

**ANALISIS PEMANFAATAN TANDAN KOSONG KELAPA
SAWIT SEBAGAI BAHAN PUPUK ORGANIK DENGAN
METODE *VALUE ENGINEERING* DI PTPN IV REGIONAL II
UNIT PKS DOLOK ILIR**

SKRIPSI

OLEH :

SEVIA ENDANG MANALU

228150088



PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

2026

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 22/7/26

Access From (repository.uma.ac.id)22/7/26

**ANALISIS PEMANFAATAN TANDAN KOSONG KELAPA
SAWIT SEBAGAI BAHAN PUPUK ORGANIK DENGAN
METODE *VALUE ENGINEERING* DI PTPN IV REGIONAL II
UNIT PKS DOLOK ILIR**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik, Universitas Medan Area

OLEH :

SEVIA ENDANG MANALU

228150088



PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

2026

LEMBAR PENGESAHAN

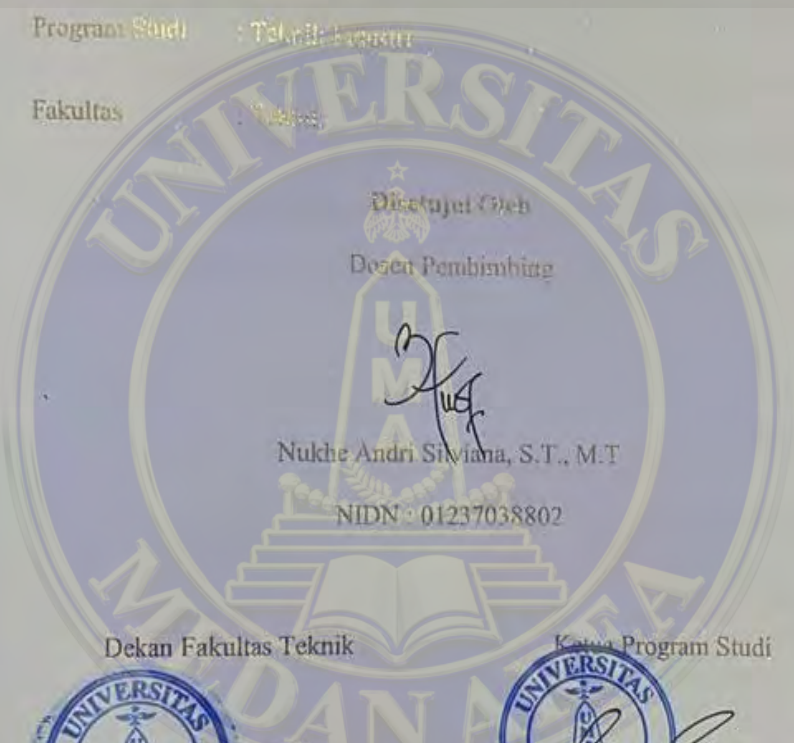
Judul Skripsi : Analisis Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai
Bahan Pupuk Organik Dengan Metode *Value Engineering* di
PTPN IV Regional II Unit PKS Dolok Ilir

Nama : SEVIA ENDANG MANALU

NPM : 228150088

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknik


Disetujui Oleh
Dosen Pembimbing

Nulche Andri Silviana, S.T., M.T
NIDN : 01237038802

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi

 
Dr. Eng. Agusriyanto, S.T., M.T Dr. Ir. Chusniyati Hasibuan, ST, MSc
NIDN : 0102027402 NIDN : 0110068801

Tanggal Lulus : 05 Maret 2026

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : SEVIA ENDANG MANALU

NPM : 228150088

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apalagi dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 04 Maret 2026



Sevia
Sevia Endang Manalu

228150088

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

Sebagai civis akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : SEVIA ENDANG MANALU
NPM : 228150088
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

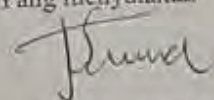
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksinsif (Non-Exclusive Royalty - Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul ANALISIS PEMANFAATAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN PUPUK ORGANIK DENGAN METODE *VALUE ENGINEERING* DI PTPN IV REGIONAL II UNIT PKS DOLOK ILIR beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengakhiri media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis pencipta dan sebagai pemilik Hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada Tanggal : 04 Maret 2026

Yang menyatakan



SEVIA ENDANG MANALU
228150088

ABSTRAK

Tanaman kelapa sawit merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang memiliki komposisi material organik yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik. Tingginya jumlah limbah TKKS yang selama ini hanya ditumpuk tanpa pengolahan lanjutan, sehingga belum memberikan nilai tambah secara ekonomi maupun manfaat bagi lingkungan.

Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan tahapan *value engineering*, meliputi tahap informasi, kreatif, analisis, dan rekomendasi. Data diperoleh melalui observasi, wawancara, dokumentasi, serta pengolahan laboratorium untuk uji kualitas pupuk organik. Sampel penelitian menggunakan 3 kg TKKS yang dicampur dengan bahan pendukung berupa kotoran kambing, serat fiber, abu pembakaran, dan aktivator EM-4. Proses pembuatan meliputi pencacahan, pencampuran, fermentasi, serta pematangan sebelum dilakukan uji kandungan unsur hara makro.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pupuk organik dari TKKS memiliki kandungan Nitrogen (N), Fosfor (P_2O_5), dan Kalium (K_2O) yang masih belum sesuai dengan standar SNI 2830-2024. Analisis *value engineering* menghasilkan alternatif terbaik dengan komposisi lengkap (TKKS, kotoran kambing, serat fiber, abu boiler, dan EM-4), yang tidak hanya efisien dari sisi biaya, tetapi juga mampu menghadirkan keseimbangan unsur hara. Dengan demikian, pemanfaatan TKKS dapat memberikan nilai tambah sebagai pupuk organik berkualitas sekaligus mengurangi dampak limbah industri kelapa sawit.

Kata kunci: TKKS, Pupuk Organik, *Value Engineering*, Limbah Kelapa Sawit, SNI

ABSTRACT

*Oil palm (*Elaeis guineensis*) is one of the major plantation crops that contains a high level of organic material. This study aims to examine the utilization of empty fruit bunches (EFB) from oil palm as a raw material for producing organic fertilizer. The large quantity of EFB waste that is usually piled up without further processing has not yet provided economic value or environmental benefits.*

The research method employs a descriptive quantitative approach using the Value Engineering framework, which consists of four stages: information, creative, analysis, and recommendation. Data were collected through observation, interviews, documentation, and laboratory testing to evaluate the quality of the organic fertilizer. The research sample consisted of 3 kg of EFB mixed with supporting materials, including goat manure, fiber residue, boiler ash, and EM-4 activator. The production process involved shredding, mixing, fermentation, and maturation before testing the macronutrient content.

The results showed that the organic fertilizer produced from EFB contained Nitrogen (N), Phosphorus (P_2O_5), and Potassium (K_2O) levels that were still below the Indonesian National Standard (SNI) 2830-2024. The Value Engineering analysis produced the best alternative composition consisting of EFB, goat manure, fiber residue, boiler ash, and EM-4, which was not only cost-efficient but also provided balanced nutrient content. Therefore, utilizing EFB as an organic fertilizer can add economic value while reducing the environmental impact of palm oil industry waste.

Keywords: *EFB, Organic Fertilizer, Value Engineering, Palm Oil Waste, SNI*

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Pondok Pasir, Kecamatan Dolok Batunanggar pada tanggal 13 September 2004 dari Ayah Juniel Yuhendri Parlindungan Manalu dan Ibu Rempina Simare-mare merupakan putri kedua dari tiga bersaudara. Dididik dan dibesarkan Bapak Jupri Silalahi dan Ibunda Risdawati Simare-mare.

Penulis pertama kali menempuh Pendidikan Sekolah Dasar Negeri 091594 pada tahun 2010 dan selesai pada tahun 2016. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan di Sekolah Menengah Pertama Negeri 01 Dolok Batunanggar dan selesai pada tahun 2019, pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas Negeri 01 Dolok Batunanggar, penulis melanjutkan jurusan Ilmu Pengetahuan Alam dan selesai pada tahun 2022 dan pada tahun 2022 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Berkat Tuhan Yang Maha Esa, usaha yang disertai doa dari kedua orang tua dalam menjalani akademik Perguruan Tinggi Swasta Universitas Medan Area. Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul ” Analisis Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pupuk Organik Dengan Metode *Value Engineering* di PTPN IV Regional II Unit PKS Dolok Ilir.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan kasih setianya, melalui pegangan hidup yang penulis senantiasa ingat "Tetapi orang-orang yang menanti-nantikan TUHAN mendapat kekuatan baru: mereka seumpama rajawali yang naik terbang dengan kekuatan sayapnya; mereka berlari dan tidak menjadi lesu, mereka berjalan dan tidak menjadi lelah (Yesaya 40:31)", sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Adapun judul skripsi saya yang berjudul "Analisis Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pupuk Organik Dengan Metode *Value Engineering* Di PTPN IV Regional II Unit PKS Dolok Ilir".

Skripsi ini disusun berdasarkan data yang diberikan oleh PTPN IV Regional II Unit PKS Dolok Ilir guna memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar sarjana pada program studi Teknik Industri Universitas Medan Area.

Adapun Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat yang harus di penuhi untuk menyelesaikan skripsi pada program studi Teknik Industri Universitas Medan Area.

Dalam penyelesaian penyusunan skripsi ini, tidak lepas dari dukungan, bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak dan yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam meluangkan waktu dan pikiran. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

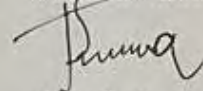
1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Eng. Suprianto, S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

3. Bapak Dr. Ir. Chalis Fajri Hasibuan, ST, MSc., selaku ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Medan Area.
4. Ibu Nukhe Andri Silviana, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing yang sudah memberi arahan kepada penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi.
5. Seluruh Dosen pengampu Program Studi Teknik Industri Universitas Medan Area yang sudah memberikan ilmu yang sangat berguna sehingga dapat membantu penulis dalam proses penyusunan tugas akhir.
6. Seluruh Staff Administrasi Universitas Medan Area yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan segala urusan berkas-berkas administrasi penulis.
7. Pimpinan PTPN IV Regional II Unit PKS Dolok Ilir yang sudah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian.
8. Kepada Orang tua ku yang telah susah payah untuk memperjuangkan gelar ku Bapak Jupri Silalahi dan Ibunda Risdawati Simare-mare, terimakasih untuk segala kasih sayang, doa dan pengorbanan yang tiada henti.
9. Kepada Abangku Noven Manalu, Adik-adikku Frans Manalu dan Estetika Silalahi, Terimakasih sudah menjadi salah satu alasan penulis untuk berusaha maju, terimakasih untuk pengertiannya selama menghadapi sifat penulis.
10. Kepada Diska Aulia, Ade Irma dan Teman Kelas A2 Teknik Industri 2022. Terima kasih sudah turut serta dalam proses perkuliahan dan turut membantu saat penulis kehilangan arah.
11. Kepada Ikatan Mahasiswa Teknik Industri (IMTI-UMA) terkhusus BPH Periode 2024-2025 kabinet Nawasena ; Juniarto, Marinus, M.Ibnu, Bintang

