

## Optimasi Pemanfaatan Limbah Ternak Sapi sebagai Pupuk Organik Plus di Kelompok Tani Duta Tani Kecamatan Makroman

La Mudi<sup>1\*</sup>, Rusmini<sup>1</sup>, Andi Lelanovitasari Sardianti<sup>1</sup>, Riama Rita Manullang<sup>1</sup>, Faradilla<sup>1</sup>, Haryatie Sarie<sup>1</sup>, Nur Hidayat<sup>1</sup>, Andi Lisnawati<sup>1</sup>, Eva Nurmarini<sup>1</sup>, Arsy Aysyah Anas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Samarinda, Indonesia

<sup>2</sup>Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia

[\\*lamudi89@gmail.com](mailto:*lamudi89@gmail.com)

### ABSTRAK

Pemanfaatan limbah kotoran ternak di Kelompok Tani Duta Tani, Desa Makroman, masih belum optimal karena keterbatasan pengetahuan dan keterampilan petani dalam mengolahnya. Limbah yang seringkali dibiarkan menumpuk ini menimbulkan risiko lingkungan, padahal dapat diolah menjadi pupuk organik plus (padat dan cair) yang mampu meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas tanaman. Program pengabdian masyarakat ini dilaksanakan dengan metode Pengembangan Masyarakat (Community Development), melalui tahapan sosialisasi, pelatihan, penerapan teknologi mikroba multifungsi, pendampingan, dan evaluasi. Hasil yang diharapkan tidak hanya meningkatkan produksi pertanian tetapi juga dapat memperkuat kelembagaan petani secara sosial, mengurangi biaya produksi secara ekonomi, dan mengurangi pencemaran lingkungan. Keberlanjutan program dipastikan melalui pendampingan berkelanjutan dan potensi pengembangan kelompok tani sebagai desa percontohan. Data dari kegiatan menunjukkan bahwa petani saat ini telah siap untuk mengolah limbah ternak menjadi pupuk organik berkualitas tinggi, ramah lingkungan, dan bernilai ekonomis. Hal ini tercermin dari peningkatan pengetahuan, sikap, dan keterampilan petani yang signifikan setelah dilakukan kegiatan sosialisasi dan pelatihan. Para petani juga mulai menyadari potensi ekonomi dari produksi pupuk organik plus, tidak hanya sebagai sarana pengurangan limbah tetapi juga sebagai usaha pertanian berkelanjutan.

**Kata Kunci:** Pupuk Plus, Biourin, Biodekomposer, Biofertilizer

### ABSTRACT

The utilization of cattle manure waste in the Duta Tani Farmer Group, Makroman Village, remains suboptimal due to farmers' limited knowledge and skills in processing it. The waste, often left to accumulate, poses environmental risks, whereas it could be converted into organic fertilizer plus (solid and liquid) that improves soil fertility and crop productivity. The community service program was implemented using the Community Development method, through stages of socialization, training, application of multifunctional microbial technology, mentoring, and evaluation. The outcomes are expected not only to enhance agricultural production but also to strengthen farmer institutions socially, reduce production costs economically, and mitigate environmental pollution. Program sustainability is ensured through continuous mentoring and the potential development of the farmer group as a model village. Data from the activities indicate that farmers are now prepared to process livestock waste into high-quality, environmentally friendly, and economically valuable organic fertilizers. This is reflected in the significant improvement in farmers' knowledge, attitudes, and skills after socialization and training activities. Farmers have also begun to recognize the economic potential of organic plus fertilizer production, not only as a means of waste reduction but also as a sustainable farming enterprise.

