

Original Research Paper

Pemberdayaan Petani dengan Teknologi Reaktor Pirolisis Biohayati Sekam Padi di Lahan Gambut Desa Ganesha Mukti, Banyuasin

Santa Maria Lumabantoruan^{1*}, Primayoga Harsana¹, Fitri Ramadhani¹, Muhardianto Cahya¹, Habibulloh¹

¹(Universitas Sriwijaya Fakultas Pertanian. Jalan Raya Palembang-Prabumulih Km 32, Indralaya, Ogan Ilir 30662, Sumatera Selatan, Indonesia. Tel./fax.: +62-711-580276

DOI: <https://doi.org/10.29303/jpmi.v8i3.12968>

Sitasi: Lumabantoruan, S. M., Harsana, P., Ramadhani, F., Cahya, M., & Habibulloh. (2025). Pemberdayaan Petani dengan Teknologi Reaktor Pirolisis Biohayati Sekam Padi di Lahan Gambut Desa Ganesha Mukti, Banyuasin. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 8(3)

Article history

Received: 7 Mei 2025

Revised: 20 September 2025

Accepted: 30 September 2025

*Corresponding Author: santa maria lumabantoruan, universitas sriwijaya,Palembang, Sumatera
Email:

Santamarialumbantoruan@fp.unsri.ac.id

Abstract: Ganesha Mukti Village, located in Banyuasin Regency, is a peatland-based agricultural area facing challenges such as low soil fertility and high acidity. This community service initiative aims to empower farmers through the application of a bio-pyrolysis reactor using rice husks as feedstock, offering a solution for agricultural waste management and soil quality improvement. Activities included focus group discussions (FGDs), technical training, equipment demonstrations, and participatory evaluations. Results showed a significant increase in farmers' understanding—from 30–60% (pre-test) to 80–85% (post-test)—and 77.5% of participants expressed readiness to operate the technology independently. The bio-pyrolysis reactor produces two main outputs: biochar and liquid smoke, both of which serve as soil ameliorants and environmentally friendly inputs for peatland farming. Laboratory analysis revealed that biochar contains substantial macronutrients—nitrogen (0.74–0.91%), phosphorus (0.129–0.174%), and potassium (0.76–0.87%)—comparable to conventional organic fertilizers and chemically more stable, thus enhancing peat soil fertility. Meanwhile, the liquid smoke contains nitrogen (0.16%), phosphorus (0.057%), and potassium (0.001%), which, although low, still contributes as a supplementary nutrient source and functions as a botanical pesticide and eco-friendly pest control agent. The synergy between rice husk-derived biochar and liquid smoke is considered effective in boosting agricultural productivity, reducing dependence on inorganic inputs, and supporting sustainable farming systems on peatlands.

Keywords: Biochar, Focus Group Discussion (FGD), Community, biofertilizer, Component; Formatting; Style; Styling.

Pendahuluan

Desa Ganesha Mukti adalah desa yang di Kecamatan Muara Sugihan Kabupaten Banyuasin yang masyarakatnya 97% bekerja sebagai petani. Kabupaten Banyuasin merupakan kabupaten di

Provinsi Sumatera Selatan yang menjadi sentra penghasil padi terbesar (Amrika, et al., 2023). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) produksi padi di tahun 2022 dan 2023 berturut-turut sebesar 895.259,81 ton dan 915.747,83 ton. Luas wilayah pertanian di Desa Ganesha Mukti