Sinambela, Rifaldi, Restu, Soloan dan Feliks. Terimakasih sudah mau

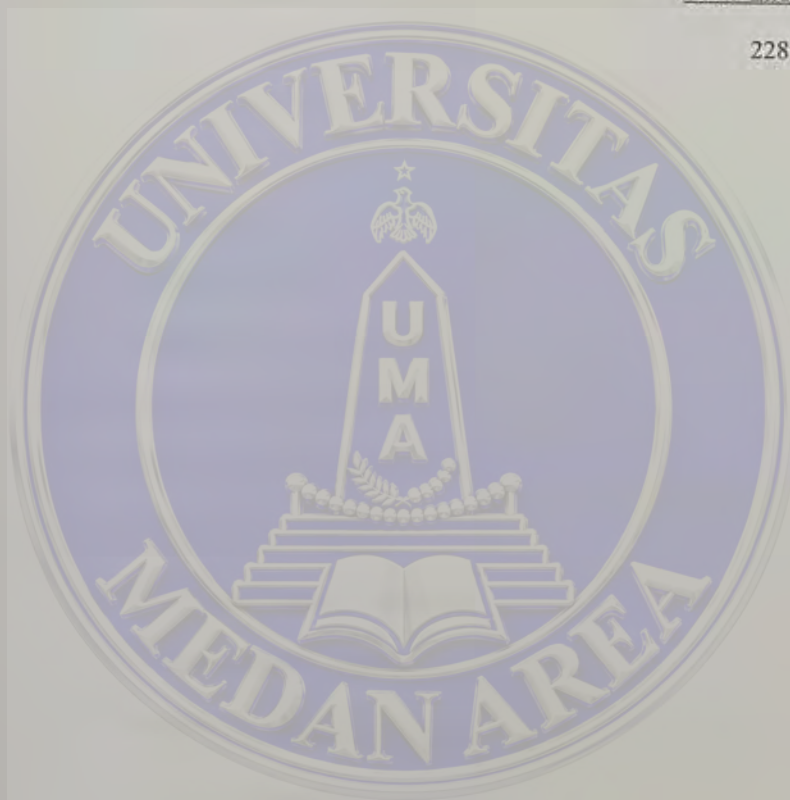
bersama-sama maju dan mengajarkan penulis rasa tanggung jawab, maaf
untuk ego yang sulit untuk dihadapi. Semoga kita sukses bersama.

Medan, 04 Maret 2026



Sevia Endang Manalu

228150088



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Sistem Lingkungan Industri.....	7
2.2 Potensi Limbah Pada Sektor Industri.....	8
2.2.1 Limbah Pabrik Kelapa Sawit.....	9
2.2.2 Karakteristik Tandan Kosong Kelapa Sawit	13
2.3 Kebijakan Nasional tentang Pupuk Organik dan Pengolahan Limbah... 14	
2.4 Penanganan Limbah.....	16
2.5 Sejarah <i>Value Engineering</i> (VE)	18
2.6 Defenisi <i>Value Engineering</i>	19
2.7 Rencana <i>Value Engineering</i>	21
2.7.1 Tahap Informasi.....	21
2.7.2 Tahap Kreatif.....	22
2.7.3 Tahap Analisis	22

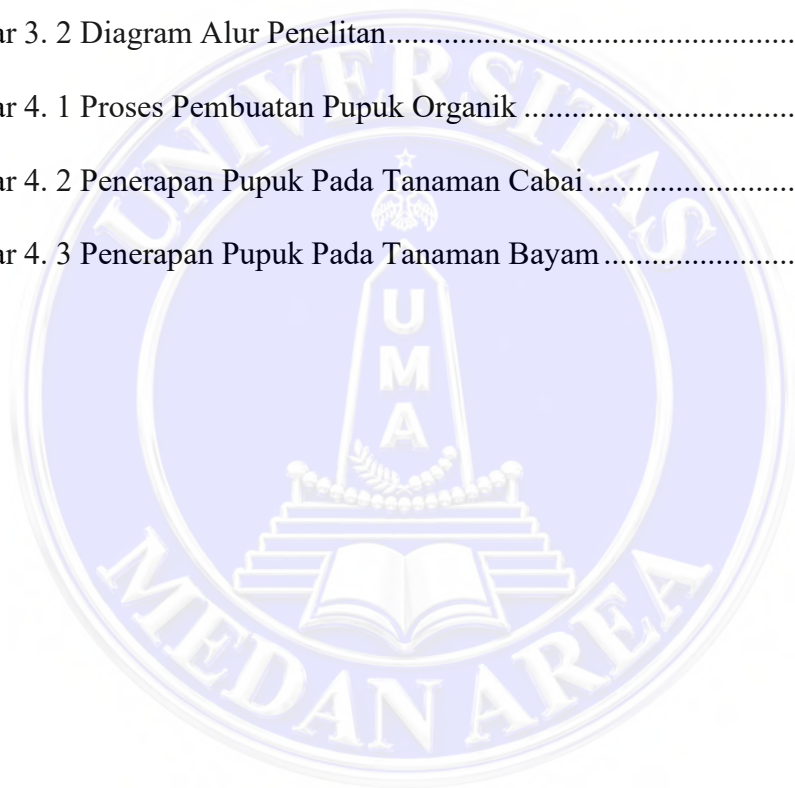
2.8	Penerapan <i>Value Engineering</i> (VE) dalam Konteks Kuantitatif	23
2.9	Uji Kualitas Pupuk Organik.....	25
2.10	Prinsip Dasar Pengomposan Limbah Organik.....	26
2.11	Studi Terdahulu tentang Pemanfaatan TKKS dan <i>Value Engineering</i> (VE).....	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		30
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	30
3.2	Jenis Penelitian.....	30
3.3	Sumber Data Penelitian.....	30
3.4	Objek Penelitian.....	31
3.5	Variabel Penelitian.....	31
3.5.1	Variabel Bebas (<i>Independent variabel</i>)	32
3.5.2	Variabel Terikat (<i>Dependent variabel</i>)	32
3.6	Kerangka Berpikir	32
3.7	Metode Analisis <i>Value Engineering</i>	33
3.8	<i>Flowchart</i> Penelitian.....	34
3.9	Alat dan Bahan Penelitian VE Tahap Kreatif.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Proses Pembuatan Pupuk Organik.....	37
4.2	Analisis <i>Value Engineering</i>	38
4.2.1	Tahap Informasi.....	39
4.2.2	Tahap Kreatif.....	40
4.2.3	Tahap Analisis	41
4.2.4	Tahap Rekomendasi	43

4.3	Hasil Uji Kualitas Pupuk Organik	44
4.4	Potensi Penerapan pada Tanaman.....	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		50
5.1	Kesimpulan	50
5.2	Saran	51
DAFTAR PUSTAKA		52
LAMPIRAN.....		54



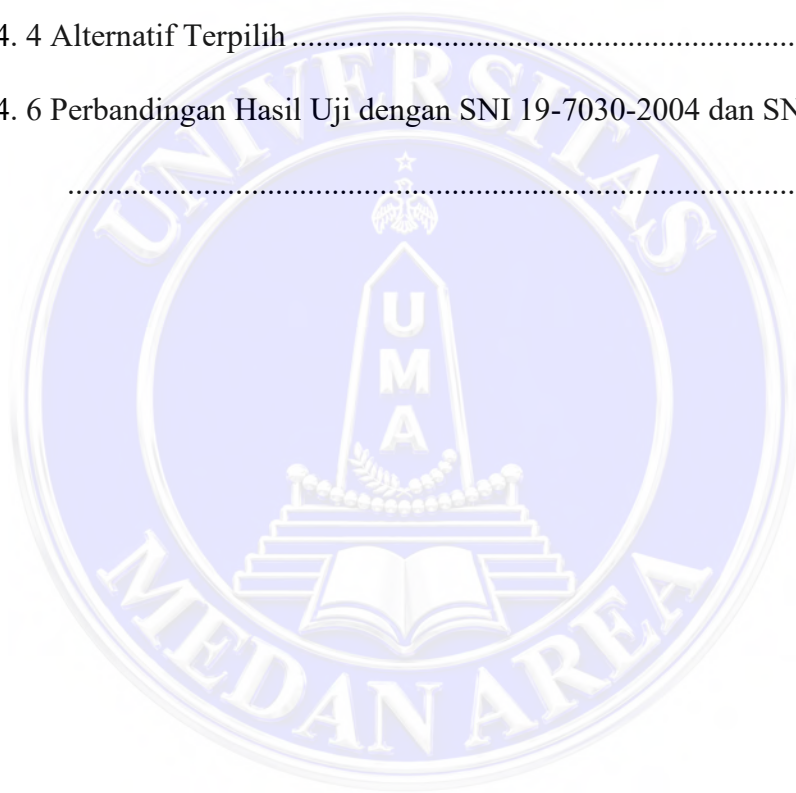
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Janjangan Kosong	10
Gambar 2. 2 Fiber	11
Gambar 2. 3 Cangkang.....	11
Gambar 2. 4 Abu Boiler	12
Gambar 2. 5 Limbah Cair Kelapa Sawit	12
Gambar 3. 1 Kerangka Berpikir	32
Gambar 3. 2 Diagram Alur Penelitian.....	35
Gambar 4. 1 Proses Pembuatan Pupuk Organik	38
Gambar 4. 2 Penerapan Pupuk Pada Tanaman Cabai	48
Gambar 4. 3 Penerapan Pupuk Pada Tanaman Bayam	49



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Kinerja PKS Dolok Ilir.....	1
Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	28
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Penelitian.....	36
Tabel 4. 1 Limbah TKKS Tahun 2024-2025	39
Tabel 4. 2 Alternatif Pilihan.....	41
Tabel 4. 3 Hasil Analisis Rincian Biaya Alternatif I, II, III.....	42
Tabel 4. 4 Alternatif Terpilih	42
Tabel 4. 6 Perbandingan Hasil Uji dengan SNI 19-7030-2004 dan SNI 2803:2024	46



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman kelapa sawit merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang menduduki posisi penting dalam sektor pertanian dan sektor perkebunan. Kelapa sawit merupakan komoditi andalan Indonesia yang perkembangannya sangat pesat. Sejalan dengan semakin meningkatnya produksi kelapa sawit dari tahun ke tahun, akan terjadi pula peningkatan volume limbah.

Unit PKS Dolok Ilir merupakan pabrik kelapa sawit dengan kapasitas 60 ton/jam Tandan Buah Segar (TBS). Dalam satu hari dapat mengolah sebanyak 3-5 kali, maka dalam satu hari perusahaan dapat menampung sebanyak 300 ton. Setiap ton TBS dapat menghasilkan sekitar 21 % TKKS. Dibawah ini dapat dilihat data pengolahan selama satu tahun terakhir.

Tabel 1.1 Data Kinerja PKS Dolok Ilir

No	Bulan	TBS Olah (Ton)	Tandan Kosong (Ton)
1	Juni 2024	17.889.400	3.049.420
2	Juli 2024	18.256.250	2.832.200
3	Agustus 2024	22.021.580	3.738.800
4	September 2024	19.777.900	3.662.000
5	Oktober 2024	20.317.800	3.887.190
6	November 2024	17.805.500	3.288.240
7	Desember 2024	19.079.000	2.652.440
8	Januari 2025	16.058.780	2.278.050
9	Februari 2025	13.691.400	1.916.796
10	Maret 2025	14.584.840	2.041.878
11	April 2025	16.599.200	2.323.888
12	Mei 2025	19.401.600	2.564.338

Sumber : Data Lapangan

Observasi awal dan wawancara dengan teknisi menunjukkan bahwa TKKS sebagian besar hanya ditumpuk tanpa pengolahan lanjutan menjadi produk bernilai.

