

KOMBINASI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.) DAN KOTORAN SAPI DALAM PROSES PEMBUATAN PUPUK BOKASHI

SKRIPSI



Oleh

ASMAR
NPM. 201731014

**JURUSAN AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS KALTARA
TANJUNG SELOR
2024**

KOMBINASI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.) DAN KOTORAN SAPI DALAM PROSES PEMBUATAN PUPUK BOKASHI

SKRIPSI

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



Oleh

ASMAR
NPM. 201731014

**JURUSAN AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS KALTARA
TANJUNG SELOR
2024**

SURAT PERNYATAAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Asmar

NPM : 201731014

Jurusan/Program Studi : Agroteknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

“KOMBINASI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.) DAN KOTORAN SAPI DALAM PROSES PEMBUATAN PUPUK BOKASHI”

Merupakan karya tulis yang saya buat sendiri dan dibuat pada tahun 2024, bila ternyata dari pernyataan saya tidak benar, saya sanggup menerima sanksi akademik apapun yang ditetapkan oleh Universitas Kaltara Tanjung Selor.

Tanjung Selor, Agustus 2024

Yang menyatakan,

Asmar

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kombinasi Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) Dan Kotoran Sapi Dalam Proses Pembuatan Pupuk Bokashi”. Skripsi ini disusun berdasarkan sebuah penelitian yang dilaksanakan di Universitas Kaltara.

Skripsi ini dapat menjadi salah satu sumber informasi bagi pembaca melalui salah satu bentuk usaha memanfaatkan limbah tandan kosong kelapa sawit dan limbah kotoran sapi sehingga menarik untuk diteliti dan dikembangkan. Selain itu, tujuan dan hasil penelitian ini juga dapat diimplementasikan dan menjadi salah satu inovasi penggunaan pupuk di wilayah Kalimantan Utara.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Universitas Kaltara yang selama ini menjadi tempat penulis menimba ilmu dalam program Strata-1. Skripsi ini juga tak luput dari bantuan berbagai pihak, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Didi Adriansyah, S.TP., MM. selaku Rektor Universitas kaltara.
2. Ibu Rina Lesmana, SP., MM. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Kaltara.
3. Ibu Siti Masithah Fiqtrinovri, S.TP., M. Sc. selaku Ketua Jurusan Fakultas Pertanian Universitas Kaltara.
4. Sabarudin, SP., MM. selaku pembimbing yang telah memfasilitasi, memberi arahan dan membimbing penulis dalam menyusun proposal ini dan Dosen Pembimbing Akademik.
5. Seluruh Dosen Fakultas Pertanian yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan khusus dalam bidang pertanian kepada kami.

6. Staff TU yang telah memberikan pelayanan dan memfasilitasi kami dalam memenuhi persyaratan dalam pengajuan proposal.
7. Kepada orang tua penulis yang selalu memberi nasehat, saran dan mendoakan kesuksesan kami selama kegiatan berlangsung.
8. Kepada teman – teman yang selalu membantu dan memberi semangat selama mengerjakan penelitian.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kami mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi perbaikan Skripsi ini. Semoga Skripsi ini dapat berguna bagi pihak yang membutuhkan, dan penulis mengucapkan terima kasih.

Tanjung Selor, 15 Agustus 2024

Penulis

ABSTRAK

ASMAR. 201731014. Kombinasi Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dan Kotoran Sapi Dalam Proses Pembuatan Pupuk Bokashi. Dibawah bimbingan Sabarudin, SP., MM.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai pH Tanah, C-Organik, C/N rasio, serta unsur hara N, P, K dalam bokashi kombinasi tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan kotoran sapi. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Perlakuan 2 Faktorial dengan 9 perlakuan dan tanpa ulangan. T1S1 (2kg TKKS+0,5kg kotoran sapi), T1S2 (2kg TKKS+1kg kotoran sapi) T1S3 (2kg TKKS+1,5kg kotoran sapi), T2S1 (4kg TKKS+0,5kg kotoran sapi), T2S2 (4kg TKKS+1kg kotoran sapi), T2S3 (4kg TKKS+1,5kg kotoran sapi), T3S1 (6kg TKKS+0,5kg kotoran sapi), T3S2 (6kg TKKS+1kg kotoran sapi), T3S3 (6kg TKKS+1,5kg kotoran sapi).

Hasil penelitian diperoleh bahwa perlakuan T3S3 merupakan perlakuan yang memiliki kandungan pH tanah tertinggi. Perlakuan T2S2 merupakan perlakuan yang memiliki kandungan C-Organik tertinggi. Dalam parameter C-Organik terdapat 3 perlakuan yang tidak memenuhi persyaratan minimum yaitu T1S1, T1S2, dan T1S3. Perlakuan T2S3 merupakan sampel yang memiliki kandungan C/N rasio tertinggi. Pada parameter hasil Nitrogen (N) hanya T2S2 dan T3S1 yang memenuhi persyaratan minimum. Perlakuan T3S3 merupakan perlakuan dengan nilai Fosfor (P) tertinggi. Sedangkan untuk parameter Kalium (K) semua perlakuan belum memenuhi persyaratan minimum dikarenakan Unsur K yang hilang melalui penguapan terjadi bersamaan dengan dilepaskannya panas pada saat terjadi proses pengomposan atau fermentasi berlangsung, semakin besar panas yang terbentuk maka semakin besar pula kalium menghilang.

Kata Kunci : Pupuk Bokashi, Tandan Kosong Kelapa Sawit, Kotoran Sapi.

ABSTRACT

ASMAR. 201731014. Combination of Palm Oil Empty Bunch (*Elaeis guineensis* Jacq.) and Cow Dung in the Process of Making Bokashi Fertilizer. Under the guidance of Sabarudin, SP, MM.

This study aims to determine the value of soil pH, C-Organic, C/N ratio, and nutrients N, P, K in bokashi combination of oil palm empty fruit bunches (TKKS) and cow dung. The method used is a 2 Factorial Treatment Design with 9 treatments with single replication. T1S1 (2kg TKKS + 0.5kg cow dung), T1S2 (2kg TKKS + 1kg cow dung) T1S3 (2kg TKKS + 1.5kg cow dung), T2S1 (4kg TKKS + 0.5kg cow dung), T2S2 (4kg TKKS + 1kg cow dung), T2S3 (4kg TKKS+1.5kg cow dung), T3S1 (6kg TKKS+0.5kg cow dung), T3S2 (6kg TKKS+1kg cow dung), T3S3 (6kg TKKS+1.5kg cow dung).

The results showed that the T3S3 treatment had the highest soil pH content. The T2S2 treatment is the treatment that has the highest C-Organic content. In the C-Organic parameter, there are 3 treatments that do not pass the minimum requirements, i.e. T1S1, T1S2, and T1S3. Treatment T2S3 is the sample that has the highest C/N ratio. In the Nitrogen (N) yield parameter, only T2S2 and T3S1 met the minimum requirements. Treatment T3S3 is the treatment with the highest Phosphorus (P) value. As for the Potassium (K) parameter, all treatments have not pass the minimum requirements because the element K that is lost through evaporation occurs together with the release of heat during the composting or fermentation process, the greater the heat formed, the greater the potassium disappears.

Keywords: Bokashi Fertiliser, Oil Palm Empty Bunch, Cow Dung.

RIWAYAT HIDUP



ASMAR, lahir pada tanggal 20 November 1997 di Desa Tanah Kuning, Kecamatan Tanjung Palas Timur, Kabupaten Bulungan, Provinsi Kalimantan Utara. Dilahirkan sebagai anak ke-4 dari 9 bersaudara dari pasangan Bapak Saripuddin dan Ibu Ulang.

Pendidikan formal dimulai di Sekolah Dasar Negeri 002 Tanjung Palas Timur dan lulus pada tahun 2011, kemudian melanjutkan pendidikan ke SMPN 2 Tanjung Palas Timur dan lulus pada tahun 2014, pada tahun yang sama melanjutkan pendidikan di SMAN 1 Tanjung Palas Timur dan lulus pada tahun 2017. Setelah berhasil lulus, kemudian pada tahun 2017 melanjutkan pendidikan di jenjang Perguruan Tinggi di Universitas Kaltara di Tanjung Selor dengan mengikuti jalur reguler dan diterima di Fakultas Pertanian program studi S-1 Agroteknologi.

Pada tahun 2019 tepatnya pada bulan Agustus sampai September penulis melakukan Kuliah Kerja Praktek (KKP) yang ditempatkan di SP 7 yang merupakan desa transmigrasi yang bergerak dibidang Perkebunan dan juga mengikuti organisasi. Kemudian, pada tahun 2021 penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Tengkapak. Pada tahun 2022, penulis melakukan penelitian dan seminar proposal, namun dikarenakan beberapa hal penelitian tersebut tertunda dan dilanjutkan pada tahun 2024. Pada tahun 2024, penyusunan skripsi dilanjutkan dengan judul Kombinasi Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dan Kotoran Sapi Dalam Proses Pembuatan Pupuk Bokashi.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	iv
HALAMAN JUDUL	ivi
HALAMAN PERNYATAAN	ivii
HALAMAN PENGESAHAN	ivv
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vivi
ABSTRACT	viiiv
RIWAYAT HIDUP	ivx
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiixiii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pupuk Kotoran Sapi (Bokasi)	4
2.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	5
2.3 Effective Microorganism (EM4)	7
2.4 Faktor Yang Mempengaruhi Pengomposan	10
III. METODE PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	14
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.2.1 Alat.....	14
3.2.2 Bahan	14
3.3 Rancangan Penelitian.....	14
3.4 Analisis Data.....	16
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1. Hasil	28
4.2. Pembahasan	35
1. pH Tanah.....	35
2. C-Organik	36
3. Rasio C/N.....	37
4. Nitrogen (N).....	38

5.	Fosfor (P)	38
6.	Kalium (K)	39
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1.	Kesimpulan	41
5.2.	Saran	41
	DAFTAR PUSTAKA	43

DAFTAR TABEL

No.		Halaman
1.	Tabel 2.1. Komposisi Kimia Kotoran Sapi.....	5
2.	Tabel 2.2. Kandungan Zat Hara EM4.....	8
3.	Tabel 2.3. Komposisi EM4.....	9
4.	Tabel 2.4. Persyaratan Teknis Minimal Mutu Pupuk Organik Padat	13
5.	Tabel 4.1. Hasil Analisis pH Tanah.....	28
6.	Tabel 4.2. Hasil Analisis C-Organik (%).....	29
7.	Tabel 4.3. Hasil Analisis Rasio C/N.....	30
8.	Tabel 4.4. Hasil Analisis N (Nitrogen).....	31
9.	Tabel 4.5. Hasil Analisis P (Fosfor).....	32
10.	Tabel 4.6. Hasil Analisis K (Kalium).....	33
11.	Tabel 4.7. Hasil Analisis Laboratorium.....	34

DAFTAR GAMBAR

No.		Halaman
1.	Gambar 3.1. Penentuan Jumlah Em4 dan Air.....	15
2.	Gambar 3.2. Skema Pembuatan Bokashi	15
3.	Gambar 4.1. Diagram Hasil Analisis pH Tanah	28
4.	Gambar 4.2. Diagram Hasil Analisis C-Organik	29
5.	Gambar 4.3. Diagram Hasil Analisis Rasio C/N	30
6.	Gambar 4.4. Diagram Hasil Analisis N (Nitrogen).....	31
7.	Gambar 4.5. Diagram Hasil Analisis P (Fosfor).....	32
8.	Gambar 4.6. Diagram Hasil Analisis K (Kalium).....	33
9.	Gambar 4.7. Diagram Pie Perlakuan Kombinasi Bokashi dengan Nilai Tertinggi.....	34

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor pertanian menjadi salah satu basis perekonomian Kalimantan Utara, tentunya dalam proses budidaya dibutuhkan unsur pelengkap yang berupa pupuk. Di salah satu wilayah provinsi Kalimantan Utara, yaitu kecamatan Tanjung Palas Timur merupakan salah satu sentra komoditi penghasil kelapa sawit. Di sebagian besar pabrik CPO atau perkebunan kelapa sawit di Tanjung Palas Timur, belum memanfaatkan limbah Tankos secara optimal.

