

Pendampingan Kelompok Tani Bangsring Jaya dalam Pembuatan Pupuk Organik Berbahan Kotoran Sapi di Desa Bangsring Kabupaten Banyuwangi

Mokhtar Effendi^{1*}, Aldy Bahaduri Indraloka¹, Moh Hasbi Ash Shidiqi¹, Mohammad Ali Mudhor¹

¹Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Pangan, Politeknik Negeri Banyuwangi, Indonesia

*Korespondensi: mokhtar@poliwangi.ac.id

Abstrak

Pupuk merupakan komponen utama dalam pertanian yang mendukung kesuburan tanah dan meningkatkan produktivitas tanaman. Namun, kelangkaan pupuk bersubsidi seringkali mengakibatkan petani menghadapi kesulitan dalam memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman mereka, yang pada akhirnya memengaruhi hasil panen dan kesejahteraan ekonomi petani. Di sisi lain, ada permasalahan limbah kotoran sapi yang belum diolah secara optimal. Limbah ini seringkali dibiarkan mengendap di kandang ternak atau dibuang tanpa pengolahan yang tepat. Pengolahan kotoran sapi untuk diolah sebagai pupuk organik tidak hanya dapat mengurangi dampak negatif dari limbah, tetapi juga memberikan alternatif solusi bagi kelangkaan pupuk bersubsidi. Tujuan pengabdian masyarakat adalah pendampingan kelompok tani dalam pembuatan pupuk organik berbahan kotoran sapi sehingga diharapkan untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan petani dalam mengolah limbah menjadi pupuk organik. Adapun itu, program ini juga bertujuan untuk mendukung ketahanan pangan dan meningkatkan produktivitas pertanian secara berkelanjutan di Desa Bangsring Kabupaten Banyuwangi. Program ini telah berhasil mengurangi ketergantungan petani terhadap pupuk bersubsidi dan meningkatkan hasil panen.

Kata Kunci: Desa Bangsring; Ketahanan pangan; Pupuk organik

Abstract

Fertilizers are a key component in agriculture, supporting soil fertility and enhancing crop productivity. However, the scarcity of subsidized fertilizers often poses significant challenges for farmers in meeting the nutritional needs of their crops, ultimately affecting yields and farmers' economic well-being. On the other hand, cattle manure waste remains largely underutilized. This waste is often left to accumulate in livestock enclosures or discarded without proper treatment. Processing cattle manure into organic fertilizer can not only mitigate the negative environmental impacts of waste but also offer an alternative solution to the shortage of subsidized fertilizers. The objective of this community service program is to assist farmer groups in producing organic fertilizer from cattle manure, with the aim of improving farmers' knowledge and skills in waste management and organic fertilizer production. Furthermore, this initiative seeks to support food security and promote sustainable agricultural productivity in Bangsring Village, Banyuwangi Regency. The program has successfully reduced farmers' dependence on subsidized fertilizers and contributed to increased crop yields.

Keywords: Bangsring Village; Food security; Organic fertilizer

PENDAHULUAN

Pupuk merupakan komponen utama dalam pertanian yang mendukung kesuburan tanah dan meningkatkan produktivitas tanaman. Namun, kelangkaan pupuk anorganik bersubsidi dari pemerintah menjadi masalah yang nyata di berbagai daerah, termasuk di Desa Bangsring, Kabupaten Banyuwangi. Kelangkaan pupuk bersubsidi seringkali mengakibatkan petani menghadapi kesulitan dalam memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman mereka, yang pada akhirnya memengaruhi hasil panen dan kesejahteraan ekonomi petani.