Selain sebagai limbah utama dari proses pengolahan kelapa sawit, Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) juga memiliki komposisi material organik tinggi, seperti lignoselulosa, yang berpotensi dijadikan sebagai bahan pupuk. TKKS mengandung unsur hara seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang penting bagi kesuburan tanah (Maruli et al., 2023).

Peneliti memilih 0,0000001052% dari limbah harian yang dihasilkan sebesar 3 kg dan di campur dengan media tanam . Untuk mendukung proses pengomposan tandan kosong kelapa sawit diperlukan bahan pengurai (aktivator). EM-4 merupakan suatu kultur campuran berbagai mikroorganisme yang bermanfaat, sehingga dapat dijadikan sebagai aktivator. Penambahan kotoran kambing untuk pembuatan pupuk adalah salah satu cara efektif untuk menghasilkan pupuk organik berkualitas tinggi. Untuk mempelajari pengaruh berbagai variabel pada pembuatan kompos maka dilakukan variasi bahan organik dan aktivator. Pada penelitian ini kompos dibuat dari campuran tandan kosong kelapa sawit, kotoran kambing, fiber dan abu pembakaran boiler menggunakan EM-4 untuk memfermentasikan pupuk.

Value Engineering (VE) adalah metode sistematis untuk menelaah fungsi dan biaya dalam suatu sistem, dan banyak dipakai dalam industri manufaktur atau konstruksi (Wahyuni & Fadilah, 2023).

Dalam penelitian ini adalah hasil pengolahan berupa pupuk organik, yaitu produk akhir dari pengolahan TKKS yang dapat digunakan kembali sebagai sumber nutrisi tanah. Keberhasilan pengolahan ini akan terlihat dari sejauh mana TKKS dapat diolah menjadi produk yang berguna dan ramah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka dapat dibuat rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana potensi pemanfaatan limbah TKKS sebagai bahan pembuatan pupuk organik di PTPN IV Regional II Unit PKS Dolok Ilir?
2. Bagaimana penerapan metode *Value Engineering* dalam menganalisis alternatif pengolahan TKKS menjadi pupuk organik yang efisien dari sisi fungsi dan biaya?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan Rumusan Masalah yang telah ditentukan, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Ingin mengkaji penerapan prinsip *Value Engineering* secara konseptual sebagai pendekatan dalam mencari alternatif pemanfaatan TKKS yang bernilai secara fungsi, biaya, dan keberlanjutan.
2. Ingin mengetahui cara mengolah TKKS menjadi bahan pembuatan pupuk organik dengan menggunakan metode *Value Engineering*.

1.4 Batasan Masalah

Penentuan batasan masalah bertujuan untuk memperjelas ruang lingkup pembahasan serta menjaga konsistensi antara tujuan penelitian dengan data yang dikumpulkan di lapangan. Adapun batasan masalah untuk penelitian ini adalah :

1. Penelitian tidak membahas pengaruh pupuk organik terhadap pertumbuhan, produktivitas, maupun hasil tanaman secara agronomis. Penerapan pupuk pada tanaman hanya bersifat indikatif untuk menunjukkan bahwa pupuk hasil pengolahan dapat diaplikasikan, bukan sebagai dasar evaluasi utama penelitian.
2. Analisis biaya dibatasi pada perbandingan alternatif dalam konteks Value Engineering dan tidak mencakup analisis biaya produksi skala industri.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan dampak ataupun kontribusi dalam beberapa aspek, baik secara teoritis maupun praktis. Secara Khusus, manfaat penelitian ini dapat dirasakan oleh :

1. Bagi Mahasiswa

Penelitian ini memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk mengembangkan pemahaman yang lebih dalam mengenai pendekatan *Value Engineering* dalam konteks industri, khususnya dalam pengelolaan limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). Melalui pendekatan kualitatif, mahasiswa juga memperoleh pengalaman langsung dalam mengkaji dinamika pengambilan keputusan teknis dan manajerial secara kontekstual. Hal ini berguna untuk membekali mahasiswa dengan kemampuan analisis kritis, berpikir sistemik, dan penerapan teori ke dalam praktik nyata.

2. Bagi Pihak Pabrik (PTPN IV Regional II Unitr PKS Dolok Ilir)

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan dan masukan bagi manajemen pabrik dalam mengevaluasi cara pandang, kebijakan, dan strategi mereka terhadap pemanfaatan TKKS yang selama ini belum optimal. Hasil penelitian dapat menjadi dasar pertimbangan dalam merancang alternatif pengelolaan limbah yang lebih bernilai dan berkelanjutan, dengan mempertimbangkan fungsi, biaya, dan efisiensi. Selain itu, pendekatan Value Engineering yang digunakan dalam penelitian ini juga dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu dalam pengambilan keputusan berbasis fungsi.

3. Bagi Universitas

Penelitian ini memberikan kontribusi akademik bagi pengembangan keilmuan, khususnya dalam bidang teknik industri, lingkungan, dan manajemen rekayasa. Penelitian ini juga memperkuat peran universitas sebagai institusi yang mampu menghasilkan kajian aplikatif yang relevan dengan kebutuhan dunia industri. Selain itu, hasil penelitian dapat menjadi bahan rujukan atau pengembangan studi lanjut dalam tema keberlanjutan, pengelolaan limbah, dan pendekatan rekayasa nilai dalam skala lokal.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini disusun sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Membahas teori-teori terkait: tandan kosong kelapa sawit (TKKS), pupuk organik, prinsip *Value Engineering*, pengambilan keputusan teknis, serta studi-studi terdahulu yang relevan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Memuat pendekatan penelitian, lokasi dan waktu, jenis dan sumber data, teknik pengumpulan data (observasi, wawancara mendalam, dokumentasi), serta teknik analisis data.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang uraian data-data apa saja yang dihasilkan selama penelitian yang selanjutnya diolah menggunakan metode yang telah ditentukan dan hasil penelitian yang telah dilakukan pada saat pengolahan data untuk selanjutnya dapat menghasilkan suatu kesimpulan dan saran.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan hasil penelitian. Selain itu juga terdapat saran atau masukan-masukan yang perlu diberikan, baik terhadap peneliti sendiri maupun peneliti selanjutnya yang dimungkinkan penelitian ini dapat dilanjutkan.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka berisikan tentang sumber-sumber yang digunakan dalam penelitian ini, baik itu berupa jurnal, buku, kutipan-kutipan dari internet.

LAMPIRAN

Lampiran berisikan kelengkapan bahan dan hal lain yang perlu dilampirkan atau ditunjukkan untuk memperjelas uraian dalam penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Lingkungan Industri

Sistem adalah sekelompok komponen dan elemen yang digabungkan menjadi satu untuk mencapai tujuan tertentu. Ada banyak pendapat tentang pengertian dan definisi sistem yang dijelaskan oleh beberapa ahli (Crystallography, 2020).

Lingkungan industri adalah seperangkat faktor-faktor eksternal yang secara langsung mempengaruhi operasi dan kinerja suatu perusahaan atau industri. Faktor-faktor ini mencakup berbagai elemen seperti pesaing, pemasok, pelanggan, produk substitusi, dan hambatan masuk atau keluar industri. Pemahaman mendalam tentang lingkungan industri penting bagi perusahaan untuk merumuskan strategi yang efektif dan beradaptasi dengan perubahan (Nurseto, 2020).

Kelapa sawit merupakan tanaman komoditas perkebunan yang cukup penting di Indonesia dan masih memiliki prospek pengembangan yang cukup cerah. Kelapa sawit adalah tanaman penghasil minyak nabati yang dapat diandalkan, karena minyak yang dihasilkan memiliki berbagai keunggulan dibandingkan dengan minyak yang dihasilkan oleh tanaman lain, keunggulan tersebut diantaranya memiliki kadar kolesterol rendah, bahkan tanpa kolesterol (28294, 2004).

Kewajiban pengelolaan industri juga diatur dalam UU No. 32 Tahun 2009 serta peraturan turunannya yaitu pasal 1 ayat (2) adalah upaya sistematis dan terpadu yang dilakukan untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah terjadinya pencemaran dan atau kerusakan lingkungan hidup yang meliputi perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan, dan

penegakan hukum. Pengolahan limbah berfokus pada bagaimana sebuah perusahaan akan mengolah limbah tersebut. Pabrik yang sehat adalah pabrik yang mengolah kembali limbahnya supaya tidak mencemari lingkungan sekitarnya.

2.2 Potensi Limbah Pada Sektor Industri

Kelestarian lingkungan adalah masalah global yang mendesak karena meningkatnya tingkat polusi dan penipisan sumber daya. Pembuangan limbah yang tidak berkelanjutan menimbulkan ancaman yang signifikan terhadap ekosistem dan kesejahteraan manusia. Sangatlah penting untuk mengambil langkah-langkah mendesak untuk mengatasi tantangan pengelolaan limbah (Taswin et al., 2023).

Industri mempunyai potensi pembuat pencemaran karena adanya limbah dihasilkan baik dalam bentuk padat, gas maupun cair yang mengandung senyawa organik dan anorganik dengan jumlah yang melebihi batas yang ditentukan. Pencemaran di Indonesia masih terfokus perhatian pada pabrik-pabrik walau berbagai kegiatan yang juga dapat merusak lingkungan namun belum mendapat perhatian besar, sebesar perhatian yang dibutuhkan pada kegiatan industri.

Limbah industri merupakan sumber utama pencemaran lingkungan, karena industri sering kali membuang limbah beracun dan berbahaya yang mencemari lingkungan (Duodu et al., 2022). Pengelolaan limbah yang berkelanjutan sangat penting untuk mencegah pencemaran tanah, air, dan udara, dan berbagai alat tersedia untuk mengevaluasi dan meningkatkan sistem pengelolaan limbah (Loizia et al., 2019).

2.2.1 Limbah Pabrik Kelapa Sawit

Limbah pabrik kelapa sawit merupakan sisa-sisa hasil dari proses produksi pengolahan sawit menjadi CPO. Indonesia merupakan salah satu penghasil dan yang memproduksi minyak kelapa sawit terbesar di dunia, dan tentunya potensi limbah kelapa sawit di Indonesia sangat besar. Limbah industri pada sebuah pabrik memiliki ciri khas yaitu kandungan bahan organik yang sangat tinggi. Semakin meningkatkan limbah yang dihasilkan oleh pabrik, maka semakin dibutuhkan penanganan dan pemanfaatan kembali produk hasil samping supaya tidak mencemari lingkungan dan dapat menambah nilai ekonomi dari limbah Yang dihasilkan.

Pada saat aktivitas proses produksi kelapa sawit berlangsung, ada 3 jenis limbah yang dihasilkan yaitu :

1. Limbah Padat

Limbah padat kelapa sawit adalah limbah yang paling banyak dihasilkan pada saat proses produksi. Limbah padat yang dihasilkan yaitu janjangan kosong, *fiber*, cangkang, abu *boiler*, dan *solid decanter*. Umumnya limbah padat kelapa sawit mengandung bahan organik yang sangat tinggi, sehingga penanganan limbah yang tidak tepat akan mencemari lingkungan.

2. Limbah Cair

Limbah cair atau biasa dikenal dengan istilah *Palm Oil Mill Effluent* (POME) adalah limbah yang dihasilkan dalam bentuk cairan dari hasil air kondensat *sterilizer*, air cucian pabrik, dan air *hydrosiclon*. POME kaya akan kandungan organik dan nitrogen. Kandungan kimia yang

terdapat pada limbah cair sangat berbahaya bagi makhluk hidup, oleh sebab itu membutuhkan perlakuan khusus dalam penanganannya.

