

## **PENINGKATAN KETAHANAN PANGAN MASYARAKAT TANI PESISIR MELALUI MODERNISASI IRIGASI CERDAS BERBASIS SMART IRRIGATION HYBRID SYSTEM**

**Nasruddin<sup>1)</sup>, Ahmad Ihsan<sup>2)</sup>, Khairul Muttaqin<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup> Fakultas Teknik, Teknik Mesin, Universitas Samudra

<sup>2)</sup> Fakultas Teknik, Informatika, Universitas Samudra

<sup>3)</sup> Fakultas Teknik, Informatika, Universitas Samudra

*nasruddin@unsam.ac.id*

### **Abstract**

Tualang Baru Village, Manyak Payed District, Aceh Tamiang Regency, is a coastal area that is highly dependent on the agricultural sector. However, limited water resources, especially during the dry season, and climate change that causes erratic rainfall are the main challenges in maintaining food security in this area. The Smart Irrigation Hybrid System program was implemented as a solution to overcome this problem, by utilizing Internet of Things (IoT) technology and renewable energy in the form of solar panels. This program aims to increase the efficiency of water use, agricultural productivity, and reduce dependence on electricity from PLN. The program implementation began with an initial survey to identify land conditions and farmer needs, followed by the installation of a smart irrigation system that includes soil moisture sensors, water level sensors, water pumps supported by solar panels, and an IoT-based control system. Monitoring results showed that the implementation of this irrigation system was able to increase the efficiency of water use by up to 30%, with an increase in rice yields from 5 tons to 6.5 tons on an area of 0.78 hectares. In addition, the use of solar panels has successfully reduced irrigation operational costs to zero, eliminating dependence on conventional electricity. The involvement of farmers in the operation of this system through technical training has been proven to increase their independence in managing agricultural land efficiently. In conclusion, the Smart Irrigation Hybrid System has a positive impact on food security in Tualang Baru Village and can be a model for sustainable irrigation solutions in other coastal areas. However, maintenance of technological equipment still requires further assistance to ensure the sustainability of this system in the long term.

*Keywords: Smart Irrigation Hybrid System, Internet of Things (IoT), Solar Panels, Water Use Efficiency, Agricultural Productivity, Food Security.*

### **Abstrak**

Desa Tualang Baru, Kecamatan Manyak Payed, Kabupaten Aceh Tamiang, merupakan wilayah pesisir yang sangat bergantung pada sektor pertanian. Namun, keterbatasan sumber daya air, terutama selama musim kemarau, serta perubahan iklim yang menyebabkan curah hujan tidak menentu menjadi tantangan utama dalam menjaga ketahanan pangan di wilayah ini. Program Smart Irrigation Hybrid System diimplementasikan sebagai solusi untuk mengatasi masalah tersebut, dengan memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT) dan energi terbarukan berupa panel surya. Program ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air, produktivitas pertanian, serta mengurangi ketergantungan terhadap energi listrik dari PLN. Pelaksanaan program dimulai dengan survei awal untuk mengidentifikasi kondisi lahan dan kebutuhan petani, diikuti dengan instalasi sistem irigasi cerdas yang mencakup sensor kelembapan tanah, sensor water level, pompa air yang didukung panel surya, dan sistem pengendalian berbasis IoT. Hasil monitoring menunjukkan bahwa penerapan sistem irigasi ini mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 30%, dengan peningkatan hasil panen padi dari 5 ton menjadi 6,5 ton pada lahan seluas 0,78 hektar. Selain itu, penggunaan panel surya berhasil mengurangi biaya operasional irigasi hingga nol, menghilangkan ketergantungan terhadap energi listrik konvensional. Keterlibatan petani dalam pengoperasian sistem ini melalui pelatihan teknis terbukti meningkatkan kemandirian mereka dalam mengelola lahan pertanian secara efisien. Kesimpulannya, Smart Irrigation Hybrid System

memberikan dampak positif terhadap ketahanan pangan di Desa Tualang Baru serta dapat menjadi model solusi irigasi berkelanjutan di wilayah pesisir lainnya. Namun, pemeliharaan peralatan teknologi masih memerlukan pendampingan lanjutan untuk memastikan keberlanjutan sistem ini dalam jangka panjang.

*Keywords:* Smart Irrigation Hybrid System, Internet of Things (IoT), Panel Surya, Efisiensi Penggunaan Air, Produktivitas Pertanian, Ketahanan Pangan.

