

**INOVASI SMART AGRICULTURE BERBASIS
BLUE ECONOMY DENGAN TEKNOLOGI ROBOT CERDAS DAN
KEMANDIRIAN ENERGI**

***SMART AGRICULTURE BASED ON BLUE ECONOMY WITH INTELLIGENT
ROBOT TECHNOLOGY AND ENERGY INDEPENDENCE***

**Arya Yusuf⁽¹⁾, Puspita Widyaningrum⁽²⁾, Azka Bima Ladayya⁽³⁾ Jania Cahya Rani⁽⁴⁾,
Ravi Al-Fadihilah⁽⁵⁾, Sultan Hulio Andrian⁽⁶⁾, Muhamad Biworo⁽⁷⁾, Sahid
Ramandhani⁽⁸⁾**

^{1,3,7)}Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia.

²⁾Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia.

⁴⁾Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia.

⁵⁾Pendidikan Teknik Mekatronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia.

⁶⁾Teknik Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia.

⁸⁾Pendidikan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia.

*Corresponding Email: aryayusuf.2021@student.uny.ac.id

Abstrak

Food estate merupakan program pemerintah Indonesia yang dikembangkan guna mencegah krisis pangan, Program ini bertujuan memenuhi dan mengembangkan produksi pangan yang mengintegrasikan sektor pertanian, perkebunan, dan peternakan di wilayah yang luas. era society 5.0 memberikan dampak pada sektor pertanian, salah satunya adalah konsep smart agriculture. Smart agriculture dapat menjadi salah satu alternatif yang berpeluang untuk mewujudkan food estate di Indonesia. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengkaji mengenai pertanian cerdas dengan pemanfaatan lahan untuk tanaman sayuran dan kelapa sawit. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah deskriptif kualitatif melalui studi Pustaka dengan kajian literatur untuk memperoleh data dari jurnal, artikel, media cetak, dan media elektronik yang relevan. Berdasarkan studi pustaka yang telah dilakukan, diperoleh hasil bahwa inovasi greenhouse dengan panel surya semi-transparan memberikan kondisi pencahayaan yang memadai untuk fotosintesis dan pertumbuhan tanaman serta memberikan dampak terhadap serapan klorofil, fotoreseptor pada tumbuhan hijau sebesar 24,8% sebanding dengan pertumbuhan tanaman di bawah sinar matahari. Selain itu penggunaan microbial fuel cell (MFC) sebagai energi cadangan mampu menghasilkan listrik dalam kisaran 0.294 watt/m² hingga 6492 watt/m² dengan efisiensi penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) 48% hingga 94%.

Kata Kunci: *Food estate, greenhouse, smart agriculture, MFC*

Abstract

Food estate is an Indonesian government program developed to prevent food crisis, this program aims to meet and expand food production that integrates the agriculture, plantation, and livestock sectors in a large area. Society 5.0 era has impacted the agricultural industry one of which is the concept of smart agriculture. Smart agriculture can be an alternative that could realize food estate in Indonesia. The purpose of this research is to examine smart agriculture with land utilization for vegetable and oil palm crops. The method used in this research is descriptive qualitative through a literature review to obtain data from relevant journals, articles, print media, and electronic media. Based on the literature study that has been conducted, the results obtained that greenhouse innovation with semi-transparent solar panels provides adequate lighting conditions for photosynthesis and plant growth and has an impact on chlorophyll uptake, and photoreceptors in green plants by 24.8% comparable to plant growth in sunlight. In addition, the use of microbial fuel cells (MFC) as backup energy can generate electricity in the range of 0.294 watts/m² to 6492 watts/m² with Chemical Oxygen Demand (COD) removal efficiency of 48% to 94%.

Keywords: *Food estate, greenhouse, smart agriculture, MFC*

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara agraris dengan luas lahan pertanian mencapai 7,4 juta hektar menjadikan sebagian besar masyarakatnya bekerja pada sektor pertanian (BPS, 2020). *Food estate* merupakan program pemerintah Indonesia yang dikembangkan sebagai respons peringatan FAO guna mencegah krisis pangan (Wandananum *et al.*, 2021). Program ini bertujuan memenuhi dan mengembangkan produksi pangan yang mengintegrasikan sektor pertanian, perkebunan, dan peternakan di wilayah yang luas (Wiguna & Yulia, 2023).