3. Limbah Gas

Limbah gas berasal dari gas buangan pabrik pada saat proses produksi berlangsung. Limbah gas ini dihasilkan dari pembakaran bahan bakar di *boiler*, dan juga gas yang dihasilkan oleh limbah cair.

2.2.1.1 Spesifikasi Limbah Padat

1. Janjangan Kosong

Janjangan kosong adalah limbah padat kelapa sawit yang dihasilkan setelah proses perebusan dan perontokan, dan juga merupakan limbah dengan volume yang paling banyak dari proses pengolahan. Setiap 1 ton kelapa sawit dapat menghasilkan janjangan kosong sekitar 21% atau sebanyak 210kg.



Gambar 2. 1 Janjangan Kosong

2. *Fiber*

Fiber (serat) adalah limbah yang dihasilkan dari pengelolaan pemerasan buah sawit pada saat proses kempa (*press*). Setiap 1 ton kelapa sawit dapat menghasilkan *fiber* (serat) kelapa sawit sekitar 12% atau sebanyak 120kg, dan berbentuk pendek seperti benang dengan warna kecoklatan.



Gambar 2. 2 Fiber

3. Cangkang

Cangkang adalah bagian buah sawit yang terletak antara daging buah dan inti sawit. Setelah minyak kelapa sawit mentah diekstrak dari daging buah, bentuk utuh inti sawit yang tertutup oleh cangkang selanjutnya akan dikirim ke tahap pemecahan dan pemisahan antara cangkang dan inti sawit (*kernel*). 1 ton kelapa sawit dapat menghasilkan cangkang sekitar 5,5% atau sebanyak 55 kg dan memiliki warna alami yaitu coklat gelap.



Gambar 2. 3 Cangkang

4. Abu Boiler

Abu boiler adalah limbah hasil pembakaran cangkang dan serat, sertamengandung berbagai unsur hara seperti *Nitrogen* (N), P_2O_5 (P), K_2O (K), dan Magnesium (Mg) (Sitinjak, 2025).



Gambar 2. 4 Abu Boiler

2.2.1.2 Spesifikasi Limbah Cair

Limbah cair kelapa sawit merupakan sisa hasil tanaman kelapa sawit yang tidak termasuk dalam produk utama atau hasil ikutan dari proses pengolahan kelapa sawit. Limbah hasil pengolahan kelapa sawit dibedakan menjadi limbah cair yang biasa dikenal dengan istilah POME (*Palm Oil Mill Effluent*) serta limbah padat berupa sabut, cangkang, janjangan kosong (JJK) dan solid basah (*wet decanter solid*). Limbah cair adalah salah satu produk samping dari pabrik minyak kelapa sawit yang berasal dari kondensat dari proses sterilisasi, air dari proses klarifikasi, air hydrocyclone (*claybath*), dan air pencucian pabrik (Hanim et al., 2020).



Gambar 2. 5 Limbah Cair Kelapa Sawit

2.2.1.3 Spesifikasi Limbah Gas

Limbah gas berasal langsung dari gas buangan pabrik kelapa sawit pada proses produksi CPO. Dimana limbah gas yang dihasilkan pada industri kelapa sawit adalah gas metana dan gas hidrogen. Gas hidrogen dihasilkan oleh adanya POME yang mana berguna untuk menghasilkan energi.

2.2.2 Karakteristik Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan limbah padat yang dihasilkan dari proses pengolahan tandan buah segar di pabrik kelapa sawit. Secara fisik, TKKS memiliki tekstur kasar dan berserat dengan struktur yang kuat sehingga sulit terurai secara alami. Kadar air TKKS relatif tinggi, berkisar antara 60–65 persen, yang dapat memengaruhi laju dekomposisi apabila tidak dikelola dengan baik. Struktur serat yang panjang dan kaku menyebabkan TKKS memerlukan perlakuan awal agar dapat diolah secara lebih efektif sebagai bahan pupuk organik.

Dari aspek kimia, TKKS mengandung bahan organik yang tinggi yang ditunjukkan oleh kandungan karbon organik sekitar 40–50 persen. Namun demikian, rasio karbon terhadap nitrogen (C/N) pada TKKS tergolong tinggi, yaitu berada pada kisaran 45–65, yang mencerminkan rendahnya kandungan nitrogen. Selain itu, TKKS tersusun atas senyawa lignoselulosa berupa lignin, selulosa, dan hemiselulosa, dengan kandungan lignin yang relatif tinggi sehingga menyebabkan proses penguraian berlangsung lambat tanpa perlakuan khusus.

Sebagai bahan baku pupuk organik, TKKS memiliki keunggulan berupa ketersediaan yang melimpah, bersifat ramah lingkungan, serta berpotensi meningkatkan kandungan bahan organik tanah. Namun, pemanfaatannya juga

memiliki keterbatasan, antara lain rasio C/N yang tinggi, kandungan unsur hara makro yang relatif rendah, serta waktu dekomposisi yang lama. Kondisi tersebut menyebabkan TKKS kurang efektif apabila digunakan secara langsung.

Oleh karena itu, TKKS tidak dianjurkan untuk diaplikasikan langsung tanpa melalui proses pengolahan. Penggunaan TKKS secara langsung dapat mengakibatkan imobilisasi nitrogen di dalam tanah sehingga ketersediaan hara bagi tanaman menjadi terbatas. Proses pengomposan dengan penambahan bahan pendukung yang kaya nitrogen serta aktivator mikroba diperlukan untuk menurunkan rasio C/N, mempercepat dekomposisi, dan meningkatkan kualitas pupuk organik yang dihasilkan.

2.3 Kebijakan Nasional tentang Pupuk Organik dan Pengolahan Limbah

Kebijakan nasional terkait pupuk organik dan pengolahan limbah di Indonesia telah diatur melalui berbagai regulasi lintas kementerian. Peraturan Menteri Pertanian (Permentan) No. 01 Tahun 2019 menjadi acuan utama dalam pendaftaran pupuk organik, pupuk hayati, dan pembenah tanah. Menurut Pasal 9 ayat (1) Permentan 01/2019, uji mutu pupuk organik dilakukan berdasarkan SNI, dan apabila SNI belum tersedia maka digunakan Persyaratan Teknis Minimal yang ditetapkan Menteri (Pasal 9 ayat 3–4). Dalam Kepmentan No.261/KPTS/ SR.310 /M/4/2019, ditetapkan parameter mutu minimal pupuk organik padat, seperti kandungan N total, P_2O_5 , K_2O , pH, mikroba dan batas kontaminan, yang harus dipenuhi agar pupuk dapat diedarkan. Regulasi ini mengatur persyaratan mutu, keamanan, serta jenis bahan yang dapat digunakan, termasuk limbah pertanian dan peternakan. Sebelumnya, telah diterbitkan Permentan No. 28 Tahun 2009 sebagai

regulasi awal yang mengatur standar pupuk organik, hayati, dan pembenah tanah. Selain itu, Keputusan Menteri Pertanian No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 menetapkan persyaratan teknis minimal, seperti rasio C/N, kandungan unsur hara, serta batas cemaran logam berat dan mikroba patogen, yang harus dipenuhi oleh setiap pupuk organik.

Kerangka hukum mengenai pupuk secara umum tercantum dalam Peraturan Pemerintah No. 8 Tahun 2001 tentang Pupuk Budidaya Tanaman, yang memberikan dasar bagi pengawasan mutu, distribusi, dan penggunaan pupuk, termasuk pupuk organik. Lebih jauh, kebijakan pupuk juga diperkuat dengan Peraturan Presiden No. 6 Tahun 2025 tentang tata kelola pupuk bersubsidi, yang memasukkan pupuk organik sebagai salah satu jenis pupuk yang mendapat dukungan subsidi pemerintah. Kebijakan ini diharapkan mendorong petani lebih banyak menggunakan pupuk organik sebagai alternatif ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Di sisi lain, pemerintah melalui Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) juga merumuskan kebijakan pengelolaan limbah organik. Salah satunya adalah rencana peraturan khusus mengenai pengelolaan sampah organik untuk memperkuat ketahanan pangan dan energi. Kebijakan ini menekankan pemilahan sampah sejak sumber, pemanfaatan teknologi pengolahan seperti komposting, biodigester, maupun biokonversi, serta pemanfaatan hasilnya sebagai pupuk organik, energi terbarukan, atau produk bernilai tambah. Hal ini sejalan dengan target yang tercantum dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN), yaitu peningkatan pengelolaan limbah organik hingga 100% pada tahun-tahun mendatang.

Dengan demikian, regulasi nasional ini menunjukkan adanya komitmen pemerintah dalam mengintegrasikan pengolahan limbah pertanian, termasuk tandan kosong kelapa sawit, menjadi pupuk organik untuk mendukung ketahanan pangan, ketahanan energi, dan pembangunan berkelanjutan. Namun, di level operasional, implementasi kebijakan ini masih belum optimal. Banyak pabrik belum menjadikan pengolahan limbah sebagai prioritas strategis. Hal ini disebabkan oleh kurangnya pemahaman terhadap fungsi dari limbah serta keterbatasan dukungan teknis dan pendanaan.

2.4 Penanganan Limbah

Penanganan limbah merupakan isu krusial dalam menjaga kelestarian lingkungan dan kesehatan masyarakat. Salah satu pendekatan yang paling dikenal dan efektif dalam pengelolaan limbah adalah konsep 3R, yaitu Reduce (mengurangi), Reuse (menggunakan kembali), dan Recycle (mendaur ulang). Strategi ini menekankan pentingnya pengelolaan limbah dari hulu ke hilir dengan memprioritaskan pencegahan dan pengurangan limbah sejak awal sebelum menjadi masalah besar. Konsep ini menjadi fondasi utama dalam sistem pengelolaan sampah modern karena tidak hanya bertujuan mengurangi volume sampah, tetapi juga memaksimalkan pemanfaatan sumber daya yang ada agar tidak terbuang sia-sia.

Reduce atau mengurangi limbah berarti mencegah terbentuknya limbah sejak awal kegiatan produksi. Pendekatan ini menuntut perubahan pola hidup masyarakat untuk lebih bijak dalam menggunakan sumber daya. Contohnya adalah dengan mengurangi penggunaan kantong plastik sekali pakai, memilih produk

dengan kemasan minimalis, atau membawa tempat makan dan botol minum sendiri saat bepergian. Dengan mengurangi konsumsi barang-barang yang berpotensi menjadi sampah, maka jumlah limbah yang harus ditangani di tahap akhir pun akan jauh berkurang. Strategi ini merupakan langkah paling awal dan paling penting karena jika berhasil dilakukan, maka langkah berikutnya akan menjadi lebih ringan.

Sementara itu, Reuse atau penggunaan kembali barang-barang yang masih layak pakai adalah upaya untuk memperpanjang usia pakai suatu produk sebelum akhirnya dibuang. Dalam konteks ini, masyarakat didorong untuk tidak langsung membuang barang-barang yang sudah tidak digunakan, tetapi memikirkan cara untuk memanfaatkannya kembali. Misalnya, botol bekas bisa digunakan sebagai wadah tanaman, pakaian yang masih bagus bisa disumbangkan kepada yang membutuhkan, atau kertas bekas dapat digunakan sebagai catatan. Melalui praktik reuse, kita tidak hanya mengurangi volume sampah, tetapi juga menghemat biaya dan sumber daya yang diperlukan untuk memproduksi barang baru.

