburan tanah tetapi juga mendukung pertanian yang ramah lingkungan. Dengan memahami karakteristik masing-masing jenis pupuk organik, petani dapat memilih jenis yang paling sesuai dengan kebutuhan tanaman dan kondisi tanah mereka.

2.1.2 Peran Pupuk Organik dalam Kesuburan Tanah dan Pertumbuhan Tanaman

Pupuk organik memainkan peran penting dalam meningkatkan kesuburan tanah melalui perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Secara fisik, penambahan bahan organik dari pupuk organik meningkatkan struktur tanah, porositas, dan kapasitas menahan air, yang semuanya penting untuk pertumbuhan akar dan penyerapan nutrisi oleh tanaman (Yunda et al., 2023)

Secara kimia, pupuk organik meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah, yang memungkinkan tanah menahan dan menyediakan lebih banyak nutrisi bagi tanaman. Selain itu, dekomposisi bahan organik menghasilkan asam organik yang membantu melarutkan mineral tanah, sehingga meningkatkan ketersediaan unsur hara seperti fosfor dan kalium (Yunda et al., 2023)

Dari segi biologi, pupuk organik menyediakan sumber energi bagi mikroorganisme tanah, yang berperan dalam dekomposisi bahan organik dan siklus nutrisi. Aktivitas mikroba yang tinggi meningkatkan kesehatan tanah dan membantu dalam pengendalian penyakit tanaman secara alami.

Penggunaan pupuk organik juga berdampak positif pada pertumbuhan tanaman. Tanaman yang ditanam di tanah yang diperkaya dengan pupuk organik menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik, sistem perakaran yang lebih kuat, dan ketahanan terhadap stres lingkungan. Selain itu, hasil panen dari tanaman yang diberi pupuk organik cenderung memiliki kualitas yang lebih

baik, baik dari segi rasa, kandungan nutrisi, maupun umur simpan (Yunda et al., 2023)

Pupuk organik juga membantu dalam mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia sintetis, yang seringkali mahal dan dapat menyebabkan degradasi tanah dalam jangka panjang. Dengan mengintegrasikan pupuk organik ke dalam sistem pemupukan, petani dapat mencapai keseimbangan nutrisi yang lebih baik dan menjaga keberlanjutan produksi pertanian.

Selain itu, penggunaan pupuk organik mendukung praktik pertanian berkelanjutan dengan mengurangi pencemaran lingkungan dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya alam. Dengan demikian, pupuk organik tidak hanya bermanfaat bagi tanaman dan tanah, tetapi juga bagi ekosistem secara keseluruhan.

2.1.3 Standar Mutu Pupuk Organik di Indonesia

Di Indonesia, standar mutu pupuk organik diatur dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 7763:2024, yang merupakan revisi dari SNI 7763:2018. Standar ini menetapkan persyaratan mutu, pengolahan, serta metode pengujian yang harus dipenuhi oleh pupuk organik padat agar dapat beredar di pasar. Tujuan dari penerapan SNI ini adalah untuk memastikan bahwa pupuk organik padat yang digunakan oleh petani aman dan efektif untuk meningkatkan produktivitas pertanian tanpa merusak lingkungan (BSIP, 2024).

Menurut SNI 7763:2024, beberapa parameter mutu yang harus dipenuhi oleh pupuk organik padat meliputi kadar C-organik minimal 15%, rasio C/N

maksimal 25, kadar air antara 8–25%, pH antara 4–9, dan kandungan hara makro ($N+P_2O_5+K_2O$) minimal 2%. Selain itu, standar ini juga menetapkan batas maksimal untuk kandungan logam berat seperti Hg, Pb, Cd, As, Cr, dan Ni, serta cemaran mikroba seperti *E. coli* dan *Salmonella* sp. (BSIP, 2024).

Standar ini juga mengatur tentang ukuran butir pupuk, dengan persyaratan bahwa minimal 75% butir pupuk, selain parameter kimia dan biologis, SNI juga menetapkan kriteria fisik dari pupuk organik, termasuk homogenitas dan ukuran partikel. Pupuk organik padat yang memenuhi syarat harus memiliki bentuk yang seragam, tidak menggumpal, serta bebas dari bahan berbahaya seperti plastik, kaca, logam, dan batu. Kriteria ini penting untuk memastikan keamanan dan kemudahan dalam aplikasi pupuk di lapangan (BSIP, 2024).

Penerapan standar mutu ini tidak hanya penting bagi produsen pupuk organik, tetapi juga memberikan perlindungan kepada petani sebagai konsumen. Dengan adanya SNI, petani dapat memilih pupuk organik yang terjamin kualitasnya, sehingga hasil pertanian yang dihasilkan lebih optimal. Di sisi lain, produsen terdorong untuk melakukan proses produksi yang higienis, efisien, dan berbasis teknologi agar memenuhi persyaratan yang ditetapkan pemerintah (Masykur, 2013)

Kesesuaian pupuk organik dengan standar mutu juga berkaitan erat dengan efektivitasnya dalam memperbaiki kesuburan tanah dan menunjang pertumbuhan tanaman. Penelitian yang dilakukan oleh Warsito et al., (2016)

menunjukkan bahwa pupuk organik yang memenuhi standar mutu nasional memberikan hasil yang lebih baik dibanding pupuk yang tidak memenuhi standar, baik dalam hal pertumbuhan vegetatif maupun produktivitas tanaman hortikultur.