mencapai 1.697 Ha dengan hasil produksi beras putih 4.500 ton/ha, beras merah 600 ton/tahun dan beras hitam 1 ton/tahun. Jenis lahan yang digunakan dalam proses budidaya padi di Desa Ganesha Mukti adalah lahan gambut. Luasnya lahan gambut dan tingginya kebutuhan akan beras menjadi potensi besar dan alasan kenapa masyarakat desa banyak bekerja sebagai petani padi. Teknik budidaya padi dilakukan dengan sistem tabela atau tabur benih langsung yang penanaman dan pemanenannya dilakukan serentak atau bersamaan. Hal ini dilakukan karena masyarakat desa ketika melakukan budidaya tergantung pada kondisi iklim dan ketersedian air. Lahan gambut merupakan lahan yang kaya akan bahan organik namun memiliki beberapa faktor penghambat jika dimanfaatkan sebagai lahan pertanian diantaranya; kemasaman tanah dan air, ketersediaan hara baik makro (NPK) dan mikro essensial yang rendah, rentan kerancuan Al dan Fe, serta effisiensi pemupukan yang rendah (Maftu'ah, et al., 2024).

Budidaya padi di tanah gambut memerlukan pengelolaan yang intens guna meningkatkan kesuburan lahan gambut. Bahan pembenah tanah dibutuhkan guna memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Bahan pembenah tanah selain dolomit yang dapat digunakan bisa diperoleh dari limbah industry seperti steel slag, fly ash dan bottom ash (Maftu'ah, et al., 2024) dan limbah organik pertanian (dedak, sekam dan kotoran ternak) (Purnamasari, et al., 2024). Limbah pertanian budidaya padi yang banyak dihasilkan adalah jerami dan sekam padi. Jerami padi banyak dimanfaatkan oleh petani sebagai tambahan bahan pembenah yang langsung ditabur dilahan atau langsung dibenamkan ke tanah dengan bantuan mesin combain ketika proses pemanenan. Sedangkan sekam padi dibakar secara manual dan sering disebut sebagai sekam bakar. Berdasarkan penelitian (Arwati & Sukadi, 2025), pemberian arang sekam dengan dosis 4-5 ton/ ha mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman padi dan hasil mencapai 7- 8 ton/ha GKG. Sayangnya, limbah ini belum dimanfaatkan secara optimal dan sering kali dibakar secara terbuka, menimbulkan polusi udara serta kehilangan potensi bahan organic yang seharusnya dapat dikembalikan ke tanah.

Teknologi pirolisis biohayati dimanfaatkan sebagai pendekatan inovatif dan kontekstual untuk

mengelola limbah pertanian dan peningkatan kualitas tanah gambut. Pirolisis adalah proses pembakaran dengan minim oksigen yang mengubah biomassa menjadi biochar, gas, dan asap cair. Biochar sekam padi yang dihasilkan diperkaya dengan pemberian pupuk hayati agar dapat meningkatkan kualitas biochar sekam padi. Dengan kandungan mikroorganisme yang terdapat dalam pupuk hayati mampu meningkatkan ketersedian unsur hara terutama di tanah marginal seperti tanah gambut.

