

Komponen Inovasi Budidaya Padi Lebak Presisi (Riset Aksi di Kabupaten Muara Enim)

Yanter Hutapea¹, Budi Raharjo², Arie Sudaryanto², Achmat Sarifudin³,
Niluh Putu Sri Ratmini⁴, Yulia Anita⁵, Royda⁵, Hepi Yunita⁵, Eka Yuli Yanti^{5*}

¹Pusat Riset Kesejahteraan Sosial, Desa dan Konektivitas, BRIN

²Pusat Riset Teknologi Manufaktur Peralatan, BRIN

³Pusat Riset Teknologi dan Proses Pangan, BRIN

⁴Pusat Riset Tanaman Pangan, BRIN

⁵Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Kabupaten Muara Enim

*Email korespondensi: yanterhutapea1963@gmail.com

Abstrak

Produksi padi di lahan lebak berpeluang besar untuk ditingkatkan dengan luasnya lahan suboptimal namun belum dimanfaatkan. Pertanian presisi menawarkan pendekatan strategis untuk mengoptimalkan produktivitas dalam kondisi ekologis ini. Studi ini menggunakan kerangka kerja riset aksi partisipatif untuk mengidentifikasi kendala utama dalam praktik budidaya padi untuk merumuskan intervensi teknologi spesifik untuk pertanian padi presisi. Kegiatan dilakukan pada bulan Oktober 2025 di Desa Arisan Musi Timur, Kecamatan Muara Belida, Kabupaten Muara Enim, yang dipilih karena statusnya sebagai penghasil padi lebak terbesar di wilayah ini. Empat puluh partisipan dilibatkan termasuk petani, pejabat pemerintah daerah, penyuluh pertanian, staf Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah (Balitbangda) Muara Enim, dan peneliti yang multidisiplin. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara dan diskusi, dianalisis secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif, analisis tematik dan visual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa komponen budidaya saat ini tidak memenuhi standar teknologi yang direkomendasikan. Keterbatasan adopsi inovasi disebabkan oleh kendala biofisik, keterbatasan modal, dan kurangnya pemahaman petani. Intervensi yang direkomendasikan meliputi teknik budidaya presisi, penggunaan varietas unggul spesifik lokasi, dan peningkatan sistem pengelolaan air. Hasil penelitian ini menyoroti kebutuhan kritis akan inovasi teknologi kolaboratif dan spesifik lokasi untuk meningkatkan produktivitas padi di lahan lebak dan menunjukkan nilai strategis pertanian presisi untuk lahan suboptimal.

Kata kunci: Budidaya Padi Presisi, Rawa Lebak, Riset Aksi, Inovasi Spesifik Lokasi

Abstract

Rice production in freshwater swamp presents considerable opportunities for expansion due to the vast area of suboptimal yet underutilized land. Precision agriculture offers a strategic approach to optimizing productivity under these ecological conditions. This study employed a participatory action research framework to identify major constraints in existing rice cultivation practices and to formulate context-specific technological interventions for precision rice farming. Fieldwork was conducted in October 2025 in Arisan Musi Timur Village, Muara Belida Subdistrict, Muara Enim Regency, selected for its status as the largest producer of freshwater swamp rice in the region. Fourty participants including farmers, local government officials, extension workers, staff of the Muara Enim Regional Research and Development Agency (Balitbangda), and multidisciplinary researchers were involved. Data were collected through observations, interviews and discussions, analyzed descriptively qualitatively and quantitatively, thematically and visually. Findings indicate that several current cultivation components do not meet recommended technological standards. Limited adoption of innovations is attributed to biophysical constraints, financial limitations, and insufficient farmer understanding. Recommended interventions include precision cultivation techniques, use of site-specific high-yielding varieties, and improved water management systems. The results highlight the critical need for collaborative, site-specific technological innovation to enhance rice productivity in freshwater swamp and demonstrate the strategic value of precision agriculture for suboptimal environments.

