

PENINGKATAN EKONOMI MASYARAKAT DESA WUKIRSARI MELALUI PROGRAM SMART FARMING PENGOLAHAN LAHAN DAN HASIL PADI BERBASIS IOT

Khalil Sidik^{1*}, Gatot Santoso², Amir Hamzah³, Suwanto Raharjo⁴,
Emy Setyaningsih⁵

^{1 2 3 4 5}Program Studi Teknik Elektro Institut Sains dan Teknologi AKPRIND
Yogyakarta
Email: halilsidik05@gmail.com *

ABSTRAK

Kelompok Tani Tri Sedyo Manunggal Dusun Pandan Desa Wukirsari Kec. Cangkringan Sleman Yogyakarta menghadapi tantangan dalam memonitor kualitas tanaman padi, menggunakan pestisida untuk pembasmian hama, dan bergantung pada listrik dari PLN serta BBM untuk mengoperasikan lampu UV. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah ini, tim pelaksana kegiatan mengembangkan alat *smart farming* yang dapat memantau pH, warna daun, dan volume hama. Perangkat hama menggunakan lampu *ultraviolet* (UV) dengan relay sebagai saklar otomatis. Keseluruhan sistem ditenagai energi surya, menciptakan solusi ramah lingkungan tanpa biaya listrik dari PLN. Integrasi dengan IoT memungkinkan kendali dan pemantauan jarak jauh. Pelaksanaan kegiatan melalui sosialisasi alat *smart farming*, pelatihan penggunaan, instalasi, dan pemeliharaan. Dari hasil pelaksanaan kegiatan terlihat bahwa alat ini beroperasi efektif dengan tingkat akurasi yang tinggi, serta memberikan informasi penting, seperti kebutuhan pupuk urea, jumlah kapur untuk tanah asam, dan zat belerang untuk mengatasi tanah basa, supaya mencapai pH ideal. Selain itu, alat ini efektif menangkap hama tanpa pestisida, termasuk wereng, belalang, dan walang sangit. Sehingga, petani membuat keputusan tepat dan efisien, meningkatkan hasil panen dan pengelolaan waktu. Inisiatif ini merupakan langkah penting menuju pertanian berkelanjutan dan berbasis teknologi.

Kata Kunci: *Ekonomi masyarakat, IoT, smart farming*

ABSTRACT

Tri Sedyo Manunggal Farmers Group, Pandan Hamlet, Wukirsari Village, Cangkringan Sleman District, Yogyakarta faces challenges in monitoring the quality of rice crops, using pesticides to eradicate pests, and depending on electricity from PLN and fuel to operate UV lamps. Therefore, to overcome this problem, the activity implementation team developed a smart farming tool that can monitor pH, leaf color and pest volume. Pest traps use ultraviolet (UV) lights with relays as automatic switches. The entire system is powered by solar energy, creating an environmentally friendly solution with no electricity costs from PLN. Integration with IoT enables remote control and monitoring. Implementation of activities was carried out through socialization of smart farming tools, as well as training in use, installation and maintenance of the tools. From the results of the implementation of activities, it can be seen that this tool operates effectively with a high level of accuracy, and provides important information, such as the need for urea fertilizer, the amount of lime for acidic soil, and sulfur to treat alkaline soil, in order to achieve the ideal pH. In addition, this

tool is effective in catching pests without pesticides, including planthoppers, grasshoppers and grasshoppers. So, farmers make the right and efficient decisions, increase crop yields and manage time. This initiative is an important step towards sustainable and technology-based agriculture.

Key Words: *Community economy, IoT, smart farming*

PENDAHULUAN

Sektor pertanian merupakan sektor yang berperan penting dalam pembangunan ekonomi Indonesia. Kemajuan di era teknologi mengubah kebiasaan seseorang dalam melakukan sesuatu, salah satunya dibidang pertanian padi. *Oryza sativa* merupakan salah satu komoditas pangan yang sangat penting di dunia (Siregar, 2023). Teknologi yang banyak digunakan adalah *Internet of Things* (IoT), yaitu konsep yang dapat memperluas konektivitas dan terhubung dengan jaringan global (Ahdan., Redy., 2021). Bahkan, IoT telah mengubah cara seseorang berinteraksi dengan dunia sekitar, dan telah merambah pada sektor pertanian. Perangkat pertanian yang telah terintegrasi dengan IoT dikatakan sebagai *smart faming*. Teknologi pertanian cerdas yang memudahkan petani memonitoring dan mengontrol kualitas tanaman padi memakai *smartphone* yang telah terhubung dengan jaringan internet. Hal ini membantu meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya, dan mengoptimalkan hasil panen (Prihatiningtyas., dkk., 2023).