Program *food estate* termasuk dalam Program Strategis Nasional (PSN) 2020-2024 yang dilaksanakan di 5 provinsi yaitu Kalimantan Tengah, Sumatera Utara, Sumatera Selatan, Nusa Tenggara Timur, serta Papua (Rasman *et al.*, 2023). Mayoritas negara berkembang seperti Indonesia sangat bergantung pada sektor

pangan khususnya pada pertanian yang menunjukkan pentingnya pengembangan *food estate* (Wiguna & Yulia, 2023). Pemanfaatan sumber daya pertanian hanya difokuskan untuk memperkuat ketahanan pangan (Rhofita, 2022). Selain itu sektor perkebunan *food estate* juga memiliki peranan signifikan dalam perekonomian Indonesia. Salah satu komoditas penting dalam sektor perkebunan *food estate* adalah kelapa sawit (Napitupulu *et al.*, 2023).

Solusi yang dikaji oleh peneliti yaitu Pengembangan *food estate* dioptimalkan dengan teknologi *era society 5.0* melalui konsep *smart agriculture* dengan penggunaan teknologi robot cerdas. Pemanfaatan sumber daya pertanian *food estate* dapat menunjang kemandirian energi dengan mengolah limbah pertanian menjadi energi terbarukan melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan teknologi *Microbial Fuel Cell* (MFC).

Smart agriculture juga menunjang pendirian pusat pemuliaan kelapa sawit untuk meningkatkan kualitas bibit dan produktivitas perkebunan.

Smart agriculture dapat menjadi salah satu alternatif yang berpeluang untuk mewujudkan SDGs untuk Indonesia. Inovasi ini diharapkan mampu mendukung pembangunan infrastruktur seperti irigasi modern, pusat pengolahan pertanian, pusat pemuliaan bibit tanaman, sarana transportasi yang efisien, serta tahan terhadap berbagai gangguan dari *climate change*.

Penelitian yang telah dilakukan dalam aspek *smart agriculture* adalah sanan sino-science china yang memiliki fasilitas teknologi otonom canggih. Sistem ketat yang mengatur suhu, sumber air, kelembaban, nutrisi, dan LED, dengan keunggulan lahan budidaya bertingkat Solusi hidroponik hemat air (Ryan, 2018). Namun ketergantungannya pada teknologi otonom dapat menimbulkan masalah saat terjadi gangguan sistem atau Listrik. Penelitian lain yaitu aerofarms jepang yang menggunakan fasilitas teknologi pertanian vertical, penggunaan LED, serta sistem aeroponic dengan keunggulan dalam memanfaatkan ruang secara efisien dalam pertanian vertical serta mengurangi konsumsi air dan nutrisi tanaman (Joe 2017; Muhammad, 2021). Namun tantangannya terletak pada pasokan listrik

yang stabil untuk menjaga sistem berjalan dengan lancar.

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji mengenai Pertanian cerdas dengan pemanfaatan lahan untuk tanaman sayuran dan kelapa sawit berdasarkan penelitian – penelitian sebelumnya. Kajian tersebut dilakukan untuk mengetahui kelemahan pada penelitian sebelumnya dan menemukan solusi baru berdasarkan saran penelitian yang sudah ada.