Keywords: Precision Rice Cultivation, Freshwater Swamp, Action Research, Site-Specific Innovation

PENDAHULUAN

Potensi pengembangan lahan rawa lebak di Sumatera Selatan mencapai 2,98 juta ha. Dari luasan tersebut yang sudah dimanfaatkan untuk tanaman padi, baru seluas 0,37 juta ha, dengan rincian 0,07 juta ha lebak dangkal; 0,13 juta ha lebak tengahan dan 0,17 juta ha lebak dalam (Waluyo *et al.*, 2021). Pemanfaatan lahan rawa lebak masih sangat tergantung pada kondisi alam, dengan karakteristiknya yang spesifik karena waktu dan tinggi genangan air berbeda-beda tergantung lansekap lahan dan sumber air. Kondisi tersebut membuat pola genangan sangat dinamis serta sulit diduga kapan genangan air di lahan persawahan mulai surut dan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi yang diinginkan sehingga penentuan waktu tanam sulit diduga. Demikian juga cekaman kekeringan sering menyerpa pertanaman padi akibat kondisi yang sulit diduga (Saidi *et al.*, 2021). Genangan air lahan rawa lebak dipengaruhi oleh curahan air hujan di hulu dan hilir sungai maupun curahan air hujan di wilayah itu sendiri (Waluyo *et al.*, 2021). Petani juga menghadapi berbagai permasalahan internal, seperti keterbatasan penguasaan teknologi. Kondisi ini akan berpengaruh terhadap tingkat produktivitas lahan (Kumar & Shridhar, 2024).

Secara umum produktivitas padi di lahan rawa lebak masih relatif rendah, selain disebabkan karena faktor lingkungan, juga karena sistem budidaya yang diterapkan petani umumnya belum sesuai anjuran. Oleh karena itu, peluang untuk peningkatan produksi melalui penerapan teknologi spesifik lokasi sesungguhnya cukup besar mengingat arealnya cukup luas. Inovasi penggunaan berbagai varietas padi Inpara bahkan Inpari pada musim hujan dan kemarau dapat meningkatkan produksi padi (Waluyo *et al.*, 2021). Hal ini menunjukkan lahan rawa lebak mempunyai prospek cukup baik untuk dikembangkan apabila dikelola sesuai dengan teknologi spesifik lokasi.

Sebagai upaya mewujudkan pertanian yang maju, mandiri dan modern telah dikembangkan Pertanian Cerdas (*Smart Farming*) yang mengubah pola pengelolaan sumber daya pertanian dari yang konvensional menjadi lebih produktif dan efisien (Kementerian Pertanian, 2023). Implementasi pertanian cerdas dalam produksi padi telah dirancang menggunakan kemajuan teknis, khususnya integrasi Internet of Things (IoT) dan kecerdasan buatan (Hashim *et al.*, 2024). Pertanian presisi (*Precision farming*) menjadi salah satu komponen penting dan merupakan langkah awal dalam membangun *smart farming* (Kementerian Pertanian, 2023).

Melalui pertanian presisi, peneliti merancang solusi dan kerangka kerja inovatif yang mendukung berbagai operasi pertanian, mulai dari pembibitan hingga panen (Yuan *et al.*, 2025). Pengembangan pertanian presisi akan menjadi solusi mengatasi tantangan pembangunan pertanian yang semakin kompleks, karena deraan perubahan iklim, degradasi dan alih fungsi lahan, serangan hama penyakit serta munculnya isu ketidakpastian keberlanjutan produksi pangan dan pertanian (Kementerian Pertanian, 2023).

Diyakini memang perlu adanya pendekatan sistem inovasi pertanian yang dibangun melalui komunitas belajar bersama petani (Sule *et al.*, 2025). Kedekatan antara sesama petani ini, mampu mempercepat proses adopsi (Saribanon *et al.*, 2024). Riset aksi digunakan sebagai pintu masuk memberdayakan masyarakat, memobilisasi dan mengorganisir diri sendiri guna mempelajari dan bereksperimen dengan inovasi teknologi dan praktik pertanian lain yang lebih baik. Aksi kolektif ini berperan penting dalam mendukung kinerja petani dan berpengaruh terhadap diadopsinya teknologi (Xue *et al.*, 2022). Kegiatan ini bertujuan untuk menggali dan menganalisis permasalahan serta menetapkan inovasi teknologi yang dapat diterapkan pada budidaya padi yang presisi di lahan rawa lebak melalui riset aksi bersama petani.