Sasaran kegiatan PKM ini adalah Kelompok Tani Tri Sedyo Manunggal Dusun Pandan Desa Wukirsari Kapanewon Cangkringan, Sleman. Ada beberapa permasalahan yang dialami mitra, yaitu petani kesulitan mengukur pH tanah karena harus membawa sampel tanah untuk diuji di laboratorium, petani kesulitan menentukan dosis takaran pupuk nitrogen untuk tanaman padi, petani menggunakan pupuk pestisida dalam mengatasi hama serangga, seperti wereng, belalang, walang sangi, dan petani menggunakan listrik dari PLN dan BBM (solar) sebagai sumber listrik. Oleh karena itu, daerah mitra berpotensi baik untuk penerapan teknologi *smart farming*. Namun, ada beberapa tantangan yang perlu diatasi dalam penerapan teknologi ini, salah satunya keamanan alat saat pemasangan alat di lokasi mitra, dan ketersediaan akses internet belum merata.

Penerapan *smart farming* merupakan pilihan tepat untuk meningkatkan kualitas tanaman padi dan hasil produksi padi daerah mitra. Ada beberapa komponen yang

terdiri atas sensor dan komponen pendukung lainnya. Sensor pH tanah berfungsi mengukur tingkat keasaman dan basah lahan pertanian padi serta memudahkan petani memberi pupuk jika tanah terlalu asam atau basah. Tanah yang kaya unsur hara dan mengandung organik yang cukup, mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi untuk tumbuh maksimal (Santoso., dkk., 2020). Sensor TCS3200 berfungsi mendeteksi warna daun atas bagan warna daun (BWD) pada tanaman padi dan menentukan takaran pupuknya. Sensor TCS3200 merupakan sensor yang berfungsi mendeteksi warna dan memiliki rangkaian *photodiode* 8x8 (Setiyawan., dkk., 2022).

Sensor *ultrasonic* merupakan media pembaca volume hama yang terperangkap, sehingga petani memonitor kotak perangkapnya melalui sensor tersebut. Adapun mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32 dan terdapat modul *wifi* didalamnya, sehingga tidak memerlukan tambahan modul *wifi* dalam pengaplikasiannya. Selain itu, memiliki jumlah pin yang banyak yakni 48 pin, dan berharga ekonomis. Sedangkan untuk perangkap hama menggunakan lampu *ultraviolet* (UV), karena wereng tertarik terhadap sumber cahaya (Riskiawan., dkk., 2022). Serangga lebih tertarik pada cahaya yang mendekati warna UV dibandingkan cahaya lain. Lampu UV hidup di malam hari dan memancing serangga mendekat, lalu serangga akan tersengat arus listrik karena disekitar lampu dipasang modul penyengat. Aplikasi yang digunakan untuk mengontrol dan memonitoring alat adalah *Blynk Apps* yaitu aplikasi populer dalam proyek yang berkaitan dengan IoT dan dijalankan pada *smartphone android* maupun IOS.

Kelisisitrikan pada sistem menggunakan tenaga surya. Panel surya merupakan alat untuk mendapatkan energi alternatif bersumber dari cahaya matahari (Nurdiansyah., dkk., 2020). Adanya panel surya sebagai sumber listrik, membuat petani tidak menggunakan listrik dari PLN atau BBM untuk menyalakan alat teknologi *smart farming*, sehingga tidak mengeluarkan biaya operasional listrik. Tenaga surya adalah pembangkit listrik ramah lingkungan, karena tidak ada pembakaran bahan bakar fosil untuk pembangkit energi listrik, serta mendukung pemerintah menerapkan *green energy* di Indonesia. Penerapan teknologi *smart farming* pada lahan mitra berpotensi besar dan memberikan perubahan yang signifikan di bidang pertanian. Selain itu, adanya pengontrolan dan monitoring melalui jarak jauh juga menghemat waktu petani.