Di sisi lain, ada permasalahan limbah kotoran sapi yang belum diolah secara optimal. Kecamatan Wongsorejo dikenal sebagai daerah dengan populasi ternak sapi potong sebanyak 22.147 (BPS, 2021), yang merupakan tertinggi di Kabupaten Banyuwangi. Berdasarkan data BPS Kabupaten Banyumas di tahun 2020, sekitar sebesar 25,83% penduduk di Kecamatan Wongsorejo bekerja di sektor pertanian dan 0,16% di sektor peternakan. Populasi peternakan pada tahun 2018-2019 didominasi oleh sapi potong sebanyak 22.147 ekor, kambing sebanyak 6.726 ekor, dan domba sebanyak 1.250 ekor, sehingga menghasilkan limbah dalam jumlah yang cukup besar. Kotoran sapi memiliki potensi yang besar sebagai bahan dasar dalam pembuatan pupuk organik (Nasirudin *et al.*, 2021). Sayangnya, limbah ini seringkali dibiarkan mengendap di kandang ternak atau dibuang tanpa pengolahan yang tepat.

Keterbatasan pengetahuan dan keterampilan tentang pengolahan limbah menjadi pupuk organik pada kelompok tani di Desa Bangsring menyebabkan mereka menghadapi masalah baru polusi udara akibat bau yang ditimbulkan oleh kotoran sapi. Pembuatan Pupuk Organik Berbahan Kotoran Sapi ini tidak hanya dapat mengurangi dampak negatif dari pencemaran udara, tetapi juga memberikan alternatif solusi bagi kelangkaan pupuk bersubsidi serta meningkatkan ketahanan pangan dan produktivitas pertanian secara berkelanjutan.

Menyikapi permasalahan tersebut tim dosen Jurusan Pertanian Politeknik Negeri Banyuwangi melakukan pendampingan sekaligus melatih ketrampilan pengolahan limbah kotoran sapi menjadi Pupuk Organik yang bermanfaat untuk Tanaman. Oleh karena itu tujuan pengabdian masyarakat adalah pendampingan kelompok tani dalam pembuatan pupuk organik berbahan kotoran sapi sehingga diharapkan dapat meningkatkan pemahaman dan keterampilan petani dalam mengolah limbah menjadi pupuk organik. Selain itu, program ini juga bertujuan untuk mendukung ketahanan pangan dan meningkatkan produktivitas pertanian secara berkelanjutan di Desa Bangsring Kabupaten Banyuwangi.

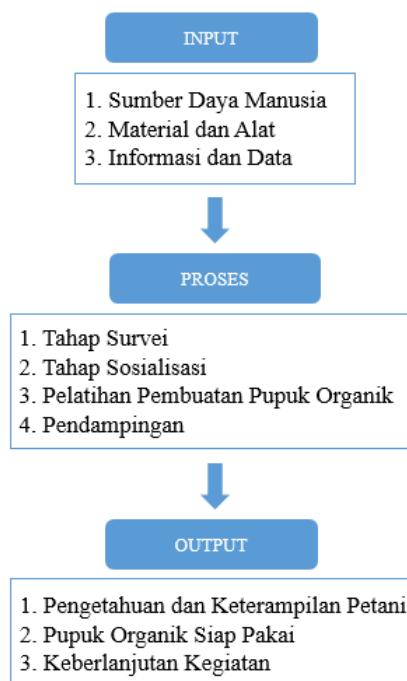
METODE

Kegiatan Pengabdian Masyarakat telah terlaksana di Desa Bangsring, Kec. Wongsorejo, Kab. Banyuwangi pada Bulan Desember 2024 sampai Februari 2025. Kegiatan ini dilaksanakan bersama Kelompok Tani dan Pemerintah Desa Bangsring di Aula Balai Desa Bangsring. Rangkaian kegiatan terdiri dari empat tahapan utama,

yakni survei awal, sosialisasi, pelatihan pembuatan pupuk organik, proses pengemasan pupuk, serta pendampingan teknis. Tahap yang pertama adalah survei untuk mengidentifikasi kondisi tanah, kebutuhan pupuk, dan ketersediaan limbah kotoran sapi serta potensi limbah di daerah tersebut. Survei ini dilakukan dengan cara wawancara terhadap petani serta pemeriksaan secara langsung di lapangan. Di tahapan yang kedua, dilakukan sosialisasi kepada kelompok tani tentang manfaat pupuk organik dan pentingnya pengelolaan limbah untuk keberlanjutan pertanian. Sosialisasi ini mencakup penggunaan pupuk organik bagi produktivitas tanah serta peningkatan hasil pertanian.

