



## Mesin Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Panel Surya untuk Budidaya Tanaman Kangkung di Kel. Mulyorejo, Malang

### *Solar Panel Based Automatic Plant Watering Machine for Cultivating Water Spinach Plants in Kel. Mulyorejo, Malang*

**Bambang Minto Basuki<sup>1\*</sup>, Abdul Muta'ali<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Universitas Islam Malang, Indonesia

E-mail: [bambang.minto@unisma.ac.id](mailto:bambang.minto@unisma.ac.id), [amutaali@unisma.ac.id](mailto:amutaali@unisma.ac.id)

\*Korespondensi penulis: [bambang.minto@unisma.ac.id](mailto:bambang.minto@unisma.ac.id)

---

#### **Article History:**

Received: 26 September 2024

Revised: 30 Oktober 2024

Accepted: 25 November 2024

Online Available: 28 November 2024

**Keywords:** Machines, Plants, Water Spinach, Cultivation.

---

**Abstract:** This community service activity is aimed at helping women's farmer groups in Mulyorejo Village, Malang, in developing automatic watering technology based on renewable energy for water spinach cultivation. The system developed uses solar panels as an energy source, which drives the automatic watering machine. This technology is expected to increase irrigation efficiency, reduce dependence on human labor, and increase the productivity of water spinach plants. The results of the activity show that the use of this automatic watering machine can reduce operational costs and improve plant quality.

#### **Abstrak**

Pada kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini ditujukan untuk membantu kelompok wanita tani di Kelurahan Mulyorejo, Malang, dalam mengembangkan teknologi penyiraman otomatis berbasis energi terbarukan untuk budidaya kangkung. Sistem yang dikembangkan menggunakan panel surya sebagai sumber energi, yang menggerakkan mesin penyiram otomatis. Teknologi ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi pengairan, mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manusia, dan meningkatkan produktivitas tanaman kangkung. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa penggunaan mesin penyiram otomatis ini mampu menurunkan biaya operasional dan meningkatkan kualitas tanaman.

**Kata Kunci:** Mesin, Tanaman, Kangkung, Budidaya.

## **1. PENDAHULUAN**

Budidaya tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans*) di Indonesia, khususnya di Mulyorejo, Malang, memiliki prospek ekonomi yang menjanjikan. Kangkung merupakan salah satu komoditas hortikultura yang semakin populer karena manfaatnya yang beragam, terutama dalam industri kesehatan dan kuliner. Permintaan pasar terhadap kangkung terus meningkat, baik di dalam negeri maupun internasional, seiring dengan kesadaran masyarakat akan pentingnya bahan alami untuk kesehatan. Namun, untuk memenuhi permintaan tersebut, para petani kangkung menghadapi berbagai tantangan, salah satunya adalah masalah irigasi atau pengairan yang efisien.

Mulyorejo merupakan, sebuah kelurahan Malang, memiliki potensi besar untuk pengembangan budidaya kangkung. Kondisi tanah yang subur dan iklim yang mendukung menjadi faktor utama yang menjadikan wilayah ini cocok untuk bercocok tanam. Namun, ketersediaan air yang tidak merata, terutama saat musim kemarau, menjadi kendala utama dalam meningkatkan produktivitas pertanian di wilayah ini. Dalam budidaya kangkung, air memiliki peran penting dalam menunjang pertumbuhan tanaman, menjaga kelembaban tanah, serta mencegah kekeringan yang dapat menyebabkan penurunan kualitas dan kuantitas hasil panen.

Kangkung membutuhkan pola irigasi yang teratur. Pada tahap awal pertumbuhan, kangkung memerlukan kelembaban tanah yang cukup untuk merangsang pertumbuhan tunas dan akar. Ketika tanaman memasuki fase vegetatif, penyiraman yang cukup sangat diperlukan agar pertumbuhan daun dan batang optimal. Kelembaban yang tidak terjaga, terutama selama periode kritis ini, dapat berdampak buruk pada pertumbuhan tanaman dan menurunkan produktivitasnya secara signifikan. Oleh karena itu, sistem irigasi yang efisien menjadi hal yang sangat penting.