Lebih jauh lagi, peran pemerintah dalam pengawasan mutu pupuk organik sangat diperlukan untuk menjamin bahwa produk-produk yang beredar di pasaran tidak merugikan pengguna. Pengawasan ini dilakukan melalui proses sertifikasi mutu, pelabelan yang benar, serta pengujian laboratorium yang sesuai dengan standar teknis. Program-program seperti uji mutu di lapangan dan pelatihan bagi pelaku usaha pupuk juga menjadi bagian dari upaya peningkatan mutu (BSIP, 2024).

Sebagai tambahan, regulasi terkait standar mutu pupuk organik juga mencerminkan komitmen Indonesia terhadap pembangunan pertanian berkelanjutan dan ekonomi sirkular. Limbah organik dari sektor pertanian, peternakan, dan rumah tangga bisa dimanfaatkan secara optimal menjadi pupuk organik berkualitas jika proses produksi dan pengawasan mutunya dilakukan sesuai dengan ketentuan. Hal ini membuka peluang besar dalam pengelolaan limbah berbasis ekonomi hijau (Hasibuan, 2023).

Dengan demikian, pemahaman yang baik terhadap standar mutu pupuk organik sangat penting, tidak hanya bagi produsen, tetapi juga pengguna dan pemangku kepentingan lain di bidang pertanian. Standar ini menjadi fondasi

utama dalam membangun sistem pertanian organik yang sehat, produktif, dan berkelanjutan di Indonesia.

2.2 Bokashi

2.2.1 Definisi dan Prinsip Dasar Pembuatan Bokashi

Bokashi adalah pupuk organik yang dihasilkan melalui proses fermentasi anaerobik bahan organik dengan bantuan mikroorganisme efektif (EM). Proses ini menguraikan bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana, meningkatkan kandungan nutrisi, dan menghasilkan pupuk yang kaya akan mikroorganisme bermanfaat bagi tanah dan tanaman (Purnamayani et al., 2022).

Prinsip dasar pembuatan bokashi melibatkan pencampuran bahan organik seperti kotoran ternak, dedak, dan sekam dengan larutan EM dan molase, kemudian difermentasi dalam kondisi anaerob selama 7–14 hari. Fermentasi ini mempercepat dekomposisi bahan organik, mengurangi bau tidak sedap, dan menghasilkan pupuk yang siap digunakan dalam waktu relatif singkat dibandingkan kompos konvensional.

Proses fermentasi bokashi tidak hanya menguraikan bahan organik, tetapi juga meningkatkan kandungan mikroorganisme menguntungkan seperti bakteri asam laktat dan ragi. Mikroorganisme ini berperan dalam meningkatkan kesuburan tanah dan kesehatan tanaman.

Bokashi memiliki keunggulan dalam memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas tukar kation, dan menyediakan nutrisi secara bertahap

sesuai kebutuhan tanaman. Hal ini menjadikan bokashi sebagai pilihan pupuk organik yang efektif dan ramah lingkungan.

Selain itu, penggunaan bokashi dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, mengurangi pencemaran lingkungan, dan mendukung pertanian berkelanjutan. Dengan demikian, bokashi menjadi solusi alternatif dalam pengelolaan limbah organik dan peningkatan produktivitas pertanian.

Secara keseluruhan, bokashi adalah pupuk organik hasil fermentasi bahan organik dengan bantuan mikroorganisme efektif, yang menawarkan berbagai manfaat bagi tanah, tanaman, dan lingkungan.

2.2.2 Proses Fermentasi pada Pupuk Bokashi

Proses fermentasi bokashi dimulai dengan pencampuran bahan organik seperti kotoran ternak, dedak, dan sekam dengan larutan EM dan molase. Campuran ini kemudian ditutup rapat untuk menciptakan kondisi anaerob, memungkinkan mikroorganisme efektif bekerja menguraikan bahan organik.

Selama fermentasi, mikroorganisme efektif menguraikan bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana, menghasilkan panas, dan meningkatkan kandungan nutrisi dalam pupuk. Proses ini juga menekan pertumbuhan mikroorganisme patogen dan mengurangi bau tidak sedap.

Fermentasi berlangsung selama 7–14 hari, tergantung pada suhu, kelembaban, dan jenis bahan organik yang digunakan. Suhu optimal untuk fermentasi berkisar antara 30–40°C, dan kelembaban sekitar 40–60%.