## PENDAHULUAN

Desa Tualang Baru, yang terletak di Kecamatan Manyak Payet, Kabupaten Aceh Tamiang, merupakan salah satu wilayah pesisir yang sangat bergantung pada sektor pertanian sebagai sumber penghidupan. Namun, keberlanjutan produksi pangan di daerah ini dihadapkan pada tantangan besar, terutama terkait ketersediaan air yang terbatas selama musim kemarau. Selain itu, perubahan iklim yang menyebabkan pola curah hujan tidak menentu semakin memperparah situasi, menjadikan modernisasi sistem irigasi sebagai langkah mendesak untuk menjamin ketahanan pangan di wilayah ini (Sari, 2020; Hapsari, 2019).

Untuk mengatasi masalah tersebut, pengembangan Smart Irrigation Hybrid System yang memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT) dan energi terbarukan menjadi solusi yang tepat. Teknologi ini memungkinkan para petani memantau dan mengelola kebutuhan air tanaman secara real-time, sehingga penggunaan air bisa lebih efisien dan sesuai dengan kebutuhan tanaman (Wahyuni & Ningsih, 2021; Prabowo & Santoso, 2021). Hal ini sangat penting bagi kelompok tani Blang Luah yang selama ini menggunakan sistem irigasi tradisional dengan efisiensi penggunaan air yang rendah (Ramdani & Soeprapto, 2021).

Teknologi Smart Irrigation Hybrid System tidak hanya mengoptimalkan penggunaan air, tetapi juga memanfaatkan energi terbarukan seperti tenaga surya, sehingga lebih ramah lingkungan (Purnama, 2019). Dengan demikian, sistem ini berpotensi mengurangi risiko gagal panen akibat kekurangan air, sekaligus meningkatkan produktivitas pertanian melalui pengelolaan yang lebih baik. Penerapan teknologi ini diharapkan mampu meningkatkan kemampuan kelompok tani Blang Luah dalam mengadopsi teknologi pertanian modern (Sudarmadji & Suryani, 2020).

Penelitian menunjukkan bahwa penerapan teknologi irigasi cerdas berbasis IoT dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 30%, serta meningkatkan hasil panen secara signifikan di beberapa wilayah pesisir (Hidayat et al., 2021). Sensor-sensor yang dipasang di lahan pertanian memungkinkan petani memantau kondisi tanah dan kebutuhan air secara lebih akurat, sehingga pengambilan keputusan terkait irigasi bisa dilakukan dengan lebih tepat waktu dan sesuai kebutuhan (Gunawan, 2022; Rahmawati & Susanto, 2019).

Selain itu, Smart Irrigation Hybrid System juga terintegrasi dengan perangkat mobile, memberikan fleksibilitas yang lebih besar bagi petani untuk memantau kondisi lahan dan irigasi dari jarak jauh (Fitriani et al.,

2018; Lubis et al., 2021). Penerapan teknologi ini sejalan dengan upaya pemerintah dalam mendorong digitalisasi sektor pertanian, yang bertujuan meningkatkan daya saing petani lokal di era teknologi digital (Sutrisno, 2017; Arsyad et al., 2020).

Penerapan Smart Irrigation Hybrid System di Desa Tualang Baru diharapkan dapat menjadi contoh bagi wilayah pesisir lainnya di Aceh Tamiang. Melalui program pemberdayaan masyarakat tani ini, diharapkan terjadi peningkatan produktivitas pertanian serta terciptanya model pengelolaan air yang efisien dan berkelanjutan (Wibisono, 2020). Langkah ini menjadi sangat penting untuk menghadapi tantangan perubahan iklim dan keterbatasan sumber daya air yang semakin meningkat (Rizqi et al., 2021).

Dengan modernisasi sistem irigasi berbasis teknologi ini, kelompok tani Blang Luah diharapkan mampu meningkatkan hasil produksi dan kesejahteraan mereka secara signifikan. Program ini juga diharapkan memperkuat ketahanan pangan di wilayah Aceh Tamiang, sekaligus menjadi inspirasi bagi daerah lain untuk mengadopsi inovasi serupa (Syafitri & Kurniawan, 2021; Sulaiman & Hidayat, 2019).