**Keywords:** Fertilizer Plus, Biourine, Biodecomposer, Biofertilizer

## 1. Pendahuluan

Kelurahan Makroman merupakan salah satu sentra pengembangan kawasan pertanian di Kota Samarinda. Upaya untuk pengembangan pertanian melalui sektor agribisnis, Pemerintah Kota Samarinda menetapkan kawasan agribisnis di Kota Samarinda, dengan memperhatikan daya dukung dan ketersediaan potensi sumber daya pada lahan dimaksud. Sesuai dengan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Tahun 2021-2026 Kecamatan Sambutan, merupakan kawasan pertanian dengan luas  $\pm 3170,53$  ha yang tersebar di Kelurahan Lempake, Sungai Siring, Tanah Merah, Makroman, Pulau Atas, Sungai Kapih, Sambutan dan Sindang Sari (Renstra Kecamatan Sambutan, 2021). Sejalan dengan upaya RPJMD tersebut, maka salah satu Kelompok Tani (PokTan) Duta Tani. Kelompok Tani (PokTan) Duta Tani Makroman merupakan salah satu kelompok tani yang bergerak pada bidang tanaman pangan dan hortikultura. Kelompok tani ini telah berdiri sejak tahun 2018 yang hingga saat ini beranggotakan 25 orang. Dalam menunjang usaha pertanian bidang tanaman pangan dan hortikultura, beberapa petani juga memelihara ternak. Namun, dalam pelaksanaannya limbah kotoran ternak yang dihasilkan dan cukup melimpah belum memanfaatkan secara optimal. Pemanfaatan kotoran sapi masih terbatas pada penggunaan secara langsung sebagai pupuk dasar di lahan pertanian tanpa pengolahan atau dekomposisi secara alami sehingga dianggap masih kurang efektif dan efisien.

Guna mengoptimalkan produksi tanaman, maka kegiatan ini terintegrasi dengan penggunaan pupuk organik plus. Pupuk organik plus dapat berasal dari limbah ternak masyarakat. Limbah ternak di lokasi mitra cukup melimpah untuk mendukung kebutuhan petani. Limbah pupuk kandang sapi mencapai  $15 \text{ kg/hari}^{-1}$ . Jumlah ternak sapi di lokasi mitra sebanyak 28 ekor sapi (sapi Limosin maupun sapi Bali) dapat menghasilkan limbah ternak hingga mencapai  $420 \text{ kg/hari}^{-1}$ . Sementara kotoran ternak kambing mencapai  $0.4 \text{ kg/hari}^{-1}$ , sehingga dalam sehari kambing yang berjumlah 38 ekor dapat menghasilkan kotoran sebanyak  $15.2 \text{ kg/hari}^{-1}$ . Selain itu juga, urin sapi yang dihasilkan cukup banyak hingga mencapai  $224 \text{ liter/hari}^{-1}$ . Banyaknya limbah ini tentunya akan menimbulkan masalah terhadap lingkungan karena aroma yang tidak sedap bagi pernafasan, padahal limbah tersebut dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik yang dapat mendukung produksi tanaman budidaya (Olenska et al., 2020; Khaeruni et al., 2021; Fadillah et al., 2021). Melalui kegiatan ini kotoran ternak tersebut, dapat dimanajemen oleh petani sendiri sebagai pupuk organik plus yang akan diintegrasikan dengan agens hayati multifungsi yang berperan sebagai bioaktivator, biofertilizer dan bioprotektan (Sutariati et al., 2021; Rusmini et al., 2024). Lebih lanjut dilaporkan bahwa, mikroba yang diintegrasikan mampu menghasilkan hormon tumbuh (Haerani et al., 2021; Carlos et al., 2016; Li et al., 2021; Haran et al., 2019; Sonia et al., 2022), mampu melarutkan fosfat (Karpagam & Nagalakshmi, 2014; Li et al., 2019; Rawat et al., 2021) dan memfiksasi nitrogen (Sutariati et al., 2021; Tang et al., 2018; Jha & Saraf, 2014). Selain itu, pupuk tersebut dapat digunakan untuk meningkatkan produksi tanaman pangan dan hortikultura sehingga dapat mendukung RPJMD kota Samarinda.

Tujuan pengusulan PKM ini yaitu: 1) untuk mengoptimalkan pemanfaatan limbah kotoran sapi melalui pengolahan menjadi pupuk organik plus yang berkualitas dan ramah lingkungan. 2) untuk memberikan pengetahuan dan pemahaman terkait analisis usaha tani dan strategi pemasaran produk.