Selama proses fermentasi, penting untuk menjaga kondisi anaerob dan memantau suhu serta kelembaban. Jika suhu terlalu tinggi atau kelembaban terlalu rendah, proses fermentasi dapat terganggu, menghasilkan pupuk yang kurang berkualitas.

Setelah fermentasi selesai, pupuk bokashi yang matang memiliki ciri-ciri seperti warna coklat tua, aroma khas fermentasi, dan tekstur yang gembur. Pupuk ini siap digunakan untuk meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman.

Dengan memahami dan mengontrol proses fermentasi, petani dapat menghasilkan pupuk bokashi berkualitas tinggi yang mendukung pertanian berkelanjutan dan ramah lingkungan.

2.2.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Pupuk Bokashi

Kualitas pupuk bokashi dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk jenis dan proporsi bahan organik yang digunakan. Bahan dengan rasio karbon terhadap nitrogen (C/N) yang seimbang, sekitar 25–30, mendukung fermentasi yang optimal dan menghasilkan pupuk berkualitas tinggi.

Kelembaban campuran juga memainkan peran penting dalam fermentasi. Kelembaban yang ideal berkisar antara 40–60%. Kelembaban yang terlalu rendah dapat menghambat aktivitas mikroorganisme, sementara kelembaban yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kondisi anaerob berlebihan dan pembusukan (Hasibuan, 2023).

Suhu selama fermentasi harus dijaga antara 30–40°C. Suhu yang terlalu rendah dapat memperlambat fermentasi, sedangkan suhu yang terlalu tinggi dapat membunuh mikroorganisme efektif dan merusak kualitas pupuk.

Penggunaan mikroorganisme efektif (EM) yang berkualitas dan dalam jumlah yang tepat sangat penting untuk keberhasilan fermentasi. EM membantu menguraikan bahan organik, menekan mikroorganisme patogen, dan meningkatkan kandungan nutrisi dalam pupuk.

Waktu fermentasi juga mempengaruhi kualitas bokashi. Fermentasi yang terlalu singkat dapat menghasilkan pupuk yang belum matang, sementara fermentasi yang terlalu lama dapat menyebabkan penurunan kualitas nutrisi.

2.3 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

2.3.1 Karakteristik dan Komposisi Kimia TKKS

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah padat utama dari proses pengolahan kelapa sawit. Setelah minyak kelapa sawit (CPO) dipisahkan dari buah, bagian tandannya tidak lagi dimanfaatkan dan menghasilkan limbah padat dalam jumlah besar. TKKS terdiri atas serat kasar dengan kandungan lignoselulosa yang tinggi, menjadikannya bahan organik potensial untuk berbagai aplikasi, termasuk pupuk organik (Nasution et al., 2018).

Secara fisik, TKKS memiliki struktur berserat yang kaku dan liat. Hal ini disebabkan oleh tingginya kadar lignin dan selulosa dalam komposisinya. Dalam penelitian oleh Sari et al. (2020), TKKS dilaporkan memiliki kandungan selulosa

sekitar 38–45%, hemiselulosa sekitar 25–30%, dan lignin mencapai 20–30%. Kandungan ini membuat TKKS sulit terdekomposisi secara alami jika tidak diolah terlebih dahulu.

Dari segi kimia, TKKS memiliki pH netral hingga sedikit asam, kadar C-organik tinggi, dan rasio C/N yang tinggi pula, yakni berkisar antara 50–90. Rasio ini menunjukkan bahwa TKKS membutuhkan bahan dengan kandungan nitrogen tinggi agar proses dekomposisi berjalan optimal dalam pembuatan kompos atau bokashi (Purnamayani et al., 2022). Oleh karena itu, penggabungan TKKS dengan bahan kaya nitrogen seperti feses ayam sangat disarankan.

Karakteristik ini menjadikan TKKS tidak hanya sebagai limbah, tetapi juga sumber bahan baku potensial dalam sektor pertanian, khususnya dalam pengembangan pupuk organik. Meski demikian, sifatnya yang keras dan sulit terurai menjadi tantangan tersendiri dalam proses pengolahan. Perlakuan pendahuluan seperti pencacahan, perendaman, atau penggunaan inokulan mikroba seringkali diperlukan (Fuadi & Pranoto, 2016).

Selain komponen utama lignoselulosa, TKKS juga mengandung unsur hara seperti kalium (K), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg), meskipun dalam kadar yang lebih rendah dibandingkan limbah organik lainnya. Kandungan ini dapat menjadi sumber nutrisi tambahan bagi tanah bila diolah secara optimal (Yusof et al., 2020).

Dengan mengetahui karakteristik dan komposisi kimia TKKS secara menyeluruh, maka penggunaannya sebagai bahan baku bokashi memerlukan

pendekatan yang tepat, baik dalam pemilihan bahan tambahan maupun pengaturan kondisi fermentasi.