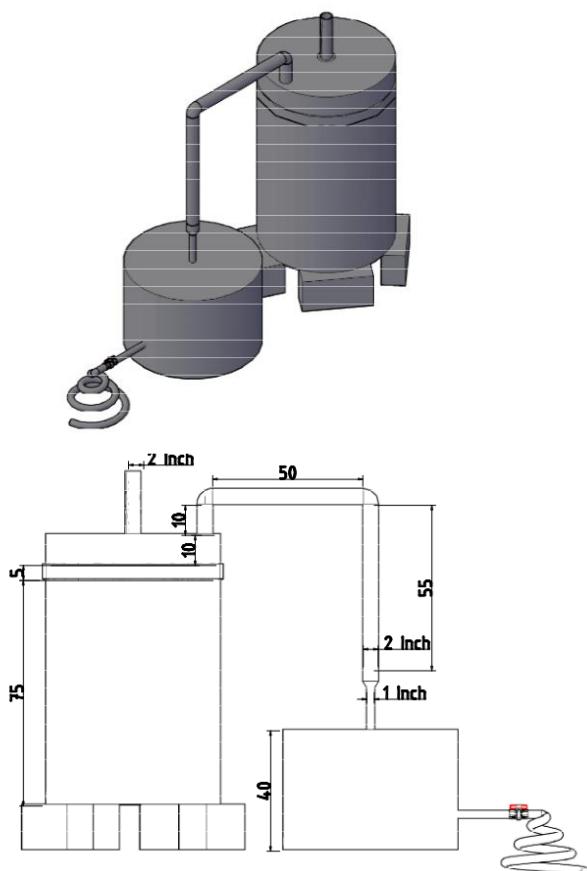
Penggunaan pupuk hayati yang tepat dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah gambut secara berkelanjutan (Lumbantoruan & Anggraini, 2021). Biochar merupakan bahan organik yang memiliki sifat stabil dan dapat dijadikan pembenah tanah. Biochar mampu bertahan lama didalam tanah dan dapat memperlambat proses dekomposisi oleh mikroorganisme (Iswidayani & Sulhaswardi, 2022). Biochar, sebagai hasil utama dari pirolisis sekam padi, memiliki kapasitas tinggi dalam memperbaiki struktur tanah, meningkatkan retensi air, dan menyediakan habitat mikroba tanah yang bermanfaat. Ketika dikombinasikan dengan pupuk hayati yang mengandung mikroorganisme pelarut fosfat, penambat nitrogen, dan pengurai bahan organik, sinergi antara biochar dan mikroba mampu meningkatkan ketersediaan hara dan memperbaiki kesehatan tanah secara menyeluruh (Lumbantoruan, et al., 2021). Produk lain seperti asap cair dan pestisida nabati juga memberikan alternatif ramah lingkungan untuk pengendalian hama dan penyakit tanaman, sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap pestisida sintetis. Kegiatan pengabdian masyarakat yang dilaksanakan dengan pendekatan partisipatif dan berbasis pemberdayaan. Petani dilibatkan secara aktif dalam setiap tahapan, mulai dari sosialisasi, pelatihan, hingga penerapan teknologi di lapangan. Reaktor pirolisis yang digunakan dirancang secara sederhana dan ekonomis agar dapat dioperasikan oleh petani dengan latar belakang pendidikan dasar.

Metode

Kegiatan dilaksanakan pada tanggal 27-29 Juli 2025 di Desa Ganesha Mukti, Kecamatan Muara Sugian, Kabupaten Banyuasin, Sumatera

Selatan. Wilayah ini merupakan kawasan transmigrasi dengan dominasi lahan gambut yang digunakan untuk budidaya padi. Alat yang digunakan pada teknologi ini adalah pembakaran pirolisis dengan cara pembakaran biomassa yang dibakar dalam oksigen terbatas. Pada bahan baku sekam padi proses pembuatan sekam bakar dilaksanakan pada suhu 250-4000C selama kurang lebih 4 jam. Reaktor pada tabung utama memiliki kapasitas 100-200 kg untuk menghasilkan 50-100 kg biochar serta dapat menghasilkan asap cair sebanyak 10-20 L.

Desain alat teknologi reaktor pirolisis

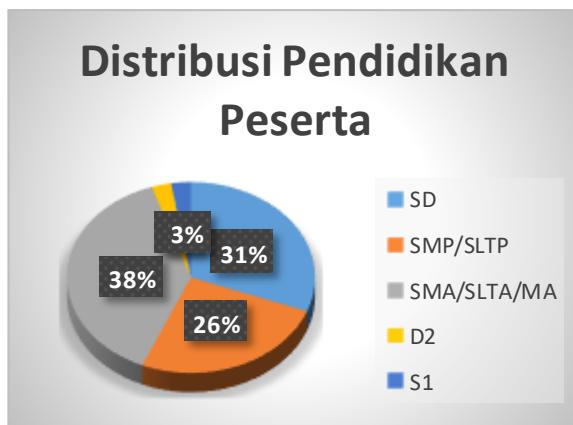
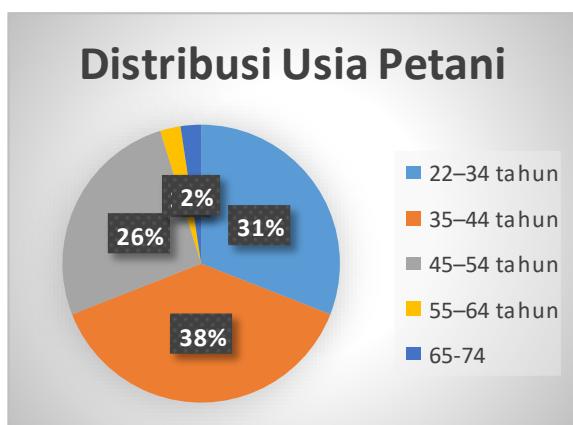