MATERI DAN METODE

Penelusuran permasalahan dan penentuan inovasi yang akan digunakan dan komponen teknologi perbaikan budidaya padi untuk diterapkan, dilakukan melalui riset aksi bersama masyarakat (*Participatory Action Research/ PAR*). Melalui aksi kolektif ini dilakukan pendekatan yang partisipatif dan kolaborasi antara peneliti, penyuluh dan stakeholder lain untuk membangun kapasitas adaptif petani (Puri, 2023).

Riset aksi ini dilakukan di Desa Arisan Musi Timur Kecamatan Muara Belida Kabupaten Muara Enim dengan agroekosistem rawa lebak pada bulan Oktober Tahun 2025. Terpilihnya lokasi tersebut secara *purposive* (sengaja) karena memiliki pertanaman padi lebak terluas di wilayah Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan. Pelaksanaannya dilakukan dengan melibatkan 40 peserta, yang dipilih secara *purposive sampling* yaitu 20 orang petani/wanita tani yang merupakan anggota aktif kelompok tani. Petugas dari instansi yang relevan yaitu 6 aparat pemerintah desa/kecamatan, 5 petugas pertanian/penyuluh, 6 peneliti yang multidisiplin dan 3 orang petugas dari Balitbangda Muara Enim.

Data dan informasi yang diperoleh melalui penelusuran data sekunder, wawancara dan diskusi. Analisis tematik digunakan untuk memahami kondisi eksisting permasalahan

yang ada dan analisis visual menggunakan diagram untuk menjelaskan perbaikan teknologi yang dibahas bersama petani. Hasilnya ditampilkan dalam bagan pohon masalah dan alternatif kegiatan inovasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknologi Eksisting Budidaya Padi

Desa Arisan Musi Timur memiliki luas wilayah 2.070 ha. Berada di ketinggian 15 m dari permukaan laut (DPL) dengan topografi datar. Jumlah penduduknya sebanyak 874 jiwa, yang tercakup dalam 261 kepala keluarga dan umumnya merupakan kepala keluarga petani. Ditinjau dari kondisi lahan sawahnya, maka persawahan di desa ini adalah sawah lebak seluas 956 ha. Berdasarkan tipologinya, maka antara lebak pematang, tengahan dan lebak dalamnya memiliki proporsi 30%, 40% dan 30%. Varietas padi eksisting yang ditanam didominasi varietas Inpari 32 dan IR 42, dengan produktivitas gabah kering panen dapat mencapai 4-5,5 t/ha. Namun jika terjadi banjir atau kekeringan akibat cuaca ekstrim produktifitas tersebut dapat anjlok menjadi 2-3 t/ha.

Diakui bahwa petani memang aktif menerima informasi dari penyuluh mulai dari aktifitas pengolahan lahan sampai dengan panen/pasca panen bahkan informasi pemasaran hasil. Namun memang ada hal yang menyebabkan mereka tidak dapat menerapkan apa yang dianjurkan akibat kondisi alam seperti tingginya genangan air di petakan sawah. Bila dirinci, maka budidaya padi yang eksisting oleh petani adalah sebagai berikut,

Tabel 1. Teknologi Budidaya Padi Eksisting di Desa Arisan Musi Timur Kec. Muara Belida Kab. Muara Enim