**Gambar 1**

Pengelolaan irigasi tradisional yang biasa dilakukan oleh petani di Mulyorejo cenderung memerlukan banyak tenaga kerja dan waktu. Petani harus menyiram tanaman secara manual, yang pada akhirnya dapat meningkatkan biaya operasional dan menurunkan efisiensi budidaya. Selain

itu, penyiraman manual sering kali tidak presisi, baik dalam hal jumlah air yang diberikan maupun frekuensi penyiraman. Akibatnya, sering kali terjadi kelebihan atau kekurangan air, yang keduanya dapat berdampak buruk pada tanaman. Dalam kondisi kelebihan air, tanah akan menjadi terlalu lembab, yang dapat menyebabkan busuk rimpang dan memperbesar risiko serangan penyakit. Sebaliknya, kekurangan air akan menyebabkan tanaman menjadi kerdil, daun menguning, dan rimpang gagal tumbuh optimal.

Seiring dengan perkembangan teknologi, sistem irigasi otomatis mulai diperkenalkan dalam dunia pertanian. Sistem irigasi otomatis memungkinkan air dialirkan ke lahan pertanian secara teratur tanpa campur tangan manusia secara langsung. Salah satu inovasi yang dapat diterapkan adalah mesin penyiram tanaman otomatis berbasis sensor kelembaban tanah. Sensor ini dapat mendeteksi tingkat kelembaban tanah dan memicu sistem irigasi untuk menyiram tanaman saat diperlukan, sehingga tanaman tidak kekurangan atau kelebihan air. Teknologi ini memungkinkan penyiraman yang lebih presisi, efisien, dan hemat sumber daya.

Selain itu, penggunaan panel surya sebagai sumber energi untuk sistem irigasi otomatis menawarkan solusi yang lebih berkelanjutan. Panel surya mampu mengonversi sinar matahari menjadi energi listrik yang dapat digunakan untuk mengoperasikan pompa air dan komponen lainnya dalam sistem irigasi otomatis. Di wilayah seperti Mulyorejo, yang menerima sinar matahari cukup banyak sepanjang tahun, panel surya merupakan pilihan yang ideal untuk menggerakkan mesin penyiram otomatis.

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini berfokus pada pengembangan dan penerapan mesin penyiram tanaman otomatis berbasis panel surya untuk budidaya tanaman kangkung di Mulyorejo. Tujuannya adalah untuk membantu para kelompok wanita tani mengatasi masalah irigasi, sekaligus meningkatkan produktivitas dan efisiensi budidaya..

Diharapkan bahwa sistem irigasi ini dapat berfungsi dengan baik di berbagai kondisi cuaca. Meskipun Mulyorejo memiliki iklim yang cukup cerah, penggunaan panel surya tetap memerlukan pengelolaan yang baik agar ketersediaan energi tidak terganggu saat cuaca mendung atau hujan.

Penggunaan teknologi yang hemat energi dan ramah lingkungan, seperti sistem irigasi otomatis berbasis panel surya, dapat membantu mengurangi dampak negatif pertanian terhadap lingkungan, seperti emisi gas rumah kaca dan penggunaan air yang berlebihan.

Melalui kegiatan pengabdian ini, tim berharap dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan kesejahteraan petani di Mulyorejo. Tidak hanya dari sisi peningkatan hasil panen, tetapi juga dari segi efisiensi penggunaan sumber daya alam dan tenaga kerja. Pelatihan dan pendampingan kepada petani akan menjadi bagian penting dari kegiatan ini, sehingga mereka dapat memahami cara mengoperasikan dan merawat mesin penyiram otomatis dengan baik. Diharapkan, setelah program ini berakhir, para petani dapat mandiri dalam mengelola sistem irigasi mereka dan bahkan menyebarkan pengetahuan ini kepada petani lain di daerah sekitarnya.

Penerapan mesin penyiram otomatis berbasis panel surya ini diharapkan dapat menjadi model bagi pengembangan teknologi pertanian di daerah lain. Dengan memanfaatkan teknologi yang ada secara optimal, pertanian kangkung diharapkan dapat terus berkembang dan dapat memenuhi kebutuhan ekonomi masyarakat Mulyorejo.