Tahap yang ketiga adalah mengajarkan petani tentang cara pembuatan pupuk kompos organik kotoran sapi. Pelatihan ini dilaksanakan oleh tim pengabdi yang memiliki keahlian dalam pengolahan limbah organik. Ada beberapa tahapan pembuatan kompos, yaitu: pengumpulan bahan baku, pencampuran bahan, fermentasi, dan pengemasan pupuk organik. Tahap keempat adalah melakukan pendampingan tingkat lanjut untuk mengajarkan para petani teknik pembuatan pupuk kompos. Pendampingan pun dilaksanakan dengan cara bertatap muka secara langsung untuk mengontrol setiap langkah pembuatan pupuk organik.

Metode evaluasi keberhasilan pendampingan dilakukan dengan cara: survei awal dan akhir untuk mengukur pengetahuan petani sebelum dan sesudah pelatihan, wawancara dengan petani untuk mendapatkan testimoni mengenai penerapan teknik pembuatan pupuk kompos, dan evaluasi lapangan yang dikerjakan oleh tim pengabdi untuk menilai kemajuan pelaksanaan pembuatan pupuk kompos.



Gambar 1. Alur pelaksanaan kegiatan secara sistematis

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pentingnya Bahan Organik Bagi Tanah dan Tanaman

Biofertilizer merupakan jenis pupuk hayati yang disusun dari berbagai material organik, seperti residu tanaman, limbah hewan, bagian tubuh hewan, serta komponen limbah organik lainnya. Bahan-bahan tersebut diolah melalui proses bioteknologis tertentu sehingga menghasilkan produk pupuk dalam bentuk padat atau cair. Formulasi pupuk ini sering dilengkapi dengan penambahan unsur mineral dan mikroorganisme fungsional yang berperan dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara dan memperkaya kandungan bahan organik tanah (Permentan, 2011).

Keberadaan bahan organik di dalam tanah sangat berpengaruh terhadap peningkatan produktivitas lahan pertanian dan kestabilan kesuburan tanah. Tidak hanya menyediakan nutrisi, bahan organik juga mampu memperbaiki struktur tanah, kapasitas tukar kation, dan aktivitas mikroorganisme tanah. Kotoran sapi merupakan sumber bahan organik unggul yang terbukti secara empiris mampu memperbaiki kesuburan tanah dan meningkatkan hasil panen melalui perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologis tanah. (Ranesa & Tejowulan, 2024). Dalam kegiatan penyuluhan yang dilaksanakan bersama kelompok tani di Desa Bangsring, disosialisasikan pemanfaatan limbah kotoran sapi sebagai bahan baku utama pembuatan pupuk organik, sebagai bagian dari upaya penerapan pertanian ramah lingkungan.

Peran Bahan Organik dalam Struktur dan Kesuburan Tanah

Bahan organik berperan dalam meningkatkan agregasi tanah sehingga meningkatkan kapasitas infiltrasi serta retensi air. Tanah yang mengandung banyak bahan organik memiliki porositas yang lebih baik yang memungkinkan akar tanaman berkembang lebih optimal dan tahan terhadap erosi. Hal ini membantu mengurangi kehilangan nutrien akibat proses pencucian oleh air hujan, khususnya pada tanah dengan struktur yang kurang stabil. Dampak positif dari aplikasi bahan organik biasanya tidak bersifat instan, melainkan terlihat secara bertahap dalam jangka waktu yang lebih panjang. Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan pupuk organik secara konsisten mampu memperbaiki kualitas tanah secara menyeluruh, yang pada akhirnya berdampak signifikan terhadap peningkatan produktivitas tanaman. (Harahap *et al.*, 2020)