Oleh karena itu, untuk meningkatkan kualitas tanaman padi pada mitra Kelompok Tani Tri Sedyo Manunggal, tim PPK Ormawa HMTE melakukan kegiatan PKM. Kegiatan ini dilakukan melalui pemberian alat *smart farming* kepada mitra, yang terdiri atas sosialisasi, pembuatan dan pelatihan alat, serta pemasangan alat di daerah mitra, guna meningkatkan kualitas tanaman padi, dan hasil produksi panen padi. Selain itu, alat ini diharapkan bermanfaat bagi mitra, kemudahan monitoring kualitas tanaman padi, perangkat hama dengan sistem otomatis, serta panel surya ramah lingkungan, sehingga kualitas tanaman padi milik mitra Kelompok Tani Tri Sedyo Manunggal Dusun Pandan Desa Wukirsari Kapanewon Cangkringan Sleman meningkat.

METODE PELAKSANAAN

Pelaksanaan kegiatan PKM terhadap mitra Kelompok Tani Tri Sedyo Manunggal melalui tahapan sebagai berikut:

Sosialisasi, dilakukan di rumah ketua Kelompok Tani Tri Sedyo Manunggal, Bapak Sumarjo pada Jumat, 4 Agustus 2023 selama 4 jam, dihadiri perangkat desa dan 35 anggota kelompok tani. Sosialisasi untuk anggota kelompok tani dilakukan melalui penyampaian materi, fokus pada tujuan program, dan konsep teknologi *smart farming* berbasis IoT, untuk memastikan pemahaman yang efektif dengan penekanan pada interaktivitas melalui diskusi dan berbagi pengalaman. Sehingga, dapat mempersiapkan anggota pengetahuan dan keterampilan untuk mengadopsi teknologi *smart farming*.

Pembuatan Alat, dilakukan sejak Juli sd. Agustus, mulai dari tahap perancangan dengan melibatkan beberapa aspek, yaitu: 1) pengembangan komponen *elektronis* untuk membangun *power* PLTS, 2) programing fokus pada pembuatan sistem IoT. Adapun aspek mekanis mencakup pembuatan rangka PLTS dan perangkat hama, mencerminkan pendekatan holistik dalam merancang alat memperhatikan elemen terkait.

Pelatihan, dimana pelatihan teknologi *smart farming* dilakukan di rumah Bapak Carik, Dusun Pandan Desa Wukirsari Kapanewon Cangkringan Sleman pada Jumat, 11 September 2023 selama 4 jam, dihadiri 35 anggota kelompok tani dan perangkat desa. Pelatihan dilakukan melalui: 1) tahap penyampaian materi, guna memberikan pemahaman tentang teknologi *smart farming* dan penerapannya, mencakup presentasi,

materi tertulis, dan contoh kasus; dan 2) tahap praktek, dimana peserta menggunakan teknologi tersebut secara langsung, yang melibatkan demonstrasi langsung, pengujian perangkat, dan pelatihan praktis mengoperasikan teknologi tersebut.

Pemasangan dan Pemeliharaan Alat, dilakukan pada lahan milik mitra Kelompok Tani Tri Sedyo Manunggal selama 6 hari, mulai tanggal 12 sd. 17 September 2023 dihadiri kelompok tani sebanyak 10 orang perwakilan untuk membantu pemasangan alat. Tahapan ini melibatkan partisipasi aktif perwakilan kelompok tani dalam menginstalasi perangkat IoT di lapangan. Peserta diberikan panduan praktis tentang pemasangan, termasuk cara menghubungkan ke jaringan dan integrasinya dengan sistem pertanian yang ada. Selanjutnya, perwakilan kelompok tani mendapatkan pelatihan pemeliharaan perangkat, mencakup rutinitas pemeliharaan dan penanganan masalah teknis jika terjadi. Pendekatan ini memastikan anggota kelompok tidak hanya terlibat dalam instalasi tetapi dapat menjaga dan menangani perangkat secara efektif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan kegiatan PKM ini melalui program *smart farming*, yaitu alat teknologi pertanian untuk peningkatan kualitas tanaman padi dan perangkap hama yang terintegrasi dengan IoT menggunakan panel surya sebagai sumber energi listrik pada sistem. Hal ini memudahkan Kelompok Tani Tri Sedyo Manunggal mengontrol dan monitoring kualitas tanaman padi Dusun Pandan Desa Wukirsari Cangkringan, Sleman. Alat teknologi *smart farming* menggunakan berbagai komponen, seperti sensor, mikrokontroler ESP32, panel surya, lampu UV, *accu*, inverter, dan *solar charge controller*. Sensor pH tanah berfungsi membaca nilai kadar keasaman tanah pertanian padi, sensor TCS3200 berfungsi membaca tingkat BWD tanaman padi, dan sensor *ultrasonic* berfungsi membaca volume hama terperangkap pada kotak perangkap hama.