Berdasarkan keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No: 200/SR.220/M/12/2021 Alokasi kebutuhan pupuk bersubsidi Tahun Anggaran 2022 Kalimantan Utara sebanyak 3.806 ton UREA, 69 ton SP-36, 119 ton ZA, 3.710 ton NPK, 2.182 ton organik granul, dan 148 liter organik cair. Pengolahan limbah Tankos untuk dijadikan kompos merupakan alternatif yang terbaik dibandingkan dengan ditimbun sebagai mulsa di lahan perkebunan kelapa sawit, apalagi cara dibakar (Mohammad *et al.*, dalam Hatta *et al.*, 2014). Secara ekonomis dan ekologis, pemanfaatan tersebut dapat menjadi solusi yang baik untuk manajemen industri kelapa sawit yang berkelanjutan di masa depan (Yahya *et al.*, ; Yoshizaki *et al.*, 2013 dalam Hatta *et al.*, 2014).

Dilansir dalam “Kabupaten Bulungan dalam Angka 2022”, luas wilayah perkebunan kelapa sawit di Kecamatan Tanjung Palas Timur mencapai 241 Ha pada tahun 2021. Menurut data tersebut, kecamatan

Tanjung Palas Timur menempati urutan ketiga terbesar setelah Kecamatan Sekatak dan Tanjung Selor.

Kompos Tankos memiliki beberapa keunggulan antara lain dapat memperbaiki struktur tanah menjadi gembur, membantu kelarutan unsur-unsur hara yang diperlukan bagi pertumbuhan tanaman, bersifat homogeny dan mengurangi risiko sebagai pembawa hama tanaman. Kompos Tankos tidak mudah tercuci dan cepat meresap dalam tanah dan dapat diaplikasikan pada sembarang musim (Myung et al., 2005).

Selain pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit, juga dapat memanfaatkan pupuk organik limbah kotoran sapi. Pupuk organik merupakan pupuk yang berasal dari makhluk hidup atau biomassa dari hewan ternak. Sumber pupuk organik yang dapat dimanfaatkan di antaranya kompos jerami, pupuk kotoran ayam, sapi dan domba. Menurut Widowati *et al.*, (2005), di antara jenis pupuk kandang, pupuk kotoran sapi memiliki kadar serat yang tinggi seperti selulosa, hal ini terbukti dari hasil pengukuran C/N sebesar >40 (cukup tinggi). Tingginya kadar C dalam pupuk kotoran sapi, menghambat penggunaan langsung ke lahan pertanian karena akan menekan pertumbuhan tanaman utama.

Pemanfaatan limbah dapat memberikan efek positif terhadap bidang pertanian Kalimantan Utara yang berkelanjutan. Sehingga dianggap perlu melakukan penelitian dengan judul “Kombinasi Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dan Kotoran Sapi Dalam Proses Pembuatan Pupuk Bokashi”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah “Bagaimana kualitas pupuk bokashi pada nilai tingkat kemasaman tanah (pH Tanah), C-Organik, C/N rasio, serta unsur hara N, P, K dalam kombinasi perlakuan”.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas pupuk bokashi pada nilai tingkat kemasaman tanah (pH Tanah), C-Organik, C/N rasio, serta unsur hara N, P, K dalam kombinasi perlakuan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pupuk Kotoran Sapi (Bokasi)

Menurut Setiawan (2010), ada tiga pilihan untuk memanfaatkan kotoran ternak yaitu : menggunakan kotoran ternak untuk pupuk, penghasil biogas, dan bahan pembuat bio arang. Zat-zat yang terkandung dalam kotoran ternak dapat dimanfaatkan kembali dengan menggunakan kotoran ternak sebagai pupuk kandang.

Kandungan unsur hara dalam kotoran yang penting untuk tanaman adalah unsur nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Dalzel *et al.*, (1987) dalam Outerbridge (1991) menyatakan bahwa kotoran ternak merupakan bahan organik dengan nilai C/N rendah. Oleh karena itu kotoran ternak dapat dicampur dengan limbah tanaman yang memiliki C/N yang tinggi untuk dijadikan kompos yang baik. (Rochadiana *et al.*, 2023)

Seekor sapi dapat menghasilkan kotoran antara 8-10 kg/harinya. Kotoran sapi merupakan bahan organik yang secara spesifik berperan meningkatkan ketersediaan fosfor dan unsur-unsur mikro, mengurangi pengaruh buruk dari alumunium, menyediakan karbon dioksida pada kanopi, terutama pada tanaman dengan kanopi lebat dimana sirkulasi udara terbatas. Kotoran sapi banyak mengandung hara yang dibutuhkan tanaman seperti nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium, belerang dan boron (Brady, 1974, dalam Sudarkoco, 1992) dalam (Rochadiana *et al.*, 2023).

Kotoran sapi mempunyai C/N rasio yang rendah yaitu 11, hal ini berarti dalam kotoran sapi banyak mengandung unsur nitrogen (N). Komposisi kimia kotoran sapi dapat dilihat pada *Tabel 2.1*.

Tabel 2.1. Komposisi Kimia Kotoran Sapi

Jenis Analisis	Kadar (%)
Kadar Air	80
Bahan Organik	16
N	0,3
P ₂ O ₅	0,2
K ₂ O	0,15
CaO	0,2

Sumber : Lingga (1991) dalam Melsail, Linus, dkk (2018)

2.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah yang dihasilkan sebanyak 23% dari tandan buah segar (Darnoko, 2005 dalam Rahmadanti *et al.*, 2019). Menurut Wardiani, 2013 dalam Rahmadanti *et al.*, 2019, limbah TKKS belum banyak dimanfaatkan secara optimal karena adanya komponen terbesar dari TKKS berupa selulosa (40-60%), disamping komponen lain yang sawit jumlahnya lebih kecil seperti hemiselulosa (20-30%) dan lignin (15-30%).

Menurut Mangoensoekarjo, S., dan A.T. Tojib. 2005, menyatakan bahwa buah kelapa sawit termasuk jenis buah keras (drupe), menempel dan bergerombol pada tandan buah. Jumlah per tandan dapat mencapai 1600, berbentuk lonjong sampai membulat. Panjang buah 2–5 cm, beratnya sampai 30 gram. Bagian–bagian buah terdiri atas eksokarp atau kulit buah,

mesokarp atau sabut, dan biji. Eksokarp dan mesokarp disebut perikarp. Biji terdiri atas endokarp atau cangkang, dan inti (kernel). Inti sendiri terdiri atas endosperm (endosperm) atau putih lembaga dan embrio. Dalam embrio terdapat bakal daun (plumula), haustorium dan bakal akar (radicle).

Kelapa sawit merupakan tanaman monokotil, tanaman kelapa sawit berakar serabut, perakarannya sangat kuat karena tumbuh kebawah dan kesamping membentuk akar primer, sekunder, tertier dan kuartier. Akar primer tumbuh ke bawah di dalam tanah sampai batas permukaan air tanah. Sedangkan akar sekunder, tertier dan kuartier tumbuh sejajar dengan permukaan air tanah bahkan akar tertier dan kuartier menuju ke lapisan atas atau ke tempat yang banyak mengandung zat hara. Di samping itu tumbuh pula akar nafas yang timbul di atas permukaan air tanah atau didalam tanah. Penyebaran akar terkonsentrasi pada tanah lapisan atas. Akar yang paling aktif dalam menyerap air dan unsur hara adalah akar tertier dan kuartier yang berada pada kedalaman 60 cm dari permukaan tanah dan 2,5 m dari pangkal batang (Fauzi *et al.*, 2002).

Tandan kosong kelapa sawit merupakan sumber bahan organik yang kaya unsur hara N, P, K, dan Mg. Menurut Sarwono (2008) dalam setiap ton tandan kosong kelapa sawit mengandung hara N 1,5%, P 0,5%, K 7,3%, dan Mg 0,9% yang dapat digunakan sebagai substitusi pupuk pada tanaman kelapa sawit (Okalia *et al.*, 2018).

Menurut Okalia *et al.*, (2018), Tandan kosong kelapa sawit sulit terdekomposisi karena:

- 1) Menurut Darmosarkoro dan rahutomo (2007) kandungan penyusun tandan kosong kelapa sawit yaitu 45,9% Selulosa, 46,5% hemiselulosa, dan 22,8% lignin. Kandungan penyusun tandan kosong kelapa sawit ini menyebabkan tankos sukar untuk terdekomposisi, Tandan kosong kelapa sawit secara alami memerlukan waktu yang cukup lama lebih dari 3 bulan agar terurai.
- 2) Ukuran tandan kosong utuh yang besar sehingga memiliki luas permukaan efektif kecil. Menurut Indriani (2000) untuk mempercepat penguraian maka ukuran bahan organik harus diperkecil dalam pembuatan kompos.
- 3) Jumlah mikroorganisme decomposer alami didalam tanah sedikit, sehingga perlu diperkecil ukuran bahan organik agar luas permukaan besar dan mudah didekomposisikan oleh mikroorganisme.