## **2. METODE PELAKSANAAN**

Dalam pengabdian kepada masyarakat ini metode pelaksanaan kegiatan dibuat secara sistematis agar tujuan yang diharapkan dapat tercapai. Metode pelaksanaan ini melibatkan beberapa tahapan mulai dari persiapan, perancangan sistem, pengadaan alat, instalasi, pelatihan, hingga monitoring dan evaluasi. Setiap tahapan dirancang untuk memastikan bahwa mesin penyiram otomatis yang dikembangkan dapat berfungsi optimal dan diterima dengan baik oleh masyarakat, khususnya para petani di Mulyorejo.

Berikut adalah uraian detail mengenai metode pelaksanaan yang diterapkan dalam kegiatan ini:

### **1) Tahap Persiapan**

Tahap persiapan merupakan langkah awal dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian. Beberapa aktivitas kunci yang dilakukan dalam tahap ini meliputi:

#### **a. Survei dan Analisis Kebutuhan**

Sebelum merancang sistem irigasi otomatis, tim pengabdian terlebih dahulu melakukan survei ke lokasi budidaya kangkung di Mulyorejo. Survei ini bertujuan untuk memahami kondisi lahan, sumber daya yang tersedia, serta permasalahan yang dihadapi oleh petani terkait irigasi. Survei ini mencakup pengumpulan data mengenai:

- Luas lahan budidaya
- Pola tanam dan sistem irigasi yang sudah digunakan

- Ketersediaan air dan sumber energi

Hasil survei digunakan sebagai dasar untuk merancang sistem penyiraman otomatis yang sesuai dengan kondisi spesifik di lapangan.

#### b. Identifikasi Teknologi

Setelah memahami kebutuhan di lapangan, tim melakukan identifikasi teknologi yang akan digunakan. Mesin penyiram otomatis yang dikembangkan menggunakan panel surya sebagai sumber energi utama. Teknologi ini dipilih karena potensi energi matahari di Mulyorejo yang melimpah, sehingga dapat mendukung sistem irigasi secara berkelanjutan.

Komponen utama dari mesin penyiram otomatis ini meliputi:

- Panel surya untuk mengonversi sinar matahari menjadi energi listrik.
- Sensor kelembaban tanah untuk mendeteksi tingkat kelembaban dan mengontrol kapan sistem penyiraman harus diaktifkan.
- Pompa air yang akan mengalirkan air ke seluruh lahan.
- Mikrokontroler sebagai pusat kontrol sistem, yang akan memproses data dari sensor dan mengatur kerja pompa.

#### 2) Tahap Perancangan Sistem

Pada tahap ini, tim merancang keseluruhan sistem penyiraman otomatis berbasis panel surya. Perancangan sistem melibatkan beberapa langkah berikut:

- Desain Mekanisme Penyiraman

Sistem penyiraman otomatis dirancang dengan memperhatikan kebutuhan tanaman kangkung terhadap air. Berdasarkan data survei, tanaman kangkung memerlukan penyiraman yang cukup pada interval tertentu, terutama pada fase vegetatif dan pembentukan akar. Desain penyiraman ini disesuaikan dengan pola kebutuhan air tanaman, sehingga sistem dapat bekerja secara otomatis berdasarkan tingkat kelembaban tanah.

- Pemilihan dan Pengujian Komponen

Setelah desain sistem selesai, pemilihan komponen dilakukan. Komponen yang digunakan seperti panel surya, sensor kelembaban, pompa air, dan mikrokontroler harus disesuaikan dengan kondisi lapangan serta kebutuhan energi. Pemilihan panel surya, misalnya, dilakukan dengan mempertimbangkan daya yang diperlukan untuk

mengoperasikan pompa air dan komponen elektronik lainnya. Komponen-komponen ini diuji secara terpisah untuk memastikan setiap bagian berfungsi dengan baik sebelum dirakit menjadi satu sistem.

- Pengembangan Perangkat Lunak

Sistem irigasi otomatis memerlukan perangkat lunak yang dapat memproses data dari sensor dan mengontrol kinerja pompa. Perangkat lunak ini dikembangkan menggunakan mikrokontroler, yang diprogram untuk:

- Membaca data kelembaban tanah secara terus-menerus.