Prinsip kerja alat merupakan parameter kritis yang mendukung petani mengambil keputusan lebih akurat, menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai alat mengendalikan dengan presisi setiap sensor dan komponen terkait. Sensor pH tanah, membaca tingkat keasaman dan kelembapan tanah padi pada rentang 0-14; dimana 0-6 menandakan sifat asam, 7 sebagai netral, dan 8-14 sebagai basa. Data yang terbaca oleh

sensor ini diolah melalui mikrokontroler ESP32 dan disajikan pada aplikasi Blynk. Adapun pH tanah yang optimal untuk tanaman padi adalah netral. Jika terlalu asam, petani memberikan pupuk untuk menyeimbangkan kondisi tanah. Maka, alat ini tidak hanya memberikan informasi, tetapi solusi praktis mempertahankan kondisi tanah yang ideal bagi padi. Sensor TC3200 membaca warna daun padi atas BWD. *Range* pemberian pupuk urea 0-200 kg/ha, sehingga jika daun padi terindikasi kurang subur, maka sensor memberikan data kepada petani akan takaran pupuk yang diberikan. Sensor *ultrasonic* untuk mendeteksi objek disekitarnya dan dipasang pada perangkat hama, berfungsi membaca volume hama yang terjebak dalam kotak perangkat dengan rentang volume 0-100. Petani dapat melakukan tindakan pembersihan hama, jika nilai volume mencapai atau lebih 75. Maka, alat ini memberikan petani informasi yang jelas dan praktis untuk mengelola dan mengontrol populasi hama secara efektif.

Komponen alat *smart farming* untuk peningkatan kualitas tanaman padi adalah: 1) sensor pH tanah, 2) sensor TCS3200, 3) sensor *ultrasonic*, 4) mikrokontroler ESP32, 5) relay DC 12 volt, 6) modul SD card, 7) modul *step down* LM2596, 8) perangkat mifi, 9) panel surya kapasitas 150 *Watt Peak* (WP) arus maksimal 5.62 Ampere dan tegangan maksimal 17,8 volt, 10) Accu 12 volt 40 Ah, 11) inverter kapasitas 200 Watt, 12) *Solar Charge Controller* (SCC) kapasitas 10 Ampere, dan 13) lampu UV 18 Watt.

Sistem pembangkit listrik tenaga surya pada alat *smart farming* untuk peningkatan kualitas tanaman padi dan pengendalian hama didasarkan pada konversi energi panas dan cahaya matahari menjadi listrik melalui *solar cell*. Daya yang dihasilkan mencapai 150 Watt pada kondisi matahari maksimal, dengan arus maksimal 5,62 Ampere, dan tegangan maksimal 17,8 Volt. Panel surya tidak langsung mengisi daya ke aki, tetapi melalui *solar charge controller*. Adapun dalam pengisian, panel surya mengalirkan arus listrik 5,62 Ampere untuk mengisi aki berkapasitas 12 volt 40 Ah selama 1,7 jam. Efisiensi panel surya dalam menyerap panas mencapai 80% memaksimalkan pengisian aki. Ketika tegangan aki di atas 14,4 volt, *solar charge controller* otomatis memutuskan aliran listrik dari panel ke aki untuk mencegah *overcharge* dan melindungi aki dari kerusakan. Sehingga kontrol yang cermat, sistem ini tidak hanya memberikan energi untuk tanaman, tetapi melindungi aki dengan meminimalkan risiko *overcharge*.

Sebelum mencapai mikrokontroler ESP32, tegangan 12VDC dari accu disesuaikan menjadi 5V menggunakan modul *step down* LM2596. Lampu UV 18 watt dan perangkat *mifi* membutuhkan tegangan 220V AC. Maka, inverter 200 watt mengubah tegangan 12V DC dari accu menjadi 220V AC. Lampu UV terhubung dengan relay DC sebagai saklar yang dapat dikontrol melalui *smartphone*. Petani mengaktifkan lampu UV mulai pukul 18.00 - 06.00 setiap harinya melalui *smartphone*. Perangkat *mifi* tetap aktif 24 jam untuk menjaga konektivitas alat *smart farming* ke internet. Hal yang sama berlaku untuk mikrokontroler ESP32, sensor pH tanah, sensor warna daun, dan sensor *ultrasonic* yang aktif untuk memberikan data *real-time* sepanjang waktu. Pengaturan ini memastikan pemantauan konstan dan aksesibilitas data setiap saat.