2.3 Effective Microorganism (EM4)

Effective Microorganism 4 (EM4) merupakan bahan yang mengandung beberapa mikroorganisme yang sangat bermanfaat dalam proses pengomposan. Mikroorganisme yang terdapat dalam EM4 terdiri dari beberapa mikroba, seperti mikroba lignolitik, selulolitik, proteolitik, nitrogen fiksasi non siliotik, *Lubricus* (bakteri asam laktat) serta sedikit bakteri fotosintetis, *Actinomycetes*, *Streptomyces* sp., jamur fermentasi, dan ragi yang dapat digunakan sebagai inokulan untuk meningkatkan keragaman mikroba tanah dan dapat memperbaiki kesehatan serta kualitas tanah. Pada

gilirannya juga akan memperbaiki pertumbuhan serta jumlah mutu hasil tanaman. Teknologi EM4 adalah teknologi budidaya pertanian untuk meningkatkan kesehatan dan kesuburan tanah dan tanaman, dengan menggunakan mikroorganisme yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman. EM4 merupakan kultur campuran dari mikroorganisme yang menguntungkan yang berasal dari alam Indonesia, bermanfaat bagi kesuburan tanah, pertumbuhan dan produksi tanaman serta ramah lingkungan.

Tabel 2.2 Kandungan Zat Hara EM4.

Kandungan Zat Hara	Jumlah
C-Organik	1,88 % w/w
Nitrogen	0,68 % w/w
P ₂ O ₅	136,78 ppm
K ₂ O	8403,70 ppm
Aluminium, Al	<0,01 ppm
Calcium, Ca	3062,29 ppm
Copper, Cu	1,14 ppm
Iron, Fe	129,38 ppm
Magnesium, Mg	401,58 ppm
Mangan, Mn	4,00 ppm
Sodium, Na	145,68 ppm
Nickel, Ni	<0,05 ppm
Zinc, Zn	1,39 ppm
Boron, B	<0,0002 ppm
Chloride, Cl	2429,54 ppm
pH	3,73

Sumber : PT. Songgolangit Persada (2011) Munazar (2022)

Tabel 2.3 Komposisi EM4.

Jenis Bakteri	Jumlah (Sel/ml)
Total <i>plate count</i>	2,8 x 10
<i>Lactobacillus</i>	3,0 x 10
Bakteri pelarut fosfat	3,4 x 10
<i>Yeast</i>	1,95 x 10
<i>Actinomycetes</i>	+
Bakteri fotosintetik	+

Sumber : PT. Songgolangit Persada (2011) Munazar (2022)

Berikut adalah fungsi dari kandungan komposisi dalam EM4;

- Bakteri asam laktat menghasilkan asam laktat dari gula, sedangkan bakteri fotosintetik dan ragi menghasilkan karbohidrat lainnya.
- Asam laktat dapat menekan pertumbuhan mikroorganisme yang merugikan dan meningkatkan percepatan perombakan bahan-bahan organik. Selain itu, asam laktat dapat menghancurkan bahan-bahan organik seperti lignin dan selulosa, serta memfermentasikan tanpa menimbulkan pengaruh-pengaruh yang merugikan yang diakibatkan oleh bahan-bahan organik yang tidak terurai.
- Bakteri asam laktat mempunyai kemampuan untuk menekan pertumbuhan fusarium suatu mikroorganisme yang merugikan, yang menimbulkan penyakit pada lahan-lahan yang terus ditanami. Biasanya pertambahan jumlah populasi fusarium akan melemahkan kondisi tanaman, yang berakibat meningkatkan serangan berbagai penyakit.
- Ragi berfungsi untuk menfermentasi bahan organik tanah menjadi senyawa-senyawa organik (dalam bentuk alkohol, gula, dan asam amino) yang siap diserap oleh perakaran tanaman.
- Bakteri fotosintetik/bakteri fototrofik berfungsi untuk mengikat nitrogen dari udara bebas, memakan gas-gas beracun dan panas dari hasil proses pembusukan, sehingga polusi di dalam tanah

menjadi berkurang. Tanah menjadi sehat dan membentuk zat-zat yang bermanfaat dari sekresi akar-akar tanaman.

2.4 Faktor Yang Mempengaruhi Pengomposan

Menurut Budianta (2013) *dalam* Utomo, Prasetyo Budi dan Nurdiana, Juli (2018). Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengomposan antara lain:

a. Rasio C/N

Salah satu aspek yang paling penting dari keseimbangan hara total adalah rasio organik karbon dengan nitrogen (C/N). Mikroba memecah senyawa C sebagai sumber energi dan menggunakan N untuk sintesis protein. Pada rasio C/N di antara 30 s/d 40 mikroba mendapatkan cukup C untuk energi dan N untuk sintesis protein. Apabila rasio C/N terlalu tinggi, mikroba akan kekurangan N untuk sintesis protein sehingga dekomposisi berjalan lambat.

b. Ukuran Partikel

Permukaan area yang lebih luas akan meningkatkan kontak antara mikroba dengan bahan dan proses dekomposisi akan berjalan lebih cepat. Ukuran partikel juga menentukan besarannya ruang antar bahan (porositas). Untuk meningkatkan luas permukaan dapat dilakukan dengan memperkecil ukuran partikel bahan tersebut.

c. Aerasi

Aerasi ditentukan oleh porositas dan kandungan air bahan (kelembaban). Apabila aerasi terhambat, maka akan terjadi proses anaerob yang akan menghasilkan bau yang tidak sedap. Aerasi dapat ditingkatkan dengan melakukan pembalikan atau mengalirkan udara di dalam tumpukan kompos.

d. Porositas

Porositas adalah ruang diantara partikel di dalam tumpukan kompos. Porositas dihitung dengan mengukur volume rongga dibagi dengan volume total. Rongga rongga ini akan diisi oleh air dan udara. Udara akan mensuplai oksigen untuk proses pengomposan. Apabila rongga dijenuhi oleh air, maka pasokan oksigen akan berkurang dan proses pengomposan juga akan terganggu.

e. Kelembaban

Kelembaban memegang peranan yang sangat penting dalam proses metabolisme mikroba dan secara tidak langsung berpengaruh pada suplai oksigen. Mikroorganisme dapat memanfaatkan bahan organik apabila bahan organik tersebut larut di dalam air. Kelembaban 40-60 % adalah kisaran optimum untuk metabolisme mikroba. Apabila kelembaban di bawah 40%, aktivitas mikroba akan mengalami penurunan dan akan lebih rendah lagi pada kelembaban 15%. Apabila kelembaban lebih besar dari 60%, hara akan tercuci, volume udara berkurang,

akibatnya aktivitas mikroba akan menurun dan akan terjadi fermentasi anaerobik yang menimbulkan bau tidak sedap.

f. Temperatur

Semakin tinggi temperatur akan semakin banyak konsumsi oksigen dan akan semakin cepat pula proses dekomposisi. Peningkatan suhu dapat terjadi dengan cepat pada tumpukan kompos. Temperatur yang berkisar antara 30-60°C menunjukkan aktivitas pengomposan yang cepat. Suhu yang lebih tinggi dari 60°C akan membunuh sebagian mikroba dan hanya mikroba termofilik saja yang akan tetap bertahan hidup. Suhu yang tinggi juga akan membunuh mikroba-mikroba patogen tanaman dan benih-benih gulma.

g. pH

pH yang optimum untuk proses pengomposan berkisar antara 6.5 sampai 7.5. pH kotoran ternak umumnya berkisar antara 6.8 hingga 7.4. Proses pengomposan sendiri akan menyebabkan perubahan pada bahan organik dan pH bahan itu sendiri. pH kompos yang sudah matang biasanya mendekati netral.

h. Kandungan Hara

Kandungan P dan K juga penting dalam proses pengomposan dan biasanya terdapat di dalam kompos dari peternakan. Hara ini akan dimanfaatkan oleh mikroba selama proses pengomposan.

2.5 Persyaratan Teknis Minimal Mutu Pupuk Organik Padat

Menurut Permentan No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019, persyaratan teknis minimal mutu pupuk organik padat seperti Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Persyaratan Teknis Minimal Mutu Pupuk Organik Padat.

No	PARAMETER	SATUAN	STANDAR MUTU	
			MURNI	DIPERKAYA MIKROBA
1.	C – organik	%	minimum 15	minimum 15
2.	C/N	–	≤ 25	≤ 25
3.	Kadar Air	% (w/w)	8-20	10-25
4.	Hara makro (N + P ₂ O ₅ + K ₂ O)	%	minimum 2	
5.	Hara mikro			
	Fe total	ppm	maksimum 15.000	maksimum 15.000
	Fe tersedia	ppm	maksimum 500	maksimum 500
	Zn	ppm	maksimum 5000	maksimum 5000
6.	pH	–	4 – 9	4 – 9
7.	<i>E.coli</i>	Cfu/g	< 1 x 10 ²	< 1 x 10 ²
		atau		
	<i>Salmonella sp</i>	MPN/g	< 1 x 10 ²	< 1 x 10 ²
		atau		
		MPN/g		
8.	Mikroba fungsional**	cfu/g	-	≥ 1 x 10 ⁵
9.	Logam berat:			
	As	ppm	maksimum 10	maksimum 10
	Hg	ppm	maksimum 1	maksimum 1
	Pb	ppm	maksimum 50	maksimum 50
	Cd	ppm	maksimum 2	maksimum 2
	Cr	ppm	maksimum 180	maksimum 180
	Ni	ppm	maksimum 50	maksimum 50
10.	Ukuran butir 2-4,75mm***	%	minimum 75	minimum 75
11.	Bahan ikutan (plastik, kaca, kerikil)	%	maksimum 2	maksimum 2
12.	Unsur/senyawa lain****			
	Na	ppm	maksimum 2.000	maksimum 2.000
	Cl	ppm	maksimum 2.000	maksimum 2.000

*) Dalam prosesnya tidak boleh menambahkan bahan kimia sintetis.