2.3.2 Potensi TKKS sebagai Bahan Baku Pupuk Organik

TKKS berpotensi tinggi sebagai bahan baku pupuk organik karena ketersediaannya yang melimpah dan kandungan organiknya yang tinggi. Setiap ton buah kelapa sawit yang diolah dapat menghasilkan sekitar 230–250 kg TKKS, sehingga potensi pemanfaatannya sangat besar untuk mendukung pertanian berkelanjutan (Siregar et al., 2021).

Sebagai bahan baku kompos atau bokashi, TKKS memiliki kelebihan dalam hal struktur fisik yang mampu memperbaiki porositas tanah dan meningkatkan aerasi. Hal ini membuat tanah lebih gembur dan memudahkan penetrasi akar tanaman. Selain itu, TKKS mampu menahan air lebih lama di dalam tanah, yang menguntungkan terutama pada lahan kering atau berpasir (Aisyah et al., 2020).

Namun demikian, rasio C/N yang tinggi menjadi hambatan utama jika TKKS digunakan secara tunggal. Oleh sebab itu, pencampuran TKKS dengan bahan kaya nitrogen seperti feses ayam atau limbah dapur sangat direkomendasikan untuk mempercepat proses dekomposisi dan menghasilkan pupuk berkualitas baik.

Pemanfaatan TKKS dalam bentuk bokashi telah terbukti dapat meningkatkan produktivitas tanaman. Studi oleh Muliani et al., (2022) menunjukkan bahwa aplikasi bokashi berbasis TKKS pada tanaman sawi hijau mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen secara signifikan dibandingkan dengan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa bokashi dari TKKS bukan hanya sekadar pengelolaan limbah, tetapi juga solusi pertanian yang berdaya guna.

Selain itu, pembuatan pupuk organik dari TKKS dapat mendukung program pertanian organik dan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia. Hal ini sejalan dengan kebijakan nasional dalam mendorong praktik pertanian ramah lingkungan. Dengan demikian, jika diolah dengan teknik yang tepat, TKKS dapat menjadi bahan baku pupuk bokashi yang tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga ekonomis dan efektif untuk mendukung ketahanan pangan dan keberlanjutan sektor pertanian.

2.3.3 Pengaruh TKKS terhadap Lingkungan dan Pengelolaannya

Tanpa pengelolaan yang baik, TKKS dapat menimbulkan berbagai masalah lingkungan. Timbunan limbah TKKS yang tidak dikelola dapat mencemari tanah dan sumber air di sekitarnya serta menjadi tempat berkembang biaknya hama dan penyakit tanaman. Oleh karena itu, pengelolaan TKKS menjadi aspek penting dalam industri kelapa sawit.

Praktik pembuangan TKKS secara langsung di lahan atau pembakaran terbuka masih sering dilakukan dan menjadi sumber pencemaran udara dan tanah. Pembakaran menghasilkan emisi CO₂ dan partikel debu yang berkontribusi terhadap perubahan iklim (Priambodo & Erdiansyah, 2024). Oleh karena itu, alternatif pengelolaan yang ramah lingkungan perlu dikembangkan, salah satunya adalah pengolahan menjadi pupuk organik.

Pengelolaan TKKS melalui proses fermentasi bokashi menjadi solusi efektif yang bersifat zero waste. Tidak hanya mengurangi volume limbah, tetapi juga mengubahnya menjadi produk bernilai tambah yang dapat memperbaiki kualitas tanah dan produktivitas pertanian (Rahim et al., 2020). Proses ini juga membantu mengurangi ketergantungan petani terhadap pupuk kimia.

Beberapa studi telah menunjukkan bahwa pengolahan limbah TKKS menjadi bokashi secara signifikan dapat menurunkan potensi pencemaran lingkungan. Misalnya, hasil penelitian oleh Yunda et al., (2023) menunjukkan bahwa fermentasi bokashi dari TKKS mampu menurunkan kadar logam berat dan meningkatkan stabilitas C-organik dalam tanah.

Penerapan prinsip ekonomi sirkular dalam pengelolaan TKKS juga semakin didorong di sektor perkebunan kelapa sawit. Limbah yang sebelumnya menjadi beban kini bisa dijadikan sumber bahan baku untuk pupuk, energi biomassa, hingga media tanam (Nuraini et al., 2021).

Dengan pengelolaan yang bijak, TKKS tidak lagi menjadi limbah yang merusak lingkungan, tetapi dapat menjadi bagian dari solusi berkelanjutan dalam pengelolaan sumber daya alam dan peningkatan kesejahteraan petani.

2.4 Feses Ayam

2.4.1 Kandungan Hara pada Feses Ayam

Feses ayam merupakan salah satu jenis limbah organik yang kaya akan kandungan hara makro, khususnya nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Berdasarkan penelitian oleh Moitzi et al. (2019), kandungan nitrogen dalam feses ayam berkisar antara 1,5% hingga 3%, tergantung pada jenis pakan dan manajemen kandang. Selain itu, feses ayam juga mengandung unsur mikro seperti magnesium (Mg), kalsium (Ca), dan sulfur (S), yang penting untuk pertumbuhan tanaman. Komposisi hara ini menjadikan feses ayam sangat potensial sebagai bahan utama dalam pembuatan pupuk organik.