Gambar 1. Tampilan pada Aplikasi Blynk

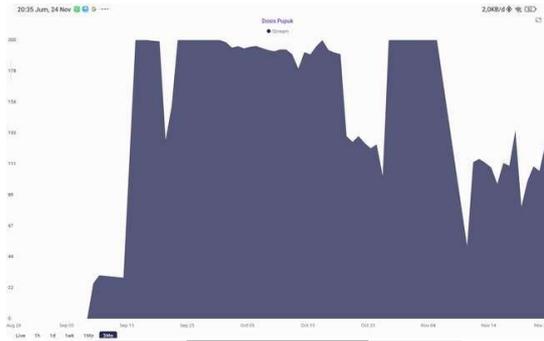
Gambar 1. di atas menampilkan antarmuka aplikasi *Blynk* yang memperlihatkan data pembacaan sensor secara *real-time* beserta tombol kontrol untuk lampu UV pada perangkat hama. Setiap sensor yang digunakan memberikan informasi langsung pada aplikasi, selama alat *smart farming* terkoneksi dengan internet, pengawasan dan pengendalian dilakukan melalui *smartphone*.

Tim pelaksana kegiatan telah melakukan pengukuran selama kurang lebih 3 bulan dan mendapatkan data pengukuran ph tanah sebagai berikut :

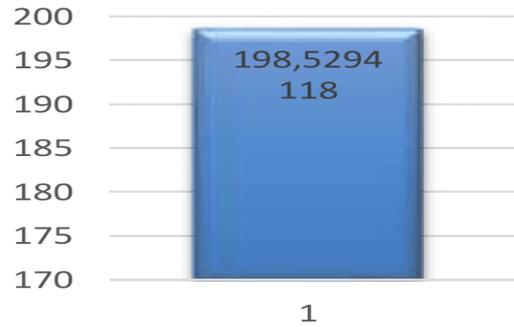


Gambar 2. Data Pengukuran pH Tanah pada Lahan Mitra

Pemantauan sensor pH tanah dilakukan sejak 22 September 2023 dan pemindahan sensor pada 14 November 2023 menunjukkan data menurun secara signifikan karena lahan mitra mencapai musim panen. Berdasarkan grafik, rata-rata nilai pH tanah antara 6-7, dengan pH maksimal 7,4. Kondisi ini mengindikasikan tingkat pH tanah pada kisaran baik yaitu tingkat netral. Pengamatan terus-menerus memberikan pemahaman penting terkait kondisi tanah dan mendukung pengelolaan tanaman dengan optimal.



Gambar 3. Dosis Pupuk pada Aplikasi Blynk



Gambar 4. Rata-rata Dosis Pupuk yang diberikan

Data yang terlihat pada Gambar 3 dan 4, disimpulkan bahwa dosis pupuk rata-rata yang diberikan pada lahan pertanian mitra sebesar 198,5 kg/ha. Hal ini penting untuk pemantauan nutrisi tanaman dan perencanaan pemupukan yang lebih efektif guna mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal.



Gambar 5. Rata-rata Pengukuran Volume Hama

Berdasarkan data pada Gambar 5, ditemukan rata-rata volume hama yang terdeteksi pada perangkat hama 5,9%. Namun, tingkat keakuratan pada sensor *ultrasonic* belum mencapai tingkat maksimal, sehingga data yang ditampilkan tidak sepenuhnya sesuai dengan kondisi lapangan. Perbaikan atau kalibrasi sensor diperlukan untuk meningkatkan akurasi pengukuran dan memberikan hasil yang lebih akurat.