Kemudian, Recycle atau daur ulang merupakan proses mengolah limbah menjadi produk baru yang memiliki nilai guna. Daur ulang membutuhkan proses yang lebih kompleks karena melibatkan pemisahan, pengolahan, hingga produksi ulang. Contohnya adalah mendaur ulang sampah plastik menjadi bijih plastik untuk dijadikan bahan baku produk baru, atau mengubah limbah organik seperti sisa makanan dan daun kering menjadi kompos yang bermanfaat bagi pertanian. Daur ulang tidak hanya mengurangi beban tempat pembuangan akhir (TPA), tetapi juga menghemat energi dan sumber daya alam yang terbatas.

Dengan menerapkan konsep 3R secara konsisten, dapat menciptakan sistem pengelolaan limbah yang efisien dan ramah lingkungan. Pemerintah, pelaku

industri, dan masyarakat memiliki peran penting dalam mendukung penerapan 3R, baik melalui kebijakan, inovasi teknologi, maupun perubahan perilaku. Program edukasi, regulasi pengurangan plastik sekali pakai, dan pembangunan fasilitas daur ulang adalah langkah konkret yang perlu terus diperluas. Melalui pendekatan 3R, kita tidak hanya mengatasi persoalan sampah, tetapi juga berkontribusi dalam menciptakan masa depan yang lebih bersih, sehat, dan berkelanjutan.

2.5 Sejarah *Value Engineering* (VE)

Lawrence D. Miles adalah orang yang pertama kali mengembangkan Value Engineering (VE) atau rekayasa nilai pada tahun 1940-an di perusahaan General Electric. Tujuan VE awalnya adalah untuk mengatasi masalah kurangnya material penting yang tersedia untuk produk-produk yang diproduksi selama Perang Dunia II. Pada awalnya, metode ini dikenal sebagai analisis nilai (value analysis/VA) yang didasarkan pada konsep fungsi. Metode tersebut mengkaji setiap komponen dan bagian produk yang ada dengan tujuan untuk melakukan perubahan dan perbaikan. Namun, seiring perkembangannya, metode analisis ini mengalami perubahan konteks. Dari fokus pada pengkajian terhadap bagian-bagian produk yang ada, metode tersebut berkembang menjadi peningkatan rancangan konsep secara keseluruhan. Hal ini menyebabkan kemunculan istilah *Value Engineering* (VE) sebagai bentuk penyesuaian terhadap perubahan konteks tersebut.

Pada awalnya, metode ini dikenal sebagai analisis nilai (value analysis/VA) yang didasarkan pada konsep fungsi. Metode tersebut mengkaji setiap komponen dan bagian produk yang ada dengan tujuan untuk melakukan perubahan dan perbaikan. Namun, seiring perkembangannya, metode analisis ini mengalami

perubahan konteks. Dari fokus pada pengkajian terhadap bagian-bagian produk yang ada, metode tersebut berkembang menjadi peningkatan rancangan konsep secara keseluruhan. Hal ini menyebabkan kemunculan istilah *Value Engineering* (VE) sebagai bentuk penyesuaian terhadap perubahan konteks tersebut (Milatul Ulya, 2020)

Dalam buku standar SAVE International, terdapat penjelasan singkat mengenai perkembangan VE yang mengungkapkan filosofi VE yang memudahkan pemahaman konsep VE. Filosofi VE ini berfokus pada pengelolaan nilai (value) dan upaya peningkatan inovasi secara sistematis untuk memberikan keunggulan daya saing bagi produk yang akan dirakit. Produk-produk ini dibeli karena fungsi yang mereka berikan, baik melalui pekerjaan yang dapat mereka lakukan atau kualitas estetika yang mereka tawarkan.

2.6 Defenisi *Value Engineering*

Value Engineering (VE) adalah metode sistematis untuk meningkatkan nilai suatu produk atau proses melalui analisis fungsi dan biaya. Awalnya dikembangkan dalam sektor manufaktur, VE kini telah digunakan di berbagai sektor termasuk konstruksi dan lingkungan. Menurut Miles (2015), nilai (value) diperoleh dari perbandingan antara fungsi (function) dan biaya (cost), yaitu $Value = Function / Cost$. Dalam konteks TKKS, VE digunakan untuk menilai apakah pemrosesan limbah menjadi pupuk organik memenuhi fungsi dengan biaya yang rasional.

Value Engineering merupakan teknik pengendalian biaya dengan keberhasilan tinggi. *Value Engineering* bermaksud memberikan sesuatu yang optimal bagi sejumlah uang yang dikeluarkan, dengan memakai teknik yang

sistematis untuk menganalisis dan mengendalikan total biaya produk. *Value Engineering* akan membantu membedakan dan memisahkan antara yang diperlukan dan yang tidak diperlukan, dimana dapat dikembangkan alternative yang memenuhi keperluan (dan meninggalkan yang tidak perlu) dengan biaya terendah (Susatyo Nugraha WP, 2018).

Value Engineering dilakukan untuk mencari alternatif - alternatif atau ide-ide yang bertujuan untuk menghasilkan biaya yang lebih efisien (lebih rendah) dari harga yang telah direncanakan sebelumnya tanpa menghilangkan fungsi dan mengurangi mutu.

Dalam arti yang lain, *Value Engineering* dapat dijelaskan sebagai sebuah teknik yang menggunakan pendekatan untuk menganalisis nilai suatu fungsi. Tujuan dari proses ini adalah untuk mencapai pengurangan biaya seefektif mungkin, sambil tetap menjaga kualitas dan kehandalan yang diinginkan.

Terdapat pandangan yang menyatakan bahwa *Value Engineering* hanya digunakan untuk mengkritik proyek yang akan atau sudah didesain. Namun, pandangan tersebut tidak sepenuhnya akurat, karena *Value Engineering* bukanlah sekadar melakukan kritik terhadap suatu proyek.

- a. *A design review* yaitu mengoreksi kesalahan-kesalahan yang dibuat oleh perencana, atau melakukan perhitungan ulang yang sudah dibuat oleh perencana.
- b. *A cost cutting prosess* yaitu proses menurunkan biaya dengan mengurangi biaya satuan serta mengorbankan mutu, keandalan dan penampilan dari yang dihasilkan.

- c. *A requirement done all design* yaitu ketentuan yang ada pada setiap desain, akan tetapi lebih berorientasi pada biaya yang sesungguhnya dan analisa fungsi.
- d. *Quality control* yaitu kontrol kualitas dari suatu produk karena lebih dari sekadar meninjau ulang status keandalan suatu desain.

Menerapkan konsep rekayasa nilai (VE) adalah suatu teknik pemecahan masalah yang dapat digunakan di berbagai sektor, termasuk dalam bidang perancangan.

2.7 Rencana Value Engineering

Skripsi ini menggunakan empat tahap dalam rencana kerja *Value Engineering*, yang meliputi:

1. Tahap Informasi
2. Tahap Kreatif
3. Tahap Analisis
4. Tahap Rekomendasi

2.7.1 Tahap Informasi

Tahap informasi pada proses *Value Engineering* meliputi perumusan masalah, pengumpulan fakta, mengenal objek dengan mengkaji fungsi dan mencatat biaya.

Tujuan dari tahap informasi ini adalah:

1. Memperoleh perkembangan yang lebih mendalam mengenai sistem, struktur atau item – item yang dipelajari

2. Menentukan masalah nilai melalui deskripsi fungsi dan taksiran biaya untuk menjalankan fungsi dasar.

Hasil dari tahap informasi ini adalah estimasi biaya untuk melaksanakan fungsi dasar. Estimasi biaya fungsi dasar ini kemudian dibandingkan dengan perkiraan biaya bagi setiap komponen secara keseluruhan. Jika biaya keseluruhan jauh melebihi biaya fungsi dasar, kemungkinan besar ada potensi untuk meningkatkan nilai.

2.7.2 Tahap Kreatif

Pada tahap ini, ide-ide dihasilkan dan dilakukan eksplorasi terhadap alternatif - alternatif lain yang dapat memenuhi kegunaan atau fungsi yang sama. Kurangnya kemampuan untuk menghasilkan ide baru merupakan salah satu penyebab utama biaya yang tidak perlu. Alternatif-alternatif yang diajukan mungkin diperoleh melalui upaya pengurangan komponen, penyederhanaan, atau modifikasi dengan tetap mempertahankan fungsi utama objek. Dalam tahap kreatif ini, juga digunakan imajinasi dan munculnya ide-ide baru yang mungkin tanpa mempertimbangkan aspek kepraktisan atau tingkat kesulitan dalam implementasinya.

2.7.3 Tahap Analisis

Proses pemilihan alternatif proyek seringkali terkait dengan penilaian terhadap kelayakan suatu alternatif proyek dan menentukan alternatif terbaik di antara pilihan yang ada. Tujuan dari pemilihan alternatif adalah untuk mencapai

hasil yang optimal, sehingga kriteria pemilihan akan dipengaruhi oleh kondisi dari setiap alternatif yang akan dipertimbangkan.

2.7.4 Tahap Rekomendasi

Tahap ini merupakan fase terakhir dari proses *Value Engineering*, yang melibatkan persiapan dan penyajian kesimpulan hasil *Value Engineering* kepada pihak yang berkepentingan. Laporan ini berfungsi untuk menyajikan fakta dan informasi yang mendukung argumentasi yang disampaikan. Seluruh variasi aspek teknis dan biaya desain awal dibandingkan dengan hasil *Value Engineering* yang telah dihasilkan, dan semua perbandingan tersebut dijelaskan secara terperinci dalam laporan akhir.

Dengan demikian, laporan akhir akan memuat hal-hal berikut ini:

1. Identitas objek atau proyek
2. Penjelasan fungsi masing-masing komponen dan keseluruhan komponen, sebelum dan sesudah dilakukan *Value Engineering*.
3. Total penghematan biaya yang akan diperoleh.

2.8 Penerapan *Value Engineering* (VE) dalam Konteks Kuantitatif

Penerapan *Value Engineering* (VE) dalam konteks kuantitatif merupakan pendekatan sistematis yang menekankan pada pengukuran fungsi dan biaya secara numerik untuk menentukan nilai (value) dari suatu proses atau produk. Dalam pendekatan ini, VE digunakan untuk menilai sejauh mana suatu produk dapat memenuhi fungsi yang diinginkan dengan biaya yang seminimal mungkin. Nilai didefinisikan sebagai rasio antara fungsi terhadap biaya, yaitu $\text{Value} = \text{Function} /$

Cost (Miles, 2020). Dalam konteks pengolahan limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) menjadi pupuk organik, penerapan VE kuantitatif membantu mengevaluasi efisiensi penggunaan bahan baku dan biaya produksi terhadap kualitas pupuk yang dihasilkan.

Pada tahap informasi, peneliti mengumpulkan data-data numerik terkait volume limbah TKKS, jumlah bahan pendukung seperti EM4, kotoran kambing, abu boiler, serta biaya masing-masing bahan dan operasional lainnya. Informasi ini dianalisis untuk mengetahui berapa besar biaya yang dikeluarkan pada setiap proses produksi, serta output fungsi berupa kualitas pupuk organik yang dinilai dari kandungan unsur hara seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) (Solihin et al., 2024). Dengan membandingkan hasil fungsional dan total biaya produksi, diperoleh nilai yang menunjukkan efisiensi proses pengolahan TKKS.