METODE PENELITIAN

penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif kualitatif dengan kondisi alamiah (dalam keadaan *real* dan tidak sedang eksperimen) instrumen merupakan kunci dari penelitian ini (Sugiyono, 2019). Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian adalah kajian literatur yaitu data bersumber dari jurnal, artikel, media cetak, media elektronik, dan lainnya. Penelitian ini menggunakan data sekunder, melibatkan pengumpulan, analisis, dan reduksi data. Setelah data dikumpulkan, data disusun secara logis dan sistematis (Adlini, M. N., *et al*, 2022). Data yang telah diperoleh dianalisis kemudian disesuaikan dengan teori yang relevan secara kualitatif dan deskriptif. Teknik analisis data terdiri dari tahap reduksi

data, tahap penyajian data dan tahap pengambilan kesimpulan. Menurut Arsyam & Tahir (2021), teknik analisis data dilakukan dengan cara menyusun data secara logis dan sistematis dalam mencapai tujuan tertentu. Tahap reduksi data merupakan tahap memilah dan memilih data berdasarkan penelitian terdahulu (Biworo et al, 2024). Tahap reduksi data yaitu dilakukan penyajian data dengan mendeskripsikan objek yang diteliti (Yusuf et al, 2024). Tahap pengambilan kesimpulan dilakukan dengan teknik induksi yaitu menarik kesimpulan pengamatan secara umum (Mustofa, 2016). Dapat diambil kesimpulan bahwa teknik analisis data disusun secara logis dan sistematis yang diawali dengan memilah data, mendeskripsikan objek penelitian, dan penarikan kesimpulan secara umum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Konsep Inovasi

Tisagrind merupakan suatu gagasan pengembangan *greenhouse* untuk budi daya tanaman kentang, ubi jalar, padi, cabai, tomat, selada, wortel dan buah bit melalui aquaponik. *Tisagrind* juga mengembangkan pemuliaan bibit kelapa sawit melalui hidroponik. *Greenhouse* dilengkapi dengan *Nutrient Film System* (NFT) dimana akan diaplikasikan oleh

pipa terpasang horizontal guna mengalirkan air dari kolam pemeliharaan ikan.

Tisagrind dilengkapi juga dengan teknologi robot cerdas yang bergerak dengan lintasan monorel gantung guna membantu operator dalam melaksanakan tugas pada ruangan *greenhouse*. *Tisagrind* mempunyai ruang kontrol energi yang mengintegrasikan teknologi utama yaitu PLTS dan MFC menjadi teknologi pendukung yang digunakan dalam pusat kendali *Tisagrind*.

2. Desain *Tisagrind*

a. *Greenhouse Agriculture System*

Greenhouse merupakan suatu ruangan yang digunakan dalam pengembangan sistem pertanian budi daya tanaman kentang, ubi jalar, padi, cabai, tomat, selada, wortel dan buah bit. Selain itu juga digunakan untuk mengembangkan pemuliaan bibit kelapa sawit untuk produktivitas perkebunan. Terdapat penggunaan aquaponik dengan sistem *Document Object Model* (DOM) yang tahan terhadap *climate change* untuk mewujudkan kemandirian pangan masyarakat Indonesia di wilayah 3T. Ruangan ini dilengkapi dengan sistem monitoring yang berfungsi secara otomatis seperti sensor suhu DHT22 dalam mengontrol suhu dan kelembaban, sensor *photocell* untuk mengatur cahaya, dan sensor pH untuk mendeteksi kualitas air (pH, nitrat, nitrit, ammonia, dan level air). Sensor pH dapat mendeteksi tingkat alkali / kebasahan atau acid / keasaman dengan skala pH 3.5-8 (González-Amarillo et al, 2018). Sensor

DHT 22 beroperasi pada suhu kisaran antara – 40 °C sampai 80 °C, memiliki akurasi $\pm 0,5$ °C dan kelembaban antara 0 – 100 % sehingga cocok digunakan untuk deteksi suhu dan kelembaban pada *greenhouse* (Nurrahmi, S., Miseldi, N., & Syamsu, S. H., 2023). Photocell sensor berfungsi untuk mendapatkan nilai intensitas cahaya matahari dalam satuan candela (Sumual, H., & Seke, F. R., 2019)



Gambar 1. Kawasan Tisagrind
(Sumber: Desain Pribadi)

