

LAPORAN HASIL PENELITIAN

**“SINTESIS DAN KARAKTERISASI PUPUK MULTINUTRIEN
BERBAHAN DASAR LIMBAH TULANG SAPI DENGAN METODE
PELARUTAN DAN PRESIPITASI”**



Disusun oleh:

TAZKIA JAUFILLAIL

22031010183

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
JAWA TIMUR
SURABAYA
2026**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI PUPUK MULTINUTRIEN
BERBAHAN DASAR LIMBAH TULANG SAPI DENGAN METODE
PELARUTAN DAN PRESIPITASI**

LAPORAN HASIL PENELITIAN

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Kimia**



Disusun Oleh :

TAZKIA JAUFILLAIL

22031010183

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
SURABAYA**

2026

LAPORAN HASIL PENELITIAN
Sintesis Dan Karakterisasi Pupuk Multinutrien Berbahan Dasar
Limbah Tulang Sapi Dengan Metode Pelarutan Dan Presipitasi

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN HASIL PENELITIAN

"SINTESIS DAN KARAKTERISASI PUPUK-MULTINUTRIEN
BERBAHAN DASAR LIMBAH TULANG SAPI DENGAN METODE
PELARUTAN DAN PRESIPITASI"

DISUSUN OLEH :

TAZKIA JAUFILLAIL

(22031010183)

Telah dipertahankan di hadapan dan diterima oleh Dosen Penguji pada

Tanggal : 9 September 2025

Tim Penguji:

Pembimbing:

1. Dr. Suprihadin, M.T.

NIP. 19630508 199203 2 001

1. (Prof. Dr. Ir. Sri Mulyanti, M.T.)

NIP. 19611112 198903 2 001

2. (Prof. Dr. T. Jr. Dyah Suci Perwitasari, M.T.)

NIP. 19661130 199203 2 001

2. (Atika Nandini, S.T., M.S.)

NIP. 202 19931006 211

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik dan Sains

Universitas Pribangungan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.

NIP. 19650403 199103 2 001



LAPORAN HASIL PENELITIAN
Sintesis Dan Karakterisasi Pupuk Multinutrien Berbahan Dasar
Limbah Tulang Sapi Dengan Metode Pelarutan Dan Presipitasi

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN HASIL PENELITIAN

"SINTESIS DAN KARAKTERISASI PUPUK MULTINUTRIEN
BERBAHAN DASAR LIMBAH TULANG SAPI DENGAN METODE
PELARUTAN DAN PRESIPITASI"

DISUSUN OLEH :

TAZKIA JAUFILLAIL

(22031010183)

Penelitian ini telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

(Prof. Dr. Ir. Srie Muljani, M.T.)

NIP. 19611112 198903 2 001

Dosen Pembimbing II

(Atika Nandini, S.T., M.S.)

NIP. 202 19931006 211



LAPORAN HASIL PENELITIAN

Sintesis Dan Karakterisasi Pupuk Multinutrien Berbahan Dasar Limbah Tulang Sapi Dengan Metode Pelarutan Dan Presipitasi

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Tazkia Jaufillail
NPM : 22031010183
Program : Sarjana (S1)/Magister (S2)/Doktor (S3)
Program Studi : Teknik Kimia
Fakultas : Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi/Tesis/Disertasi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 8 Januari 2026



(Tazkia Jaufillail)

22031010183



LAPORAN HASIL PENELITIAN

Sintesis Dan Karakterisasi Pupuk Multinutrien Berbahan Dasar Limbah Tulang Sapi Dengan Metode Pelarutan Dan Presipitasi

KETERANGAN REVISI

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Tazkia Jaufillail

Jurusan : Teknik Kimia

Telah mengerjakan revisi/tidak ada revisi*) Proposal/Skripsi/Kerja Praktek, dengan Judul :

**"SINTESIS DAN KARAKTERISASI PUPUK MULTINUTRIEN
BERBAHAN DASAR LIMBAH TULANG SAPI DENGAN METODE
PELARUTAN DAN PRESIPITASI**

Surabaya, 9 September 2025

Menyetujui,

Dosen Penguji I

(Ir. Suprihatin, M.T.)

NIP. 19630508 199203 2 001

Dosen Penguji II

(Prof. Dr. T. Ir. Dyah Suci Perwitasari, M.T.)

NIP. 19661130 199203 2 001

Dosen Pembimbing I

(Prof. Dr. Ir. Srie Muljan, M. T.)

NIP. 19611112 198903 2 001

Dosen Pembimbing II

(Atika Nandini, S. T., M. S.)

NPT. 202 19931006 211



LAPORAN HASIL PENELITIAN

Sintesis Dan Karakterisasi Pupuk Multinutrien Berbahan Dasar Limbah Tulang Sapi Dengan Metode Pelarutan Dan Presipitasi

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan rasa syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah ini yang berjudul **“Sintesis dan Karakterisasi Pupuk Multinutrien Berbahan Dasar Limbah Tulang Sapi”** dengan baik dan lancar.