Tahap kreatif dalam VE kuantitatif mencakup penyusunan berbagai alternatif kombinasi bahan dan metode pengolahan. Misalnya, peneliti melakukan uji coba berbagai komposisi aktivator dan bahan pendukung (contoh: rasio TKKS : kotoran kambing : serat fiber : abu bakaran fiber : EM-4 = 60 : 30 : 8 : 2 : 1) untuk menemukan kombinasi yang menghasilkan pupuk berkualitas dengan biaya terendah. Alternatif-alternatif ini kemudian diuji melalui eksperimen langsung, dan hasilnya dicatat dalam bentuk angka agar dapat dibandingkan secara objektif (Supriatna et al., 2022).

Tahap analisis dilakukan dengan membandingkan masing-masing alternatif menggunakan metode *Function Analysis System Technique* (FAST) dan evaluasi rasio fungsi-biaya. Di samping itu, analisis risiko juga dilakukan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengetahui potensi

kegagalan pada masing-masing alternatif dan dampaknya terhadap hasil akhir (Jay Mandelbaum, 2006). Dari analisis tersebut dipilih alternatif yang paling layak dari sisi teknis dan ekonomis.

Pada tahap rekomendasi, hasil evaluasi disusun dalam bentuk laporan kuantitatif lengkap dengan grafik perbandingan nilai dari tiap alternatif. Laporan ini memuat data perhitungan nilai tertinggi yang menjadi dasar keputusan untuk implementasi di lapangan. Penerapan VE secara kuantitatif memungkinkan perusahaan untuk membuat keputusan berbasis data, meningkatkan efisiensi biaya, dan menghasilkan pupuk organik berkualitas tinggi dari limbah yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal (Wahyuni & Fadilah, 2023). Dengan demikian, pendekatan ini tidak hanya meningkatkan nilai ekonomi limbah, tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan dan pertanian.

2.9 Uji Kualitas Pupuk Organik

Uji kualitas pupuk organik bertujuan untuk mengetahui kadar unsur hara esensial yang terdapat di dalamnya, yaitu Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K). Ketiga unsur ini menjadi tolok ukur utama mutu pupuk organik karena memiliki peran penting dalam menunjang pertumbuhan serta perkembangan tanaman. Nitrogen berperan dalam mendorong pertumbuhan vegetatif, Fosfor membantu proses pembentukan akar dan bunga, sementara Kalium berfungsi meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan penyakit sekaligus memperbaiki mutu hasil panen. Oleh karena itu, pengujian NPK merupakan tahapan penting untuk memastikan bahwa pupuk organik yang diproduksi benar-benar sesuai standar dan dapat mendukung produktivitas pertanian.

Proses analisis NPK pada pupuk organik dilaksanakan di laboratorium menggunakan metode kimia yang telah distandarisasi. Berdasarkan ketentuan dua ketentuan yaitu SNI 2803:2024, dengan total jumlah kadar N, P_2O_5 , dan K_2O sebesar minimum 30% kemudian untuk SNI 19-7030-2004, persyaratan minimum pupuk organik padat adalah Nitrogen (N) $\geq 0,40\%$, Fosfor (P_2O_5) $\geq 0,10\%$, serta Kalium (K_2O) $\geq 0,20\%$. Hasil pengujian laboratorium kemudian dibandingkan dengan standar tersebut untuk menentukan apakah pupuk yang dihasilkan telah memenuhi kriteria mutu. Apabila kandungan NPK sesuai dengan batas standar, maka pupuk dapat dinyatakan layak sebagai pengganti pupuk anorganik. Dengan adanya pengujian ini, pupuk organik yang dihasilkan tidak hanya ramah terhadap lingkungan, tetapi juga memiliki kualitas yang terukur serta dapat dipertanggungjawabkan.

2.10 Prinsip Dasar Pengomposan Limbah Organik

Pengomposan merupakan proses dekomposisi bahan organik yang berlangsung secara biologis dengan bantuan mikroorganisme, baik dalam kondisi aerob maupun anaerob terkontrol. Proses ini bertujuan mengubah bahan organik segar menjadi kompos yang lebih stabil, aman, dan bermanfaat sebagai pupuk organik. Dalam pengelolaan limbah organik, pengomposan berperan penting dalam mempercepat pelapukan bahan, menurunkan rasio karbon terhadap nitrogen, serta meningkatkan ketersediaan unsur hara.

Secara umum, proses pengomposan berlangsung melalui beberapa tahapan, yaitu fase mesofilik, termofilik, dan pematangan. Pada fase mesofilik, mikroorganisme mulai menguraikan bahan organik dengan suhu berkisar antara

25–40 °C. Selanjutnya, proses berlanjut ke fase termofilik yang ditandai dengan peningkatan suhu hingga di atas 45 °C akibat aktivitas mikroorganisme yang intensif. Pada fase ini, dekomposisi berlangsung lebih cepat dan mampu menekan keberadaan patogen serta biji gulma. Setelah itu, pengomposan memasuki fase pematangan, di mana suhu secara bertahap menurun dan bahan organik berubah menjadi kompos yang lebih stabil.

Mikroorganisme memegang peranan utama dalam proses pengomposan karena berfungsi sebagai agen pengurai bahan organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Bakteri, jamur, dan aktinomisetes bekerja secara sinergis untuk menguraikan selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang terdapat dalam bahan organik. Aktivitas mikroorganisme ini sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan selama proses pengomposan berlangsung.

Beberapa faktor penting yang memengaruhi keberhasilan pengomposan antara lain suhu, kelembaban, aerasi, dan rasio C/N. Suhu yang optimal diperlukan untuk menjaga aktivitas mikroorganisme, sedangkan kelembaban berfungsi sebagai media pendukung kehidupan mikroba. Aerasi yang baik diperlukan untuk menyediakan oksigen dan mencegah terjadinya kondisi anaerob yang dapat menghambat proses dekomposisi. Selain itu, rasio C/N yang seimbang sangat penting untuk memastikan mikroorganisme memperoleh sumber energi dan nitrogen yang cukup selama proses pengomposan.

Untuk mempercepat dan mengoptimalkan proses pengomposan, sering digunakan bioaktivator seperti Effective Microorganisms-4 (EM-4). EM-4 merupakan campuran mikroorganisme menguntungkan yang berfungsi meningkatkan aktivitas biologis dalam proses dekomposisi. Penambahan EM-4

dapat mempercepat pelapukan bahan organik, menurunkan rasio C/N lebih cepat, serta menghasilkan kompos yang lebih homogen dan stabil. Dengan demikian, penggunaan bioaktivator menjadi salah satu upaya penting dalam meningkatkan efisiensi pengomposan limbah organik.

2.11 Studi Terdahulu tentang Pemanfaatan TKKS dan *Value Engineering* (VE)

Penelitian terdahulu digunakan sebagai landasan untuk memberikan acuan ilmiah yang relevan dalam mendukung penyusunan kajian. Melalui penelaahan terhadap hasil-hasil penelitian sebelumnya, peneliti memperoleh gambaran yang lebih luas mengenai topik yang diteliti serta pendekatan-pendekatan yang telah diterapkan dalam studi yang sama.

Selain sebagai sumber referensi, penelitian terdahulu juga berfungsi untuk menghindari kesamaan atau pengulangan terhadap penelitian yang telah dilakukan. Dengan demikian, peneliti dapat memastikan bahwa penelitian yang dilaksanakan memiliki keunikan, orisinalitas, serta memberikan kontribusi baru dalam pengembangan ilmu pengetahuan. Oleh karena itu, hasil penelitian sebelumnya perlu dicantumkan sebagai bahan pertimbangan dalam penyusunan penelitian ini.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Nama dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Jurnal Akademika Kimia, 2016	<i>Pembuatan Pupuk Organik dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)</i>	Eksperimen laboratorium; TKKS dikomposkan menggunakan bioaktivator dan diuji	N total 2,033%, P ₂ O ₅ 0,107%, K ₂ O ±0,30%, kadar air 47,53%. Memenuhi SNI 19-7030-2004 untuk pupuk organik padat

Prosiding Balai Riset & Standardisasi Industri Samarinda, 2017	<i>Pemanfaatan Endapan Limbah Cair PKS dan Abu TKKS sebagai Pupuk Organik Tablet NPK</i>	kandungan unsur hara Eksperimen; campuran endapan limbah cair PKS, abu TKKS, dan MOL dalam perbandingan 1:1:1, fermentasi 14 hari, lalu dicetak menjadi tablet Eksperimen pot; tanah Podsolik Merah Kuning diberi berbagai kombinasi kompos TKKS dan NPK, kemudian diuji kadar P tersedia dan serapan P bibit kelapa sawit	N total 1,05%, P ₂ O ₅ 1,15%, K ₂ O 8,66%, pH 10,12, kadar air 3%. K ₂ O memenuhi SNI pupuk NPK ($\geq 6\%$), N & P ₂ O ₅ tidak memenuhi standar NPK anorganik namun sesuai pupuk organik majemuk
Jurnal Tanah dan Air, 2018	<i>Pengaruh Kompos TKKS yang Diberi Pupuk NPK terhadap Ketersediaan Fosfor dan Serapan oleh Bibit Kelapa Sawit</i>		Kombinasi terbaik: $\frac{3}{4}$ dosis NPK + $\frac{1}{2}$ dosis TKKS → meningkatkan ketersediaan P tanah dan serapan P tanaman. Kandungan kompos TKKS $\pm N$ 0,50%, P ₂ O ₅ 0,15%, K ₂ O 0,25% → memenuhi SNI pupuk organik padat
Sevia Endang Manalu, 2025	<i>Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Bahan Pupuk Organik dengan Metode Value Engineering di PTPN IV Regional II Unit PKS Dolok Ilir</i>	<i>Value Engineering dan uji kualitas pupuk</i>	Pada pupuk organik yang dihasilkan telah sesuai dengan persyaratan minimal SNI 19-7030- 2004, dimana N=0,44% ; Fosfor (P ₂ O ₅)=0,88% ; Kalium (K ₂ O)=0,33% , namun jumlah N, Fosfor (P ₂ O ₅) dan Kalium (K ₂ O), hanya mencapai 1,65%, masih di bawah standar minimal yang dipersyaratkan SNI 2803:2024 yaitu $\geq 3,00\%$.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT Perkebunan Nusantara IV Unit PKS Dolok Ilir berada di kecamatan Dolok Batu Nanggar, kabupaten Simalungun, provinsi Sumatera Utara. Waktu penelitian ini dilakukan bulan Agustus 2025.

3.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif, yang bertujuan untuk melihat keberhasilan pupuk organik yang dihasilkan dari tandan kosong kelapa sawit, khususnya apakah kandungan NPK-nya telah sesuai dengan standar yang berlaku serta menilai potensi penerapannya pada berbagai jenis tanaman.

