

---

## Analisis Kandungan Unsur Hara Pupuk Organik dari Limbah Sayuran, dan Kotoran Kambing

Devy Kristina Silaban<sup>1</sup>, Dra. Elfayetti, M.P<sup>2</sup>, Maria Lestari Silitonga<sup>3</sup>, Muhammad Hafizd Kurniawan<sup>4</sup>, Nursakila Harahap<sup>5</sup>, Ruth Anastasya Siregar<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Program Studi Pendidikan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Medan, Medan, Sumatera Utara, Indonesia

*E-mail:* [devysilaban.3231131029@mhs.unimed.ac.id](mailto:devysilaban.3231131029@mhs.unimed.ac.id)<sup>1</sup>, [elfayetti@unimed.ac.id](mailto:elfayetti@unimed.ac.id)<sup>2</sup>, [mariasltg.3233131002@mhs.unimed.ac.id](mailto:mariasltg.3233131002@mhs.unimed.ac.id)<sup>3</sup>, [hafizd.3233131026@mhs.unimed.ac.id](mailto:hafizd.3233131026@mhs.unimed.ac.id)<sup>4</sup>, [nursakilahrp.3232431004@mhs.unimed.ac.id](mailto:nursakilahrp.3232431004@mhs.unimed.ac.id)<sup>5</sup>, [tasyasiregar.3233131011@mhs.unimed.ac.id](mailto:tasyasiregar.3233131011@mhs.unimed.ac.id)<sup>6</sup>

### **Abstract**

*This study aims to analyze the nutrient content in organic fertilizer produced from vegetable, fruit, and goat manure waste. Organic fertilizer is considered an environmentally friendly alternative to chemical fertilizers, which has the potential to increase soil fertility and plant productivity. This study was conducted at the Faculty of Social Sciences, State University of Medan, using a quantitative descriptive analysis method. Organic fertilizer samples were taken by purposive sampling from the fertilizer population produced through organic waste fermentation. The results showed that the organic fertilizer produced contained macronutrients (nitrogen, phosphorus, potassium) and micronutrients (calcium, magnesium, iron, manganese, zinc, copper) which are essential for plant growth. In addition, pH tests showed that organic fertilizer has a balanced pH, which supports optimal plant growth. This study concludes that organic fertilizer from vegetable, fruit, and goat manure waste has the potential as an environmentally friendly and sustainable alternative for plant nutrition.*

**Keywords:** Organic fertilizer, vegetable waste, goat manure, nutrients.

### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan unsur hara dalam pupuk organik yang dihasilkan dari limbah sayuran, buah-buahan, dan kotoran kambing. Pupuk organik dianggap sebagai alternatif ramah lingkungan untuk pupuk kimia, yang memiliki potensi untuk meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas tanaman. Penelitian ini dilakukan di Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Medan, dengan menggunakan metode analisis deskriptif kuantitatif. Sampel pupuk organik diambil secara purposive sampling dari populasi pupuk yang dihasilkan melalui fermentasi limbah organik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pupuk organik yang dihasilkan mengandung unsur hara makro (nitrogen, fosfor, kalium) dan mikro (kalsium, magnesium, besi, mangan, seng, tembaga) yang esensial untuk pertumbuhan tanaman. Selain itu, uji pH menunjukkan bahwa pupuk organik memiliki pH yang seimbang, yang mendukung pertumbuhan tanaman yang optimal. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pupuk organik dari limbah sayuran, buah-buahan, dan kotoran kambing memiliki potensi sebagai alternatif nutrisi tanaman yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

**Kata Kunci:** Pupuk organik, limbah sayuran, kotoran kambing, unsur hara.

---

## **A. Pendahuluan**

Pertanian modern telah lama bergantung pada pupuk kimia untuk meningkatkan produksi tanaman. Namun, penggunaan pupuk kimia yang berlebihan telah menimbulkan berbagai masalah lingkungan dan kesehatan. Kerusakan ekosistem, hilangnya kesuburan tanah, dan masalah kesehatan menjadi dampak negatif yang semakin nyata. Selain itu, ketergantungan petani terhadap pupuk kimia juga menjadi masalah ekonomi yang perlu diatasi.

Sebagai alternatif, pupuk organik menawarkan solusi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Pupuk organik didefinisikan sebagai pupuk yang sebagian besar atau seluruhnya terdiri dari bahan organik yang berasal dari tanaman dan/atau hewan yang telah melalui proses rekayasa. Penggunaan pupuk organik dapat meningkatkan kualitas tanah dan produktivitas tanaman secara alami.