Gambar 6. Acara Sosialisasi di Daerah Mitra



Gambar 7. Foto Bersama ketika Sosialisasi



Gambar 8. Foto Bersama Sesi Pelatihan Alat



Gambar 9. Sesi Pelatihan Bersama Mitra Kelompok Tani



Gambar 10. Pemasangan Alat *Smart Farming*



Gambar 11. Pembuatan Rangka Panel dan Rangka Perangkap Hama



Gambar 12. Perangkap Hama



Gambar 13. Perangkat Hama Tampak Belakang



Gambar 14. Sensor pH Tanah



Gambar 15. Sensor TCS3200



Gambar 16. Sensor Ultrasonic

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari pelaksanaan kegiatan PKM ini disimpulkan bahwa Kelompok Tani Tri Sedyo Manunggal berhasil mengatasi tantangan pertanian, seperti pemantauan kualitas tanaman padi, penggunaan pestisida, dan ketergantungan listrik konvensional. Peserta menciptakan alat *smart farming* yang mengintegrasikan pemantauan pH, warna daun, dan volume hama menggunakan lampu UV sebagai perangkat hama otomatis. Solusi ini beroperasi dengan tenaga surya, mengurangi biaya listrik dari PLN, dan terkoneksi dengan IoT untuk kendali dan pemantauan jarak jauh. Pengamatan hasil kegiatan menunjukkan efektivitas alat ini memberikan informasi kritis terkait pupuk dan zat tanah dalam menangkap hama tanpa pestisida. Langkah-langkah pelaksanaan kegiatan seperti sosialisasi, pelatihan, instalasi, dan pemeliharaan sukses diterapkan. Inisiatif ini mewakili langkah signifikan menuju pertanian berkelanjutan berbasis teknologi, memberikan petani kemampuan membuat keputusan lebih tepat dan efisien untuk meningkatkan hasil panen dan manajemen waktu.

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan setelah pelaksanaan kegiatan ini yaitu: 1) hendaknya dapat ditambahkan beberapa titik sensor tambahan agar pembacaan sensor lebih akurat; dan 2) hendaknya ditambahkan inovasi perangkat hama lain, seperti perangkat tikus dan burung, mengingat daya panel surya yang cukup besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas dukungan dan pendanaan yang diberikan terhadap Program Penguatan Kapasitas Organisasi Mahasiswa (PPK ORMAWA). Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Perguruan Tinggi Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta, Bapak Yan Shopian (Operator PT) dan Bapak Ir. Gatot Santoso, M.T (Dosen Pembimbing). Lalu, terima kasih juga disampaikan kepada Kelompok Tani Tri Sedyo Manunggal sebagai mitra dalam PKM ini, Bpk Mujiono sebagai pemilik lahan yang berpartisipasi, dan anggota tim PPK ORMAWA: Khalil, Rindo, Wildan, Nikolaus, Zumrudul, Ayu, Safina, Wafi, Aditya, Nasrul, Nalendra, M. Khalil, yang telah berkontribusi, serta kepada semua pihak yang terlibat dalam pelaksanaan kegiatan ini.

REFERENSI

- Ahdan, S., Redy S.E. 2021. *Implementasi Dashboard Smart Energy untuk Pengontrolan Rumah Pintar pada Perangkat Bergerak Berbasis Internet of Things*. Jurnal Teknoinfo, Vol.15 No.1 Hlm.26-31.
- Nurdiansyah, M., dkk. 2020. *Sistem Kendali Rotasi Matahari pada Panel Surya Berbasis Arduino UNO*. J. Teknik dan Sistem Komputer, Vol.1 No.2 Hlm. 40-45.
- Prihatiningtyas, S., dkk. 2023. *Revitalisasi Pertanian Berkelanjutan Kelompok Tani Kab. Jombang : Penerapan Alat Penabur Pupuk Semi Otomatis*. Jurnal Abdimas BSI, Vol.6 No.2 Hlm.296-308.
- Riskiawan, H.Y., dkk. 2022. *Picohydro Uv-Trap: Perangkap Hama Wereng Batang Coklat dengan Kemandirian Energi Guna Mendukung Potensi Lokal Petani Padi Desa Lembengan*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi dan Mineral, Vol.2 No.1 Hlm.379-385.
- Santoso, G., dkk. 2020. *Sistem Monitoring Kualitas Tanah Tanaman Padi dengan Parameter Suhu dan Kelembaban Tanah Berbasis Internet of Things (IoT)*. Prosiding Seminar Nasional Teknoka, Vol.5 Hlm.146-155.
- Setiyawan, A., dkk. 2022. *Rancang Bangun Sistem Klasifikasi Padi Siap Dipanen dengan Parameter Warna Padi dan Warna Daun menggunakan Metode Random Forest*. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Vol.6 No.7 Hlm.3228-3235.
- Siregar, M.A.R. 2023. *Peningkatan Produktivitas Tanaman Padi melalui Penerapan Teknologi Pertanian Terkini*. Url: <https://osf.io/preprints/osf/g98xr>.