## METODE

Pelaksanaan kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) ini dilakukan dengan pendekatan partisipatif dan berbasis pada kebutuhan serta kondisi masyarakat tani pesisir di Desa Tualang Baru, Kecamatan Manyak Payet, Kabupaten Aceh Tamiang. Metode yang digunakan dalam kegiatan ini melibatkan beberapa

tahapan sebagai berikut:

### 1. Tahap Persiapan

a. Survey Awal: Dilakukan survey untuk mengidentifikasi kondisi lahan pertanian, sistem irigasi yang digunakan, dan kebutuhan spesifik masyarakat tani Blang Luah. Survey ini mencakup analisis potensi sumber daya air dan kendala yang dihadapi petani dalam hal irigasi.



Gambar 1. Survey Awal

b. Koordinasi dengan Kelompok Tani dan Pemerintah Setempat: Melakukan pertemuan dengan kelompok tani dan pemerintah setempat untuk menjelaskan tujuan program dan memperoleh dukungan serta masukan mengenai pelaksanaan kegiatan.

c. Perancangan Teknologi Smart Irrigation Hybrid System: Tim ahli merancang sistem irigasi cerdas yang akan diimplementasikan, mencakup perangkat keras (sensor, pengendali berbasis IoT), perangkat lunak untuk memantau serta mengatur irigasi secara real-time, serta sistem energi terbarukan seperti panel surya.

### 2. Tahap Pelaksanaan

a. Penyuluhan dan Pelatihan Teknologi: Tim PKM memberikan pelatihan kepada anggota kelompok tani mengenai penggunaan teknologi Smart Irrigation Hybrid System, termasuk cara memantau kondisi lahan melalui sensor, penggunaan aplikasi mobile untuk

pengendalian irigasi, dan pemanfaatan energi terbarukan (panel surya) untuk operasional sistem. Pelatihan juga mencakup cara pengoperasian pompa air yang terintegrasi dengan panel surya.

b. Instalasi Sistem Irigasi:

- Pemasangan Panel Surya dan Pompa Air: Tim melakukan pemasangan panel surya di lokasi lahan percontohan yang telah disepakati dengan kelompok tani. Panel surya ini akan menjadi sumber energi untuk pompa air yang dipasang guna mengaliri air ke sawah. Pompa air terhubung langsung dengan sistem irigasi cerdas dan dioperasikan melalui sensor dan kontroler IoT, memastikan distribusi air berjalan optimal.

- Pemasangan Water Level: Di area sawah, water level sensor dipasang untuk memonitor ketinggian air. Sensor ini memungkinkan petani melihat kondisi kecukupan air di sawah secara real-time. Jika air berada di bawah atau di atas ambang batas yang ditentukan, sistem akan mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air secara otomatis.

- Pemasangan Sensor Kelembapan Tanah: Selain water level, sensor kelembapan tanah dipasang untuk memastikan kondisi tanah tetap sesuai dengan kebutuhan tanaman. Sensor ini terhubung dengan kontroler IoT yang secara otomatis mengatur kapan irigasi perlu diaktifkan.



**Gambar 2. Pelaksanaan Pemasangan Alat Smart Irrigation Hybrid**

- c. Pendampingan Teknis: Tim PKM secara rutin memberikan pendampingan teknis kepada petani dalam operasionalisasi sistem irigasi. Pendampingan ini meliputi pengawasan pengoperasian sistem, troubleshooting, dan pemeliharaan panel surya, pompa air, dan sensor yang digunakan.

3. Tahap Monitoring dan Evaluasi

- a. Monitoring Berkala: Setelah instalasi, tim PKM melakukan monitoring berkala terhadap kinerja Smart Irrigation Hybrid System. Monitoring dilakukan untuk menilai efektivitas penggunaan air, peningkatan hasil panen, kinerja panel surya dalam menyediakan energi bagi pompa air, dan akurasi sensor water level dalam menjaga ketinggian air di sawah.

- b. Evaluasi Efektivitas: Setelah satu musim tanam, dilakukan evaluasi menyeluruh terkait dampak penerapan sistem irigasi cerdas terhadap produktivitas pertanian dan kesejahteraan kelompok tani. Evaluasi mencakup efisiensi energi dari panel surya, penghematan air, serta pengurangan biaya operasional irigasi. Data ini digunakan untuk menilai kesuksesan program dan sebagai bahan perbaikan di masa mendatang.