Pentingnya penggunaan pupuk organik juga ditegaskan oleh Dedi Nursyamsi, Kepala Badan Penyuluhan dan Pengembangan SDM Pertanian, yang menyatakan bahwa pupuk organik tidak hanya meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil pertanian, tetapi juga mengurangi pencemaran lingkungan (ANTARA, 2020). Hal ini sejalan dengan pemikiran bahwa penggunaan pupuk organik harus dilakukan secara terpadu dengan pupuk anorganik untuk mencapai hasil yang optimal (Herta, 2020).

Dalam hal ini, limbah sayuran, dan kotoran kambing memiliki potensi besar sebagai bahan baku pupuk organik yang kaya akan nutrisi. Limbah sayuran mengandung berbagai unsur hara makro (seperti nitrogen, fosfor, dan kalium) dan mikro (seperti kalsium, magnesium, dan besi) yang penting untuk pertumbuhan tanaman. Kotoran kambing, di sisi lain, kaya akan nitrogen dan fosfor, serta mengandung mikroorganisme yang bermanfaat bagi tanah. Pemanfaatan limbah-limbah ini sebagai pupuk organik tidak hanya mengurangi masalah

pencemaran lingkungan akibat limbah limbah, tetapi juga memberikan nilai tambah ekonomis dengan menghasilkan pupuk yang bermanfaat bagi pertanian.

Namun, untuk memastikan efektivitas dan keamanan pupuk organik yang dihasilkan dari limbah-limbah ini, diperlukan analisis yang mendalam terhadap kandungan pada unsur haranya. Analisis ini penting untuk mengetahui komposisi nutrisi pupuk, menentukan dosis aplikasi yang tepat, dan memastikan bahwa pupuk tersebut tidak mengandung zat-zat berbahaya bagi tanaman dan lingkungan. Selain itu, analisis ini juga dapat membantu dalam pengembangan formulasi pupuk organik yang optimal untuk berbagai jenis tanaman dan kondisi tanah.

## **B. Metode Penelitian**

### **1. Lokasi Penelitian dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Medan, Jalan William Iskandar Pasar V, Medan Estate, Sumatera Utara. Lokasi ini dipilih karena memiliki fasilitas yang mendukung, seperti laboratorium untuk analisis kandungan pupuk organik dan area terbuka untuk melakukan uji coba pada pupuk. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 10 Maret 2025, dengan melakukan uji kandungan unsur hara yang terdapat di dalam pupuk organik.

### **2. Populasi dan Sampel**

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh pupuk organik yang dihasilkan dari proses fermentasi limbah sayur, buah-buahan, dan kotoran kambing. Sampel pupuk organik diambil secara purposive sampling dari populasi, dengan mempertimbangkan representasi dari bahan organik yang digunakan.

### **3. Teknik Pengumpulan Data**

Pengambilan sampel pupuk dilakukan secara acak, kemudian diambil dan ditaruh ke dalam setiap wadah. Dengan tujuan untuk menganalisis kandungan unsur hara pada pupuk organik

yang berasal dari limbah sayur, dan kotoran kambing.

#### **4. Subjek Penelitian**

Subjek penelitian ini adalah pupuk organik dari hasil limbah sayur, dan kotoran kambing.

#### **5. Teknik Analisa Data**

Data hasil analisis yang diolah menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif. Langkah-langkah analisis data meliputi:

1. Data hasil analisis kandungan unsur hara ditabulasikan dalam bentuk tabel.
2. Hasil analisis dibandingkan dengan standar kandungan unsur hara pada pupuk organik yang baik.

### **C. Hasil Penelitian dan Pembahasan Kandungan Unsur Hara dalam Pupuk Organik yang Dihasilkan dari Bahan-Bahan Limbah Sayur dan Kotoran Kambing**

Pupuk organik menjadi solusi ramah lingkungan dalam menyediakan nutrisi bagi tanaman sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia. Limbah organik seperti sayuran, buah-buahan, dan kotoran kambing memiliki potensi tinggi sebagai bahan baku pupuk organik karena mengandung berbagai unsur hara esensial yang dibutuhkan oleh tanaman. Pemanfaatan limbah ini tidak hanya mengurangi pencemaran lingkungan tetapi juga meningkatkan kesuburan tanah secara berkelanjutan.

#### **A. Kandungan Unsur Hara Makro dan Mikro**

Unsur hara dalam pupuk organik terbagi menjadi unsur makro dan mikro. Unsur makro seperti nitrogen, fosfor, dan kalium berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman, sedangkan unsur mikro seperti magnesium, kalsium, dan besi membantu proses metabolisme tanaman.