3.3 Sumber Data Penelitian

Data yang diperlukan adalah data primer dan data sekunder. Data Primer adalah data yang diperoleh secara langsung oleh peneliti di lapangan saat melakukan penelitian. (Nancy & Hendra, 2019) Data primer yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Data Wawancara
2. Data Jumlah Bahan Baku Produksi TKKS
3. Data Proses

4. Data Limbah Tandan Kosong

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari sumber-sumber tidak langsung seperti dokumen, laporan, maupun literatur yang relevan dengan penelitian. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini meliputi:

1. Standar mutu pupuk organik menurut SNI 19-7030-2004 dan SNI 2803:2024
2. Data literatur dan hasil penelitian terdahulu mengenai kandungan NPK pada TKKS
3. Laporan produksi dan pengolahan tandan kosong kelapa sawit dari perusahaan terkait

3.4 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah limbah tandan kosong kelapa sawit yang dihasilkan dari proses produksi di PT Perkebunan Nusantara IV Unit PKS Dolok Ilir, Kecamatan Dolok Batu Nanggar, Kabupaten Simalungun, Provinsi Sumatera Utara. Pemilihan objek ini didasarkan pada tingginya jumlah limbah tandan kosong yang dihasilkan setiap periode produksi, serta potensi pemanfaatannya sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik. Selain itu, limbah tandan kosong kelapa sawit memiliki kandungan unsur hara yang dapat mendukung kesuburan tanah, sehingga relevan untuk diteliti dalam upaya meningkatkan nilai tambah limbah pertanian sekaligus mendukung praktik pertanian berkelanjutan.

3.5 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variabel bebas (*independent variabel*) dan variabel terikat (*dependent variabel*).

3.5.1 Variabel Bebas (*Independent variabel*)

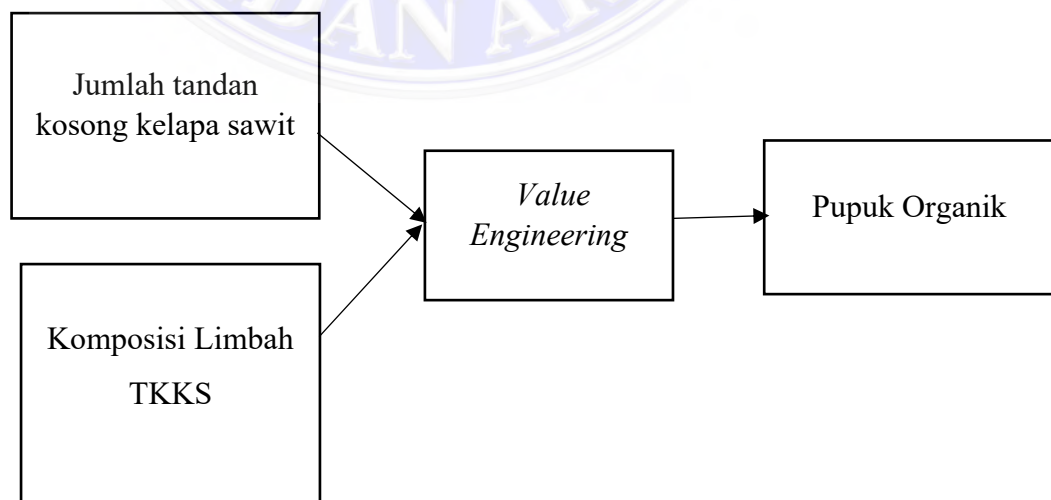
Variabel bebas adalah suatu variabel yang apabila dalam suatu waktu berada bersamaan dengan variabel lain, maka (diduga) akan dapat berubah dalam keragamannya. Pada penelitian ini yang merupakan variabel bebas adalah jumlah limbah tandan kosong sebanyak Setiap 1 ton kelapa sawit dapat menghasilkan janjangan kosong sekitar 21% atau sebanyak 210 kg. Dan Komposisi ativator sebagai pengurai.

3.5.2 Variabel Terikat (*Dependent variabel*)

Merupakan variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas (*Independent Variable*). Pada penelitian ini variabel terikat adalah hasil pengolahan limbah tandan kosong. Yang dijadikan sebagai pupuk organik.

3.6 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3. 1 Kerangka Berpikir

Definisi Operasional :

1. Jumlah limbah

Jumlah limbah TKKS yang dihasilkan setiap produksi sebesar ton/hari dan yang di jadikan penelitian sebanyak 0,0000001052% dari limbah bulanan yakni 3 kg TKKS.

2. Kompisisi yang diperlukan ada beberapa yaitu EM-4 larutan aktif 50 ml, Kotoran Kambing 1,5 kg, serat fiber 0,4 kg dan abu pembakaran 0,1 kg.

3. Hasil akhir penelitian ini yaitu pengolahan limbah dari limbah TKKS yaitu Pupuk Organik dengan menggunakan metode *value engineering* dengan 4 tahap sebanyak 5,05 kg.

3.7 Metode Analisis Value Engineering

Untuk memecahkan masalah dalam skripsi ini, digunakan dengan menggunakan metode *Value Engineering* yang dimulai dengan:

1. Tahap Informasi Data

Pada tahap informasi dalam proses *Value Engineering*, dilakukan perumusan masalah, pengumpulan fakta, serta pengenalan objek dengan mengkaji fungsi dan mencatat biaya yang terkait. Informasi ini diperlukan sebagai dasar untuk memahami permasalahan yang ada.

2. Tahap Kreatif

Pada tahap kreatif, ide-ide akan dihasilkan dan dipertimbangkan alternatif-alternatif lain yang dapat memenuhi kegunaan atau fungsi yang sama. Beberapa alternatif yang mungkin dicoba adalah mengubah TKKS menjadi Pupuk Organik. Alternatif ini akan dianalisis dipilih sebagai rekomendasi yang sesuai dengan tujuan penelitian ini.

3. Tahap Alternatif

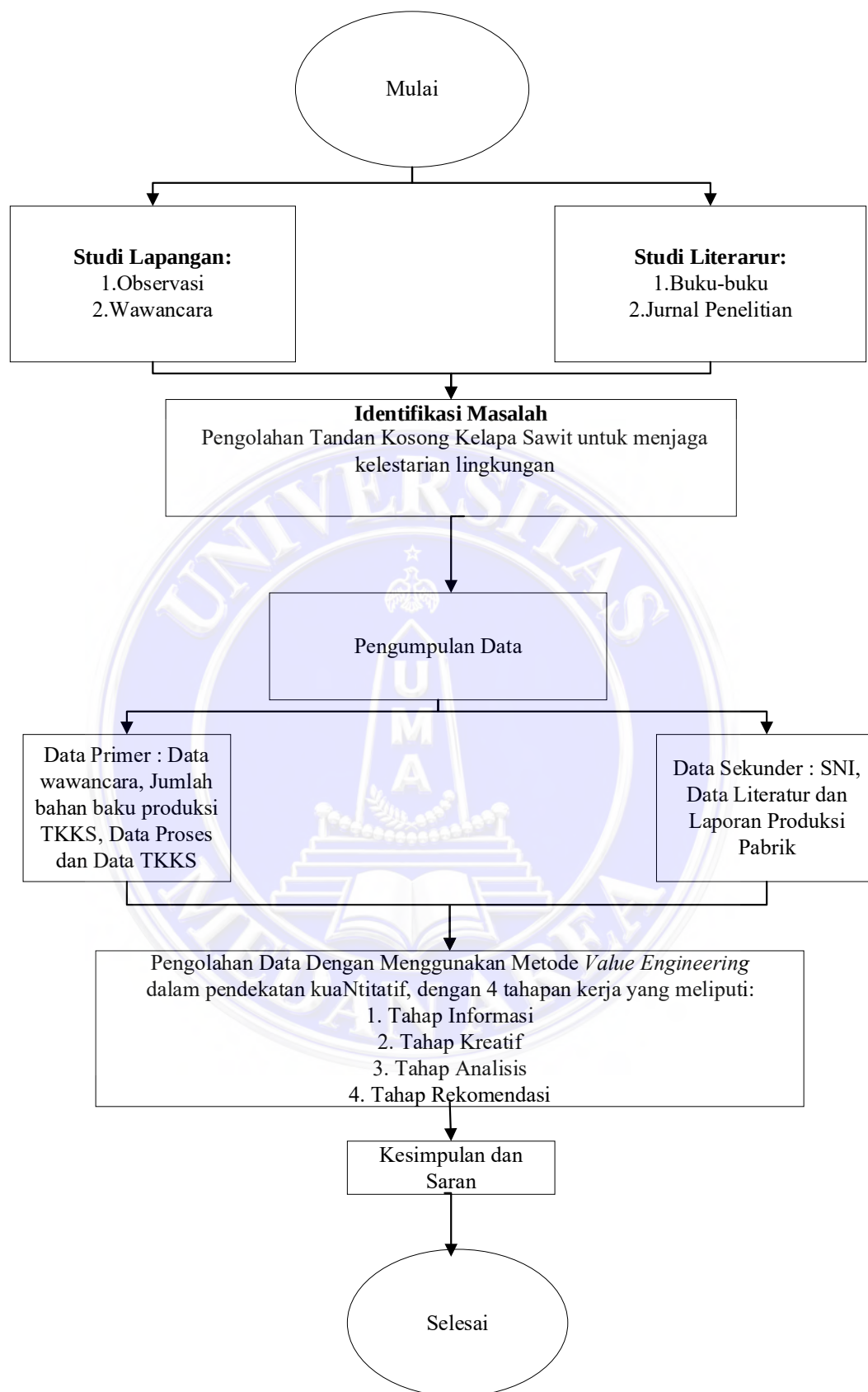
Pada tahap analisis, akan dilakukan evaluasi terhadap setiap alternatif yang telah dihasilkan. Analisis dilakukan untuk membandingkan keunggulan, kelemahan, serta konsekuensi dari masing-masing alternatif. Tujuan dari tahap ini adalah untuk menentukan alternatif yang paling optimal dan sesuai dengan tujuan penelitian.

4. Tahap Rekomendasi

Tahap ini merupakan tahap akhir dari proses *Value Engineering*, di mana hasil dari analisis akan disajikan kepada pihak yang berkepentingan. Dalam tahap ini, disiapkan laporan yang berisi kesimpulan dari proses *Value Engineering*, termasuk rekomendasi mengenai alternatif yang paling direkomendasikan. Laporan ini akan digunakan sebagai panduan untuk pengambilan keputusan terkait implementasi hasil penelitian.

3.8 *Flowchart Penelitian*

Adapun flowchart penelitian yang menjadi alur penelitian ini dari awal sampai ke akhir pada gambar dibawah ini:



Gambar 3. 2 Diagram Alur Penelitian

3.9 Alat dan Bahan Penelitian VE Tahap Kreatif

Berikut ini merupakan alat dan bahan yang digunakan untuk pembuatan pupuk organik dari TKKS:

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Penelitian

No	Alat dan Bahan	Kegunaan
1	Air	Sebagai campuran pelarut EM-4
2	Gayung	Untuk menuangkan campuran air dan EM-4 kedalam ember
3	Ember	Tempat fermentasi TKKS dan tempat pencampuran EM-4
4	Plastik dan Karet Ban (Tali plastik)	Sebagai penutup agar tempat fermentasi tidak masuk udara dan karet ban sebagai pengikatnya
5	Kayu	Pengaduk campuran semua bahan pembuatan pupuk organik dari TKKS
6	TKKS	Bahan utama pembuatan pupuk organik karena mengandung serat yang tinggi
7	EM-4	Cairan mikroba untuk mempercepat fermentasi
8	Kotoran Kambing	Mengandung nitrogen, fosfor, dan kalium yang dapat membantu mempercepat dekomposisi TKKS.
9	Serat Fiber	Membantu kandungan karbon (C) dalam pupuk, Menjaga stabilitas mikroba pengurai.
10	Abu pembakaran fiber	Meningkatkan Ph tanah, mempercepat proses Pengomposan.