Komponen	Keterangan
Pengolahan lahan	Umumnya secara manual dengan tebas rumput saat masih ada air, lalu dibiarkan setelah itu dibuat galengan. Sebagian kecil menggunakan TR 4 (olah lahan sempurna).
Persemaian	Dilakukan dua tahap. Semai pertama ditempat yang agak tinggi dan dipindah ke persemaian kedua sambil menunggu kondisi air sudah dapat untuk ditanami.
Volume benih	50 kg/ha
Penanaman	Jarak tanam sekitar 20 x 20 cm dan 25 x 25 cm, dengan 3 – 4 batang/lubang tanam.
Pengairan	Tergantung kondisi air sungai dan hujan
Penggunaan Bahan organik	Pengembalian jerami ke lahan sawah secara merata dengan penggunaan <i>combine harvester</i> .
Pemupukan	Tidak dipupuk atau ala kadarnya dengan urea 100 kg/ha dan NPK 100 kg/ha, diberikan 1 kali sebagai pupuk dasar saja pada umur 20 - 30 HST dengan menabur
Pengendalian H/P	Melihat hama yang menyerang dan biasanya mencampur beberapa jenis bahan
Pengendalian gulma	Secara manual dan menggunakan herbisida

Panen/penanganan Setelah gabah matang sempurna (90%) menggunakan *combine harvester*.
 pasca panen Pengerinan gabah dengan penjemuran menggunakan alas terpal.

Masyarakat lokal memiliki kebiasaan yang sudah turun temurun dalam mengelola usahatannya. Seperti untuk mengolah lahan sawah lebak yang tidak menggunakan traktor terutama pada lebak dalam namun hanya dengan membalik rumput, atau cara mereka dalam melakukan persemaian padi. Upaya untuk menggali kearifan lokal ini diperlukan karena merupakan budaya setempat sehingga akan lebih mudah diimplementasikan (Yaumidin *et al.*, 2024).

Penelusuran Masalah dan Kebutuhan Inovasi

Berdasarkan kajian terhadap permasalahan dan kondisi yang ada, diperoleh pilihan teknologi yang sesuai untuk diterapkan dengan mempertimbangkan ide kreatif petani, potensi sumber daya alam dan kemampuan petani setempat. Pilihan teknologi juga disesuaikan dengan inovasi yang tersedia di kalangan peneliti yang layak diterapkan pada kondisi setempat. Kebutuhan inovasi yang diidentifikasi berdasarkan penelusuran masalah di lokasi kegiatan menghasilkan alternatif inovasi yang akan dilakukan seperti pada bagan pohon masalah berikut.

Masalah:	Produktivitas padi belum optimal						
	↓			↓			↓
Sumber Masalah:	Kualitas lahan rendah			Serangan H/P			Pengelolaan air buruk
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Akar Masalah:	Kesuburan tanah rendah	Lahan asam	Pengembalian bahan organik rendah	Varietas Toleran H/P tidak tersedia	Pengendalian OPT tidak terpadu	Tanam tidak serentak	Tidak ada jaringan tata air
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Antisipasi Masalah:	Pemupukan	Pemberian kapur	Pengembalian jerami	Penggunaan varietas toleran	PHT	Penggunaan traktor dan alsin tanam	Pembuatan infrastruktur (jaringan, pompa air, manajemen)
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Kebutuhan inovasi:	Pemupukan dan pemberian pembenah tanah yang tepat			Penggunaan varietas toleran dengan penerapan PHT dan penggunaan alsin olah lahan dan tanam			Pengelolaan air di saluran
	↓			↓			↓
Alternatif kebutuhan inovasi:	Introduksi budidaya padi presisi melalui penggunaan varietas yang tepat dan pengelolaan tata air di tingkat petani						

Gambar 1. Bagan pohon masalah kebutuhan inovasi budidaya padi di Desa Arisan Musi Timur Kec. Muara Belida Kab. Muara Enim

Identifikasi terhadap masalah penyebab belum optimalnya produktivitas padi seperti: kualitas lahan rendah, adanya serangan H/P dan buruknya pengelolaan air, kemudian dilakukan penelusuran akar masalahnya, dan bagaimana upaya mengantisipasinya. Adapun inovasi yang dibutuhkan untuk mengatasinya adalah pemupukan yang tepat, penggunaan varietas toleran dengan penerapan PHT dan penggunaan alsin untuk pengolahan lahan dan alsin untuk tanam, pengelolaan air di saluran. Sehingga disepakati bahwa alternatif kebutuhan inovasi untuk keluar dari permasalahan tersebut adalah mengintroduksi budidaya padi presisi dengan menggunakan varietas yang tepat dan pengelolaan tata air di tingkat petani.