**) Mikroba fungsional sesuai klaim genusnya dan jumlah genus masing-masing ≥ 1 x 10⁵ cfu/g

***) Khusus untuk pupuk organik granul.

****) Khusus untuk pupuk organik hasil ekstraksi rumput laut.
Semua persyaratan diatas kecuali kadar air, dihitung atas dasar berat kering (adbk)

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 56 hari terhitung sejak tanggal pembuatan/penyimpanan pupuk bokasi kotoran sapi dan tandan kosong kelapa sawit. Tempat proses penelitian berada di Desa Tanah Kuning, Kecamatan Tanjung Palas Timur.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

3.2.1 Alat

Alat-alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah timbangan digital, parang, ember, terpal penutup, sekop, karung, penggaris, kamera, dan alat tulis.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tandan kosong kelapa sawit, kotoran sapi, gula merah, air, bioaktivator EM4.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian yang berasal dari percobaan pembuatan pupuk bokasi (kotoran sapi) dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Perlakuan 2 Faktorial yang terdiri dari 9 perlakuan dan tanpa ulangan. Berat tandan kosong kelapa sawit dan berat kotoran sapi sebagai faktornya. Adapun pembagian perlakuannya sebagai berikut:

T1 = 2 kg tandan kosong kelapa sawit

T2 = 4 kg tandan kosong kelapa sawit

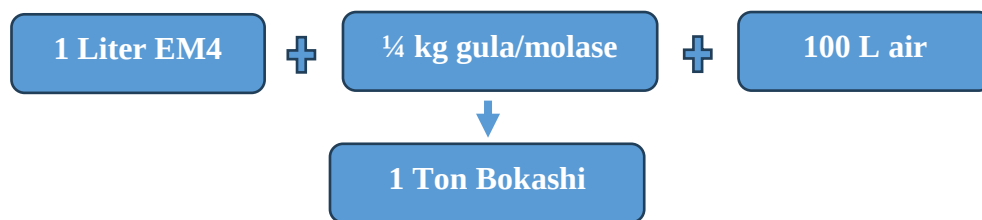
T3 = 6 kg tandan kosong kelapa sawit

S1 = 0,5 kg kotoran sapi

S2 = 1 kg kotoran sapi

S3 = 1,5 kg kotoran sapi

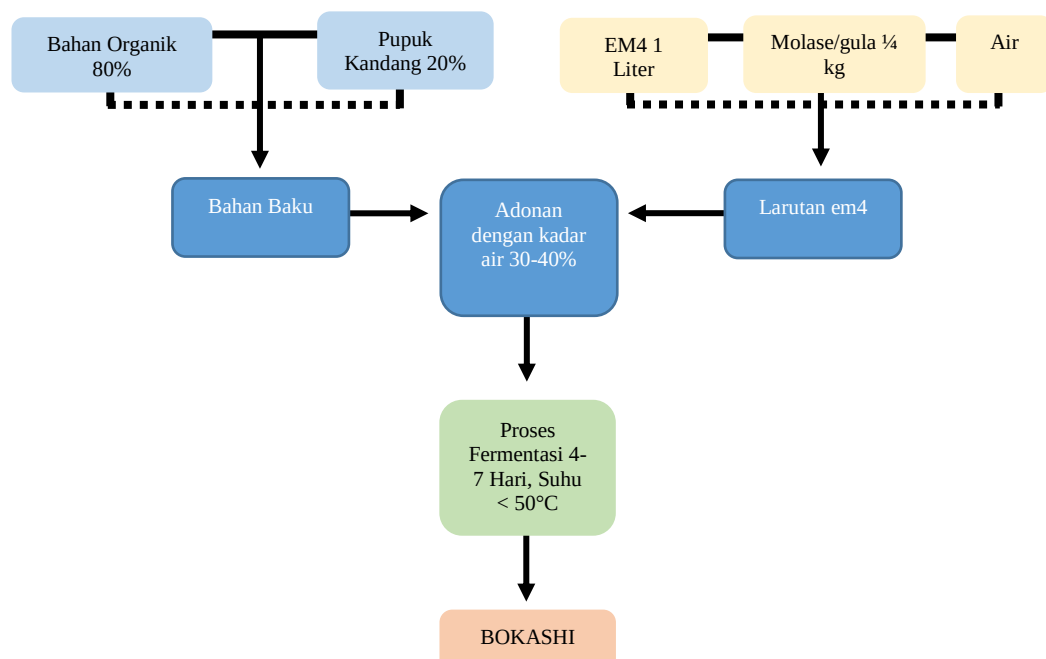
	S1	S2	S3
T1	T1S1	T1S2	T1S3
T2	T2S1	T2S2	T2S3
T3	T3S1	T3S2	T3S3



1 Liter	→	1 Ton bokashi
1000 ml	→	1000 kg
45 ml	→	45 kg

Gambar 3.1. Penentuan Jumlah EM4 dan Air
Sumber : www.emindonesia.com

a. Tahapan Penelitian



Gambar 3.2. Skema Pembuatan Bokashi
Sebelum dilakukan penelitian, terlebih dahulu dipersiapkan bahan-
Sumber : www.emindonesia.com

bahan yang akan digunakan yaitu Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebanyak 36 kg dan kotoran sapi sebanyak 9 kg. Sebelum dilakukan pencacahan TKKS, TKKS yang telah dikumpulkan akan dilakukan penjemuran atau kering angin kurang lebih selama seminggu. TKKS tersebut akan dicacah menjadi ukuran yang lebih kecil sekitar kurang lebih 3-5 cm. Semakin kecil ukuran pencacahan, semakin cepat proses pelapukannya. Selanjutnya, dilakukan pencampuran kombinasi TKKS dan kotoran sapi sesuai dengan tabel perlakuan yang telah dibuat. Bahan kompos ini dimasukkan kedalam media karung terpisah sesuai dengan jumlah perlakuan dan dicampurkan dengan larutan EM4 yang telah disiapkan, setelah itu 9 media perlakuan di dalam karung tersebut ditutup dengan penutup yang telah dilubangi sebagai sirkulasi udara. Kompos kemudian dilakukan pengadukan dan pembalikan setiap 7 hari sekali.

3.4 Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan adalah analisis statistic deskriptif. Menurut Hasan (2001), *dalam* Nasution, Leni Masnidar (2017), Statistik deskriptif atau statistik deduktif adalah bagian dari statistik mempelajari cara pengumpulan data dan penyajian data sehingga mudah dipahami. Statistik deskriptif hanya berhubungan dengan hal menguraikan atau memberikan keterangan-keterangan mengenai suatu data atau keadaan atau fenomena. Dengan kata statistik deskriptif berfungsi menerangkan keadaan, gejala, atau persoalan. Data tersebut kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk tabel dan diagram.

Data analisis tanah yang diambil dari tanah yang telah dicampur pupuk kandang sesuai perlakuan dengan masa inkubasi selama 1 hari, 7

hari, dan 15 hari di laboratorium Tanah Universitas Mulawarman Samarinda adalah pH Tanah, C-Organik, Rasio C/N, kandungan N, P, dan K. Prosedur pengujian sampel tanah sesuai RSNI3 (Rancangan Standar Nasional Indonesia 3) 7763:2024 Kategori Pupuk Organik Padat oleh Badan Standardisasi Nasional.

a. pH Tanah

o Prinsip

Nilai pH menunjukkan konsentrasi ion H^+ dalam larutan, yang dinyatakan sebagai $-\log[H^+]$. Contoh yang telah dikocok dengan air (perbandingan 1:4), diukur dengan pH Meter.

o Peralatan

- 1) Neraca analitik ketelitian 0,1 mg;
- 2) pH meter;
- 3) Botol kocok 100 ml;
- 4) Gelas ukur, kapasitas 50 ml;
- 5) Mesin kocok (*shaker*);
- 6) Labu semprot, kapasitas 500 ml.

o Pereaksi

- 1) Air suling atau air demineral;
- 2) Larutan *buffer* pH 4,0 dan pH 7,0.

o Cara Kerja

- 1) Timbang teliti 5 g contoh yang dihaluskan ($\leq 0,5$ mm), masukkan ke dalam botol kocok dan tambahkan 20 ml air suling atau air demineral.
- 2) Kocok dengan *shaker* selama 30 menit.
- 3) Ukur pH suspensi contoh dengan pH Meter yang telah dikalibrasi menggunakan larutan buffer pH 7,0 dan 4,0.

b. C-Organik

o Prinsip

C-Organik ditetapkan dengan cara pengabuan pada suhu (550 – 600) °C, sehingga bahan organik menjadi CO_2 serta logam menjadi oksida logamnya. Berat bahan yang hilang adalah

bahan organik yang dapat dikonversi menjadi kadar C-Organik setelah dikalikan faktor 0,58.

- Peralatan
 - 1) Neraca analitik dengan ketelitian 0,1 mg;
 - 2) Tanur;
 - 3) Cawan porselen;
 - 4) Desikator.
- Cara Kerja
 - 1) Masukkan contoh setelah penetapan kadar air (w_2) ke dalam tanur;
 - 2) Abukan mula-mula pada suhu 300°C selama 1,5 jam dan selanjutnya pada suhu (550 – 600)°C selama 2,5 jam atau lebih;
 - 3) Matikan tanur dan biarkan hingga dingin;
 - 4) Dinginkan contoh dalam desikator kemudian timbang (w_3).
- Perhitungan

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{w_3}{w_1} \times 100 \%$$

$$\text{Kadar bahan organik (\%)} = 100 \% - (\% \text{ kadar air} + \% \text{ kadar abu})$$

$$\text{Kadar C-organik (\%)} = \% \text{ kadar bahan organik} \times 0,58 \times f_k$$

Keterangan:

w_3 = berat abu, dinyatakan dalam g;
 w_1 = berat contoh, dinyatakan dalam g;
0,58 = faktor konversi bahan organik ke C-organik;
 f_k = faktor koreksi kadar air.

c. Rasio C/N

- Perhitungan

$$C/N = \frac{\% \text{ C-Organik}}{\% \text{ Nitrogen}}$$

d. Kandungan N

- Prinsip

Nitrogen (N-organik dan N-amonium) dalam contoh dihidrolisis dengan asam sulfat membentuk senyawa sulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dan senyawa sitrat. Senyawa sitrat dengan asam salisilat membentuk nitrosalisilat, kemudian direduksi dengan natrium tiosulfat membentuk senyawa amonium. Senyawa amonium dalam suasana alkali disuling, kemudian ditampung dalam asam borat, dan dititar dengan larutan asam sulfat sampai warna hijau berubah menjadi merah jambu.

○ Peralatan

- 1) Neraca analitik ketelitian 0,1 mg;
- 2) *Digestion apparatus* (pemanas listrik/*block digester*);
- 3) Unit destilator;
- 4) Labu Kjeldahl;
- 5) *Titration*/buret;
- 6) Dispenser;
- 7) Erlenmeyer, kapasitas 100 ml atau 200 ml;
- 8) Pipet volumetrik, kapasitas 25 ml;
- 9) Labu ukur 100 ml, 500 ml, dan 1.000 ml.

○ Pereaksi

- 1) Air suling atau air demineral;
- 2) Asam sulfat, H_2SO_4 p.a. (95 – 98)%;
- 3) Larutan asam sulfat-salisilat, $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_6\text{S}$

Larutkan 25 g asam salisilat dengan asam sulfat (H_2SO_4) p.a. (95 – 98)% hingga mencapai volume 1 l;

4) Natrium tiosulfat, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$;

5) Larutan baku asam sulfat, H_2SO_4 0,05 N

Pipet 25 ml larutan standar asam sulfat (H_2SO_4) 1 N dalam labu ukur 500 ml, tepatkan hingga tanda tera dengan air suling atau air demineral;

6) Larutan asam borat, H_3BO_3 1%

Timbang 10 g asam borat (H_3BO_3) dan larutkan dalam 1.000 ml air suling atau air demineral;

7) Indikator Conway

Timbang 0,15 g *bromo cresol green* + 0,1 g *methyl red* dalam 100 ml etanol 96 %;

8) Larutan natrium hidroksida (NaOH) dalam labu ukur 100 ml, tepatkan hingga tanda tera dengan air suling atau air demineral.