Hasil biochar yang dihasilkan dikombinasikan dengan pupuk hayati mikoriza untuk meningkatkan hadar hara. Dengan pemberian Pupuk hayati

mikoriza dapat meningkatkan serapan hara dengan peningkatan zona luasnya perakaran. Pupuk hayati mikoriza juga mampu meningkatkan ketersedian hara P di dalam tanah. Kombinasi biochar dan pupuk hayati ini dikenal sebagai biohayati. Sehingga diharapkan mampu meningkatkan kesuburan tanah gambut yang berdampak pada peningkatan produksi tanaman. Desain alat teknologi reaktor pirolisis

Kegiatan pengabdian ini mengelola tantangan agronomis di lahan gambut Desa Ganesha Mukti, Kabupaten Banyuasin, dengan pendekatan partisipatif berbasis teknologi tepat guna. Rendahnya kesuburan tanah, tingginya kemasaman, serta belum optimalnya pemanfaatan limbah sekam padi menjadi fokus utama intervensi. Solusi yang ditawarkan adalah penerapan teknologi reaktor pirolisis biohayati yang mampu mengubah sekam padi menjadi biochar, sekaligus menghasilkan produk sampingan berupa asap cair dan pestisida nabati. Biochar yang dihasilkan diperkaya dengan pupuk hayati berbasis mikoriza, sehingga berfungsi sebagai amelioran tanah yang meningkatkan kapasitas retensi air, ketersediaan unsur hara, dan aktivitas biologis tanah. Teknologi reaktor pirolisis dirancang secara modular dan sederhana agar dapat dioperasikan secara mandiri oleh petani, dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya dan akses teknologi di tingkat desa. Selain aspek teknis, pendekatan edukatif dilakukan melalui diskusi kelompok terfokus (FGD), pelatihan langsung, dan demonstrasi alat. Dengan demikian, teknologi reactor pirolisis biohayati tidak hanya berfungsi sebagai solusi agronomis, tetapi juga sebagai instrumen pemberdayaan yang mendorong transformasi peran petani menjadi pelaku inovasi lokal dalam pembangunan pertanian berkelanjutan di lahan gambut.

Hasil dan Pembahasan Profil Responden



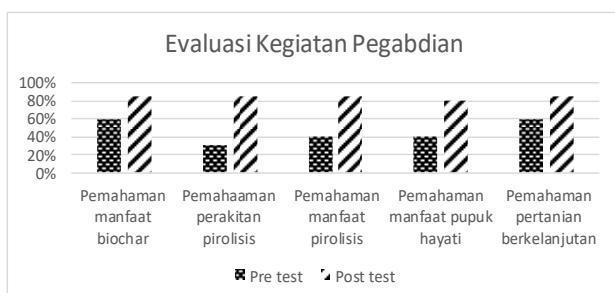
- a. Distribusi Usia Petani b.Distribusi Pendidikan Peserta

Grafik 1. Profil Distribusi Respon Petani
Ganesha Mukti

Kegiatan pengabdian diikuti oleh 40 peserta yang mayoritas adalah petani aktif dengan latar belakang pendidikan SD hingga SLTA. Grafik 1 menunjukkan tingkat pendidikan didominasi oleh SD 31% dan SMA 38%. Usia peserta berkisar antara 22 hingga 74 tahun, dengan pengalaman bertani antara 5-10 tahun lebih. Selain itu, peserta yang mengikuti pengabdian ini didominasi oleh peserta usia produktif 22-34 senilai 31% dan 35-44 Tahun senilai 38%. Sebagian besar peserta mengelola lahan antara 1 hingga 4 hektar, menunjukkan keterlibatan

langsung dalam budidaya padi di lahan gambut.