Komponen Teknologi Inovasi Budidaya Padi Presisi

Berdasarkan identifikasi permasalahan dan inovasi yang akan diterapkan, alternatif kebutuhan inovasinya adalah mengintroduksi budidaya padi presisi dengan varietas yang tepat dan pengelolaan tata air. Selanjutnya untuk mengimplementasikannya di tingkat petani perlu ditentukan komponen inovasi teknologinya. Inovasi ini tentunya mempertimbangkan kemampuan penerapan dan sumberdaya setempat. Rancangan komponen inovasi teknologinya adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Rancangan Komponen Teknologi Budidaya Padi Presisi di Desa Arisan Musi Timur Kec. Muara Belida Kab. Muara Enim

Komponen	Keterangan
Pengolahan lahan	Pengolahan tanah pertama menggunakan antara lain: bajak singkal (<i>moldboard plow</i>), bajak piringan (<i>disk plow</i>) dan bajak rotari (<i>rotary plow</i>) dengan traktor roda dua dan traktor roda empat. Pengolahan kedua menggunakan alat antara lain, garu (<i>harrow</i>), garu piringan dan garu rotari.
Persemaian	Menggunakan dapog untuk tanam pindah dengan <i>rice transplanter</i> , umur benih muda (15 hari)
Varietas	Beberapa jenis Inpara atau Inpari
Volume benih	25 kg/ha (bersertifikat)
Penanaman	Pada sistem tanam pindah dengan jarak tanam 20 x 20 cm dan 25 x 25 cm, atau dengan jarak legowo 2:1 sebanyak 2 batang/rumpun. Menggunakan mesin tanam <i>rice transplanter</i> . Pada sistem tanam benih langsung menggunakan alat tanam (atabela) model <i>drum seeder</i> yang dapat ditarik traktor roda dua dan traktor roda empat
Tata air	Pembuatan <i>mini polder</i> dilengkapi dengan pompa dan saluran primer, sekunder dan tersier. Pembuatan petakan sawah dan perataan lahan (<i>land leveling</i>) dipandu sinar laser.
Penggunaan Bahan organik	Pengembalian jerami yang sudah dikomposkan dengan menggunakan alat <i>fermentor</i>
Pemupukan	Menggunakan aplikasi Layanan Konsultasi Padi atau Bagan Warna Daun dan Perangkat Uji Tanah Rawa.
Pengendalian H/P	Penerapan konsep PHT
Pengendalian gulma	Secara manual atau menggunakan <i>rotary weeder</i> dan menggunakan herbisida selektif

Panen/penanganan pasca panen	Setelah gabah matang sempurna (90%) menggunakan <i>combine harvester</i> . Pengeringan gabah dengan penjemuran menggunakan alas terpal.
---------------------------------	--

Kondisi presisi dari komponen diatas dapat ditampilkan dari ketepatan cara, waktu dan volume yang digunakan untuk beberapa input produksi seperti benih, pupuk dan pestisida. Aspek pemupukan yang ditentukan melalui layanan konsultasi padi menggunakan prinsip pemupukan hara spesifik lokasi berbasis digital. Penggunaan alsintan untuk beberapa aktifitas tentunya meningkatkan efisiensi melalui penghematan waktu, ketepatan penggunaan input, minimalisasi kehilangan hasil dan penghematan biaya akibat substitusi tenaga buruh. Pada beberapa situasi maka persyaratan presisi dapat tidak terpenuhi akibat ketergantungan dengan kondisi alam dan infrastruktur pertanian yang belum memenuhi syarat.

Implementasi komponen teknologi yang tepat memang bersifat spesifik lokasi. Penggunaan benih misalnya disesuaikan dengan kondisi rawa lebak seperti penggunaan varietas unggul Inpara-3 dan Inpari-30 yang toleran rendaman pada fase vegetatif selama 6 hari, agak toleran keracunan Fe dan Al, tahan penyakit blas, dan agak tahan hama wereng batang cokelat (Sasmita *et al.*, 2019). Adaptasi varietas unggul padi yang diterapkan di rawa lebak Kota Daro II Sumatera Selatan menggunakan varietas dan benih bermutu dengan pemupukan berimbang dan penerapan bahan hayati untuk pengendalian H/P. Pengolahan tanah menggunakan traktor, dilengkapi dengan sistem pompanisasi untuk pemanfaatan air tanah jika air di lahan dan sungai, terbatas (Waluyo *et al.*, 2021).