Greenhouse dilengkapi juga dengan sistem *Nutrient Film System* (NFT) dimana akan diaplikasikan oleh pipa terpasang horizontal guna mengalirkan air dari kolam pemeliharaan ikan. Tanaman diletakkan pada lubang di atas pipa dengan bantuan pot-net yang diisi dengan media tanam seperti pecahan zeolit, kerikil, dan lain-lain (Shobihah *et al.*, 2022). Konsep dasar dari NFT yaitu bagian atas tanaman tetap terpapar udara dan sinar matahari sedangkan akar tanaman dapat menyerap nutrisi dari air yang mengalir pada pipa (Andriani & Zahidah, 2019). Dalam menjaga kadar oksigen diperlukan ketetapan standar baku mutu air (set point) yang berpengaruh terhadap laju pertumbuhan ikan dan tanaman pada budi

daya aquaponik ini maka diatur menggunakan pompa aerator.

Pemuliaan bibit kelapa sawit melalui hidroponik dilakukan pada media tanam alternatif seperti rockwool, arang sekam, atau cocopeat yang ditempatkan di dalam pot-net di atas pipa yang mengalirkan nutrisi. Sensor suhu DHT22, sensor photocell untuk mengatur cahaya, dan sensor kualitas air akan memastikan kondisi optimal bagi pertumbuhan bibit kelapa sawit (Astuti *et al.*, 2019).

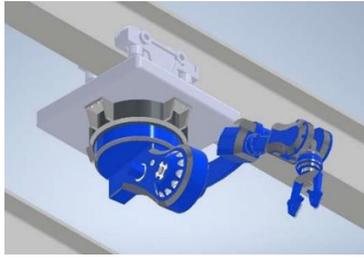


Gambar 2. Ruang *Greenhouse*
(Sumber: Desain Pribadi)

b. Robot Cerdas Tisagrind (*T-Robotica*)

T-Robotica merupakan robot cerdas yang membantu operator dalam melaksanakan tugas pada ruangan Tisagrind. Robot cerdas ini memiliki lintasan monorel gantung terbuat dari baja yang terpasang pada bawah atap gedung. Badan robot menggunakan bahan campuran besi dan aluminium. Lengan robot dilengkapi dengan sensor ketebalan untuk mengukur tanaman yang siap panen. Robot dilengkapi dengan miniPC yang

berguna untuk memproses data tanaman yang dikendalikan secara berkala.



Gambar 3. Robot Cerdas (*T-Robotica*)
(Sumber: Desain Pribadi)

T-Robotica beroperasi secara siklus dengan menginisiasi sensor secara keseluruhan dan menggunakan kamera 360 derajat yang dilengkapi *deep learning* sebagai pendeteksi penyakit serta memastikan tanaman siap panen. Jika tanaman terdeteksi penyakit maka sistem robot akan melakukan pencegahan dan pengendalian yang sesuai dan robot ini akan mendeteksi sesuai perkiraan umur tanaman menuju siap panen. *T-Robotica* juga menerima data dari mikrokontroler dimana menyesuaikan parameter lingkungan dengan menggunakan regulator karbon dioksida (CO_2), ventilasi, dan sensor lainnya yang terpasang pada ruangan. Robot cerdas termonitor dari sensor pH elektroda kaca pada tanah setiap tanaman budi daya yang akan menyemprotkan dolomit cair untuk menaikkan pH tanah dan pupuk urea sebagai penurun pH tanah dengan pompa air yang ada di dalam tubuh robot. Sistem robot akan melakukan tindakan perawatan

tanaman seperti penyiraman atau pemupukan.

T-Robotica dapat membantu operator dalam memantau kondisi bibit kelapa sawit. Robot ini dilengkapi dengan sensor untuk mengukur ketebalan tanaman dan mengidentifikasi tanaman yang siap dipindahkan ke lapangan. Selain itu, robot ini dapat mendeteksi dan mengendalikan penyakit pada bibit, memastikan lingkungan yang sehat dan optimal bagi pertumbuhan bibit.

c. Ruang Kontrol Energi Tisagrind (*T-Energy Control Center*)