1. Sumber Unsur Hara Bagi Tanaman

Bahan organik memegang peranan fundamental dalam ekosistem tanah sebagai sumber utama penyedia unsur hara esensial bagi pertumbuhan tanaman, khususnya unsur hara makro. Unsur ini sangat krusial untuk mendukung fungsi fisiologis tanaman, seperti pembentukan klorofil, perkembangan akar, serta proses pembungaan dan pembentukan buah. Nutrien tersebut tidak tersedia secara langsung, melainkan dilepaskan secara bertahap melalui proses mineralisasi. Proses dekomposisi ini memungkinkan unsur hara tersedia dalam jangka waktu yang lebih lama dan lebih stabil, sehingga mengurangi risiko hilangnya nutrisi akibat pencucian, berbeda dengan

pupuk anorganik yang cenderung bersifat cepat larut namun tidak bertahan lama di dalam tanah.

Limbah kotoran sapi salah satu sumber bahan organik yang memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai pupuk organik, terutama apabila diolah melalui proses fermentasi. Fermentasi memungkinkan transformasi bahan mentah menjadi bentuk yang lebih stabil dan mudah diserap oleh tanaman, sekaligus mengurangi patogen dan bau tidak sedap. Pupuk hasil fermentasi dari kotoran sapi umumnya mengandung nutrien yang cukup lengkap, seperti N, P, dan K, tetapi juga unsur mikro serta mikroorganisme bermanfaat yang membantu meningkatkan ketersediaan hara dalam tanah. Selain itu, bahan organik dari pupuk tersebut juga mampu memperbaiki kapasitas tukar kation (KTK), yang merupakan indikator utama dalam kemampuan tanah menyerap dan mempertahankan unsur hara yang dibutuhkan tanaman secara efisien dan berkelanjutan Havlin *et al.*, (2013).

2. *Meningkatkan aktivitas mikroorganisme dalam tanah*

Bahan organik memiliki peran sebagai sumber energi bagi mikroorganisme dalam tanah. Pupuk organik memiliki potensi untuk meningkatkan populasi mikroba yang berkontribusi pada kesuburan tanah. Mikroorganisme mempunyai peran dalam proses dekomposisi bahan organik, fiksasi nitrogen, serta pelepasan unsur hara dari bahan mineral dalam tanah.(Bardgett, 2005)

Mikroorganisme dalam tanah berperan penting dalam siklus hara, pelapukan bahan organik, dan peningkatan ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Selain itu, mikroba yang terkandung dalam bahan organik juga berkontribusi pada peningkatan ketersediaan zat hara. Aktivitas mikroorganisme yang tinggi menunjukkan bahwa tanah dalam kondisi subur dan meningkatkan pertumbuhan lebih optimal.

3. *Reduksi Penggunaan Pupuk Kimia dan Dampak Lingkungan*

Pemanfaatan pupuk kimia secara masif dalam praktik pertanian modern telah terbukti menjadi salah satu penyebab utama degradasi kualitas tanah secara progresif. Kandungan unsur sintetis dalam pupuk anorganik, apabila digunakan secara berlebihan dan terus-menerus, dapat mengganggu keseimbangan ekosistem tanah, menurunkan kandungan bahan organik, serta memicu akumulasi residu kimia yang berdampak negatif terhadap kesuburan tanah dalam jangka panjang (Tilman *et al.*, 2002). Sebagai tanggapan terhadap permasalahan tersebut, pengembangan dan pemanfaatan pupuk organik semakin mendapat perhatian sebagai pendekatan yang lebih berkelanjutan dalam praktik pertanian modern.