○ Cara Kerja

1) Timbang teliti 0,5 g contoh yang telah dihaluskan ($\leq 0,5$ mm), masukkan ke dalam labu Kjeldahl;

2) Tambahkan 10 ml larutan asam sulfat-salisilat, goyang hingga merata dan biarkan semalaman;

3) Tambahkan 4 g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ kemudian panaskan pada suhu rendah hingga gelembung habis. Naikkan suhu secara bertahap sampai dengan 300°C (sekitar 2 jam sampai 3 jam) dan biarkan dingin;

- 4) Suling setelah penambahan 10 ml larutan natrium hidroksida (NaOH) 40 % dengan penampung hasil sulingan 20 ml larutan asam borat (H_3BO_3) 1% yang ditambah 3 tetes indikator Conway;
- 5) Hentikan penyulingan bila hasil sulingan mencapai 100 ml;
- 6) Titar dengan larutan asam sulfat (H_2SO_4) 0,05 N sampai titik akhir titrasi tercapai (warna hijau berubah menjadi merah jambu) dan catat volume akhir titrasi (V1);
- 7) Lakukan pengerjaan larutan blanko (V2).

Catatan 1 Penyulingan dapat menggunakan alat unit destilasi digital.

Catatan 2 Pengukuran ekstrak dapat juga menggunakan alat CFA (*Continuous Flow Analyzer*)

e. Kandungan P

○ Prinsip

Contoh dioksidasi basah dengan asan nitrat (HNO_3) dan asam perklorat (HClO_4). Ekstrak yang diperoleh digunakan untuk mengukur unsur P dan K.

○ Peralatan

- 1) Neraca analitik ketelitian 0,1 mg;
- 2) Labu *digestion*;
- 3) *Block digester*;

- 4) *Microwave digester*;
 - 5) Labu ukur 50 ml atau 100 ml;
 - 6) Kertas saring;
 - 7) Tabung kimia volume 20 ml;
 - 8) *Vortex mixer*;
 - 9) Dispenser skala 0 ml – 10 ml/pipet volume 1 ml dan 10 ml;
 - 10) Spektrofotometer *visible*;
 - 11) Spektrofotometer serapan atom (SSA) atau flamefotometer;
 - 12) Lampu katoda K.
- Perekasi
- 1) Air suling atau air demineral;
 - 2) Asam nitrat, HNO_3 p.a. 65%;
 - 3) Asam perklorat, HClO_4 p.a. 70%;
 - 4) Larutan standar 0mg/l
- Pipet 20 ml asam perklorat (HClO_4) p.a. ke dalam labu ukur 1.000 ml yang telah berisi air suling atau air demineral kira-kira setengahnya, goyangkan dan tambahkan lagi air suling atau air demineral hingga tepat 1.000 ml;
- 5) Larutan standar induk 2.000 mg/l P dalam H_2O
- Timbang 0,7742 g kalium dihidrogen fosfat (KH_2PO_4) (yang telah dikeringkan pada 130°C selama 2 jam),

masukkan ke dalam labu ukur 1 l, tepatkan hingga tanda tera dengan air suling atau air demineral; atau larutan standar induk yang sudah diketahui kemurniannya;

- 6) Larutan standar 500 mg/l P, dalam air suling atau air demineral;

Pipet 25 ml larutan standar induk 2.000 mg/l P ke dalam labu ukur 100 ml. Tambahkan 2 ml asam perklorat (HClO_4) p.a. dan air suling atau air demineral hingga 100 ml;

- 7) Larutan standar induk 1.000 mg/l K dalam air suling atau air demineral;

- 8) Larutan standar 100 mg/l K, dalam air suling atau air demineral

Pipet 10 ml larutan standar induk 1.000 mg/l K ke dalam labu ukur 100 ml. Tambahkan 2 ml asam perklorat (HClO_4) p.a. dan air suling atau air demineral hingga 100 ml;

- 9) Larutan standar kerja 0 mg/l; 2 mg/l; 4 mg/l; 8 mg/l; 12 mg/l; 16 mg/l; dan 20 mg/l P

Pipet masing-masing 0; 0,4; 0,6; 0,8; 1,6; 2,4; 3,2; 4,0 ml larutan standar 500 mg/l P ke dalam labu ukur 100 ml. Tambahkan larutan standar 0 mg/l hingga masing-masing menjadi 100 ml, kocok;

10) Larutan standar kerja 0 mg/l; 0,5 mg/l; 1 mg/l; 2 mg/l; 3mg/l; 4 mg/l; dan 5 mg/l K

Pipet masing-masing 0; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5 ml larutan standar 100 mg/l K ke dalam labu ukur 100 ml. Tambahkan masing-masing 10 ml larutan lantanum (III) klorida (LaCl_3) lalu tepatkan hingga tanda tera menggunakan larutan standar 0 mg/l, kocok;

11) Pereaksi fosfat molibdat pekat

12 g amonium heptamolibdat tetrahidrat ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$)
+ 0,275 g kalium antimoniltartrat ($(\text{K}(\text{Sb}))\text{C}_4\text{H}_4)_6 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$)
+ 140 ml asam sulfat (H_2SO_4) dalam 1.000 ml air suling atau air demineral;

12) Pereaksi fosfat molibdat encer

(dibuat ketika akan digunakan, tidak disimpan); 0,53 g asam askorbat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) + 50 ml pereaksi fosfat molibdat pekat dijadikan 500 ml dengan air suling atau air demineral;

13) Larutan lantanum (III) klorida, LaCl_3 25.000 mg/l

67 g lantanum (III) klorida heptahidrat ($\text{LaCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) +
15 ml asam klorida (HCl) 25% dalam 1.000 ml air suling atau air demineral.

○ Cara Kerja

1) Ekstraksi

a) Ekstraksi menggunakan *block digester*/sistem desktruksi terbuka

- Timbang teliti (0,5-1) g contoh pupuk yang telah dihaluskan, kemudian masukkan ke dalam labu *digestion*;
- Tambahkan (5-10) ml asam nitrat (HNO_3) p.a. dan (1-2) ml asam perklorat (HClO_4) p.a., kocok dan biarkan semalam;
- Panaskan pada *block digester* mulai dengan suhu 100°C , setelah uap kuning habis suhu dinaikan hingga 200°C . Destruksi diakhiri bila sudah keluar uap putih dan cairan dalam labu tersisa sekitar 0,5 ml;
- Dinginkan dan encerkan dengan air dan volume tepatkan menjadi 50 ml atau 100 ml, kocok hingga homogen, biarkan semalam atau saring dengan kertas saring agar didapat ekstrak jernih.

b) Ekstraksi menggunakan *microwave digester*/sistem destruksi tertutup

- Timbang teliti 1 g contoh pupuk yang telah dihaluskan, kemudian masukkan ke dalam *digestion vessel*;
- Tambahkan 10 ml asam nitrat (HNO_3) p.a. *predigest* pada suhu ruangan;

- Tutup *vessel* dan tempatkan dalam *microwave*, atur *power* berdasarkan jumlah contoh/*vessel* yang digunakan. Naikkan suhu ke 200°C dalam waktu 15 menit;
- Panaskan pada *microwave digester* pada suhu 200°C selama 20 menitl
- Dinginkan *vessel*, pindahkan ekstrak ke labu ukur 100 ml, encerkan dengan air dan volume tepatkan hingga tanda tera, kocok hingga homogen. Biarkan semalam atau saring dengan kertas saring agar didapat ekstrak jernih.

○ Pengukuran

- 1) Pipet 1 ml ekstrak ke dalam tabung kimia volume 20 ml, begitupun masing-masing deret standar kerja P;
- 2) Tambahkan masing-masing 9 ml pereaksi fosfat molibdat encer ke dalam setiap contoh dan deret standar kerja, kcok dengan *vortex mixer* sampai homogen;
- 3) Diamkan (15 – 25) menit, lalu ukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 889nm (λ maksimum disesuaikan kondisi alat) dan catat nilai absorbansinya.

○ Perhitungan

$$\text{Kadar } P_2O_5 (\%) = C \times \frac{V}{1.000} \times \frac{100}{W} \times \frac{142}{62} \times fp \times fk$$

$$\text{Kadar Hara Makro (\%)} = \text{Kadar P}_2\text{O}_5 + \text{Kadar K}_2\text{O} + \text{Kadar N}$$

Keterangan:

Kadar N diperoleh dari hasil pengujian Nitrogen total

- C = kadar contoh yang didapat dari kurva regresi hubungan antara kadar deret dengan pembacaannya setelah dikurangi blanko, dinyatakan dalam mg/l;
V = volume ekstrak, dinyatakan dalam ml;
W = berat contoh, dinyatakan dalam mg;
fp = faktor pengenceran (bila ada);
fk = faktor koreksi kadar air;
100 = faktor konversi ke %;
142/62 = faktor konversi bentuk P menjadi P₂O₅;
94/78 = faktor konversi bentuk K menjadi K₂O.

f. Kandungan K

○ Pengukuran

- 1) Pipet 1 ml ekstrak ke dalam tabung kimia volume 20 ml;
- 2) Tambahkan masing-masing 1 ml larutan lantanum (III) klorida LaCl₃ dan encerkan sampai 10 ml menggunakan larutan standar 0 mg/l, kocok dengan *vortex mixer* sampai homogen;
- 3) Ukur absorbansi dengan alat SSA atau flamefotometer pada panjang gelombang 766,5 nm.