Secara kimia, feses ayam mengandung bahan organik yang cukup tinggi, yakni sekitar 60–70% dari total massa keringnya (Beck-Friis et al., 2003). Kandungan bahan organik ini mendukung aktivitas mikroorganisme dalam proses fermentasi pupuk bokashi. Kandungan C/N rasio feses ayam yang relatif rendah juga menjadikannya cocok dicampur dengan bahan berkadar karbon tinggi seperti tandan kosong kelapa sawit untuk menyeimbangkan komposisi nutrisi.

Penggunaan feses ayam sebagai bahan baku pupuk juga turut mengurangi pencemaran lingkungan akibat penumpukan limbah peternakan. Feses ayam yang

tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan pencemaran air dan tanah karena kandungan ammoniak dan senyawa organik lainnya. Oleh karena itu, pengelolaan feses ayam menjadi pupuk bokashi merupakan solusi berkelanjutan.

2.4.2 Potensi Feses Ayam sebagai Sumber Nitrogen Organik

Feses ayam diketahui memiliki kandungan nitrogen organik yang cukup tinggi, yang sangat penting untuk pertumbuhan vegetatif tanaman. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Eghball dan Power (1999), nitrogen dalam feses ayam memiliki tingkat ketersediaan yang tinggi setelah mengalami proses dekomposisi atau fermentasi. Ini membuat feses ayam menjadi bahan unggulan dalam pupuk bokashi, terutama sebagai sumber nitrogen alami.

Dalam konteks pertanian organik, sumber nitrogen dari feses ayam sangat diandalkan karena bersifat lepas lambat (slow release), yang berarti nutrisi akan tersedia secara bertahap sesuai dengan kebutuhan tanaman (Yunda et al., 2023). Hal ini sangat menguntungkan dalam pengelolaan kesuburan tanah secara berkelanjutan, karena dapat mengurangi kehilangan nitrogen akibat pencucian.

Di sisi lain, kandungan nitrogen dalam bentuk ammonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-) pada feses ayam juga memberikan fleksibilitas dalam memenuhi kebutuhan tanaman pada fase pertumbuhan yang berbeda. Proses fermentasi bokashi dapat meningkatkan ketersediaan bentuk nitrogen yang dapat diserap tanaman secara langsung. Oleh karena itu, pemanfaatan feses ayam dalam bokashi sangat mendukung efisiensi pemupukan.

2.4.3 Risiko dan Penanganan Feses Ayam dalam Pembuatan Pupuk

Meski memiliki potensi besar, penggunaan feses ayam sebagai bahan pupuk organik memiliki beberapa risiko yang perlu dikelola dengan baik. Salah satu risiko utama adalah tingginya kandungan patogen seperti *Salmonella* dan *E. coli* yang dapat mencemari produk pertanian jika tidak melalui proses dekomposisi yang optimal (Priambodo & Erdiansyah, 2024). Proses fermentasi bokashi yang dilakukan dengan benar dapat menurunkan populasi patogen ini secara signifikan.

Selain itu, feses ayam yang segar juga mengandung senyawa fitotoksik seperti amoniak yang dapat membahayakan tanaman jika diaplikasikan secara langsung. Oleh karena itu, diperlukan proses pengomposan atau fermentasi tertutup dengan aktivator mikroorganisme efektif (EM) untuk menurunkan toksisitas dan menstabilkan kandungan unsur hara.

Penanganan feses ayam juga mencakup aspek bau dan emisi gas rumah kaca. Fermentasi dengan sistem tertutup seperti dalam proses bokashi membantu mengurangi emisi gas metana dan nitrogen oksida yang sering muncul pada proses pengomposan aerobik biasa (Yunda et al., 2023). Dengan demikian, bokashi berbahan feses ayam menjadi salah satu solusi ramah lingkungan dan ekonomis dalam pengelolaan limbah peternakan.

2.5 2Kombinasi TKKS dan Feses Ayam dalam Pembuatan Pupuk

Bokashi

2.5.1 Rasionalisasi Kombinasi Bahan

Kombinasi antara tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan feses ayam dalam pembuatan pupuk bokashi didasarkan pada prinsip keseimbangan rasio karbon dan nitrogen (C/N) yang optimal. TKKS memiliki kandungan karbon tinggi dengan rasio C/N mencapai 46–80, tergantung pada proses ekstraksi dan pengolahan awal (Ishak et al., 2019). Sementara itu, feses ayam kaya akan nitrogen dengan rasio C/N rendah, sekitar 10–15. Kombinasi keduanya bertujuan untuk menciptakan lingkungan fermentasi yang ideal bagi mikroorganisme pengurai dalam proses bokashi (Yunda et al., 2023).