Pupuk organik memberikan manfaat ekologis yang luas terhadap ekosistem tanah. Selain menyuplai unsur hara penting, aplikasinya mampu merangsang aktivitas mikroorganisme tanah, memperkuat interaksi biologis antarorganisme, serta memperbaiki sifat fisik tanah seperti porositas, agregasi, dan kapasitas menahan air. Dengan demikian, pupuk organik berkontribusi secara integral dalam menciptakan sistem pertanian yang produktif, sehat, dan berkelanjutan dalam jangka panjang.(Mäder *et al.*, 2002). Peningkatan kandungan bahan organik melalui aplikasi

pupuk organik berperan penting dalam memperkuat kapasitas tanah menyimpan air dan nutrien, serta menciptakan kondisi yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme tanah yang bermanfaat.

Pendampingan Pembuatan Pupuk Organik sebagai Upaya Adaptif Menghadapi Keterbatasan Pupuk Bersubsidi

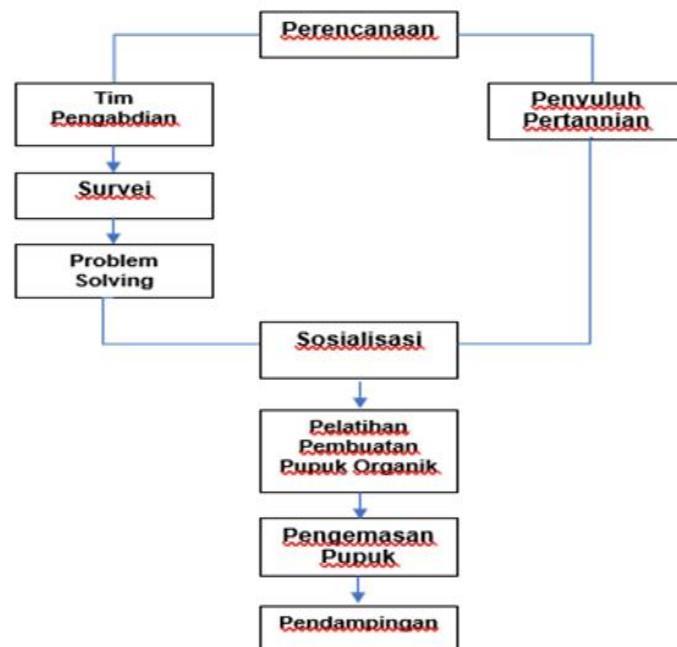
Pendampingan pembuatan pupuk organik dilakukan dalam rangka untuk mengurangi polusi akibat limbah kotoran sapi yang tidak terkelola. Selain itu sebagai alternatif kelangkaan pupuk bersubsidi yang terjadi di sebagian wilayah Indonesia. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 95 Tahun 2012 junto Peraturan Menteri Pertanian Nomor 11 Tahun 2020, setiap pelaku usaha peternakan diwajibkan menyediakan fasilitas untuk pengelolaan limbah dan kotoran ternak. Namun, pada kenyataannya sebagian besar peternak belum memiliki fasilitas tersebut karena keterbatasan lahan di sekitar kandang. Akibatnya, limbah kotoran sapi sering kali dibiarkan menumpuk di dalam kandang atau dibuang tanpa melalui proses pengolahan yang memadai, sehingga menimbulkan pencemaran dan merusak lingkungan. (Kementerian Pertanian, 2020)

Sebagai bagian dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat, tim dosen dari Jurusan Pertanian Politeknik Negeri Banyuwangi melaksanakan pendampingan teknis kepada warga Desa Bangsring dalam bentuk pelatihan pengolahan limbah kotoran sapi menjadi pupuk organik yang bermanfaat bagi tanaman. Kegiatan diawali dengan penyuluhan berupa penyampaian materi terkait konsep dasar, manfaat, serta teknik pembuatan pupuk organik.