2. Tingkat Pengetahuan Awal



Pada aspek pemahaman manfaat biochar, persentase pemahaman peserta meningkat dari 60% pada pre-test menjadi 85% pada post-test. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar peserta sebelumnya hanya memiliki pengetahuan dasar, namun setelah kegiatan, mereka lebih memahami peran biochar dalam memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kesuburan, serta menurunkan emisi karbon. Pemahaman terkait perakitan pirolisis menunjukkan peningkatan paling tinggi, yaitu dari 30% menjadi 85%. Hal ini mengindikasikan bahwa pembuatan alat pirolisis masih relatif baru bagi peserta, sehingga pelatihan memberikan dampak nyata dalam membuka wawasan teknis dan aplikatif. Demikian pula, pemahaman manfaat pirolisis meningkat dari 40% menjadi 85%, memperlihatkan bahwa peserta dapat memahami potensi pirolisis dalam menghasilkan biochar dan asap cair yang bermanfaat bagi pertanian.

Aspek pemahaman manfaat pupuk hayati juga mengalami peningkatan yang signifikan, dari 40% pada pre-test menjadi 80% pada post-test. Peningkatan ini menunjukkan bahwa peserta menyadari pentingnya mikroorganisme dalam biochar untuk perbaikan kesuburan tanah. Sementara itu, pemahaman pertanian berkelanjutan meningkat dari 60% menjadi 85%, menegaskan bahwa peserta semakin memahami pentingnya praktik pertanian yang ramah lingkungan untuk

menjaga keberlanjutan ekosistem. Secara keseluruhan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa kegiatan pengabdian berhasil meningkatkan kapasitas pengetahuan peserta. Hal ini sesuai dengan tujuan kegiatan yang tidak hanya memberikan pemahaman teoretis, tetapi juga menekankan aspek praktis dan aplikatif. Dengan demikian, kegiatan ini dapat menjadi model pemberdayaan petani dalam mengadopsi inovasi teknologi biochar dan pirolisis menuju sistem pertanian yang lebih produktif dan berkelanjutan. Sebelum pelatihan, sebanyak 18 peserta senilai 45% belum mengenal istilah biochar, dan 16 peserta senilai 40% tidak mengetahui teknologi pirolisis. Pengetahuan awal tentang pupuk hayati juga terbatas, dengan hanya 6 peserta senilai 15% yang pernah menggunakannya. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi biohayati masih tergolong baru bagi sebagian besar petani karya tani. Hasil kuisioner menunjukkan bahwa pendekatan pengabdian berbasis teknologi tepat guna dan partisipatif berhasil meningkatkan pengetahuan, keterampilan, dan motivasi petani dalam mengelola limbah sekam padi. Biochar dan pupuk hayati dinilai sebagai solusi agronomis yang relevan untuk lahan gambut, dengan potensi meningkatkan produktivitas dan menurunkan biaya produksi.

Diskusi manajemen budidaya tanaman padi

Melalui diskusi secara forum kelompok terarah (FGD), petani bersama tim pelaksana merumuskan strategi budidaya tanaman padi yang berorientasi pada masalah di lahan



gambut dan pengendalian organisme. Terutama pada masalah kesuburan tanah yang memiliki pH rendah, adanya racun berunsur Al dan Fe, serta praktik tradisional yang dinilai kurang optimal dalam pembudidayaan padi. Kegiatan ini bersifat interaktif dan dihadiri oleh petani yang berfokus pada tanaman padi.