Tersusunnya laporan hasil penelitian ini tentunya tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Mulai dari ketersediaan fasilitas, dukungan ide maupun gagasan, hingga kritik dan saran yang bersifat membangun, semua sangat berperan dalam menyempurnakan penulisan ini. Sebagai bentuk apresiasi, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung, selama proses penyusunan karya ini berlangsung. Secara khusus, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., sebagai Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
2. Dr. Ir. Sintha Soraya Santi, M.T. sebagai Koordinator Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
3. Prof. Dr. Ir. Srie Muljani, M.T., sebagai dosen pembimbing penelitian ini
4. Atika Nandini, S.T., M.S., sebagai dosen pembimbing dalam penelitian ini
5. Ir. Suprihatin, M.T., sebagai dosen penguji dalam penelitian ini
6. Prof. Dr. T. Ir. Dyah Suci Perwitasari, M.T., sebagai dosen penguji dalam penelitian ini

Penyusun dapat memahami sepenuhnya bahwasanya laporan hasil penelitian ini belum sepenuhnya sempurna dan masih memerlukan penyempurnaan. Untuk menyempurnakan laporan ini, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan oleh penyusun agar laporan hasil penelitian ini dapat disempurnakan.

Surabaya, 21 Agustus 2025

Penyusun



LAPORAN HASIL PENELITIAN

Sintesis Dan Karakterisasi Pupuk Multinutrien Berbahan Dasar Limbah Tulang Sapi Dengan Metode Pelarutan Dan Presipitasi

INTISARI

Tulang sapi mengandung unsur utama berupa kalsium (Ca) dan fosfor (P), masing-masing dalam bentuk kalsium karbonat (CaCO_3) sebesar 7,07%, kalsium fluorida (CaF_2) sebesar 1,96%, magnesium fosfat ($\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$) sebesar 2,09%, dan kalsium fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) sebesar 58,305%. Penelitian ini memanfaatkan limbah tulang sapi yang telah dikalsinasi untuk sintesis pupuk multinutrien berbasis kalsium ammonium fosfat (CaNH_4PO_4) dan kalsium kalium fosfat (CaKPO_4). Proses dilakukan dengan melarutkan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 1 M ke dalam H_3PO_4 1 M untuk membentuk CaHPO_4 , yang kemudian dipresipitasi menggunakan NH_4OH 1 M dan KOH 3 M. Variasi dilakukan terhadap kecepatan pengadukan presipitasi sebesar 300, 325, 350, 375, dan 400 RPM, serta pH presipitasi pada 7,8,9,10, dan 11.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi terbaik diperoleh pada pH 11 dengan kecepatan pengadukan 350 RPM, yang menghasilkan karakteristik pupuk sesuai SNI 2803:2024 serta bersifat *fast-release*. Hasil analisis XRF pada kondisi ini mengindikasikan kadar CaO sebesar 25,21% dan K_2O sebesar 2,603%, sedangkan P_2O_5 berada pada nilai 31,69%. Karakterisasi XRD menunjukkan dominasi fasa $\text{CaNH}_4\text{PO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (74,71%), yang memiliki kelarutan tinggi sehingga mendukung sifat pelepasan cepat. Selain itu, fasa minor yang terbentuk adalah CaKPO_4 (12,71%) dan Brushite ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (12,58%), dengan kristalinitas tinggi (94%) dan ukuran kristalit mencapai 570,77 nm, yang menandakan pertumbuhan kristal yang stabil. Analisis SEM-EDX memperlihatkan morfologi partikel yang halus dan tidak beragregasi dengan ukuran rata-rata 70,63 nm. Komposisi unsur berdasarkan EDX adalah Ca sebesar 28,90%, P sebesar 19,15%, N sebesar 3,20%, dan K sebesar 1,88%, menunjukkan distribusi unsur hara yang seimbang untuk mendukung pertumbuhan tanaman.

Kata kunci: tulang sapi, kalsium fosfat, pupuk multinutrien, $\text{CaNH}_4\text{PO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, *fast-release*, XRF, XRD, SEM-EDX.