Pelaksanaan kegiatan ini juga berkaitan dengan *Sustainable Development Goals* (SDG's) yaitu berupa rencana aksi global untuk mengakhiri kemiskinan, mengurangi kesenjangan dan melindungi bumi guna mencapai tujuan, antara lain: pencapaian

SDG 2: Guna meningkatkan produksi pangan melalui bibit unggul dan pemupukan organik yang meningkatkan hasil panen; SDG 12: Guna mendorong penggunaan sumber daya lokal (limbah ternak) dan sistem pertanian berkelanjutan (GAP); SDG 13: Guna mengurangi mengurangi emisi karbon dari pupuk kimia dan limbah ternak yang tidak terkelola dan SDG 15: Guna menjaga kesehatan tanah dan ekosistem dengan mengurangi pencemaran akibat limbah dan bahan kimia pertanian.

Selain terkait dengan SDG's, kegiatan ini juga terkait dengan program Asta Cita. Asta Cita merupakan delapan program unggulan strategis yang dicanangkan pemerintah yang bertujuan untuk mewujudkan Indonesia yang maju dan makmur. Oleh karena itu keterkaitan program PKM ini dengan program Asta Cita diantaranya Asta Cita 2: guna mewujudkan kualitas hidup manusia Indonesia yang tinggi, maju, dan sejahtera melalui peningkatan hasil dan kualitas produksi pertanian berkelanjutan; Asta Cita 6: guna meningkatkan produktivitas rakyat dan daya saing di pasar internasional, melalui pemanfaatan limbah lokal menjadi nilai ekonomi dan mengurangi ketergantungan pada input eksternal.

## 2. Masalah

Permasalahan yang timbul akibat kurang optimalnya pemanfaatan limbah ternak di lokasi mitra disebabkan oleh kurangnya pengetahuan dan keterampilan mitra dalam pemanfaatan limbah sebagai pupuk organik (hasil survey dan wawancara, 20 Maret 2025). Aspek prioritas permasalahan utama yang dihadapi oleh mitra saat ini terletak pada rendahnya pengetahuan dan keterampilan teknis pemanfaatan pupuk organik dari limbah kotoran ternak baik limbah padat maupun limbah cair (urine sapi), guna meningkatkan produktivitas tanaman per satuan luas lahan. Kegiatan ini juga memberikan dampak positif terhadap aspek sosial, melalui terbentuknya komunitas tani yang solid dan aktif, serta meningkatnya kerja sama petani. Dari aspek ekonomi, petani tidak hanya memperoleh hasil panen optimal, tetapi juga dapat mengurangi biaya produksi melalui pemanfaatan limbah kotoran ternak, yang belum dimanfaatkan secara optimal. Hal ini memberikan nilai tambah tersendiri bagi petani, karena dapat menekan penggunaan pupuk anorganik. Dampak positif dari sisi lingkungan, yaitu berdampak terhadap sistem pertanian yang lebih ramah lingkungan menjadi pupuk organik padat maupun cair sehingga mengurangi pencemaran lingkungan, terutama pencemaran air dan udara akibat penumpukan limbah. Dampak positif dari Pendidikan berupa transfer teknologi melalui pelatihan pengolahan pupuk organik akan menjadi sarana pembelajaran bagi mitra secara berkelanjutan.

## 3. Metode

Kegiatan PKM ini dilaksanakan di Kelompok Tani Duta Tani Makroman, Jln. Purwobinangun, Kecamatan Sambutan, Kota Samarinda. Kegiatan ini menggunakan metode pendekatan berbasis penyelesaian permasalahan mitra yaitu dengan menggunakan metode *community development*. Metode ini menerapkan pendekatan yang berorientasi kepada pengembangan pemberdayaan masyarakat, dimana masyarakat sebagai subyek, obyek pembangunan, dan keterlibatan secara langsung dalam berbagai kegiatan PKM yang dilaksanakan untuk tujuan memudahkan dalam pelaksanaan dan realiasi kegiatan sehingga optimasi pemanfaatan limbah ternak sebagai pupuk organik plus (padat dan cair) dapat tercapai secara optimal dan berkelanjutan. Kegiatan ini dilaksanakan dalam berbagai tahapan yaitu sebagai berikut:

### 3.1. Sosialisasi Kegiatan

Kegiatan sosialisasi dilakukan pada awal kegiatan pengabdian, berupa pemberian informasi kepada mitra terkait kegiatan PKM yang akan dilaksanakan, tujuan kegiatan, tahapan pelaksanaan, dan jadwal pelaksanaan kegiatan berdasarkan kesepakatan antara tim pengusul dan mitra. Pada kegiatan sosialisasi ini diharapkan mitra dapat memahami kegiatan PKM yang akan dilakukan dan termotivasi untuk melaksanakan setiap tahapan kegiatan yang telah disepakati agar terwujud tujuan kegiatan. Sosialisasi yang dilakukan yaitu berupa pengolahan limbah kotoran sapi dan urin sapi sebagai pupuk organik plus.



**Gambar 1.** Limbah kotoran ternak di lokasi mitra

### 3.2. Pelatihan dan Pendampingan

Kegiatan pelatihan dan pendampingan pada program PKM ini yaitu sebagai berikut:

- Pelatihan dan pendampingan produksi pupuk organik plus dari limbah ternak mulai dari bahan dan cara pengolahan pupuk sehingga akan menghasilkan pupuk organik (padat dan cair) dengan fungsi ganda dan siap aplikasi pada lahan budidaya.
- Pelatihan dan pendampingan pembuatan perencanaan analisis usaha tani dan strategi pemasaran produk.



**Gambar 2.** Kegiatan pelatihan

### 3.3. Penerapan Teknologi

Teknologi yang digunakan pada kegiatan PKM ini berupa pemanfaatan mikroba sebagai biodekomposer. Selain itu, mikroba yang digunakan ini memiliki peran ganda sebagai pemacu pertumbuhan tanaman dan pengendali hayati. Mikroba multifungsi yang digunakan ini yaitu golongan bakteri, yang diperbanyak dengan menggunakan media TSA yaitu campuran TSB dan agar dan dilarutkan dalam aquades dimasak hingga mendidih dan di sterilkan dalam *autoclave* selama 15 menit. Selanjutnya agens bakteri diperbanyak dengan cara digores pada petri yang berisi TSA padat dan diinkubasi selama 24 jam. Setelah 24 jam koloni bakteri disuspensikan hingga

mencapai kerapatan  $10 \text{ cfu ml}^{-1}$  (Mudi et al., 2023). Bakteri yang telah disuspensikan selanjutnya di perbanyak secara masal dengan bantuan molase (agar dapat diakses oleh mitra).

Pupuk organik limbah kotoran ternak dikumpulkan ( $\pm 400 \text{ kg}$ ) dan arang sekam ( $50 \text{ kg}$ ) diintegrasikan dengan bakteri multifungsi hasil penelitian yang telah diperbanyak sebelumnya. Lalu diaduk hingga rata menggunakan pacul dan sekop dengan ketentuan jika bahan dikepal mudah hancur jika ditekan dengan jari, dan langkah selanjutnya dilakukan fermentasi dengan menggunakan terpal selama 14 hari dengan kriteria pupuk organik berwarna coklat kehitaman dan aroma berbau tanah. Sementara produksi pupuk cair plus dengan menggunakan urin sapi ( $30 \text{ liter}$ ) dan kotoran sapi segar ( $5 \text{ kg}$ ), akuades ( $20 \text{ liter}$ ),  $10 \text{ kg}$  limbah kulit buah nanas (cacahan kulit buah), limbah cair pengolahan tahu ( $20 \text{ liter}$ ), bakteri multifungsi ( $5 \text{ liter}$ ) dan molase sebagai starter bakteri. Selanjutnya diaduk dan difermentasi dalam wadah dengan fermentor sederhana menggunakan botol aku dan selang. Proses permentasi dilakukan selama 21 hari dengan indikator aroma telah berbau tape, atau terdapat benang-benang halus (hifa) diatas permukaan pupuk organik cair.