Mengaktifkan pompa air ketika tingkat kelembaban tanah turun di bawah ambang batas yang telah ditentukan.

- Menghentikan penyiraman ketika kelembaban tanah sudah kembali ke tingkat optimal.

Program ini dirancang sedemikian rupa agar dapat bekerja secara otomatis tanpa perlu campur tangan manusia.

3) Tahap Pengadaan Alat dan Instalasi

Setelah perancangan sistem selesai, tahap berikutnya adalah pengadaan alat dan instalasi. Kegiatan ini mencakup beberapa langkah:

a. Pengadaan Alat

Alat dan komponen yang diperlukan, seperti panel surya, sensor, pompa air, pipa, serta mikrokontroler, diadakan melalui pemasok yang terpercaya. Kualitas komponen menjadi pertimbangan utama agar sistem irigasi dapat beroperasi dengan baik dalam jangka panjang. Pengadaan dilakukan secara bertahap sesuai dengan kebutuhan instalasi di lapangan.

b. Instalasi Sistem di Lahan Petani

Setelah alat tersedia, instalasi dilakukan di lahan budidaya kangkung milik petani di Mulyorejo. Proses instalasi melibatkan pemasangan panel surya di tempat yang optimal untuk mendapatkan sinar matahari maksimal, pemasangan sensor di dalam tanah untuk mendeteksi kelembaban, serta pemasangan pompa dan pipa untuk mendistribusikan air. Instalasi ini dilakukan secara bertahap, dimulai dari satu plot uji coba sebelum diperluas ke lahan lainnya.

c. Uji Coba Sistem

Setelah instalasi selesai, dilakukan uji coba untuk memastikan sistem berfungsi dengan baik. Uji coba ini mencakup pengujian sensor kelembaban tanah, pengoperasian pompa air, serta pengaturan perangkat lunak yang mengontrol penyiraman otomatis. Uji coba dilakukan selama beberapa hari untuk memastikan bahwa sistem dapat bekerja secara konsisten dan sesuai dengan kebutuhan tanaman.

4) Pelatihan dan Pendampingan Petani

Setelah sistem terpasang dan diuji, tim pengabdian melaksanakan pelatihan kepada para petani mengenai cara mengoperasikan dan merawat mesin penyiram otomatis. Pelatihan ini meliputi beberapa aspek:

a. Pengoperasian Sistem

Petani diajarkan bagaimana cara memantau kinerja sistem irigasi otomatis, seperti memeriksa indikator kelembaban tanah, memantau kinerja panel surya, serta mengoperasikan sistem secara manual jika diperlukan.

b. Perawatan dan Pemeliharaan

Agar sistem dapat berfungsi dalam jangka panjang, petani diberikan pelatihan mengenai cara merawat komponen utama seperti membersihkan panel surya, memastikan sensor tetap berfungsi dengan baik, dan memeriksa pompa air secara berkala.

c. Pemecahan Masalah Teknis

Petani juga diajarkan cara mengatasi masalah teknis yang mungkin muncul, seperti kerusakan sensor atau gangguan pada sistem panel surya. Mereka diberikan panduan sederhana mengenai cara melakukan troubleshooting dan kapan harus meminta bantuan teknisi.

5) Monitoring dan Evaluasi

Tahap akhir dari kegiatan ini adalah monitoring dan evaluasi. Monitoring dilakukan untuk memastikan bahwa sistem irigasi otomatis bekerja dengan baik dan memberikan dampak positif terhadap budidaya kangkung. Beberapa aspek yang dipantau meliputi:

- Pertumbuhan tanaman : Dampak sistem penyiraman otomatis terhadap pertumbuhan tanaman kangkung, terutama dalam hal kualitas dan kuantitas rimpang.

- Penghematan biaya: Perbandingan biaya operasional sebelum dan sesudah menggunakan sistem penyiraman otomatis.

Evaluasi dilakukan secara berkala untuk menilai efektivitas teknologi ini dan untuk mengidentifikasi perbaikan yang mungkin diperlukan. Hasil evaluasi juga digunakan sebagai bahan untuk mengembangkan model serupa di wilayah lain.