Secara teknis, pencampuran TKKS yang bersifat lignoselulosa dengan feses ayam dapat mempercepat proses dekomposisi karena feses ayam menyediakan nitrogen yang penting bagi pertumbuhan mikroba pengurai. Hal ini memungkinkan proses fermentasi berlangsung lebih cepat dan efisien dibandingkan jika menggunakan bahan tunggal. Di samping itu, penambahan bahan kaya nitrogen mampu menurunkan rasio C/N secara keseluruhan menjadi mendekati ideal (antara 25–30), yang merupakan syarat penting untuk menghasilkan pupuk organik berkualitas tinggi.

Kombinasi ini juga mendukung prinsip zero waste karena keduanya merupakan limbah agroindustri dan peternakan yang melimpah namun belum dimanfaatkan secara optimal. Di Indonesia, potensi TKKS mencapai 20–25 juta ton per tahun, sementara produksi feses ayam dari sektor peternakan unggas skala rumah tangga hingga industri mencapai jutaan ton per tahun (Muryanto et al., 2022). Dengan demikian, pendekatan ini mendukung pertanian berkelanjutan dan pengelolaan limbah terpadu berbasis ekonomi sirkular.

2.5.2 Studi Terdahulu Terkait Kombinasi TKKS dan Feses Ayam

Beberapa studi telah menguji kombinasi TKKS dan feses ayam dalam pembuatan pupuk organik, baik melalui metode kompos maupun bokashi. Penelitian oleh (Hasibuan, 2023) menunjukkan bahwa kombinasi TKKS dengan feses ayam pada rasio 2:1 menghasilkan pupuk kompos dengan kandungan N total sebesar 1,89%, P sebesar 0,72%, dan K sebesar 1,12%, yang menunjukkan peningkatan signifikan dibandingkan penggunaan bahan tunggal. Penelitian ini memperkuat dasar ilmiah bahwa kombinasi kedua bahan mampu meningkatkan kualitas pupuk.

Studi lain oleh (Priambodo & Erdiansyah, 2024) menyebutkan bahwa fermentasi bokashi dengan kombinasi TKKS dan feses ayam menggunakan Effective Microorganisms 4 (EM4) menghasilkan pupuk yang tidak hanya memenuhi standar SNI, tetapi juga meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman sayuran seperti sawi dan bayam secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa

efek agronomis dari kombinasi bahan ini cukup menjanjikan untuk diaplikasikan dalam skala pertanian.

Beberapa peneliti juga menyoroti bahwa penggunaan TKKS secara tunggal cenderung lambat terdekomposisi karena kadar lignin dan silikat yang tinggi. Namun, saat dikombinasikan dengan feses ayam dan mikroorganisme fermentasi, waktu dekomposisi dapat dipercepat dari 45 hari menjadi 21–28 hari (Ningsih et al., 2021). Ini memberikan keuntungan dari sisi efisiensi waktu dan biaya produksi pupuk.

2.5.3 Potensi Sinergis Kombinasi TKKS dan Feses Ayam terhadap Kualitas Bokashi

Kombinasi TKKS dan feses ayam menciptakan sinergi yang dapat meningkatkan kualitas pupuk bokashi secara fisik, kimia, dan biologis. Dari aspek fisik, pupuk yang dihasilkan memiliki tekstur remah dan warna lebih gelap, menunjukkan proses dekomposisi bahan organik yang baik (Siregar et al., 2018). Secara kimia, kandungan nitrogen, fosfor, dan kalium dalam bokashi kombinasi ini mengalami peningkatan dibanding bahan tunggal, dengan nilai NPK yang memenuhi atau mendekati standar Permentan No. 01 Tahun 2019.

Secara biologis, proses fermentasi pada kombinasi TKKS dan feses ayam mendorong pertumbuhan mikroorganisme menguntungkan seperti *Bacillus* sp., *Trichoderma* sp., dan *Lactobacillus* sp., yang berperan sebagai agen pengurai sekaligus sebagai agen hayati untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap

penyakit. Selain itu, pH pupuk yang dihasilkan cenderung netral hingga sedikit asam (pH 6–7), ideal bagi sebagian besar tanaman hortikultura.

Efek aplikasi bokashi kombinasi ini terhadap pertumbuhan tanaman telah dibuktikan dalam berbagai percobaan. Misalnya, bokashi dari TKKS dan feses ayam mampu meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, dan biomassa basah dan kering pada tanaman jagung dan sawi (Lubis et al., 2021). Hal ini memperkuat klaim bahwa penggunaan kombinasi tersebut tidak hanya menguntungkan dari sisi limbah, tetapi juga dari sisi agronomis dan ekonomi petani.

III. METODE PENELITIAN

5.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Mei hingga Juli 2025, mencakup tahap persiapan bahan, proses fermentasi, hingga analisis hasil bokashi. Kegiatan penelitian akan dilakukan di Laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Kaltara serta di lahan percobaan yang berlokasi di Kecamatan Tanjung Selor, Kabupaten Bulungan. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada kemudahan akses terhadap bahan baku, ketersediaan sarana laboratorium, serta dukungan fasilitas yang memadai untuk menunjang proses penelitian, terutama dalam tahap fermentasi dan pengujian kualitas pupuk bokashi yang dihasilkan.