3. Dampak Pelatihan Teknologi Reaktor Pirolisis Terhadap Pemahaman Petani



Gambar. A. Pelatihan dan Gambar B Demonstrasinya kegiatan

Setelah pelatihan dilaksanakan petani karya tani mengalami peningkatan signifikan dalam pemahaman peserta. 31 peserta senilai 77,5% menyatakan tertarik dan siap belajar teknologi pirolisis 22 peserta senilai 55% memahami bahwa biochar berasal dari sekam padi dan limbah biomassa lainnya 30 peserta senilai 75% menyadari bahwa pirolisis menghasilkan biochar dan asap cair yang berguna bagi pertanian. 36 peserta senilai 90% menyatakan bahwa praktik pertanian berkelanjutan sangat penting untuk menjaga

kelestarian lingkungan. Peningkatan ini menunjukkan efektivitas pendekatan edukatif dan partisipatif dalam kegiatan pengabdian.

4. Persepsi Petani terhadap Manfaat Teknologi Reaktor Pirolisis

Sebagian besar peserta pegabdian menilai bahwa teknologi pirolisis biohayati memiliki manfaat untuk pengelolaan tanah gambut dan mengurangi penggunaan pupuk anorganik. 29 Peserta senilai 72,5% menilai biochar dapat menyuburkan tanah gambut dan 19 peserta senilai 47,5% menyatakan biochar mampu meningkatkan hasil panen 9 peserta 22,5% memahami bahwa biochar membantu menyerap karbon dan menurunkan emisi 10 peserta senilai 25% menyatakan teknologi ini dapat dibuat dari bahan sederhana dan limbah lokal.

Hal ini menunjukkan bahwa teknologi yang ditawarkan tidak hanya dipahami secara teoritis, tetapi juga dinilai relevan dan aplikatif oleh petani. Hal ini sejalan dengan penelitian dimana arang sekam bakar bersifat porous dan tidak dapat menggumpal ataupun memadat sehingga akar tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan baik dan sempurna. Transformasi Peran Petani Petani tidak lagi menjadi penerima teknologi pasif, tetapi berperan aktif sebagai pelaku inovasi lokal. 77,5% peserta menyatakan siap mengoperasikan reaktor pirolisis secara mandiri. Peningkatan Literasi Teknologi Pemahaman tentang biochar, pirolisis, dan pupuk hayati meningkat signifikan (pre-test vs post-test: dari 30–60% menjadi 80–85%).

5.Dampak terhadap Produktivitas Pertanian

Hasil analisis kadar hara biochar yang dihasilkan dari 2 metode pirolisis tersaji dalam tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis kadar hara N,P,K Biochar

No	Sample Identity	Kadar hara hasil analisis biochar dan asap cair		
		Kode Sampel	N (%)	P (%)
1	Pirolisis Biochar I	0,74	0,129	0,76
2	Pirolisis Biochar II	0,91	0,174	0,87
	Metode tes	Kjeldahl Titrimetry	Spectrophotometry	Flamephotometry

Hasil analisis laboratorium terhadap dua sampel biochar hasil pirolisis sekam padi menunjukkan kandungan hara makro yang cukup signifikan, yaitu nitrogen (N) sebesar 0,74–0,91%, fosfor (P) 0,129–0,174%, dan kalium (K) 0,76–0,87%. Nilai ini diperoleh melalui metode uji standar, yakni Kjeldahl-Titrimetri untuk nitrogen, Spektrofotometri untuk fosfor, dan Flamefotometri untuk kalium. Kandungan tersebut menunjukkan bahwa biochar yang dihasilkan memiliki potensi sebagai sumber nutrisi tambahan sekaligus amelioran tanah, terutama di lahan gambut yang secara alami miskin unsur hara dan memiliki tingkat kemasaman tinggi. Jika dibandingkan dengan pupuk organik konvensional seperti kompos, yang umumnya memiliki kadar nitrogen 0,5–1,5%, fosfor 0,1–0,3%, dan kalium 0,5–1,0%, maka biochar sekam padi memiliki kadar hara yang kompetitif dan lebih stabil secara kimia.