### 3.4. Pendampingan dan Evaluasi

Monitoring dilakukan dengan mengecek seluruh tahapan kegiatan agar berjalan optimal. Pada kegiatan ini juga dilakukan pencacatan terkait dengan permasalahan yang dihadapi mitra terkait pelaksanaan program. Selanjutnya dilakukan tahap evaluasi program dengan:

- Pendampingan dan evaluasi terkait produksi pupuk organik plus dari limbah ternak (padat dan cair) mulai dari bahan dan cara pengolahan pupuk sehingga akan menghasilkan pupuk organik plus (padat dan cair) dengan fungsi ganda dan aplikasinya dilakukan melalui lembar kuisisioner (indikator keberhasilan/kemampuan/pemahaman 85%).
- Pendampingan dan evaluasi terkait pembuatan perencanaan usaha tani dan perhitungan analisis usaha tani serta strategi pemasaran produk dengan memberikan kuisisioner perencanaan usaha tani.

### 3.5. Keberlanjutan Program

Guna mendukung keberlanjutan program maka dilakukan pendampingan secara berkelanjutan pasca pelaksanaan program baik secara langsung maupun melalui komunikasi daring serta diberikan *leaflet* sederhana terkait produksi pupuk limbah ternak, sehingga dapat diduplikasi dengan mudah oleh mitra. Lebih lanjut juga, dapat dilakukan kerjasama lanjutan dengan pihak mitra agar menjadi lokasi desa binaan kampus.

## 4. Hasil dan Pembahasan

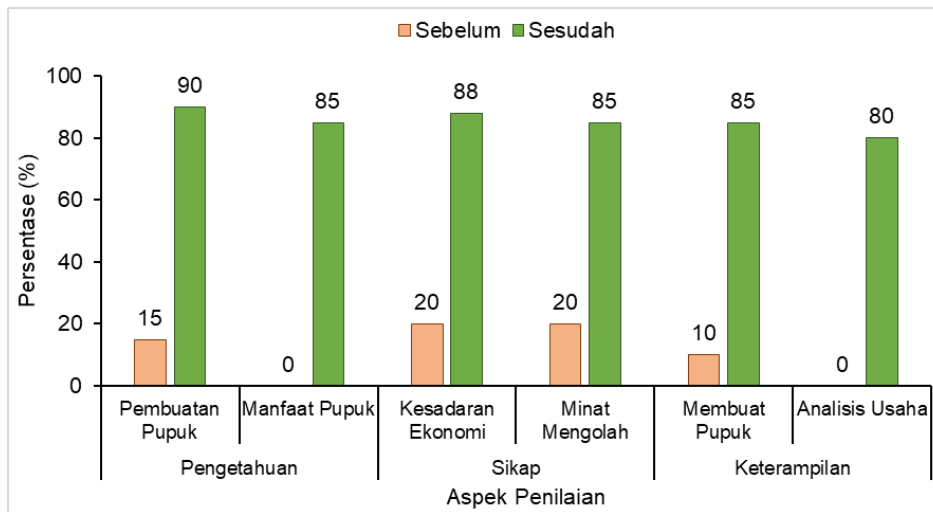
Keberhasilan program PKM ini dapat diukur dengan peningkatan pengetahuan dan keterampilan petani terkait pengolahan pupuk organik plus (padat dan cair), cara perhitungan analisis usaha tani dan strategi pemasarannya. Berdasarkan hasil pelaksanaan kegiatan PKM, maka pada kegiatan ini diperoleh sebanyak  $\pm 300 \text{ kg}$  pupuk organik plus (padat) dari limbah kotoran sapi. Pupuk cair plus yang dihasilkan sebanyak  $\pm 80 \text{ liter}$ . Kegiatan pengabdian bersama Kelompok Tani Duta Tani Makroman dievaluasi melalui wawancara dan kuesioner kepada peserta. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa kegiatan pemanfaatan limbah kotoran sapi menjadi

pupuk organik plus memberikan dampak positif, baik dari sisi pengetahuan, sikap, maupun keterampilan petani.