Beberapa praktek pertanian padi presisi sudah diterapkan seperti pada pengolahan lahan (Yuan *et al.*, 2025), pengairan untuk menyiram persemaian padi (Choudhary *et al.*, 2024), penerapan irigasi hemat air yang sangat penting untuk mengatasi kelangkaan air (Yuan *et al.*, 2025), penggunaan Bagan Warna Daun untuk menentukan dosis pupuk N (Siddique *et al.*, 2023), memfasilitasi konstruksi, deteksi, dan klasifikasi penyakit padi secara otomatis melalui pengumpulan data (Quach *et al.*, 2024). Rekomendasi juga diberikan guna mengoptimalkan pengelolaan tanaman, terutama dalam praktik pemupukan, irigasi, dan diagnosis penyakit berbasis AI (Shahab *et al.*, 2025), penggunaan alat dan mesin pertanian untuk menarik kaum muda berkecimpung di pertanian modern (Li *et al.*, 2024). Identifikasi waktu panen secara akurat dilakukan untuk merencanakan penggunaan peralatan panen secara lebih efektif (Yuan *et al.*, 2025), sehingga mengurangi biaya produksi dan meningkatkan kualitas panen. Praktek pertanian presisi ini perlu

didukung dengan ketersediaan infrastruktur, dinamika usaha dan adopsi teknologi, bahkan meliputi teknologi informasi dan komunikasi (Hutapea *et al.*, 2025).

Implementasi inovasi budidaya padi presisi akan dilakukan dengan partisipasi petani, direncanakan dalam wujud demplot. Sebagai suatu metode penyuluhan pertanian melalui demplot ini akan diberikan edukasi dan contoh langsung kepada petani tentang inovasi teknologi padi presisi yang sesuai dengan karakteristik wilayah setempat. Dengan demplot, petani dapat melihat dan mempraktikkan teknik baru secara langsung di lahan percontohan. Agar inovasi yang diterapkan mudah diserap oleh petani, maka diperlukan keterlibatan petani sejak awal pada pelaksanaan demplot. Lokasi demplot hendaknya mudah dilihat dan dikunjungi, supaya masyarakat mudah meniru inovasinya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Melalui riset aksi bersama petani di Desa Arisan Musi Timur Kec. Muara Belida Kab. Muara Enim diketahui kondisi eksisting budidaya padi pada beberapa komponennya belum sesuai dengan teknologi anjuran. Belum diadopsinya inovasi teknologi selain disebabkan oleh kendala kondisi sumberdaya alam, permodalan terbatas, juga akibat belum dipahami petani. Alternatif kebutuhan inovasi untuk menjawab permasalahan yang muncul adalah: Introduksi budidaya padi presisi, menggunakan varietas yang tepat dan pengelolaan tata air.

Saran

Pada beberapa situasi maka persyaratan presisi tidak dapat terpenuhi akibat kondisi sumberdaya alam dan infrastruktur pertanian belum memenuhi syarat. Oleh sebab itu disarankan untuk lebih dahulu memperbaiki infrastruktur lahan seperti pembuatan tanggul dan jaringan tata air.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Pemerintah Kabupaten Muara Enim dan Badan Riset Inovasi Nasional atas terlaksananya kegiatan Pengkajian Teknologi Budidaya Padi Presisi Spesifik Lokasi di Lahan Rawa Lebak Mendukung Muara Enim Lumbung Pangan Tahun 2025.