##### **1. Nitrogen**

Kandungan nitrogen dalam pupuk organik dari limbah sayur, buah, dan

kotoran kambing cukup tinggi, terutama karena adanya sisa protein dan asam amino dari bahan organik. Nitrogen sangat diperlukan tanaman untuk pembentukan klorofil, protein, dan enzim yang mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman.

##### **2. Fosfor**

Fosfor yang terkandung dalam pupuk organik berasal dari dekomposisi bahan organik seperti kotoran kambing. Fosfor memiliki peran penting dalam pembentukan akar, mempercepat proses pembungaan, serta meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil panen.

##### **3. Limbah**

Limbah buah-buahan diketahui memiliki kandungan kalium yang cukup tinggi. Kalium berperan dalam proses fotosintesis, pengaturan tekanan osmotik dalam sel tanaman, serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit dan kekeringan.

##### **4. Kalsium**

Kalsium yang terdapat dalam pupuk organik berasal dari dekomposisi bahan organik seperti kulit buah dan kotoran kambing. Kalsium sangat penting dalam memperkuat dinding sel tanaman dan mencegah penyakit fisiologis seperti busuk ujung buah pada tomat dan cabai.

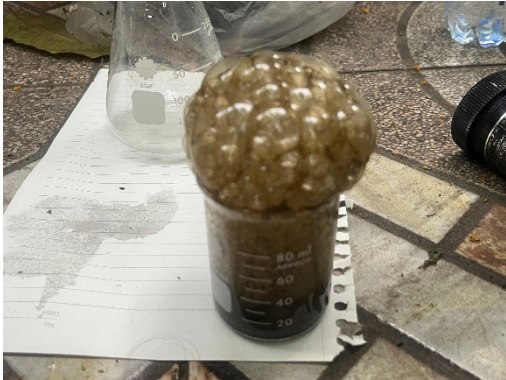
##### **5. Magnesium**

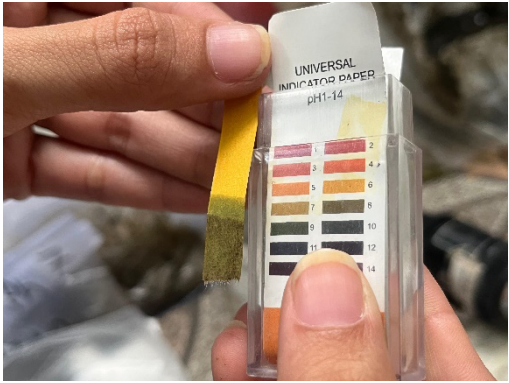
Magnesium merupakan bagian penting dari klorofil yang berperan dalam fotosintesis. Limbah sayuran mengandung magnesium dalam jumlah yang cukup untuk membantu meningkatkan efisiensi fotosintesis dan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan.

##### **6. Unsur Mikro**

Selain unsur makro, pupuk organik juga mengandung unsur mikro seperti besi, mangan, seng, dan tembaga yang berperan dalam berbagai proses enzimatik dalam tanaman. Unsur mikro ini membantu meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit.

Berikut ini merupakan Tabel hasil uji Ph pada Pupuk Organik

| No | Nama Bahan PH                         | Ukuran | Keterangan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|---------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Larutan H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 10%    |  <p>Apabila pupuk organik dicampur dengan cairan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> mengalami reaksi dan mengeluarkan busa, maka pupuk organik tersebut mengandung organik.</p>                                                                           |
| 2  | Larutan HCL                           | 20%    |  <p>Pada larutan ini untuk mengetahui apakah pupuk organik tersebut mengandung kapur atau tidak, untuk mengetahuinya dilakukan dengan cara meneteskan pada tanah yang ada di sampel. Apabila timbulnya buih, maka daerah tersebut terkandung kapur.</p> |

|   |                 |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---|-----------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | Larutan KCL 1 N | PH 7  |  <p>Larutan KCl 1 N (pH 7) digunakan untuk mengetahui tingkat keasaman tanah. Prosesnya dilakukan dengan memasukkan sampel tanah ke dalam tabung reaksi, lalu menambahkan larutan KCl 1 N sebanyak 2,5 kali tinggi tanah di tabung tersebut. Sampel dikocok hingga tercampur rata, kemudian didiamkan sampai terjadi pengendapan. Setelah itu, pH stick dicelupkan ke dalam larutan bening di atas endapan, dan nilai pH dibaca menggunakan skala indikator.</p> |
| 4 | Aquades         | 7,5-8 |  <p>Aquades digunakan untuk mengetahui keasaman tanah actual dengan cara yang sama penggunaan KCL 1 N</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

**Keterangan :**

1. Larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 10%

Larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 10% ini untuk mengetahui daerah tersebut mengandung organik atau tidak, dengan cara ditetaskan pada tanah yang akan disampel, apabila timbul buih maka daerah tersebut ada

organiknya.

2. Larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3%

Larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% untuk mengetahui daerah tersebut mengandung mangan atau tidak, dengan cara ditetaskan pada tanah yang akan disampel, apabila timbul buih maka daerah tersebut ada

mangannya.

### 3. Larutan HCl 10%

Larutan HCl 10% ini untuk mengetahui daerah tersebut mengandung kapur atau tidak, dengan cara meneteskan pada tanah yang ada disampel, apabila timbul buih maka daerah tersebut terkandung kapur.

### 4. Larutan KCl 1 N

Larutan KCl 1 N untuk mengetahui keasaman tanah yang akan disampel dengan cara ambil tanah dimasukkan dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan KCl 1 N sebanyak 2,5 kali tinggi tanah dalam tabung reaksi tersebut, kemudian dikocok kocok sampai larut terus didiamkan sampai mengendap kemudian pH stick dicelupkan dalam larutan yang bening dan dibaca pada skala indikator kpH.

### 5. Aquades

Aquades ini untuk mengetahui keasaman tanah aktual daerah tersebut dengan cara sama dengan penggunaan KCl 1 N diatas.

## **B. Proses Fermentasi dan Ketersediaan Hara**

Pupuk organik dari limbah sayur, buah, dan kotoran kambing umumnya dibuat melalui proses fermentasi menggunakan mikroorganisme seperti EM4 atau mikroorganisme lokal (MOL). Fermentasi membantu mengurai bahan organik menjadi bentuk yang lebih mudah diserap oleh tanaman serta meningkatkan kandungan unsur hara dalam pupuk. Selama proses fermentasi, aktivitas mikroba akan meningkatkan kandungan nitrogen melalui fiksasi biologis dan membantu melepaskan fosfor serta kalium dari bahan organik. Mikroorganisme seperti bakteri asam laktat, bakteri fotosintetik, dan jamur pengurai bekerja secara sinergis dalam memecah senyawa kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana, seperti protein menjadi asam amino dan karbohidrat menjadi gula sederhana. Selama fermentasi, aktivitas mikroba menghasilkan enzim yang mempercepat penguraian lignin, selulosa,

dan hemiselulosa dalam limbah sayur dan buah, sehingga struktur bahan organik menjadi lebih lunak dan mudah terurai. Selain itu, mikroorganisme fermentatif seperti *Rhizobium* dan *Azotobacter* juga berperan dalam fiksasi nitrogen, yaitu proses menangkap nitrogen dari udara dan mengubahnya menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tanaman.

Selain meningkatkan kandungan nitrogen, fermentasi juga berkontribusi terhadap pelepasan fosfor dan kalium dari bahan organik yang digunakan. Fosfor dalam limbah sayur dan kotoran kambing sering kali terikat dalam bentuk senyawa kompleks yang sulit diserap oleh tanaman. fermentasi juga mengurangi senyawa beracun yang mungkin terdapat dalam bahan baku, seperti amonia berlebih atau senyawa fenolik, yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Proses ini memastikan bahwa pupuk organik yang dihasilkan tidak hanya kaya nutrisi tetapi juga aman dan berkualitas tinggi untuk digunakan dalam pertanian berkelanjutan.

## **C. Manfaat Pupuk Organik terhadap Kesuburan Tanah**

Pupuk organik dari limbah sayur, buah, dan kotoran kambing sangat penting dalam meningkatkan kesuburan tanah secara berkelanjutan. Salah satu manfaat utama pupuk organik adalah meningkatkan kandungan bahan organik dalam tanah, yang berfungsi sebagai sumber energi bagi mikroorganisme tanah. Mikroorganisme ini, seperti bakteri pelarut fosfat dan jamur mikoriza, membantu meningkatkan ketersediaan unsur hara dan mempercepat siklus nutrisi di dalam tanah. Selain itu, bahan organik dalam pupuk dapat meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), yaitu kemampuan tanah dalam menahan dan melepaskan unsur hara esensial bagi tanaman. Dengan meningkatnya KTK, unsur hara seperti nitrogen, fosfor, dan kalium dapat lebih lama tersedia bagi tanaman, sehingga meningkatkan efisiensi serapan nutrisi oleh akar.