**Gambar 3. Pelaksanaan Pemasangan Alat Smart Irrigation Hybrid**

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan program Smart

Irrigation Hybrid System di Desa Tualang Baru telah menunjukkan hasil yang positif dalam meningkatkan efisiensi irigasi dan produktivitas pertanian. Beberapa hasil utama dari kegiatan ini meliputi:

1. Peningkatan Efisiensi Penggunaan Air

Penerapan sistem irigasi cerdas berbasis IoT yang dipadukan dengan pemasangan panel surya dan pompa air telah mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air di lahan percontohan. Berdasarkan data monitoring, efisiensi penggunaan air meningkat hingga 30% dibandingkan dengan sistem irigasi manual yang sebelumnya digunakan. Efisiensi penggunaan air tergambar pada table 2. Penggunaan sensor kelembapan tanah dan water level sensor memungkinkan petani mengatur irigasi sesuai dengan kondisi tanah dan ketinggian air di sawah, sehingga penggunaan air menjadi lebih tepat sasaran dan tidak berlebihan.

Tabel 1. Peningkatan Efisiensi Penggunaan Air

Kondisi	Luas Tanah (Hektar)	Hasil (Tons)	Peningkatan Efisiensi Air (%)
Sebelum Smart Irigasi	0,78	5	0
Setelah Smart Irigasi	0,78	6,5	30

2. Peningkatan Produktivitas Pertanian

Produktivitas pertanian di lahan percontohan mengalami peningkatan sebesar 25% setelah penerapan sistem irigasi cerdas ditunjukkan pada Gambar 1. Peningkatan ini diukur melalui hasil panen padi yang lebih baik dibandingkan dengan musim tanam sebelumnya. Keberhasilan ini

dipengaruhi oleh kondisi irigasi yang lebih stabil dan optimal sepanjang musim tanam, berkat teknologi sensor yang terus memantau kebutuhan air tanaman.



Gambar 4. Peningkatan Produktivitas Pertanian

3. Pemanfaatan Energi Terbarukan

Pemasangan panel surya sebagai sumber energi untuk pompa air telah berjalan dengan baik dan terbukti mampu memenuhi kebutuhan operasional sistem irigasi secara mandiri. Selama masa pemantauan, panel surya berfungsi secara efisien dalam menyediakan energi, bahkan selama musim kemarau ketika intensitas sinar matahari tinggi. Hal ini tidak hanya mengurangi ketergantungan petani pada listrik PLN, tetapi juga mengurangi biaya operasional untuk irigasi. Peningkatan efisiensi energi listrik dengan menggunakan panel surya terlihat pada tabel 2.

**Tabel 2. Peningkatan efisiensi penggunaan energi listrik panel surya**

Parameter	Solar Panel (Intensitas Tinggi)	PLN Before	PLN After
Daya (Watt)	450	0	0
Tegangan (Volt)	220	0	0
Arus (Ampere)	2,05	0	0
Penggunaan Energi dari PLN (kWh)	0	15	0
Biaya Operasional Irigasi (IDR)	0	300.000	0

#### 4. Keterlibatan Aktif Petani

Pelatihan dan pendampingan yang diberikan kepada kelompok tani Blang Luah menghasilkan peningkatan kemampuan petani dalam mengoperasikan teknologi Smart Irrigation Hybrid System. Petani secara aktif memantau kondisi lahan melalui aplikasi mobile, mengontrol pompa air, dan mengatur jadwal irigasi sesuai dengan data real-time dari sensor yang terpasang di sawah. Tingginya tingkat adopsi teknologi ini menunjukkan bahwa teknologi irigasi cerdas dapat diterima dengan baik oleh masyarakat tani di wilayah pesisir.

Berdasarkan hasil implementasi Smart Irrigation Hybrid System yang ditampilkan dalam tabel 1,2 dan gambar 2, terlihat adanya peningkatan signifikan pada efisiensi penggunaan air, produktivitas pertanian, serta efisiensi energi listrik melalui pemanfaatan panel surya. Pembahasan ini akan menguraikan hasil-hasil tersebut secara rinci untuk memahami dampak dari penerapan sistem irigasi cerdas ini terhadap kegiatan pertanian di Desa Tualang Baru. Sebelum penerapan Smart Irrigation Hybrid System, hasil panen dari lahan 0,78 hektar hanya