**Tabel 1.** Perbandingan sebelum dan sesudah dilakukan pelatihan

Aspek	Sebelum Kegiatan	Sesudah Kegiatan
Pengetahuan	±15% peserta mengetahui cara mengolah kotoran sapi menjadi pupuk organik.	±90% peserta memahami tahapan pembuatan pupuk organik plus.
Sikap	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (±20%) masih menganggap kotoran sapi hanya limbah dan belum bernilai ekonomi.</li> <li>- Minat untuk mengolah rendah karena dianggap rumit.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ±88% peserta memiliki kesadaran bahwa limbah ternak bernilai ekonomi.</li> <li>- Minat mengolah meningkat dengan dukungan kelompok tani.</li> </ul>
Keterampilan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ±10% mampu membuat pupuk organik sederhana.</li> <li>- Belum ada yang menghitung biaya dan potensi keuntungan usaha pupuk organik.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ±85% mampu mempraktikkan pembuatan pupuk organik plus.</li> <li>- ±80% mampu melakukan pencatatan biaya dan menganalisis potensi keuntungan usaha pupuk.</li> </ul>

Sumber: Data primer (2025)



**Gambar 3.** Grafik perbandingan sebelum dan sesudah pelatihan pupuk organik plus

Berdasarkan data pada Tabel dan Gambar di atas, diperoleh hasil analisis kuisioner bahwa kegiatan penyuluhan dan pelatihan pembuatan pupuk secara signifikan dapat dipahami oleh mitra. Hal ini didukung oleh proses pembuatan pupuk organik plus padat yang hanya mencapai 14 hari telah matang, sementara pupuk organik cair plus juga telah jadi pada umur 14 hari. Cepatnya proses ini didukung oleh kemampuan mikroba yang digunakan yang mempunyai peran sebagai biodekomposer (Rusmini et al., 2024). Selain itu, pupuk ini juga dapat berperan sebagai pemacu pertumbuhan (Alemneh et al., 2022; Noureen, et al., 2024; Xu et al., 2024) dan siklus hara (Karpagam & Nagalakshmi, 2014; Li, Zhang et al., 2019; Rawat et al., 2021; Siddiqui et al., 2021; Widawati, 1970).



**Gambar 4.** Pengolahan pupuk organik plus (padat)

Keterangan: a. pengumpulan limbah ternak; b. persiapan biodekomposer multifungsi; c. proses pencampuran bahan, d. Pupuk cair yang telah matang

Pada gambar di atas, proses pembuatan pupuk organik plus (pupuk padat), yang dimulai dari pengumpulan limbah kotoran sapi, persiapan dekomposer multifungsi, dilanjutkan dengan pencampuran bahan limbah kotoran sapi, serbuk arang sekam dan bakteri multifungsi hingga tercampur merata, selanjutnya dilakukan fermentasi hingga pupuk matang.



**Gambar 5.** Pembuatan pupuk organik cair plus

Keterangan: a. urin sapi; b. pencacahan limbah kulit buah nanas; c. pencampuran bahan, d. pupuk cair yang telah jadi

Hasil PKM pada di atas menunjukkan proses pembuatan pupuk organik cair plus, diawali dengan proses pengumpulan urin sapi, proses pencacahan limbah kulit nanas, proses pencampuran bahan (urin sapi, limbah kulit nanas, molase, dan air) dialnjutnya dengan pengadukan bahan dan proses fermentasi hingga terbentuk hifa berwarna keputihan diatas permukaan pupuk cair plus.

Dari data pelatihan terlihat bahwa pengetahuan, sikap, dan keterampilan petani meningkat signifikan setelah mendapatkan pendampingan pembuatan pupuk organik plus. Limbah kotoran sapi yang sebelumnya belum termanfaatkan secara optimal kini dapat diolah menjadi pupuk organik plus dengan tambahan bahan hayati (bioaktivator mikroba multifungsi). Peningkatan keterampilan membuat pupuk menunjukkan adanya transfer teknologi pengolahan limbah menjadi produk pupuk bernilai ekonomi. Menurut Sutanto (2020), pengolahan limbah ternak menjadi pupuk organik dapat meningkatkan kandungan hara tanah, memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, serta mengurangi ketergantungan pada pupuk anorganik.