○ Perhitungan

$$\text{Kadar K}_2\text{O (\%)} = C \times \frac{V}{1.000} \times \frac{100}{W} \times \frac{94}{78} \times fp \times fk$$

$$\text{Kadar Hara Makro (\%)} = \text{Kadar P}_2\text{O}_5 + \text{Kadar K}_2\text{O} + \text{Kadar N}$$

Keterangan:

Kadar N diperoleh dari hasil pengujian Nitrogen total

- C = kadar contoh yang didapat dari kurva regresi hubungan antara kadar deret dengan pembacaannya setelah dikurangi blanko, dinyatakan dalam mg/l;
V = volume ekstrak, dinyatakan dalam ml;
W = berat contoh, dinyatakan dalam mg;
fp = faktor pengenceran (bila ada);
fk = faktor koreksi kadar air;
100 = faktor konversi ke %;
142/62 = faktor konversi bentuk P menjadi P₂O₅;
94/78 = faktor konversi bentuk K menjadi K₂O.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

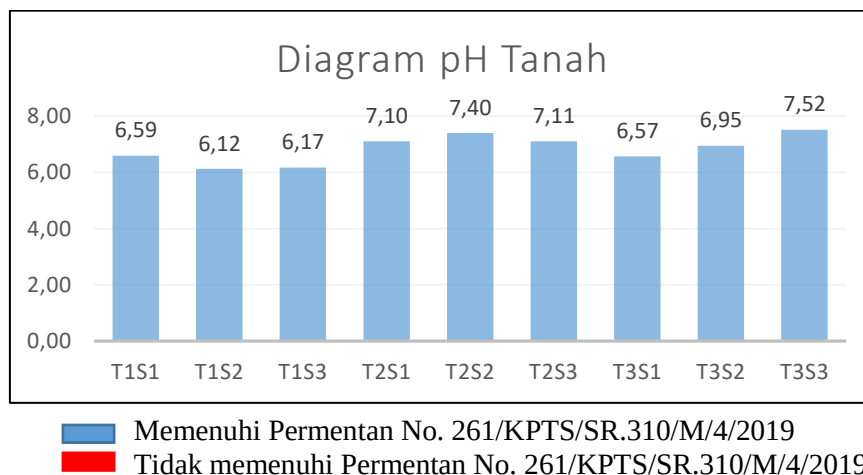
4.1. Hasil

Sampel pupuk bokashi tandan kosong kelapa sawit dan kotoran sapi yang telah jadi kompos dan siap diuji, selanjutnya akan dilakukan uji laboratorium. Hasil laboratorium dari sampel pupuk bokashi kombinasi tandan kosong kelapa sawit dan kotoran sapi disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.1. Hasil analisis pH tanah

NO.	Perlakuan	pH Tanah
1	T1S1	6,59
2	T1S2	6,12
3	T1S3	6,17
4	T2S1	7,10
5	T2S2	7,40
6	T2S3	7,11
7	T3S1	6,57
8	T3S2	6,95
9	T3S3	7,52

Sumber : Hasil analisis uji laboratorium tanah Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman



Gambar 4.1. Diagram Hasil pH Tanah

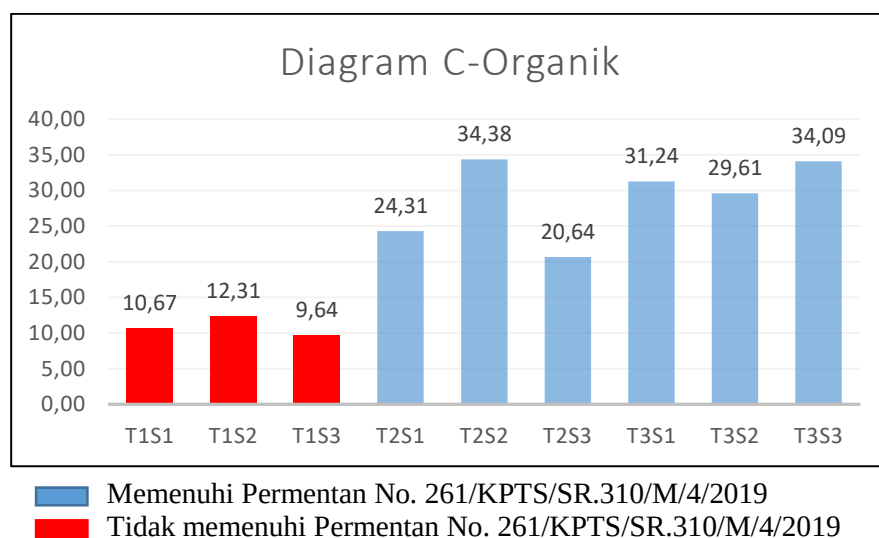
Sumber : penulis

Berdasarkan hasil pada tabel 4.1, menunjukkan bahwa dari 9 sampel perlakuan tanpa ulangan, sampel T3S3 merupakan sampel yang memiliki kandungan pH tanah tertinggi. Sampel T3S3 merupakan perlakuan 6 kg tandan kosong kelapa sawit + 1,5 kg kotoran sapi. Maka menurut hasil uji laboratorium, perlakuan 6 kg tandan kosong kelapa sawit + 1,5 kg kotoran sapi merupakan kandungan pH tanah terbaik dibandingkan dengan perlakuan yang lain.

Tabel 4.2 Hasil analisis C-Organik (%)

NO.	Perlakuan	C-Organik (%)
1	T1S1	10,67
2	T1S2	12,31
3	T1S3	9,64
4	T2S1	24,31
5	T2S2	34,38
6	T2S3	20,64
7	T3S1	31,24
8	T3S2	29,61
9	T3S3	34,09

Sumber : Hasil analisis uji laboratorium tanah Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman



Gambar 4.2. Diagram Hasil C-Organik (%)

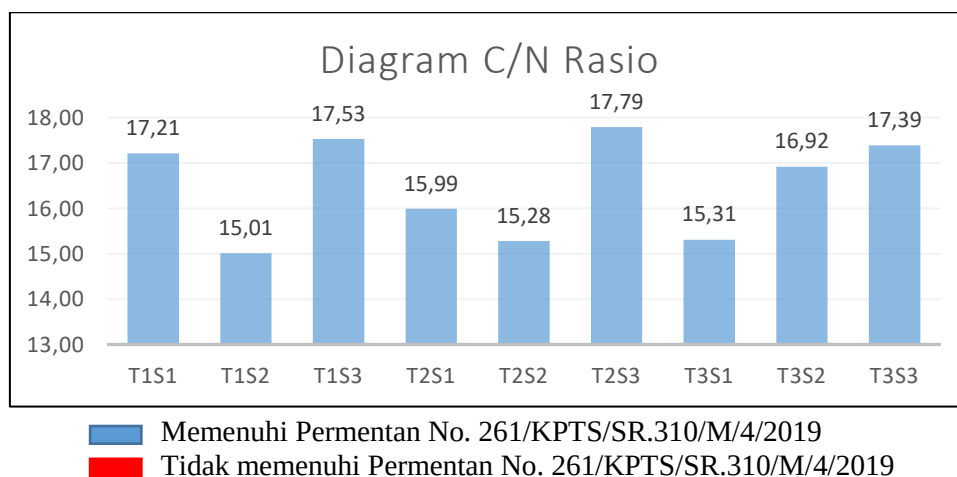
Sumber : penulis

Berdasarkan hasil pada tabel 4.2, menunjukkan bahwa dari 9 sampel perlakuan tanpa ulangan, sampel T2S2 merupakan sampel yang memiliki kandungan C-Organik tertinggi. Sampel T2S2 merupakan perlakuan 4 kg tandan kosong kelapa sawit + 1kg kotoran sapi. Maka menurut hasil uji laboratorium, perlakuan 4 kg tandan kosong kelapa sawit + 1 kg kotoran sapi merupakan kandungan C-Organik terbaik dibandingkan dengan perlakuan yang lain.

Tabel 4.3 Hasil analisis rasio C/N

NO.	Perlakuan	C/N rasio
1	T1S1	17,21
2	T1S2	15,01
3	T1S3	17,53
4	T2S1	15,99
5	T2S2	15,28
6	T2S3	17,79
7	T3S1	15,31
8	T3S2	16,92
9	T3S3	17,39

Sumber : Hasil analisis uji laboratorium tanah Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman



Gambar 4.3. Diagram Hasil Rasio C/N

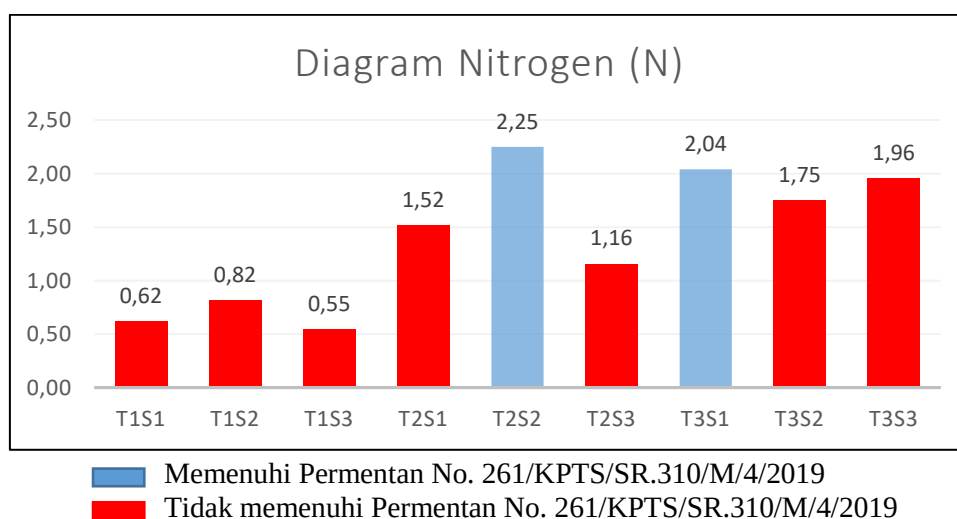
Sumber : penulis

Berdasarkan hasil pada tabel 4.3, menunjukkan bahwa dari 9 sampel perlakuan tanpa ulangan, sampel T2S3 merupakan sampel yang memiliki kandungan C/N rasio tertinggi. Sampel T2S3 merupakan perlakuan 4 kg tandan kosong kelapa sawit + 1,5 kg kotoran sapi. Maka menurut hasil uji laboratorium, perlakuan 4 kg tandan kosong kelapa sawit + 1,5 kg kotoran sapi merupakan kandungan C/N rasio terbaik dibandingkan dengan perlakuan yang lain.

Tabel 4.4 Hasil analisis N (Nitrogen)

NO.	Perlakuan	N
1	T1S1	0,62
2	T1S2	0,82
3	T1S3	0,55
4	T2S1	1,52
5	T2S2	2,25
6	T2S3	1,16
7	T3S1	2,04
8	T3S2	1,75
9	T3S3	1,96

Sumber : Hasil analisis uji laboratorium tanah Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman



Gambar 4.4. Diagram Hasil N (Nitrogen)

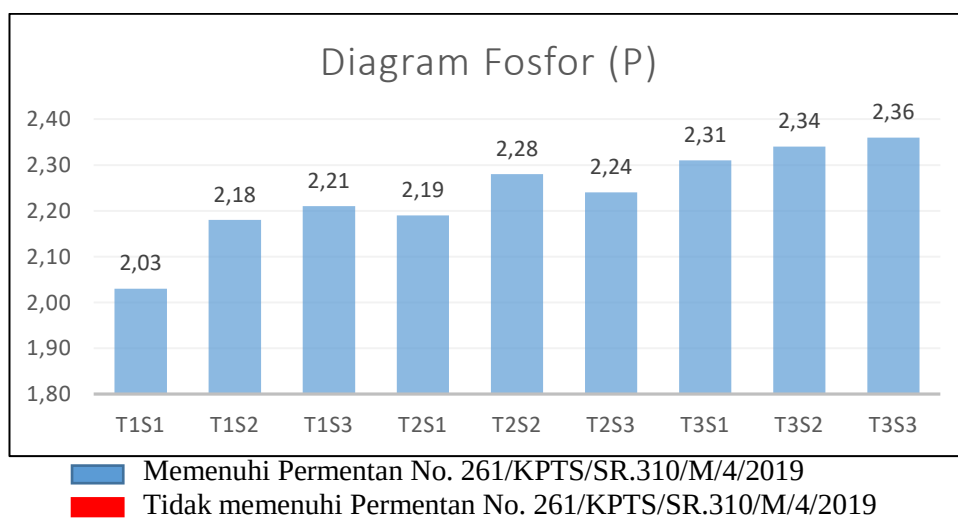
Sumber : penulis

Berdasarkan hasil pada tabel 4.4, menunjukkan bahwa dari 9 sampel perlakuan tanpa ulangan, sampel T2S2 merupakan sampel yang memiliki kandungan Nitrogen tertinggi. Sampel T2S2 merupakan perlakuan 4 kg tandan kosong kelapa sawit + 1 kg kotoran sapi. Maka menurut hasil uji laboratorium, perlakuan 4 kg tandan kosong kelapa sawit + 1kg kotoran sapi merupakan kandungan Nitrogen terbaik dibandingkan dengan perlakuan yang lain.