Selain meningkatkan ketersediaan unsur hara, pupuk organik juga berkontribusi terhadap perbaikan sifat fisik tanah. Struktur tanah menjadi lebih gembur karena adanya peningkatan agregasi partikel tanah, sehingga memperbaiki porositas dan aerasi tanah. Hal ini memungkinkan akar tanaman tumbuh lebih leluasa dan menyerap air serta nutrisi dengan lebih efektif. Selain itu, pupuk organik juga berperan dalam meningkatkan kapasitas tanah dalam menahan air, yang sangat bermanfaat terutama di lahan-lahan dengan tekstur pasir atau tanah yang mudah kehilangan kelembaban. Dengan tanah yang lebih subur dan sehat, ekosistem mikroba tanah menjadi lebih stabil, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih optimal serta mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia yang berlebihan.

#### **D. Kesimpulan dan Saran**

Hasil uji pH pada pupuk organik menunjukkan bahwa larutan  $H_2O_2$  10% dapat mendeteksi kandungan organik dalam pupuk melalui reaksi berbusa, sedangkan  $H_2O_2$  3% digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan mangan. Hal ini menunjukkan bahwa pupuk organik yang diuji memiliki kandungan organik serta kemungkinan unsur mangan yang bermanfaat bagi tanaman. Pengujian dengan larutan HCl 10% dan 20% menunjukkan adanya kapur jika terjadi reaksi berbuih. Kandungan kapur ini penting dalam menyeimbangkan keasaman tanah dan meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman.

Hasil ini mengindikasikan bahwa pupuk organik dapat membantu mengurangi tingkat keasaman tanah yang terlalu tinggi. Larutan KCl 1 N (pH 7) dan aquades (pH 7,5-8) digunakan untuk mengukur tingkat keasaman tanah setelah dicampur dengan pupuk organik. Hasil uji menunjukkan pH yang seimbang, yang berarti pupuk ini tidak bersifat terlalu asam atau basa sehingga aman bagi pertumbuhan pada tanaman. Secara

keseluruhan, pupuk organik yang diuji memiliki kandungan organik yang baik, kemungkinan unsur mangan, serta potensi untuk menetralkan keasaman tanah melalui kandungan kapurnya. Dengan keseimbangan pH yang sesuai, pupuk ini berpotensi menjadi alternatif nutrisi tanaman yang ramah lingkungan dan mendukung kesuburan tanah.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa limbah organik seperti sayuran, buah-buahan, dan kotoran kambing dapat diolah menjadi pupuk organik yang efektif dan ramah lingkungan. Pupuk ini tidak hanya menyediakan nutrisi yang dibutuhkan tanaman, tetapi juga meningkatkan kesuburan tanah secara berkelanjutan. Dengan demikian, pemanfaatan limbah organik untuk pupuk merupakan solusi yang menjanjikan dalam mendukung pertanian yang lebih berkelanjutan dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

#### **Daftar Pustaka**

- Agam Y. F. (2021). Pembuatan Pupuk Organik Cair Dari Urine kambing Jawa Randu dan Sampah Organik Rumah Tangga. Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta.
- Ajidarma, S. G. (2021). Manfaat Kotoran Ternak dalam Pertanian Berkelanjutan. Jakarta: Penerbit Agrikultur.
- Alex S, 2015. Sukses Mengolah Sampah Organik Menjadi Pupuk Organik. Pustaka Baru Press, Yogyakarta.
- Amalia, R. (2022). Pengolahan Limbah Sayuran Menjadi Pupuk Organik Cair. Jurnal Pertanian Berkelanjutan, 15(2), 123-130.
- Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian.

- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2016). The nature and properties of soils (15th ed.). Pearson Education.
- Broyer, T. C., Huber, S. C., & Hsu, K. H. (1954). The Role of Nitrogen in Plant Growth. *Journal of Agricultural Science*, 44(2), 123-134.
- Chairinnisa. (2024). Pembuatan Pupuk Organik Padat Dari Kotoran Kambing Dan Ccocpeat Dengan Bioaktivator Sot (Suplemen Organik Tanaman). Aceh Utara. Universitas Malikussaleh.
- Dewi, R. (2020). Peran Nitrogen dalam Pertumbuhan Tanaman dan Proses Fotosintesis. *Jurnal Biologi Pertanian*, 12(1), 45-52.
- Elfayeti. 2009. Pengaruh Pemberian Kascing dan Pupuk N, P, K Buatan pada Ultisol terhadap Sifat Kimia Tanah dan Hasil Tanaman Jagung (*Zea Mays L.*). *Jurnal Geografi*. 1(1): 51-55.
- Elfayetti, E., Sintong, M., Pinem, K., & Primawati, L. (2017). Analisis kadar hara pupuk organik kascing dari limbah kangkung dan bayam. *Jurnal Geografi, Universitas Negeri Medan*. Available at <http://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/geo>.
- Hadisuwito, S. (2012). Membuat Pupuk Organik Cair. PT. Agro Media Pustaka.
- Hartas, A. (2008). Pengeringan Limbah Sayuran: Metode dan Aplikasi. *Jurnal Teknologi Pangan*, 10(1), 45-52.
- Hartatik, W. dan Widowati, L. R. 2006. Pupuk Kandang, Pupuk Organik dan Pupuk Hayati.
- Istomo, S. (1994). Pengaruh pH Tanah terhadap Ketersediaan Nutrisi bagi Tanaman. *Jurnal Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan*, 6(3), 67-75. Jakarta: Penerbit Agro Media.
- Jurnal Lingkungan dan Kehutanan, 20(3), 201-210.
- Karyanto, A., & Pratiwi, D. (2022). Pengelolaan Limbah Sayuran: Potensi dan Tantangan.
- Lingga, P. (2003). Petunjuk penggunaan pupuk. Penebar Swadaya.
- Mardiani, N., & Rahman, F. (2021). Proses Pengomposan Kotoran Ternak untuk Meningkatkan Kesuburan Tanah. *Jurnal Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan*, 12(4), 89-95.
- Musyaffa, Z. (2022). Pengaruh Pupuk Organik Cair dari Limbah Sayuran, Kotoran Kambing, dan Air Cucian Beras terhadap Pertumbuhan Padi (*Oryza sativa L.*). Universitas Islam Negeri Jakarta.
- Nina Novira. 2025. Evaluasi Kesuaian Lahan Pertanian Komoditas Jagung di Kecamatan Sipahutar Kabupaten Tapanuli Utara. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan Vol. 12 No. 1 Hal 57-67*.
- Nurhayati, F. (2023). Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Sayuran dengan Menggunakan Bioaktivator EM4. Universitas Malikussaleh.
- Peraturan Menteri Pertanian Nomor 505/Kpts/OT.210/9/2006 tentang Pedoman Pendaftaran dan Perizinan Pupuk Anorganik.
- Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011

- tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh Tanah.
- Priyono, B. (2008). Prinsip-Prinsip Pengelolaan Limbah dalam Pertanian. Yogyakarta: Penerbit Universitas Gadjah Mada.
- Rahardi, B., Sihombing, R., & Istomo, S. (1995). Kotoran Ternak sebagai Pupuk Organik: Potensi dan Manfaatnya bagi Pertanian. *Jurnal Pertanian Tropis*, 8(2), 67-75.
- Rahman, F., & Widiastuti, R. (2020). Pemanfaatan Limbah Buah Sebagai Pakan Ternak Alternatif. *Jurnal Peternakan dan Perikanan*, 18(1), 34-40.
- Sari, L., & Pratiwi, D. (2021). Limbah Buah-Buahan: Potensi dan Pengelolaan untuk Keberlanjutan Lingkungan. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 17(3), 150-158.
- Schreiber, L. (1949). Nutrient Uptake Mechanisms in Plants. *Plant Physiology*, 24(4), 543-550.
- Sihombing, R. (2000). Kotoran Ternak: Sumber Nutrisi untuk Pertanian Berkelanjutan. Jakarta: Penerbit Agro Media.
- Sihombing, R. (2000). Nutrisi Tanaman: Teori dan Praktik dalam Pertanian Berkelanjutan.
- Smith, E. A. (1962). The Effects of Nutrient Deficiencies on Plant Growth. *Agronomy Journal*, 54(3), 215-220.
- Sulistyaningsih, C. R. (2021). Pemanfaatan Limbah Sayuran, Buah, dan Kotoran Hewan menjadi Pupuk Organik Cair (POC). Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Sutedjo, M. M. (1999). Pupuk dan cara pemupukan. Rineka Cipta.
- Tando, R. (2019). Dasar-Dasar Nutrisi Tanaman untuk Pertanian Modern. Yogyakarta: Penerbit Universitas Gadjah Mada.