Selanjutnya, peserta diarahkan untuk melaksanakan praktik langsung pembuatan pupuk organik yang menggunakan kotoran sapi sebagai bahan utama, dengan mengikuti tahapan berikut:

1. Membuat larutan aktivator dengan mencampurkan EM4, tetes tebu, dan air bersih dalam perbandingan 10 ml : 10 ml : 1 liter, lalu aduk hingga homogen.
2. Menyiapkan alas (terpal) sebagai media pencampuran, lalu menyusun bahan-bahan utama berupa limbah kotoran sapi, sekam dan dedak padi secara berurutan.
3. Seluruh bahan dicampur dan diaduk hingga merata di atas alas.
4. Larutan dekomposer disiramkan secara perlahan menggunakan gembor ke seluruh permukaan campuran bahan.
5. Campuran tersebut kemudian ditutup rapat menggunakan plastik atau terpal selama 7 hingga 14 hari untuk proses fermentasi, dengan menjaga suhu antara 40°C hingga 60°C.
6. Setelah proses fermentasi selesai (± 14 hari), penutup dapat dibuka. Pupuk organik dikatakan berhasil apabila bahan mengalami fermentasi sempurna, ditandai dengan tidak adanya bau menyengat dan tekstur yang menyerupai tanah remah.

Untuk pengaplikasian pupuk bokashi disebar secara merata di lahan dengan rekomendasi dosis yang digunakan yaitu 500 kg / ha, disebar pada saat pengolahan tanah.



Gambar 2. Bagan Alur Tahapan Kegiatan Pengabdian Di Desa Bangsring



Gambar 3. Pemberian Materi Tentang Pupuk Organik Berbahan Kotoran Sapi



Gambar 4. Praktik Pembuatan Pupuk Kandang Berbahan Kotoran Sapi

Pengukuran Keberhasilan

Hasil dari kegiatan pelatihan menunjukkan bahwa sebagian besar peserta, khususnya petani di Desa Bangsring, telah mampu memahami konsep dasar dan teknis pembuatan pupuk organik berbahan dasar kotoran sapi, serta mampu mengaplikasikannya secara mandiri. Berdasarkan hasil evaluasi pasca-pelatihan, tercatat bahwa sekitar 86% peserta menyatakan telah memahami materi yang disampaikan dengan baik dan mampu mengikuti setiap tahapan praktik lapangan secara aktif.

Sebagai output nyata dari kegiatan pendampingan ini, kelompok tani di Desa Bangsring berhasil memproduksi kurang lebih 5 ton pupuk organik selama periode pelatihan berlangsung. Produksi tersebut tidak hanya mencerminkan keberhasilan dalam aspek kognitif dan keterampilan peserta, tetapi juga menunjukkan potensi replikasi kegiatan serupa di wilayah pertanian lainnya. Efektivitas penerapan pupuk organik turut tercermin dari peningkatan indikator kesuburan tanah, yang diukur

melalui kenaikan kadar unsur hara dalam tanah pada lahan percobaan, pasca-aplikasi pupuk yang telah dihasilkan selama kegiatan berlangsung.

Kendala yang Dihadapi

Salah satu tantangan yang dihadapi selama pelaksanaan kegiatan di lapangan adalah perbedaan tingkat pengetahuan dan pengalaman di antara peserta pelatihan. Sebagian petani memiliki keterbatasan pengalaman dalam pengolahan limbah organik maupun dalam proses pembuatan pupuk organik. Kondisi ini menuntut adanya pendekatan pelatihan yang inklusif, di mana penyampaian materi harus disusun dengan metode yang sederhana, komunikatif, dan mudah dipahami oleh seluruh peserta, termasuk mereka yang belum memiliki pengalaman sebelumnya. Kendala tersebut berhasil diatasi melalui penerapan strategi komunikasi yang interaktif antara tim pelaksana dan peserta. Interaksi ini memungkinkan proses pembelajaran berlangsung secara dua arah, sehingga peserta merasa nyaman untuk bertanya, mendiskusikan kesulitan, serta memahami materi secara lebih mendalam.