mencapai 5 ton padi. Namun, setelah sistem irigasi cerdas diterapkan, hasil panen meningkat menjadi 6,5 ton, atau mengalami peningkatan sebesar 30%. Peningkatan ini tidak hanya mencerminkan efisiensi penggunaan air, tetapi juga membuktikan bahwa teknologi irigasi cerdas mampu menyediakan suplai air yang lebih akurat dan sesuai dengan kebutuhan tanaman pada saat yang tepat. Seperti yang terlihat dalam Tabel 1, teknologi ini memungkinkan irigasi dilakukan berdasarkan kondisi aktual di lahan melalui penggunaan sensor water level dan kelembapan tanah. Sensor ini secara otomatis menyesuaikan suplai air sesuai dengan kebutuhan tanaman, sehingga tidak terjadi pemborosan air. Dampak langsung dari penggunaan air yang lebih efisien ini terlihat dari peningkatan hasil panen serta penurunan risiko kekurangan air selama masa pertumbuhan tanaman, terutama pada masa kritis. Grafik Peningkatan Produktivitas Pertanian (Hasil Panen Padi) memperlihatkan bahwa penerapan Smart Irrigation Hybrid System berhasil meningkatkan hasil panen sebesar 30%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa teknologi cerdas yang diterapkan tidak hanya mengoptimalkan penggunaan air, tetapi juga mendukung pertumbuhan tanaman dengan manajemen irigasi yang lebih efisien. Produktivitas pertanian yang meningkat ini merupakan bukti nyata keberhasilan sistem dalam menjaga stabilitas pasokan air selama periode tanam yang krusial. Pada Tabel 2, terlihat jelas efisiensi penggunaan panel surya sebagai sumber energi untuk mengoperasikan pompa air. Sebelum penerapan panel surya, sistem irigasi bergantung sepenuhnya pada energi listrik dari PLN, dengan konsumsi daya sebesar 15 kWh per hari dan biaya operasional yang mencapai Rp300.000.

Setelah penerapan panel surya, konsumsi listrik dari PLN berkurang menjadi 0 kWh, dan biaya operasional pun menjadi nol. Hal ini menunjukkan bahwa panel surya dapat menyediakan energi yang cukup untuk memenuhi kebutuhan irigasi tanpa harus bergantung pada listrik konvensional.

Pemanfaatan energi terbarukan seperti panel surya ini juga mendukung keberlanjutan jangka panjang, terutama di daerah pesisir seperti Desa Tualang Baru yang sering mengalami keterbatasan akses listrik. Intensitas sinar matahari yang tinggi di wilayah ini dimanfaatkan secara maksimal untuk operasional pompa air. Dengan demikian, panel surya tidak hanya mengurangi biaya operasional irigasi, tetapi juga sejalan dengan upaya global dalam mengurangi emisi karbon serta mendukung praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan (Purnama, 2019).

## **SIMPULAN**

Pelaksanaan Smart Irrigation Hybrid System di Desa Tualang Baru, Kecamatan Manyak Payet, Kabupaten Aceh Tamiang, telah memberikan dampak signifikan dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air, produktivitas pertanian, dan efisiensi energi listrik. Sistem irigasi cerdas yang mengintegrasikan teknologi Internet of Things (IoT) dan panel surya terbukti mampu mengoptimalkan penggunaan air dengan memantau kondisi lahan secara real-time melalui sensor kelembapan tanah dan sensor water level. Penerapan teknologi ini meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 30%, yang berdampak langsung pada peningkatan hasil panen padi sebesar 30%, dari 5 ton menjadi 6,5 ton

pada lahan percontohan seluas 0,78 hektar.

Selain itu, penggunaan panel surya sebagai sumber energi untuk operasional pompa air terbukti sangat efisien, mengurangi ketergantungan pada energi listrik dari PLN dan menurunkan biaya operasional irigasi hingga nol. Hal ini sejalan dengan upaya keberlanjutan dalam mendukung pertanian ramah lingkungan melalui pemanfaatan energi terbarukan. Implementasi Smart Irrigation Hybrid System juga berhasil meningkatkan keterampilan petani lokal melalui pelatihan dan pendampingan teknis, yang memungkinkan mereka lebih mandiri dalam mengelola irigasi berbasis teknologi modern.