Tisagrind mempunyai ruang kontrol energi yang mengintegrasikan teknologi utama yaitu panas matahari yang disalurkan menggunakan panel surya semi-transparan sebagai sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Panas matahari disalurkan melalui panel surya semi-transparan pada atap ruangan *greenhouse* supaya tidak menghalangi proses fotosintesis pada tanaman. Panel surya semi-transparan memberikan kondisi pencahayaan yang memadai untuk fotosintesis dan pertumbuhan tanaman serta memberikan dampak terhadap serapan klorofil, fotoreseptor pada tumbuhan hijau sebesar 24,8%. Tanaman tumbuh baik dengan faktor pertumbuhan tanaman sebesar 24,8% di bawah panel surya semitransparan sebanding dengan

pertumbuhan tanaman di bawah sinar matahari. Selain itu, efisiensi konversi daya panel surya semitransparan juga telah mencapai lebih dari 13% dengan rata-rata transmisi cahaya tampak yang relatif tinggi (lebih dari 20%) (Zhao, Y., *et al.*, 2021). Panel surya akan dilengkapi sistem robot pembersih otomatis untuk menjaga tetap bersih serta kualitas nilai output efisiensi *photovoltaic* atap yang dapat diatur sesuai kebutuhan (Triyanto & Kusnadi, 2023).



Gambar 4. Ruang Kontrol Energi Tisagrind
(*T-Energy Control Center*)
(Sumber: Desain Pribadi)

Terdapat juga energi cadangan melalui *Microbial Fuel Cell* (MFC) yang merupakan sistem bioelektrokimia yang mengubah bahan organik dan anorganik menjadi listrik menggunakan mikroorganisme sebagai katalis. Mikroorganisme ini berperan sebagai pengganti enzim, menghasilkan substrat yang lebih ekonomis. Bakteri dalam MFC dapat beradaptasi dengan berbagai bahan organik dalam limbah lingkungan untuk menghasilkan electron (Khafidiyanto *et al.*, 2014). MFC mampu menghasilkan listrik dalam kisaran 0.294 watt/m² hingga

6492 watt/m² dengan efisiensi penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD) 48% hingga 94% (BRIN, 2023).

Prinsip kerja MFC dideskripsikan dengan MFC dua chamber, terdiri dari chamber anaerobik dan aerobik yang dipisahkan oleh membran pemindah proton. Bakteri melekat pada anoda MFC mengoksidasi substrat organik dan melepaskan elektron serta proton. Proton pada chamber anoda bergerak melalui membran ke chamber katoda sedangkan elektron dilepaskan dari bakteri ke elektroda (anoda) di chamber yang sama, kemudian melalui sirkuit ke katoda di mana mereka menyatu dengan proton dan oksigen untuk membentuk air. Pada cara ini listrik dihasilkan. Bahan kimia lain seperti nitrat, sulfat, dan mangan dapat dijadikan sebagai penerima proton (Zhang, 2012 dalam Khafidiyanto *et al.*, 2014)



Gambar 5. *Microbial Fuel Cell* (MFC)
(Sumber: Desain Pribadi)

KESIMPULAN

Tisagrind merupakan gagasan konsep inovasi terbaru dalam memajukan sektor pertanian di kawasan *food estate* di Indonesia dengan mengintegrasikan *Greenhouse Agriculture System*, *T-Robotic*, dan *T-Energy Control Center*. Tisagrind adalah pengembangan *greenhouse* dengan pendekatan aquaponik, pendekatan hidroponik, dan sistem DOM, dilengkapi dengan sensor untuk perawatan tanaman. Suplai energi Listrik diperoleh melalui PLTS dengan panel surya semi-transparan sebagai energi utama serta *Microbial Fuel Cell* (MFC) sebagai energi cadangan.