Keunggulan biochar terletak pada daya simpan yang tinggi di dalam tanah, kemampuannya menurunkan kemasaman, serta fungsinya sebagai media pembawa mikroba ketika diperkaya dengan pupuk hayati. Selain itu, biochar dapat diproduksi secara lokal oleh petani menggunakan reaktor sederhana, sehingga mendukung kemandirian dan efisiensi produksi pertanian. Dengan demikian,

teknologi pirolisis biohayati tidak hanya menghasilkan produk yang setara dengan pupuk organik, tetapi juga menawarkan keunggulan dalam hal keberlanjutan, efektivitas agronomis, dan pemberdayaan petani sebagai pelaku inovasi lokal. Arang sekam mengandung unsur hara seperti N (0,32%), P (0,15%), K (0,31%), Ca (0,96%), Fe (180 ppm), Zn (14,10 ppm), Mn (0,4 ppm), serta pH 8,5–9,0. Dengan berat jenis ringan (0,2 kg/L), tekstur kasar, porositas tinggi, dan daya serap air rendah, arang sekam mampu memperbaiki sifat tanah gambut dan meningkatkan hasil panen (Nursanti, et al., 2023). Pemberian biochar sekam padi sebanyak 10 ton/ha berhasil meningkatkan kandungan C-organik sebesar **46,77%** Kapasitas Tukar Kation (KTK) sebesar **46,8%** kandungan Kalium (K) tersedia sebesar **17,2%** (Nisak & Supriyadi, 2020). Dengan kandungan hara yang terdapat pada biochar dianggap mampu meningkatkan kesuburan tanah gambut. Hal ini sejalan dengan penelitian Vebiola, et al (2022) kombinasi biochar dan pupuk P secara signifikan meningkatkan pertumbuhan dan hasil kedelai edamame di tanah gambut, yang biasanya miskin hara dan bersifat masam.

Hasil analisis kadar hara biochar yang dihasilkan dari 2 metode pirolisis tersaji dalam tabel 2.

Tabel 2. Kadar Hara Asap Cair Biochar Sekam Padi

No	Kadar hara asap cair			
	kode	N (% w/v)	P (% w/v)	K (% w/v)
1	Asap Cair	0,16	0,057	0,001
Metode test	Kjeldahl	Spectrophotometer	Flame photometer	

Asap cair hasil pirolisis mengandung nitrogen (0,16%), fosfor (0,057%), dan kalium (0,001%). Meski kadar K rendah, N dan P tetap mendukung pertumbuhan tanaman. Dengan formulasi tepat, asap cair berpotensi

meningkatkan kesuburan tanah dan hasil produksi secara berkelanjutan. Asap cair dari sekam padi berpotensi besar sebagai pemberi organik untuk meningkatkan produktivitas padi, terutama pada lahan dengan keterbatasan hara. Konsentrasi 2% terbukti paling efektif dalam meningkatkan parameter pertumbuhan dan hasil (Istiqomah & Kusumawaty. 2020).