5.2 Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan berbagai alat dan bahan yang dibutuhkan dalam proses pembuatan dan pengujian pupuk bokashi dari kombinasi tandan kosong kelapa sawit dan feses ayam. Alat yang digunakan difokuskan untuk mendukung proses pencacahan, pencampuran, fermentasi, serta analisis laboratorium. Sementara itu, bahan penelitian terdiri dari bahan utama berupa TKKS dan feses ayam, serta bahan tambahan seperti dedak, gula merah, dan larutan EM4 sebagai inokulum mikroba untuk mempercepat proses fermentasi. Seluruh alat dan bahan dipilih berdasarkan kesesuaian dengan metode bokashi dan ketersediaan di lingkungan sekitar lokasi penelitian.

5.2.1 Alat Penelitian

Beberapa alat utama yang digunakan dalam penelitian ini antara lain timbangan digital untuk menimbang bahan sesuai proporsi, ember atau tong fermentasi plastik berpenutup untuk tempat proses bokashi, pisau atau chopper untuk mencacah tandan kosong kelapa sawit, serta alat pengaduk manual untuk homogenisasi bahan. Selain itu, digunakan juga thermometer digital dan pH meter untuk memantau suhu serta keasaman selama proses fermentasi berlangsung. Pada tahap akhir, dilakukan analisis laboratorium menggunakan alat uji kandungan unsur hara seperti spektrofotometer dan oven pengering untuk penentuan kadar air.

5.2.2 Bahan Penelitian

Bahan utama dalam penelitian ini adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang diperoleh dari limbah pabrik kelapa sawit di sekitar Tanjung Selor, dan feses ayam yang dikumpulkan dari peternakan lokal. TKKS terlebih dahulu dicacah agar lebih mudah terurai dalam proses fermentasi. Feses ayam digunakan dalam kondisi setengah kering untuk menjaga kandungan nitrogen tetap tinggi. Selain itu, ditambahkan dedak padi sebagai sumber energi mikroba, larutan gula merah sebagai aktivator, serta larutan EM4 (Effective Microorganisms) sebagai inokulum yang mengandung mikroorganisme fermentatif. Proporsi dan perlakuan bahan disesuaikan dengan standar pembuatan bokashi yang telah terbukti efektif dalam berbagai penelitian sebelumnya.

5.3 Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan metode **analisis unsur hara** pada pupuk bokashi yang berasal dari kombinasi tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan feses ayam. Terdapat **tiga perlakuan** yang berbeda berdasarkan komposisi bahan, dan masing-masing **diulang sebanyak empat kali** (4 ulangan).

Berikut adalah rincian perlakuan:

- **P1:** 15 kg TKKS + 10 kg feses ayam
- **P2:** 10 kg TKKS + 15 kg feses ayam
- **P3:** 7,5 kg TKKS + 7,5 kg feses ayam

Perlakuan	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 4
P1 (15 kg TKKS + 10 kg feses ayam)	P1U1	P1U2	P1U3	P1U4
P2 (10 kg TKKS + 15 kg feses ayam)	P2U1	P2U2	P2U3	P2U4
P3 (7,5 kg TKKS + 7,5 kg feses ayam)	P3U1	P3U2	P3U3	P3U4

5.4 Pelaksanaan Penelitian

Pembuatan pupuk bokashi dalam penelitian ini menggunakan bahan utama berupa **tandan kosong kelapa sawit (TKKS)** dan **feses ayam**, yang diperoleh dari area sekitar Tanjung Selor. TKKS diambil dari limbah pabrik pengolahan kelapa sawit, sementara feses ayam diperoleh dari peternakan ayam lokal. Bahan-bahan ini digunakan sesuai dengan perlakuan yang telah ditentukan. Proporsi campuran terdiri atas **75% bahan utama (TKKS dan feses ayam sesuai komposisi perlakuan)**, **10% dedak**, dan **15% sekam padi**, berdasarkan berat total 100 kg adonan.

Selanjutnya, **larutan EM-4** dan **gula merah** dilarutkan dalam air bersih sebagai aktivator mikroba fermentasi. Sebagai acuan, **1 liter EM-4 dan 0,5 kg gula merah digunakan untuk 1 ton adonan bokashi**. Larutan ini disiramkan secara perlahan dan merata ke dalam campuran bahan hingga kadar air mencapai sekitar **30%**, ditandai dengan kondisi saat adonan dikepal tidak mengeluarkan air dan setelah dilepas tidak megar.