**Gambar 6.** Monitoring dan evaluasi pembuatan pupuk

## 5. Kesimpulan

Kegiatan PKM yang dikerjakan bersama Kelompok Tani (PokTan) Duta Tani Makroman berhasil meningkatkan kemampuan mitra dalam mengolah limbah kotoran sapi menjadi pupuk organik plus (padat maupun cair) serta meningkatkan pemahaman analisis usaha tani dan pemasaran. Melalui pelatihan, dihasilkan  $\pm 300$  kg pupuk padat dan  $\pm 80$  l pupuk cair, yang mengindikasikan bahwa pemanfaatan limbah yang lebih optimal. Evaluasi kegiatan juga menunjukkan bahwa, terjadi peningkatan pengetahuan dari 15% menjadi 90%, perubahan sikap dari 20% menjadi 88%, dan keterampilan dari 10% menjadi 85%, termasuk kemampuan analisis usaha tani hingga mencapai 80%. Secara keseluruhan, program ini memberikan dampak nyata dengan meningkatkan pemanfaatan limbah, menekan biaya produksi, serta mendorong kemandirian dan keberlanjutan usaha petani.

## Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih kami ucapkan kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi, melalui pendanaan Program Pengabdian kepada Masyarakat skema Pemberdayaan Berbasis Masyarakat Ruang Lingkup Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat tahun anggaran 2025 yang telah membiayai pelaksanaan kegiatan ini. Kepada Politeknik Pertanian Negeri Samarinda dan Kelompok Tani Duta Tani Kelurahan Makroman yang telah memberikan ruang untuk pelaksanaan kegiatan.

## Daftar Pustaka

- Alemneh, A. A., Zhou, Y., Ryder, M. H., & Denton, M. D. (2022). *Soil Environment Influences Plant Growth-Promotion Traits of Isolated Rhizobacteria*. *Pedobiologia*, 90, 150785. <https://doi.org/10.1016/J.PEDOBI.2021.150785>
- Carlos, M. H. J., Stefani, P. V. Y., Janette, A. M., Melani, M. S. S. & Gabriela, P. O. (2016). *Assessing the Effects of Heavy Metals in ACC Deaminase and IAA Production on Plant Growth Promoting Bacteria*. *Microbiol Res.*188–189:53–61. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2016.05.001>
- Fadillah, N., Sutariati, G. A. K., Rakian, T. C. (2021). Efektivitas Kombinasi Pupuk Organik Plus dan Anorganik Berbasis LEISA terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bawang Merah. *Jurnal Agrotech*. Vol. 11.