Tabel 4.5 Hasil analisis P (Fosfor)

NO.	Perlakuan	P
1	T1S1	2,03
2	T1S2	2,18
3	T1S3	2,21
4	T2S1	2,19
5	T2S2	2,28
6	T2S3	2,24
7	T3S1	2,31
8	T3S2	2,34
9	T3S3	2,36

Sumber : Hasil analisis uji laboratorium tanah Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman



Gambar 4.5. Diagram Hasil P (Fosfor)

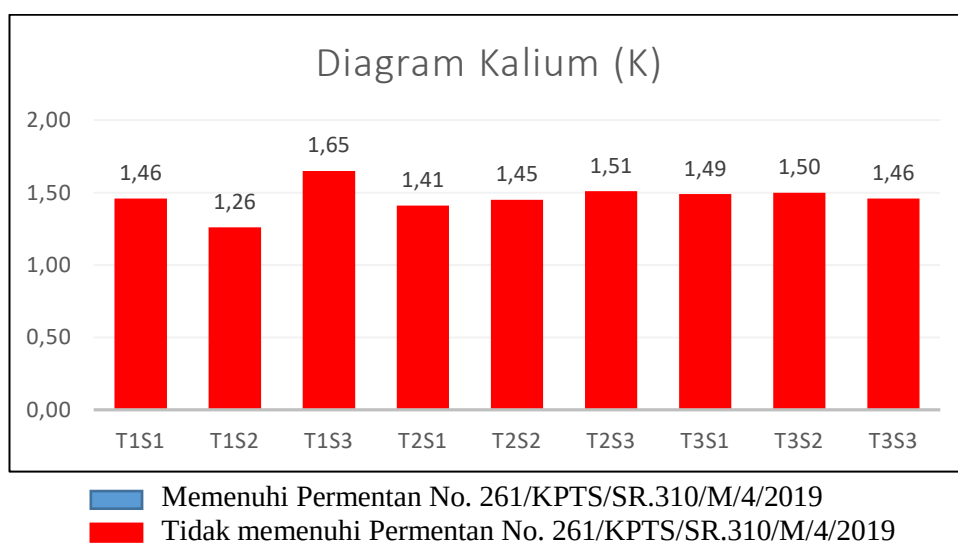
Sumber : penulis

Berdasarkan hasil pada tabel 4.5, menunjukkan bahwa dari 9 sampel perlakuan tanpa ulangan, sampel T3S3 merupakan sampel yang memiliki kandungan Fosfor tertinggi. Sampel T3S3 merupakan perlakuan 6 kg tandan kosong kelapa sawit + 1,5 kg kotoran sapi. Maka menurut hasil uji laboratorium, perlakuan 6 kg tandan kosong kelapa sawit + 1,5 kg kotoran sapi merupakan kandungan Fosfor terbaik dibandingkan dengan perlakuan yang lain.

Tabel 4.6 Hasil analisis K (Kalium)

NO.	Perlakuan	K
1	T1S1	1,46
2	T1S2	1,26
3	T1S3	1,65
4	T2S1	1,41
5	T2S2	1,45
6	T2S3	1,51
7	T3S1	1,49
8	T3S2	1,50
9	T3S3	1,46

Sumber : Hasil analisis uji laboratorium tanah Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman



Gambar 4.6. Diagram Hasil K (Kalium)

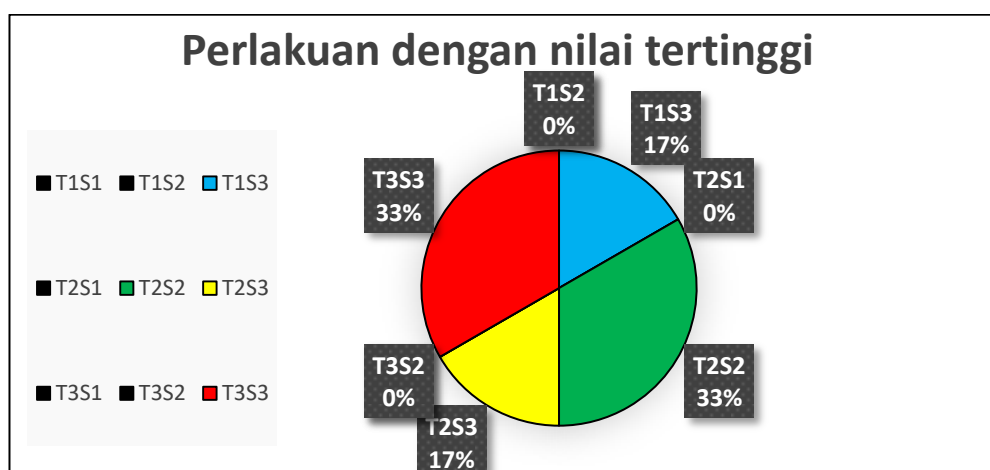
Sumber : penulis

Berdasarkan hasil pada tabel 4.6, menunjukkan bahwa dari 9 sampel perlakuan tanpa ulangan, sampel T1S3 merupakan sampel yang memiliki kandungan Kalium tertinggi. Sampel T1S3 merupakan perlakuan 2 kg tandan kosong kelapa sawit + 1,5 kg kotoran sapi. Maka menurut hasil uji laboratorium, perlakuan 2 kg tandan kosong kelapa sawit + 1,5 kg kotoran sapi merupakan kandungan Kalium terbaik dibandingkan dengan perlakuan yang lain.

Tabel 4.7 Hasil Uji Pupuk Kompos Organik

NO.	Perlakuan	pH	C-Organik (%)	N (%)	C/N rasio	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O
1	T1S1	6,59	10,67	0,62	17,21	2,03	1,46
2	T1S2	6,12	12,31	0,82	15,01	2,18	1,26
3	T1S3	6,17	9,64	0,55	17,53	2,21	1,65
4	T2S1	7,10	24,31	1,52	15,99	2,19	1,41
5	T2S2	7,40	34,38	2,25	15,28	2,28	1,45
6	T2S3	7,11	20,64	1,16	17,79	2,24	1,51
7	T3S1	6,57	31,24	2,04	15,31	2,31	1,49
8	T3S2	6,95	29,61	1,75	16,92	2,34	1,50
9	T3S3	7,52	34,09	1,96	17,39	2,36	1,46

Sumber : Hasil analisis uji laboratorium tanah Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman



Gambar 4.7. Diagram Pie Perlakuan Kombinasi Bokashi dengan Nilai Tertinggi

Sumber : penulis

Berdasarkan pada tabel 4.7, menunjukkan bahwa dari 9 sampel perlakuan, Sampel T2S2 merupakan sampel yang memiliki kandungan C-Organik dan Nitrogen tertinggi. Sampel T2S2 merupakan perlakuan 4 kg tandan kosong kelapa sawit + 1 kg kotoran sapi. Sampel T3S3 merupakan sampel yang memiliki kandungan pH Tanah dan Fosfor tertinggi. Sampel T3S3 merupakan perlakuan 6 kg tandan kosong kelapa sawit + 1,5 kg kotoran sapi. Maka dari itu, perlakuan 4kg tandan kosong kelapa sawit + 1 kg kotoran sapi (T2S2) dan perlakuan 6 kg tandan kosong kelapa sawit + 1,5 kg kotoran sapi (T3S3) merupakan kombinasi terbaik perlakuan lainnya.

4.2. Pembahasan

Berdasarkan hasil uji laboraotirum tanah Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman, dapat dijabarkan analisa dan pembahasannya sebagai berikut.

1. pH Tanah

Berdasarkan hasil analisis pupuk bokashi kombinasi tandan kosong kelapa sawit dan kotoran sapi, dapat diketahui bahwa perlakuan T3S3 (6kg tandan kosong kelapa sawit + 1,5 kg kotoran sapi) menunjukkan nilai pH Tanah tertinggi dibanding perlakuan lainnya. Dari semua perlakuan menunjukkan unsur pH tanah yang telah diuji memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh Permentan No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 adalah 4-9. Menurut Nurseha (2022), kombinasi bokashi tandan kosong kelapa sawit dan kotoran sapi memberikan kelebihan yang itu membuat pH tanah cukup

tinggi. Hal ini sejalan dengan perlakuan T3S3 memiliki bobot tandan kosong kelapa sawit dan kotoran sapi tertinggi dengan perbedaan bobot keduanya 4,5 kg. pH terendah diperoleh perlakuan T1S2 dan T1S3. Perbandingan bobot hanya selisih 1kg (T1S2) dan 0,5 kg (T1S3). Hal ini juga menunjukkan bahwa tandan kosong kelapa sawit juga mengandung unsur hara yang baik bagi tanah. Menurut Patti, P.S (2013), pH tanah atau tepatnya pH larutan tanah sangat penting karena larutan tanah mengandung unsur hara seperti Nitrogen (N), Potassium/kalium (K), dan Pospor (P) dimana tanaman membutuhkan dalam jumlah tertentu untuk tumbuh, berkembang, dan bertahan terhadap penyakit.