Meskipun program ini telah menunjukkan hasil yang positif, keberlanjutan jangka panjang memerlukan pemeliharaan rutin terhadap peralatan teknologi, seperti panel surya dan sensor. Dengan dukungan lanjutan dan peningkatan kapasitas teknis petani, sistem ini dapat menjadi solusi yang berkelanjutan untuk meningkatkan ketahanan pangan di wilayah pesisir dan dapat diterapkan sebagai model untuk wilayah lain yang menghadapi tantangan serupa.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset Teknologi Pengabdian Kepada Masyarakat (DRTPM) yang telah memberikan kepercayaan kepada tim pengabdian untuk melakukan pengabdian melalui hibah program kemitraan kepada Masyarakat tahun Anggaran 2024, Lembaga Pengabdian Pada Masyarakat (LPPM) Universitas Samudra. Ucapan terima kasih juga

kepada kelompok tani “Blang Luah” di Desa Tualang Baru Kecamatan Manyak Payed Aceh Tamiang, Masyarakat Tualang Baru serta seluruh pihak yang terlibat sehingga kegiatan ini terlaksana dengan baik

## DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, L., Susilo, A., & Sucipto, B. (2020). Digitalisasi sektor pertanian: Tantangan dan peluang di era industri 4.0. *Jurnal Pembangunan Ekonomi*, 15(2), 122-134.
- Fitriani, F., Rahayu, S., & Purwanto, H. (2018). Penerapan sistem irigasi otomatis berbasis IoT untuk peningkatan efisiensi penggunaan air pada lahan pertanian. *Jurnal Teknik Pertanian*, 7(1), 45-53.
- Gunawan, B. (2022). Pengelolaan sumber daya air di wilayah pesisir melalui teknologi irigasi cerdas berbasis IoT. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 10(2), 66-75.
- Hapsari, R. (2019). Perubahan iklim dan tantangannya terhadap sektor pertanian di Indonesia. *Jurnal Agroklimatologi*, 14(1), 55-65.
- Hidayat, A., Sari, R., & Putri, N. (2021). Implementasi smart irrigation system untuk mendukung ketahanan pangan berkelanjutan di wilayah pesisir. *Jurnal Teknologi Tepat Guna*, 9(3), 111-120.
- Lubis, Z., Yulianto, B., & Santoso, E. (2021). Pemanfaatan teknologi IoT dalam modernisasi irigasi pertanian di Aceh. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 9(4), 89-97.
- Purnama, D. (2019). Penggunaan energi terbarukan pada sistem irigasi cerdas berbasis IoT. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 6(2), 123-130.
- Prabowo, H., & Santoso, A. (2021). Pengembangan sistem irigasi berbasis teknologi IoT untuk meningkatkan produktivitas pertanian di lahan pesisir. *Jurnal Ilmu Pertanian*, 12(2), 112-120.
- Rahmawati, L., & Susanto, Y. (2019). Aplikasi IoT untuk manajemen air irigasi di daerah rawan kekeringan. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Air*, 6(3), 77-84.
- Ramdani, A., & Soeprapto, S. (2021). Efisiensi irigasi berbasis IoT pada lahan pertanian di pesisir. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 8(4), 93-102.
- Rizqi, F., Hasanah, S., & Nawawi, A. (2021). Pemberdayaan masyarakat tani melalui irigasi modern berbasis teknologi di pesisir Aceh. *Jurnal Pengembangan Pertanian*, 10(1), 45-55.
- Sari, I. (2020). Tantangan dan peluang penerapan teknologi irigasi di wilayah pesisir. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam*, 8(4), 87-96.
- Sudarmadji, T., & Suryani, L. (2020). Teknologi IoT dalam meningkatkan produktivitas pertanian. *Jurnal Teknologi dan Inovasi Pertanian*, 11(3), 66-75.
- Sutrisno, B. (2017). Modernisasi irigasi dan dampaknya terhadap peningkatan produktivitas pertanian. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 45(2), 76-85.
- Syafitri, R., & Kurniawan, M. (2021). Penerapan teknologi irigasi berbasis IoT untuk efisiensi air dan produktivitas pertanian. *Jurnal Teknologi Informasi Pertanian*, 8(2), 98-108.

- Wahyuni, D., & Ningsih, R. (2021). Peran teknologi irigasi berbasis IoT dalam meningkatkan hasil pertanian di daerah pesisir. *Jurnal Teknologi Pertanian Pesisir*, 11(1), 34-41.
- Wibisono, D. (2020). Ketahanan pangan di daerah pesisir: Solusi melalui teknologi irigasi cerdas. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 15(3), 145-153.
- Sulaiman, H., & Hidayat, Y. (2019). Penerapan teknologi irigasi di pesisir Indonesia: Tantangan dan solusi. *Jurnal Agro Teknologi*, 7(1), 59-67.