DAFTAR PUSTAKA

Choudhary V., R. Machavaram, N. Singh, & H. Nagar. (2024). Assessment of Sensor-Based Automatic Smart Watering Unit for Paddy Nurseries Under Indian

- Perspective. *Smart Agricultural Technology*, 8 (2024) 100518.
<https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100518>
- Hashim, N., M. Mohd Ali, M. R. Mahadi, A.F. Abdullah, A. Wayayok, M.S. Mohd Kassimi, & A. Jamaluddin. (2024). Smart Farming for Sustainable Rice Production: An Insight into Application, Challenge, and Future Prospect. *Rice Science*, Vol. 31, No. 1, 2024. <http://doi.org/10.1016//j.rsci.2023.08.004>
- Hutapea, Y., Prasetyo, A., Yardha, Minsyah, N. I., Wamaer, D., Suharyon, ... & Adi, A. S. (2025). Predicting millennial farmer success by highlighting the role of digitalization and technology in increasing productivity. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, 1612302.
- Kumar P.T., & R.B. Shridhar. (2024). Impact of Technology Adoption on Agricultural Productivity and Profitability. *International Journal of Novel Research and Development (JRND)*, 9(6).
- Li, Y., Zhang, Y. W., Wang, Y., Zhou, Y., & Zhang, J. (2024). Stimulating smart automation of rice seeding in China: An exploration of planter adoption influencing factors. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18, 101394.
- Puri, G. (2023). Participatory action research in social sciences and education. *Journal of NELTA Gandaki*, 6(1-2), 66-77.
- Quach, L. D., Nguyen, Q. K., Nguyen, Q. A., & Lan, L. T. T. (2024). Rice pest dataset supports the construction of smart farming systems. *Data in Brief*, 52, 110046.
- Saidi, B. B., Purnama, H., Hendri, J., Firdaus, F., & Minsyah, N. I. (2021, December). Optimalisasi Lahan Rawa Lebak Mendukung Produksi Padi di Kabupaten Batanghari Jambi. In *Seminar Nasional Lahan Suboptimal* (Vol. 9, No. 2021, pp. 58-71).
- Saribanon, N., Ilmi, F., Rafsanjani, M. F., & Siregar, Z. (2024). Peran pendampingan dalam proses adopsi teknologi pertanian padi organik di Desa Rahayu Kabupaten Tuban Jawa Timur. *Populis: Jurnal Sosial Dan Humaniora*, 9(1), 79-89.
- Sasmita P., Satoto, Rahmini, N. Agustutiani, D.D. Handoko, Suprihanto, A. Guswara & Suhama. (2019). Deskripsi Varietas Padi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Shahab, H., Naeem, M., Iqbal, M., Aqeel, M., & Ullah, S. S. (2025). IoT-driven smart agricultural technology for real-time soil and crop optimization. *Smart Agricultural Technology*, 10, 100847.
- Siddique, M. M., Islam, T., Tusher, Y. A., Ema, R. R., Adnan, M. N., & Galib, S. M. (2023). Paddynet: an organized dataset of paddy leaves for a smart fertilizer recommendation system. *Data in Brief*, 50, 109516.
- Sule, S., Hidayat, K., Purnomo, M., & Cahyono, E. D. (2025). Linking farmer knowledge and learning to agricultural sustainability: A study of apple farmers in Indonesia. *Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences*, 13(3), 1021-1029.

- Waluyo, Suprihatin, A., Suparwoto, & Jumakir. (2023). Using superior variety and application of CI200 to support food security in South Sumatra swamp land. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 80, p. 07007). EDP Sciences.
- Xue, C., Qiao, D., & Aziz, N. (2022). Influence of natural disaster shock and collective action on farmland transferees' no-tillage technology adoption in China. *Land*, 11(9), 1511.
- Yaumidin, U. K., Asnawi, R., Kifli, G. C., Qomariah, R., Priyanto, D., Arief, R. W., ... & Agustiani, M. (2024). Persepsi dan Keputusan Adopsi Inovasi Teknologi Berbasis Kearifan Lokal Pada Budidaya Kopi di Lampung. *Jurnal Kawistara*, 14(2).
- Yuan, F., Ospina, R., Perumal, A. B., Noguchi, N., He, Y., & Liu, Y. (2025). Smart agriculture in Asia. *Plant Communications*, 6(7).