Adonan bokashi kemudian disusun membentuk gundukan setinggi **15–20 cm** di atas permukaan datar seperti lantai semen atau terpal, lalu ditutup menggunakan **karung goni** atau plastik berlubang. Proses fermentasi berlangsung selama **14 hari (2 minggu)**. Selama masa fermentasi, suhu adonan dipantau setiap 5 jam. Jika suhu melebihi **50°C**, penutup dibuka dan adonan dibolak-balik untuk menurunkan suhu, lalu ditutup kembali. Suhu ideal selama fermentasi dipertahankan di kisaran **40–50°C**.

Setelah 14 hari, bokashi dinyatakan matang dan siap digunakan apabila memiliki ciri-ciri **berbau seperti daun lapuk**, suhu adonan turun mendekati suhu ruang, serta **tidak mengeluarkan bau busuk**. Pupuk bokashi yang telah selesai difermentasi kemudian dikeringanginkan selama beberapa hari sebelum dilakukan pengujian laboratorium terhadap kandungan hara seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K).

5.5 Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh berbagai kombinasi antara tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan feses ayam terhadap kualitas pupuk bokashi, khususnya kandungan hara utama yaitu nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan

rancangan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor, yang terdiri dari tiga perlakuan dan empat ulangan.

Data hasil analisis laboratorium terhadap kandungan unsur hara pupuk bokashi dari masing-masing perlakuan dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang nyata antar perlakuan. Jika hasil ANOVA menunjukkan pengaruh yang signifikan, maka akan dilanjutkan dengan uji lanjut menggunakan uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT) untuk mengetahui perlakuan mana yang memberikan hasil terbaik secara signifikan.

Adapun parameter yang dianalisis secara kuantitatif meliputi:

- Kandungan Nitrogen total (N-total) (%)
- Kandungan Fosfor (P_2O_5) (%)
- Kandungan Kalium (K_2O) (%)
- Rasio C/N
- pH akhir hasil fermentasi
- Kadar air bokashi

Selain uji statistik, analisis juga akan mencakup perbandingan terhadap standar mutu pupuk organik berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 01 Tahun 2019, khususnya untuk kandungan unsur hara minimal yang diperbolehkan pada pupuk organik padat.

Data yang diperoleh akan disajikan dalam bentuk tabel, diagram batang, dan grafik garis untuk mempermudah pemahaman terhadap pengaruh perlakuan terhadap masing-

masing parameter. Interpretasi data akan dikaitkan dengan teori dan temuan penelitian sebelumnya untuk mendapatkan pemahaman yang komprehensif mengenai efektivitas kombinasi TKKS dan feses ayam dalam pembuatan pupuk bokashi.

DAFTAR PUSTAKA

- Fuadi, A. M., & Pranoto, H. (2016). *Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Pembuatan Glukosa*. 3(1), 1–5.
- Hasibuan, A. (2023). PEMANFAATAN LIMBAH KELAPA SAWIT (TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT) SEBAGAI PUPUK ORGANIK YANG RAMAH LINGKUNGAN DI KABUPATEN LABUHAN BATU UTARA. *ZAHRA: JOURNAL OF HEALTH AND MEDICAL RESEARCH*, 3(3), 312–319.
- Masykur. (2013). PENGEMBANGAN INDUSTRI KELAPA SAWIT SEBAGAI PENGHASIL ENERGI BAHAN BAKAR ALTERNATIF DAN MENGURANGI PEMANASAN GLOBAL (Studi di Riau Sebagai Penghasil Kelapa Sawit Terbesar di Indonesia). *Jurnal Reformasi*, 3(2), 96–107.
- Muliani, S., Okalia, D., & Seprido, S. (2022). Uji Karakteristik Fisik (pH, Suhu, Tekstur, Warna, Bau dan Berat) Kompos Tumbuhan Pakis Resam (*Gleichenia linearis*) yang di Perakayakotoran Sapi. *Jurnal Green Swarnadwipa*, 3(3), 511–522.
- Priambodo, O. N., & Erdiansyah, N. A.-F. (2024). Aplikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit pada Tanaman Kelapa Sawit Menghasilkan (*Elaeis Guineensis* Jacq). *Gontor Agrotech Science Journal*, 10(2), 109–119. <https://doi.org/10.21111/agrotech.v10i2.12175>
- Purnamayani, R., Dariah, A., Syahbuddin, H., Tarigan, S. D., & Sudradjat, S. (2022). Best Practices Pengelolaan Air Perkebunan Kelapa Sawit di Lahan Gambut. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 16(1), 9–21. <https://doi.org/10.21082/jsdl.v16n1.2022.9-21>
- Warsito, J., Sabang, S. M., & Mustapa, K. (2016). PEMBUATAN PUPUK ORGANIK DARI LIMBAH TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT. *J. Akad. Kim.* 5, 1(1), 8–15.
- Yunda, A. D., Saputra, R. A., & Sari, N. N. (2023). Pengomposan Tandan Kosong Kelapa Sawit yang Ditambahkan Berbagai Jenis Kotoran Hewan Ternak dan Penentuan Kualitas Kimia Bokashi Berbasis Standar Nasional Indonesia. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 133–150. <https://doi.org/10.25181/jaip.v11i3.3008>