Berdasarkan kajian literatur, Panel surya semi-transparan memberikan kondisi pencahayaan yang memadai untuk fotosintesis dan pertumbuhan tanaman serta memberikan dampak terhadap serapan klorofil, fotoreseptor pada tumbuhan hijau sebesar 24,8% sebanding dengan pertumbuhan tanaman di bawah sinar matahari. Efisiensi konversi daya panel surya semitransparan juga telah mencapai lebih dari 13% dengan rata-rata transmisi cahaya tampak yang relatif tinggi (lebih dari 20%). Selain itu penggunaan *Microbial Fuel Cell* (MFC) sebagai energi cadangan mampu menghasilkan listrik dalam kisaran 0.294 watt/m² hingga 6492 watt/m² dengan efisiensi penyisihan

Chemical Oxygen Demand (COD) 48% hingga 94%.

DAFTAR PUSTAKA

- Adlini, M. N., Dinda, A. H., Yulinda, S., Chotimah, O., & Merliyana, S. J. (2022). Metode penelitian kualitatif studi pustaka. *Jurnal Edumaspul*, 6(1), 974-980.
- Ahmad Nizami F, Sisgianto, Mohammad Jafar Loilatu, 2021. The Urgency of Food Estate for National Food Security in the Middle of The Covid-19 Pandemic. *Journal of Government and Political Issues*, 1(1), pp. 35-44
- Andriani, Y., & Zahidah, 2019. *Akuaponik: Integrated Farming Yang Semakin Populer*. Bitread Publishing.
- Arsyam, M. & Tahir, Y. M., 2021. Ragam Jenis Penelitian dan Perspektif. *Al-Ubudiyah: Jurnal Pendidikan Dan Studi Islam*, 2(1), pp. 37-47
- Astuti, Y. T. M., Hartati, R. M., & Triwaluyo, T., 2019. Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit PreNursery dengan Modifikasi Nutrisi dan Berbagai Macam Media Tumbuh pada Sistem Hidroponik. *AGROISTA: Jurnal Agroteknologi*, 3 (1)
- Basundoro, A.F. & Sulaeman, F.H., 2020. Reviewing The Development of The Food Estate Project as a National Resilience Strategy in Covid 19 Pandemic Era. *Jurnal Lembaga Ketahanan Nasional Republik Indonesia*, 8(2), pp. 27-41.
- Biworo, M., Yusuf, A., Andrian, S. H., Khosyati, N. E., & Wulida, S. N., 2024. Inovasi Mesin Pengolah Sampah Organik Menjadi Eco

- Enzyme Di Pasar Induk Buah Dan Sayur Gamping. *TEKTONIK : Jurnal Ilmu Teknik*, 1(4), pp. 85-90.
- BPS Wonosobo, 2020. *Kondisi Produksi Sayuran di Wonosobo*.
- BRIN, 2023. *Prospek Teknologi Microbial Fuel Cell (MFC) sebagai Alternatif Pengganti Bahan Bakar Fosil*. Available at: <https://brin.go.id/reviews/112109/prospek-teknologi-microbial-fuel-cell-mfc-sebagai-alternatif-pengganti-bahan-bakar-fosil>
- González-Amarillo, C. A., Corrales-Muñoz, J. C., Mendoza-Moreno, M. Á., Hussein, A. F., Arunkumar, N., & Ramirez-González, G., 2018. An IoT-based traceability system for greenhouse seedling crops. *IEEE Access*, 6, 67528-67535.
- Joe, M., 2017. *The future of farming: Japan goes vertical and moves indoors*, *Style*. Available at: <https://www.scmp.com/magazines/style/travel-food/article/2094791/future-farming-japan-goes-vertical-and-moves-indoors>.
- Khafidiyanto, B., Istirokhatun, T., & Hadiwidodo, M., 2014. *Pemanfaatan Limbah Buah-Buahan Sebagai Penghasil Energi Listrik Dengan Teknologi Microbial Fuel Cell (Variasi Penambahan Ragi Dan Glukosa)* (Doctoral dissertation, Diponegoro University).
- Muhammad, F., 2021. *Selanjutnya dari Pertanian, Bisa Tumbuh Tanpa Matahari dan Tanah*. Available at: <https://nationalgeographic.grid.id/read/132729976/level-selanjutnya-dari-pertanian-bisa-tumbuh-tanpa-matahari-dan-tanah?page=all>.
- Muhammad Rijal Fadli, 2021. Memahami desain metode penelitian kualitatif. *Humanika, Kajian Mata Kuliah Umum*, 21(1) pp. 33-54
- Mustofa, I., 2016. Jendela Logika dalam Berfikir: Deduksi dan Induksi sebagai Dasar Penalaran Ilmiah. *Jurnal El-Banat*, 6(2), pp. 122-142
- Napitupulu, N., Andayani, N., & Noviana, G., 2023. Keragaan Tanaman Kelapa Sawit Menghasilkan pada Lahan Bekas Tambang Batubara. *Jurnal Agro Estate*, 7(2), pp. 44-52.
- Nurrahmi, S., Miseldi, N., & Syamsu, S. H., 2023. Rancang Bangun Sistem Penyiraman Otomatis pada Green House Tanaman Anggrek Menggunakan Sensor DHT22. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*, 11(1), 33-43.
- Nurlaila Mubarakah, Latief Mahir Rachman, Suria Darma Tarigan, 2020. Analisis Daya Dukung Lahan Pertanian Tanaman Pangan Daerah Aliran Sungai Cibalung Provinsi Banten. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 25(1), pp. 73-80
- Rasman, A. Theresia, E. & Aginda, M., 2023. Analisis implementasi program food estate sebagai solusi ketahanan pangan Indonesia. *Holistic: Journal of Tropical Agriculture Sciences*, 1(1), pp. 36-38.
- Ratri Virianita, Tatie Soedewo, Siti Amanah, Anna Fatchiya, 2019. Persepsi Petani terhadap Dukungan