Kesimpulan

Kegiatan pengabdian masyarakat melalui penerapan teknologi reaktor pirolisis biohayati berbahan baku sekam padi di Desa Ganesha Mukti terbukti efektif dalam meningkatkan pengetahuan, keterampilan, serta kesadaran petani terhadap pengelolaan lahan gambut secara berkelanjutan. Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan signifikan pemahaman peserta mengenai biochar, pirolisis, pupuk hayati, dan praktik pertanian ramah lingkungan. Biochar yang dihasilkan memiliki kandungan hara makro (N, P, K) yang kompetitif dibandingkan pupuk organik konvensional, serta berfungsi sebagai amelioran tanah yang mampu memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah gambut. Selain itu, produk sampingan berupa asap cair dan pestisida nabati memberikan manfaat tambahan dalam pengendalian hama dan penyakit tanaman secara ramah lingkungan. Pendekatan partisipatif yang diterapkan berhasil memberdayakan petani, terbukti dari tingginya persentase peserta yang menyatakan siap mengoperasikan reaktor secara mandiri. Dengan demikian, teknologi pirolisis biohayati tidak hanya menjadi solusi agronomis dalam meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas pertanian, tetapi juga berperan sebagai instrumen pemberdayaan yang mendorong transformasi petani menjadi pelaku inovasi lokal dalam pembangunan pertanian berkelanjutan

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Riset dan Pengembangan Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi Tahun Anggaran 2025 Sesuai dengan Kontrak Pengabdian Nomor 105/C3/DT.05.00/PM/2025.

Daftar Pustaka

- Amrika, A., Kuswantinah, K., & Saleh, W. (2023). Analisis Hubungan Antara Luas Panen, Bibit, Dan Pupuk Terhadap Produksi Padi Di Sumatera Selatan. *Jurnal Imiah Management Agribisnis (Jimanggis)*, 4(2), 97-114.
- Arwati, D., & Sukadi, S. (2025). Pemanfaatan Pupuk Organik dari Limbah Pertanian dan Limbah Peternakan untuk Tanaman Sayuran di lahan Gambut. *Publikasi Penelitian Terapan dan Kebijakan*, 8(1), 48-60.
- Istiqomah, I., & Kusumawati, D. E. (2020). Potensi asap cair dari sekam untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi padi (*Oryza sativa L.*). *Buana Sains*, 19(2), 23-30.
- Iswidayani, O., & Sulhaswardi, S. (2022). Aplikasi biochar sekam padi dan pupuk KCl terhadap pertumbuhan serta produksi bawang merah (*Allium ascalonicum L.*) di tanah gambut. *Jurnal Agroteknologi, Agribisnis, dan Akuakultur*, 2(2), 107-119.
- Lumbantoruan, S. M., & Anggraini, S. (2021). Biofertilizer Formulation in Stimulating Corn Growth in Drought Stress Peatland. *Jurnal Agroqua: Media Informasi Agronomi dan Budidaya Perairan*, 19(2), 345-353.
- Lumbantoruan, S. M., Anggraini, S., & Siaga, E. (2021, December). Potensi pupuk hayati dalam optimalisasi pertumbuhan tanaman jagung di tanah gambut cekaman kekeringan. In *Seminar Nasional Lahan Suboptimal* (Vol. 9, No. 2021, pp. 162-171).
- Maftu'ah, E., Saleh, M., Sulaeman, Y., Napisah, K., Agustina, R., Mukhlis, M., ... & Lestari, Y. (2024). Si-Humate as soil ameliorant to improve the properties of acid sulfate soil, growth, and rice yield. *Chilean journal of agricultural research*, 84(2), 267-280.
- Nisak, S. K., & Supriyadi, S. (2020). Biochar sekam padi meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai di tanah salin. *Jurnal Pertanian Presisi (Journal of Precision Agriculture)*, 3(2), 165-176.
- Nursanti, I., Hayata, H., & Jufriyanto, A. (2023). Pemberian Arang Sekam Padi pada Media Tanam untuk Mendukung Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao L.*). *Indonesian Journal of Thousand Literacies*, 1(3), 297-303.
- Purnamasari, L., Hartono, A., Sudadi, U., & Anggria, L. (2024). Pengaruh steel slag, fly ash dan bottom ash terhadap pertumbuhan tanaman padi di tanah gambut. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 26(1), 48-53.
- Vebiola, F., Warganda, W., & Surachman, S. (2022). Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai Edamame Pada Pemberian Biochar Sekam Padi dan Pupuk P Di Tanah Gambut. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 11(4), 150-157.