- Haerani, N., Syam'un, E., Rasyid, B., & Haring, F. (2021). *Isolation and Characterization of n-fixing and Iaa Producing Rhizobacteria from Two Rice Field Agro-Ecosystems in South Sulawesi, Indonesia*. Biodiversitas. 22(5):2497–503.
- Haran, M. S. & Thaher, A. T. (2019). *Efficiency of Phosphate Solubilizing Bacteria Isolated from Different Regions in Dissolving of the Insoluble Phosphate and the Activity of Phosphatase Enzyme*. International Journal of Botany:122–7.
- Jha, C. K., & Saraf, M. (2014). *Plant Growth Promoting Rhizobacteria*. J Plant Nutr. 37(14):2227–35.
- Karpagam, T., & Nagalakshmi, P. K. (2014). *Isolation and Characterization of Phosphate Solubilizing Microbes from Agricultural Soil*. Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci (Vol. 3). Retrieved from <http://www.ijcmas.com>.
- Khaeruni, A., Sulqifly, Wijayanto, T., Sutariati, G. A. K., Hemon, T., Satrah, V.N. et al. (2021). *Compatibility of Biofresh and Agrisoj Biological Agents in Various Types of Organic Materials Against Increased Resistance to Mosaic Virus and Soy Productivity in Ultisol Land*. in: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing Ltd; 2021.
- Li, K. S., Zeghbrock, J. V., Liu, Q., Zhang, S. (2021). *Isolating and Characterizing Phosphorus Solubilizing Bacteria from Rhizospheres of Native Plants Grown in Calcareous Soils*. Front Environ Sci. 9 (December):1–6.
- Li, Y., Zhang, J., Zhang, J., Xu, W., & Mou, Z. (2019). *Characteristics of Inorganic Phosphate-Solubilizing Bacteria from the Sediments of a Eutrophic Lake*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(12). <https://doi.org/10.3390/ijerph16122141>
- Mudi, L., Rusmini, Sutariati, G. A. K., Rakian, T. C., & Yusuf, M. (2023). *Aplikasi Rizobakteri Asal Rizosfer Kelapa Sawit terhadap Vigor Benih Padi*. Jurnal Agrotek Tropika. 24:11(3).
- Noureen, S., Iqbal, A., & Muqet, H. A. (2024). *Potential of Drought Tolerant Rhizobacteria Amended with Biochar on Growth Promotion in Wheat*. Plants, 13(9). <https://doi.org/10.3390/plants13091183>
- Oleńska, E., Małek, W., Wójcik, M., Swiecicka, I., Thijs, S., & Vangronsveld, J. (2020). *Beneficial Features of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria for Improving Plant Growth and Health in Challenging Conditions: A Methodical Review Science of the Total Environment*. Vol. 743, 140682 p. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140682>
- Rawat, P., Das, S., Shankhdhar, D., & Shankhdhar, S. C. (2021). *Phosphate-Solubilizing Microorganisms: Mechanism and Their Role in Phosphate Solubilization and Iptake*. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 21(1), 49–68. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00342-7>
- Rusmini, Mudi, L., Abidin, Z., & Anwar, R. (2024). *Potential of bacteria from goat rumen as growth promoters, nitrogen fixation, phosphate solubilizers, and biological controllers*. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 55(3), 1. <https://doi.org/10.62321/issn.1000-1298.2024.03.01>
- Siddiqui, A. R., Shahzad, S. M., Ashraf, M., Yasmeen, T., Kausar, R., Albasher, G., Shakoor, A. (2021). *Development and Characterization of Efficient K-Solubilizing Rhizobacteria and Mesorhizobial Inoculants for Chickpea*. Sustainability (Switzerland), 13(18). <https://doi.org/10.3390/su131810240>
- Sonia, A. V., & Setiawati, T. C. (2022). *Aktivitas Bakteri Pelarut Fosfat terhadap Peningkatan Ketersediaan Fosfat pada Tanah Masam*. Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi. 15(1):44–53.
- Sutanto, R. (2020). *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Kanisius. Yogyakarta.
- Sutariati, G. A. K., Khaeruni, A., Madiki, A., Mudi, L., Aco, A., Ramadhani, S. A., et al. (2021). *Effectiveness of Endo-Rhizobacteria as Growth Promoters and Biological*

- Control of Moler Disease in Shallots (Allium ascalonicum L.)*. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing Ltd; 2021.
- Sutariati, G. A. K., Rahni, N. M., Madiki, A., Mudi, L., Guyasa, I. M., & Zahrma. (2020). *Characterization of Endophytic-Rhizobacteria from Areca Nut Rhizosphere to Dissolve Phosphates, Nitrogen Fixation of IAA Hormone Synthesis*. Pakistan Journal of Biological Sciences.23(3):240.
- Tang, A., Haruna, A. O., & Majid, N. M. A. (2018). *Potential PGPR Properties of Cellulolytic, Nitrogen Fixing, and Phosphate-Solubilizing Bacteria of a Rehabilitated Tropical Forest Soil*. BioRxiv. 2018;122.
- Widawati, S. (1970). *Diversity and Phosphate Solubilization by Bacteria Isolated from Laki Island Coastal Ecosystem*. Biodiversitas Journal of Biological Diversity, 12(1), 17–21. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d120104>
- Xu, Y., Wang, W., Wang, H., Tian, Y., Yue, Z., Li, C., Zhang, R. (2024). *Hydrolysis Products of Agricultural Waste can Serve as Microbial Fertilizer Enhancers to Promote the Growth of Maize Crops*. Frontiers in Plant Science, 15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1405527>

**Copyright holder :**

©The Author(s)

**First publication right :**

Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat Membangun Negeri

**This article is licensed under:**

CC-BY-SA