LAPORAN HASIL PENELITIAN

Sintesis Dan Karakterisasi Pupuk Multinutrien Berbahan Dasar Limbah Tulang Sapi Dengan Metode Pelarutan Dan Presipitasi

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	i
INTISARI.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL.....	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Tujuan	3
I.3 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1 Secara Umum.....	4
II.1.1 Tulang Sapi	4
II.1.2 Komponen pada Tulang Sapi	4
II.1.3 Kalsium (Ca)	5
II.1.4 Klasifikasi Pupuk	6
II.1.5 Pupuk Fosfat.....	7
II.1.6 Standar Mutu Kualitas Pupuk	9
II.2 Landasan Teori	9
II.2.1 Sintesis Hidroksiapatit dari Tulang Sapi (CaO).....	9
II.2.2 Proses Sintesis Pupuk Multinutrien Dengan Metode Presipitasi	11
II.2.3 Faktor-Faktor Sintesis Pupuk Multinutrient.....	12
II.3 Hipotesis	13
BAB III METODE PENELITIAN.....	14
III.1 Pelaksanaan Penelitian	14
III.2 Bahan Penelitian.....	14
III.3 Rangkaian Alat Penelitian	14
III.4 Variabel Penelitian	15
III.4.1 Proses Preparasi Tulang Sapi.....	15



LAPORAN HASIL PENELITIAN

Sintesis Dan Karakterisasi Pupuk Multinutrien Berbahan Dasar Limbah Tulang Sapi Dengan Metode Pelarutan Dan Presipitasi

III.4.2 Proses Presipitasi	15
III.5 Diagram Alir.....	17
III.5.1 Proses Preparasi Tulang Sapi.....	17
III.5.2 Proses Sintesis Pupuk Multinutrien Kalsium Ammonium Fosfat (CaNH_4PO_4) dan Kalsium Kalium Fosfat (CaKPO_4).....	19
III.6 Analisis Karakterisasi.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
IV.1 Hasil Analisis <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) Bahan Baku Tulang Sapi Terkalsinasi	22
IV.2 Hasil Produk Berdasarkan Persen Yield yang Didapatkan	23
IV.3 Hasil Analisis dan Karakterisasi Pupuk Multinutrien Berbasis Kalsium Ammonium Fosfat (CaNH_4PO_4) dan Kalsium Kalium Fosfat (CaKPO_4).....	25
IV.3.1 Analisis <i>X-ray Fluorescence Spectrometry</i> (XRF).....	25
IV.3.2 Karakterisasi Produk Pupuk Multinutrien Menggunakan XRD	31
IV.3.3 Karakterisasi Produk Pupuk Multinutrien Menggunakan SEM EDX	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	39
V.1 Kesimpulan.....	39
V.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN I	46
LAMPIRAN II	49
LAMPIRAN III.....	52



LAPORAN HASIL PENELITIAN

Sintesis Dan Karakterisasi Pupuk Multinutrien Berbahan Dasar
Limbah Tulang Sapi Dengan Metode Pelarutan Dan Presipitasi

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Tulang Sapi.....	4
Gambar III.1 Rangkaian Alat Sintesis Pupuk Multinutrien Kalsium Ammonium Fosfat (CaNH_4PO_4) dan Kalium Kalium Fosfat (CaKPO_4)	14
Gambar III.2.1 Diagram Alir Proses Preparasi Bahan Baku	17
Gambar III.2.2 Diagram Alir Proses Preparasi Bahan Baku	18
Gambar III.3.1 Diagram Alir Sintesis Pupuk Multinutrien Kalsium Ammonium Fosfat (CaNH_4PO_4) dan Kalsium Kalium Fosfat (CaKPO_4).....	19
Gambar III.3.2 Diagram Alir Sintesis Pupuk Multinutrien Kalsium Ammonium Fosfat (CaNH_4PO_4) dan Kalsium Kalium Fosfat (CaKPO_4).....	20
Gambar IV. 1 Hubungan Pengaruh pH Terhadap Persen <i>Yield</i> Produk	24
Gambar IV. 2 Hubungan pH Terhadap Kadar CaO (%).....	27
Gambar IV. 3 Hubungan pH Terhadap Kadar P_2O_5 (%)	28
Gambar IV. 4 Hubungan pH Terhadap Kadar K_2O (%)	30
Gambar IV. 5 Hasil Karakterisasi XRD Pupuk Multinutrien pada RPM 350	32
Gambar IV. 6 Hasil Karakterisasi SEM Pupuk Multinutrien pada pH 7 RPM 350	36
Gambar IV.7 Hasil Karakterisasi SEM Pupuk Multinutrien pada pH 9 RPM 350	37
Gambar IV. 8 Hasil Karakterisasi SEM Pupuk Multinutrien pada pH 11 RPM 350	38



LAPORAN HASIL PENELITIAN

Sintesis Dan Karakterisasi Pupuk Multinutrien Berbahan Dasar Limbah Tulang Sapi Dengan Metode Pelarutan Dan Presipitasi

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Hasil pengujian AAS kandungan serbuk tulang sapi	5
Tabel II.2 Standar Nasional Indonesia (SNI) Pupuk NPK Padat	9
Tabel IV. 1 Hasil Analisis XRF Bahan Baku Tulang Sapi Terkalsinasi	22
Tabel IV. 2 Hasil Produk Sintesis	23
Tabel IV. 3 Hasil XRF Kadar CaO, K ₂ O, dan P ₂ O ₅ Pada Pupuk Multinutrien	26
Tabel IV.4 Hasil Analisis EDX Pupuk Multinutrien	36