2. C-Organik

Berdasarkan hasil analisis pupuk bokashi kombinasi tandan kosong kelapa sawit dan kotoran sapi, dapat diketahui bahwa perlakuan T2S2 (4kg tandan kosong kelapa sawit + 1kg kotoran sapi) memiliki nilai tertinggi dibanding perlakuan lainnya. Nilai standar minimum kandungan C-Organik dalam Permentan No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 adalah 15, maka dari itu T1S1 (2kg tandan kosong kelapa sawit + 0,5 kg kotoran sapi), T1S2 (2kg tandan kosong kelapa sawit + 1kg kotoran sapi), dan T1S3 (2kg tandan kosong kelapa sawit + 1,5 kg kotoran sapi) belum memenuhi persyaratan minimum tersebut. Hal ini terjadi karena kandungan Karbon yang sebagai sumber energi sangat rendah pada 3 perlakuan

tersebut karena bobot tandan kosong kelapa sawit yang sedikit. Sejalan dengan hal tersebut, Menurut Saputra *et al.*, (2020), kandungan C-organik pada perlakuan 100% Tandan kosong kelapa sawit tanpa bahan tambahan kotoran sapi merupakan perlakuan dengan kandungan C-organik tertinggi dari perlakuan lain, hal ini karena dengan kadar lignin dan selulosa paling tinggi yang menyebabkan C organik paling tinggi dan sulit terurai. Maka semakin banyak jumlah tandan kosong kelapa sawit, semakin tinggi kadar C-Organiknya. Menurut Istomo (1994) *dalam* Melsasail *et al.*, (2019), bahan organik ternyata mempunyai peranan yang sangat penting dalam tanah terutama pengaruhnya terhadap kesuburan tanah.

3. Rasio C/N

Berdasarkan hasil laboratorium rasio C/N semua perlakuan berkisar 15,01-17,79, nilai ini telah memenuhi syarat yang telah ditentukan Permentan No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 yaitu 15-25. Nilai C/N rasio tertinggi diperoleh perlakuan T2S3 (4kg tandan kosong kelapa sawit + 1,5 kg kotoran sapi). Menurut Djuarnani *et al.*, (2005), proses pengomposan yang baik menghasil rasio C/N tinggi. Semua perlakuan telah menunjukkan proses pengomposan yang telah matang dan baik. Menurut Djuarnani *et al.*, (2005) bahwa C/N Ratio merupakan faktor paling penting dalam proses pengomposan. Hal ini disebabkan proses pengomposan. Hal ini

disebabkan proses pengomposan tergantung dari kegiatan mikroorganisme yang membutuhkan karbon sebagai energi dan pembentukan sel, dan nitrogen untuk membentuk akar.

4. Nitrogen (N)

Berdasarkan hasil uji laboratorium hanya 2 perlakuan yang memenuhi nilai minimum Permentan No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 yaitu 2%. T2S2 merupakan perlakuan 4kg tandan kosong kelapa sawit + 1kg kotoran sapi memperoleh nilai 2,25 dan T3S1 merupakan perlakuan 6 kg tandan kosong kelapa sawit + 0,5 kg kotoran sapi memperoleh nilai 2,04. Menurut Wulandari (2015), faktor penyebab penurunan kandungan nitrogen dalam bentuk ammonia sebagai hasil dekomposisi bahan organik lepas ke udara, oksigen yang terbatas menyebabkan ammonia tidak diubah ke dalam nitrat, dan nitrogen menguap. Menurut Patti *et al.*, (2013), Fungsi dari unsur nitrogen pada tanaman adalah (1) meningkatkan pertumbuhan vegetative tanaman, (2) meningkatkan kadar protein dalam tanah, (3) meningkatkan tanaman penghasil dedaunan seperti sayuran dan rerumputan ternak, (4) meningkatkan perkembangbiakan mikroorganisme dalam tanah, (5) berfungsi untuk sintesa asam amino dan protein dalam tanaman.

5. Fosfor (P)

Berdasarkan hasil uji laboratorium, semua perlakuan telah memenuhi nilai standar minimum Permentan No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 yaitu minimum 2%. Nilai tertinggi diperoleh T3S3 yang merupakan perlakuan 6kg tandan kosong kelapa sawit dan 1,5 kg kotoran sapi dengan nilai 2,36. Bahan-bahan organik merupakan salah satu faktor penentu ketersediaan hara P melalui pelapukan yang hasilnya mudah diserap oleh tanaman. Menurut Hannum *et al.*, (2014) dalam Warsito *et al.*, (2016) Tandan kosong kelapa sawit dapat meningkatkan kandungan hara dan juga menurunkan Al di dalam tanah yang mampu memperbaiki serapan hara Fosfor (P). Sejalan dengan hal tersebut, T3S3 merupakan perlakuan dengan kombinasi terbanyak antara Tandan kosong kelapa sawit dan kotoran sapi sehingga ketersediaan Fosfor (P) pada perlakuan tersebut menjadi yang tertinggi. Menurut Malherbe (1964) dalam Zubaidah, Yulinar dan Rafli Munir (2007) fungsi P terpenting dalam tanaman adalah sebagai bahan pembangunan nukleoprotein yang dijumpai dalam setiap inti sel. Pembentukan sel-sel baru tanaman. Fosfor mengaktifkan pertumbuhan tanaman, pertumbuhan bunga, mempercepat pematangan buah dan tanaman. Fosfor merangsang pertumbuhan akar, terutama akar lateral dan akar rambut.

6. Kalium (K)

Berdasarkan hasil uji laboratorium, semua perlakuan pupuk bokashi berkisar 1,26 – 1,65 dan belum memenuhi nilai minimum. Menurut Permentan No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 nilai minimum adalah 2%. Menurut Kilbaskara (2010) *dalam* Ardio (2023), Unsur Kalium dapat mengalami penguapan. Unsur K yang hilang melalui penguapan terjadi bersamaan dengan dilepaskannya panas pada saat terjadi proses pengomposan atau fermentasi berlangsung, semakin besar panas yang terbentuk maka semakin besar pula kalium menghilang. Menurut Melsasail *et al.*, (2019), Kalium berfungsi dalam pembentukan protein dan karbohidrat, selain itu, unsur ini juga berperan penting dalam pembentukan antibodi tanaman untuk melawan penyakit.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perlakuan T3S3 merupakan perlakuan dengan nilai pH Tanah tertinggi. Pada hasil analisis C-Organik T1S1, T1S2, dan T1S3 belum memenuhi persyaratan minimum. Perlakuan T2S3 memiliki nilai Rasio C/N tertinggi. Hanya perlakuan T2S2 dan T3S1 yang memenuhi persyaratan minimum Nilai Nitrogen (N). Perlakuan T3S3 merupakan perlakuan yang memiliki nilai Fosfor (P) tertinggi.
2. Pada hasil analisis Kalium, kombinasi bokashi semua perlakuan tidak memenuhi persyaratan minimum. Unsur Kalium yang hilang melalui penguapan terjadi bersamaan dengan dilepaskannya panas pada saat terjadi proses pengomposan atau fermentasi berlangsung, semakin besar panas yang terbentuk maka semakin besar pula kalium menghilang.

5.2. Saran

Dalam parameter pengamatan Nitrogen hanya 2 kombinasi yang memenuhi standar, dan Kalium merupakan parameter yang belum terpenuhi secara keseluruhan. Maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap kombinasi pupuk bokash ini dengan memperhatikan kondisi proses pengomposan dan penambahan unsur hara yang bagus seperti azzola, tongkol jagung maupun kacang-kacangan untuk mengikat Nitrogen, dan kulit udang, maupun arang/abu tempurung kelapa untuk mengikat Kalium.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Chusnul Adib. 2021. Pengaruh Penambahan Bioaktivator Terhadap Peningkatan Unsur Hara Pupuk Kandang dan Aplikasinya Pada Pertumbuhan Tanaman Salak Pascaerupsi Merapi. Semarang
- Ariska, *et al.* 2022. Pelatihan Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Untuk Dijadikan Pupuk Organik di Desa Tebing Tinggi Pangkatan. Sumatera Utara
- Djuarnani N, Kristian, dan Setiawan BS. 2005. Cara Cepat Membuat Kompos. Jakarta
- Fauzi, *et al.* 2002. Budidaya Pemanfaatan Hasil dan Limbah Analisis Usaha dan Pemasaran Kelapa Sawit. Cimanggis
- Hatta, *et al.* 2014. Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Pupuk Organik Pada *Intercropping* Kelapa Sawit dan Jagung. Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian Vol. 17 No. 1. Kalimantan Barat.
- Jannah, *et al.* 2021. Pengaruh Perbandingan Volume EM4 Dengan Massa Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Pada Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Cair Industri Kelapa Sawit. Aceh

- Lestari, *et al.* 2020. Analisis Kandungan P, K, Ca, dan Mg Pada Pengomposan Tritankos (Triko Tandan Kosong) Yang diperkaya Kotoran Sapi. Riau
- Mangoensoekarjo, S., dan A.T. Tojib. 2005. Manajemen Budidaya Kelapa Sawit. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Melsasail, *et al.* 2018. Analisis Kandungan Unsur Hara Pada Kotoran Sapi di Daerah Dataran Tinggi dan Dataran Rendah. Jurnal Universitas Sam Ratulangi Vol. 10 No. 8. Manado
- Munazar, *et al.* 2022. *Corn Frowth and Yield Due to Organic Fertilizers and Effective Microorganisms-4 (Em-4)*. Jurnal Multidisiplin Madani (MUDIMA) Vol. 2, No. 1. Aceh
- Nurseha, *et al.* 2015. Aplikasi Formula Bokashi Kotoran Sapi dan TKKS Dari SISKAB Bengkulu Pada Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jack) Belum Menghasilkan TBM. Bengkulu
- Okalia, *et al.* 2018. Pengaruh Ukuran Cacahan Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap Karakteristik Fisik Kompos Tritankos (Triko Tandan Kosong). Jurnal Agroqua Vo. 16 No. 2 Tahun 2018. Riau
- Putra, Bangun W.R. dan Rhenny Ratnawati. 2019. Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Buah dengan Penambahan Bioaktivator EM4. Surabaya
- Rahmadanti, *et al.* 2019. Uji Karakteristik Kompos (pH, Tekstur, Bau) Pada Berbagai Kombinasi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan Kotoran Sapi Menggunakan Mikroorganisme Selulolitik (MOS). Jurnal Ilmiah Teknosains, Vol. V No. 2. Riau

Rochadiana, *et al.* 2023. Pengolahan Pupuk Cair Dalam Upaya Pemanfaatan Limbah Kotoran Sapi di Kelompok Tani Ternak Wonosari Desa Kalipucang Kecamatan Tuter Kabupaten Pasuruan. Jurnal Altifani Vol. 3, No 1. Jawa Timur

Sentana, *et al.* 2010. Pengembangan dan Pengujian Inokulum Untuk Pengomposan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit. Jurnal Rekayasa Proses, Vol. 4, No. 2. Serpong

Setiawan, B.S. dan Tim Penulis ETOSA IPB. 2010. Membuat Pupuk Kandang Secara Cepat. Penebar Swadaya. Jakarta

Utomo, Prasetyo Budi, dan Juli Nurdiana. 2018. Evaluasi Pembuatan Kompos Organik dengan Menggunakan Metode HOT COMPOSTING. Samarinda

Alokasi Pupuk Bersubsidi TA 2022. 2021. Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia. Nomor: 200/SR.220/M/12/2021. Jakarta

Kabupaten Bulungan Dalam Angka 2022. 2022. Badan Pusat Statistik Kabupaten Bulungan. Tanjung Selor

www.emindonesia.com