Sebagaimana disampaikan oleh Garfansa dan Iswahyudi (2024), komunikasi yang efektif tidak hanya penting selama proses pelatihan berlangsung, tetapi juga setelah pelatihan selesai dilaksanakan. Komunikasi pasca-pelatihan berfungsi sebagai sarana tindak lanjut untuk menjawab pertanyaan, memberikan klarifikasi, serta membantu peserta dalam mengatasi permasalahan teknis yang muncul saat menerapkan keterampilan yang telah dipelajari di lapangan.

KESIMPULAN

Kegiatan pendampingan dalam pengomposan pupuk organik berbasis limbah kotoran sapi yang dilaksanakan bersama Kelompok Tani di Desa Bangsring terbukti efektif dalam meningkatkan kapasitas petani, khususnya dalam keterampilan mengolah limbah organik menjadi produk pupuk yang bermanfaat bagi kegiatan pertanian. Berdasarkan hasil evaluasi, para peserta menunjukkan pemahaman yang baik terhadap materi yang disampaikan, di mana 86% dari peserta mampu menguasai dan mempraktikkan teknik pembuatan pupuk organik secara mandiri. Selama pelaksanaan program, kelompok tani tersebut berhasil memproduksi kurang lebih 5 ton pupuk organik sebagai hasil nyata dari pelatihan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bardget, R. D. (2005). *The Biology of Soil*. Oxford University Press.
- BPS. (2021). *Populasi Ternak Menurut Jenis Ternak dan Kecamatan di Kabupaten Banyuwangi, 2020*. https://banyuwangikab.bps.go.id/id/statistics-table/1/MjA1IzE=/populasi-ternak_menurut-jenis-ternak-dan-kecamatan-di-kabupaten-banyuwangi-2020.html

- Garfansa, M. P., & Iswahyudi. (2024). Pelatihan Kelompok Petani Perempuan Desa Kaduara Timur melalui Diversifikasi Olahan Singkong. *Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 10(1), 43–50.
- Harahap, F. T., Walida, H., Dalimunthe, A. B., Rauf, A., Sidabuke, S. H., & Hasibuan, R. (2020). Penggunaan Kompos Sampah Kota dalam Upaya Merehabilitasi Tanah Sawah Terdegradasi di Desa Aras Kabu, Kecamatan Beringin, Kabupaten Deli Serdang. *Arkeologi Dan Perkebunan*, 3(1), 1–9.
- Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Beaton, J. D., & Nelson, W. L. (2013). *Soil Fertility and Fertilizers An Introduction to Nutrient Management*(7th ed.). Higher Education Press.
- Kementerian Pertanian. (2020). PerMen Pertanian Nomor 11 Tahun 2020 Tentang Sertifikasi Nomor Kontrol Veteriner Unit Usaha Produk Hewan. *Sekretariat Indonesia*, 272, 1–318. www.peraturan.go.id
- Mader, P., Fließbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., & Niggli, U. (2002). Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science*, 296(5573), 1694–1697.
- Nasirudin, M., Faizah, M., Rahman, A. K., (2021). Pelatihan Pemanfaatan Lahan Pekarangan dan Pengeolahan Limbah Dapur sebagai Pupuk Organik Cair. *Jumat Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 1–4. <http://ejournal.unwahas.ac.id/index.php/abdimasper/article/view/1148>
- Permentan. (2011). Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia/SR.140/10/2011 Tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati Dan Pembenah Tanah. In *Permentan*.
- Ranesa, S. S., & Tejowulan, R. S. (2024). Efek Kandungan Bahan Organik Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Cabai pada Kondisi Stres Air. 1(1), 79–86.
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural Sustainability and intensive Production Practices. *Nature*, 418(6898), 671–677.