- Pemerintah dalam Penerapan Sistem Pertanian Berkelanjutan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 24(2), pp. 168-177
- Rhofita, E.I.R., 2022. Optimalisasi Sumber Daya Pertanian Indonesia untuk Mendukung Program Ketahanan Pangan dan Energi Nasional. *Jurnal Ketahanan Nasional*, 28(1), pp. 82.
- Ryan, G., 2018. *China Unveils High-Tech Indoor Farm That Can Feed 36,000 People*, Nextshark. Available at: <https://nextshark.com/chinese-high-tech-indoor-farm-vegetables>.
- Sumual, H., & Seke, F. R., 2019. Control system based Photocell, timer and temperature sensor. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1387, No. 1, p. 012017). IOP Publishing.
- Triyanto, A., & Kusnadi, H., 2023. Rancang dan Bangun Sistem Pembersih Permukaan Panel Surya Otomatis dengan Sistem Elektromekanis Cerdas. *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, 4(3), pp. 731-740.
- Wandananarum, S. T., Prameswari, A. T., & Dianti, S. E., 2021. Peran Keuangan Negara Terhadap Pembangunan Food Estate Pada Masa Pandemi Covid-19 Dalam Menjawab Upaya Ketahanan Pangan Dan Kaitannya Dengan Isu Lingkungan. *Jurnal Acitya Ardana*, 1(2), pp. 175-183.
- Wiguna, D. S., & Asyiwati, Y., 2023. Identifikasi Potensi Pengembangan Kegiatan Pertanian dalam Mendukung Perwujudan Food Estate. *Conference Series: Urban & Regional Planning*, 9, Agustus 2023, Bandung, Indonesia. pp. 559-568.
- Yunindanova, M.B., 2021. Preparing for Indonesian Agricultural Transformation in The Society Era 5.0. *Agrosains: Jurnal Penelitian Agronomi*, 24(1), pp. 32-36
- Yusuf, A., Wulida, S. N., Khosyati, N. E., Andrian, S. H., & Biworo, M., 2024. Felerchine Inovasi Mesin Sayur Portabel Bertenaga Surya Sebagai Teknologi Ketahanan Pangan Pasca Panen. *Jurnal Multidisiplin West Science*, 3(06), pp. 696–704.
- Zhao, Y., Zhu, Y., Cheng, H. W., Zheng, R., Meng, D., & Yang, Y., 2021. A review on semitransparent solar cells for agricultural application. *Materials Today Energy*, 22, 100852. 1-15