Sumber: Pengolahan Alat dan Bahan 2025

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai bahan pupuk organik dengan metode Value Engineering di PTPN IV Regional II Unit PKS Dolok Ilir, dapat ditarik beberapa kesimpulan.

1. Limbah TKKS yang awalnya hanya ditumpuk dan tidak memiliki nilai ekonomis berhasil dimanfaatkan menjadi pupuk organik yang memenuhi standar mutu nasional. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa kandungan nitrogen, fosfor, dan kalium pada pupuk organik yang dihasilkan telah sesuai dengan persyaratan minimal SNI 19-7030-2004, dimana $N=0,44\%$; Fosfor (P_2O_5)= $0,88\%$; Kalium (K_2O)= $0,33\%$, namun jumlah N, Fosfor (P_2O_5) dan Kalium (K_2O), hanya mencapai $1,65\%$, masih di bawah standar minimal yang dipersyaratkan SNI 2803:2024 yaitu $\geq 3,00\%$.
2. Penerapan metode *Value Engineering* mampu memberikan gambaran alternatif formulasi pupuk organik yang paling efisien dari sisi fungsi dan biaya. Dari beberapa alternatif yang diuji, komposisi dengan tambahan kotoran kambing, abu boiler, dan aktivator EM-4 memberikan hasil terbaik karena menghasilkan kualitas pupuk yang optimal dengan nilai fungsi tertinggi serta biaya yang masih efisien. Penggunaan pupuk organik berbahan TKKS terbukti memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan tanaman uji, seperti cabai dan bayam. Tanaman

menunjukkan pertumbuhan yang lebih sehat, produktif, dan memiliki potensi mendukung pertanian berkelanjutan.

5.2 Saran

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan yang dapat diperbaiki oleh peneliti berikutnya, adapun beberapa saran yang disampaikan sebagai berikut;

1. Pengembangan penelitian selanjutnya disarankan untuk mengoptimalkan komposisi bahan dan proses pengomposan, seperti penambahan bahan kaya nitrogen atau pengaturan waktu dan kondisi pengomposan, agar kualitas pupuk organik yang dihasilkan dapat memenuhi persyaratan SNI 2803:2024.
2. Penelitian lanjutan dapat difokuskan pada pengujian efektivitas pupuk organik terhadap pertumbuhan tanaman atau dikombinasikan dengan metode analisis lain, sehingga hasil pemanfaatan TKKS sebagai pupuk organik dapat dikaji lebih komprehensif dari sisi agronomis maupun lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Nasution, R., & Yulia, D. (2023). Implementasi Kebijakan Pupuk Organik di Indonesia: Tantangan dan Peluang. *Jurnal Agribisnis Lestari*, 18(2), 45–56.
- Maruli, S., Siregar, D., & Putri, A. (2023). Dekomposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Pupuk Organik dengan Bioaktivator EM-4. *Jurnal Pertanian Lestari*, 15(2), 102–110.
- Murnita, L., & Meriati, N. (2024). Pemanfaatan TKKS dalam Media Tanam untuk Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, 14(1), 33–41.
- Solihin, A., Ramadhan, F., & Lestari, D. (2024). Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Media Tanam Ramah Lingkungan. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 12(1), 45–53.
- Wahyuni, D., & Fadilah, R. (2023). Pendekatan Kualitatif Value Engineering dalam Pengambilan Keputusan. *Jurnal Teknik Industri*, 21(1), 55–63.
- Loizia, P., Neofytou, N., Zorpas, A., & Inglezakis, V. (2019). Waste Management Practices and Environmental Sustainability: A Review. *Sustainability*, 11(19), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su11195251>
- Milatul, U. (2020). Penerapan Value Engineering dalam Meningkatkan Efisiensi Proyek Infrastruktur. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 9(2), 77–86.
- Jay, M. (2021). Application of Value Engineering in Agro-Industry Waste Utilization. *International Journal of Industrial Engineering*, 28(3), 112–121.
- Solikin, H., & Rahayu, T. (2024). Optimalisasi Limbah Pertanian sebagai Pupuk Organik dalam Mendukung Pertanian Berkelanjutan. *Jurnal Agroindustri Hijau*, 7(2), 89–98.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 19-7030-2004. Spesifikasi Pupuk Organik Padat.

Badan Standardisasi Nasional.

Crystallography, X. D. (2020). Sistem Adalah Sekelompok Komponen Dan Elemen Yang Digabungkan Menjadi Satu Untuk Mencapai Tujuan Tertentu. 1–23.

Hanim, W., Fadhliani, F., & Wibowo, S. G. (2020). Pengolahan Limbah Cair di PMKS PT Sisirau Desa Sidodadi Kecamatan Kejuruan Muda Kabupaten Aceh Tamiang. *Jurnal Enviroscience*, 4(2), 67.

Nurseto, S. (2012). Pemasaran dan Dampaknya Terhadap Kinerja Pemasaran (Studi pada Usaha Kecil Kerajinan Kulit Tanggulangin). *Jurnal Administrasi Bisnis*, 1(1), 72–83. <https://media.neliti.com/media/publications/71734-ID-analisis-pengaruh-lingkungan-industri-te.pdf>

Sitinjak, E. (2025). *DI PT PERKEBUNAN NUSANTARA IV REGIONAL II PABRIK DOLOK SINUMBAH DISUSUN OLEH: FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MEDAN AREA MEDAN*.

Supriatna, J., Setiawati, M. R., Sudirja, R., Suherman, C., & Bonneau, X. (2022). Composting for a More Sustainable Palm Oil Waste Management: A Systematic Literature Review. *Scientific World Journal*, 2022(July 2023). <https://doi.org/10.1155/2022/5073059>

Taswin, M., Yusuf, R., Haslinah, A., & Nainggolan, H. (2023). Analisis Bibliometrik terhadap Efektivitas Teknologi Daur Ulang dalam Pengelolaan Limbah dan Pengurangan Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Multidisiplin West Science*, 2(11), 983–994. <https://doi.org/10.58812/jmws.v2i11.782>



1. Bahan yang digunakan



EM-4 Larutan Cair



Kotoran Kambing



TKKS



Serat Fiber

2. Pupuk Organik



Pupuk Yang sudah di emplementasikan ke tanaman



Pupuk yang baru matang

3. Hasil Uji Laboratorium


Kementerian Perindustrian
 REPUBLIK INDONESIA

BADAN STANDARDISASI DAN KEBIJAKAN JASA INDUSTRI
BALAI STANDARDISASI DAN PELAYANAN JASA INDUSTRI MEDAN
 Jl. Sisingamangaraja No.24, Telp. (061) 7867495, 7363471 Fax. (061) 7362830
 e-mail: bind_medan@kemenperin.go.id

Dok.No. : F-LP-016/3-I-02/22

SERTIFIKAT HASIL UJI

Certificate of Analysis

Nomor Sertifikat <i>Certificate No.</i>	: 1990/BSKJI/BSPJI-Medan/MS-P/IX/2025	Kepada Yth. <i>To</i>
Nomor Pengujian <i>Testing No.</i>	: MMHP-0555 PI-0305	SEVIA ENDANG MANALU/UMA/TEKNIK INDUSTRI/NIM.228150088 Jl. Kolam No. 1, Medan Estate, Sumatera Utara
No. Surat Permohonan Pengujian <i>Testing Request No.</i>	: 0739/BSKJI/BSPJI-Medan/LP/III/2025	
Halaman <i>Page</i>	: 1 dari 2 of	

IDENTITAS CONTOH
Identity of Sample

Nama / Jenis Contoh <i>Sample Name / Type</i>	: Pupuk Organik
Etiket / Merk <i>Trademark / Brand</i>	: -
Kode Sampel <i>Sample Code</i>	: -
Lembaga Pengambil Contoh <i>Sampling Institution</i>	: Diantar Langsung
Prosedur Pengambilan Contoh <i>Sampling Procedure</i>	: -
Keterangan Contoh <i>Description of Sample</i>	: Tidak Disegel
Tanggal Sampel Diterima <i>Date of Sample Received</i>	: 03 September 2025
Tanggal Pengujian <i>Date of Testing</i>	: 03 September 2025
Hasil Pengujian <i>Result of Analysis</i>	: Terlampir attached

Sertifikat ini hanya berlaku terhadap contoh tersebut diatas
 This Certificate relate only to sample that been analyzed
 Sertifikat hasil uji hanya bisa diprodukal ulang secara keseluruhan dan dengan persetujuan LP – BSPJI MEDAN
 Certificate of analysis shall only be reproduced entirely and with approval from LP – BSPJI Medan

4. Lanjutan Hasil Uji Laboratorium

LABORATORIUM PENGUJI BALAI STANDARDISASI DAN PELAYANAN JASA INDUSTRI MEDAN (LP-BSPJI MEDAN)
Testing Laboratory of Center for Standardization and Industrial Service Medan

Nomor Sertifikat : 1990/BSKJI/BSPJI-Medan/MS-P/IX/2025
 Certificate Number

Halaman : 2 dari 2
 Page : 2 of 2

Validasi
 Validity

HASIL UJI
THE TEST RESULT

No	Parameter	Unit	Hasil Uji	Metode Uji
1	Total Nitrogen (N)	%	0,44	Kjedahl
2	Fosfor Total sebagai P ₂ O ₅	%	0,88	Spektrofotometri
3	Kalium (K)	%	0,33	AAS

Medan, 22 September 2025
 Manager Teknis Laboratorium Pengujian
 Technical Manager of Testing Laboratory

Rossi Evana, ST
 NIP. 198207112005022001

Sertifikat ini hanya berlaku terhadap contoh tersebut diatas
This Certificate relate only to sample that been analyzed
 Sertifikat hasil uji hanya bisa diproduksi ulang secara keseluruhan dan dengan persetujuan LP – BSPJI MEDAN
Certificate of analysis shall only be reproduced entirely and with approval from LP – BSPJI Medan

5. Flow Process Chart

Flow Process Chart									
Ringkasan							Pekerjaan: Produksi Pupuk Organik		
Kegiatan	Sekarang		Usulan		Beda		No. Peta : 01		
	Jml	Wkt	Jml	Wkt	Jml	Wkt	Orang ☐ Bahan ☐		
○ Operasi	4	2161					Sekarang ☐ Usulan ☐		
□ Inspeksi	2	216					Dipetakan Oleh : Sevia E Manalu		
⇒ Transportation		30					Tanggal Dipetakan : 01 Oktober 2025		
⊖ Delay									
▽ Storage									
	2	55							
Total	8	23846							
Uraian Kegiatan	Lambang					Jarak (m)	Jml (kg)	Waktu(mnt)	Catatan
	○	□	⇒	⊖	▽				
TKKS dicacah dan disiapkan	●					-	3	15	
TKKS dicampur dengan EM-4 larutan cair dalam ember	●					-	3,28	10	
Ditambahkan kotoran kambing, serat fiber, abu pembakaran fiber sesuai komposisi	●					-	5,5	2.016	
Campuran ditutup plastik dan diikat karet ban untuk di fermentasi					●	2	3,37	55	
Campuran diaduk 3-4 hari sekali			●			-	5,5	30	
Setelah fermentasi, pupuk diangin-anginkan (pematangan)			●			3	5,5	120	
Pupuk organik diuji kandungan N, P, K di laboratorium			●			-	sam pel	21.60 0	
Pupuk disimpan					●	-	5,5	-	