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini, berbagai hasil yang signifikan telah diperoleh. Hasil-hasil ini meliputi evaluasi kinerja teknologi penyiraman otomatis, dampaknya terhadap produktivitas tanaman, serta umpan balik dari para petani. Pembahasan berikut menjelaskan hasil implementasi sistem dan bagaimana teknologi ini berkontribusi terhadap keberhasilan budidaya kangkung di wilayah tersebut.

#### **1) Kinerja Mesin Penyiram Otomatis Berbasis Panel Surya**

##### **a. Pengoperasian Sistem**

Mesin penyiram otomatis berbasis panel surya yang diimplementasikan di lahan pertanian Mulyorejo berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Setelah proses instalasi dan uji coba, sistem dapat beroperasi secara otomatis untuk menyiram tanaman kangkung berdasarkan tingkat kelembaban tanah. Sensor kelembaban tanah bekerja dengan baik dalam mendeteksi kebutuhan air pada tanaman dan memicu pompa air untuk mulai menyiram ketika kelembaban tanah berada di bawah batas yang telah ditetapkan. Sistem ini juga mampu menghentikan penyiraman secara otomatis ketika kelembaban tanah mencapai tingkat optimal, sehingga air tidak terbuang sia-sia.

##### **b. Efisiensi Energi**

Panel surya yang digunakan sebagai sumber energi berhasil mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik yang cukup untuk mengoperasikan seluruh sistem irigasi. Dalam kondisi cuaca cerah, panel surya mampu menghasilkan daya yang cukup untuk mendukung kerja pompa air dan mikrokontroler tanpa gangguan. Bahkan pada hari-hari mendung, sistem masih mampu berfungsi dengan baik karena telah dilengkapi dengan baterai penyimpanan energi yang menyimpan daya dari panel surya untuk digunakan saat sinar matahari terbatas.



Efisiensi penggunaan energi dari panel surya ini sangat menguntungkan, terutama dalam konteks ketersediaan energi yang terbatas di wilayah pedesaan seperti Mulyorejo. Penggunaan energi terbarukan ini juga sejalan dengan prinsip pertanian berkelanjutan yang ramah lingkungan.

c. Kemudahan Operasional

Selama masa pelatihan dan uji coba, para petani melaporkan bahwa mesin penyiram otomatis ini mudah dioperasikan. Sistem kontrol yang menggunakan sensor dan perangkat lunak otomatis memungkinkan para petani untuk tidak lagi harus melakukan penyiraman secara manual. Hal ini sangat membantu dalam mengurangi beban kerja petani, terutama dalam mengelola lahan yang luas. Selain itu, pelatihan mengenai perawatan alat yang telah diberikan membantu petani untuk menjaga agar sistem tetap berfungsi dengan baik.

2) Dampak Terhadap Produktivitas Tanaman Kangkung

a. Peningkatan Pertumbuhan Tanaman

Penggunaan sistem penyiraman otomatis berbasis panel surya ini telah memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan tanaman kangkung. Berdasarkan pemantauan selama masa budidaya, tanaman kangkung yang disiram menggunakan sistem otomatis tumbuh lebih subur dan merata dibandingkan dengan tanaman yang disiram secara manual. Hal ini disebabkan oleh penyiraman yang lebih presisi dan konsisten, sehingga kelembaban tanah terjaga pada tingkat yang optimal.

Pada lahan uji coba yang menggunakan mesin penyiram otomatis, rimpang kangkung berkembang lebih besar dan sehat dibandingkan dengan lahan yang disiram secara manual. Tanaman juga menunjukkan tanda-tanda stress air yang lebih sedikit, seperti daun yang menguning atau layu, yang sering terjadi ketika penyiraman manual tidak teratur atau tidak mencukupi.

b. Peningkatan Kualitas dan Kuantitas Panen

Hasil panen dari lahan yang menggunakan mesin penyiram otomatis juga menunjukkan peningkatan kualitas dan kuantitas. Rimpang kangkung yang dipanen dari lahan ini memiliki ukuran yang lebih besar, berat yang lebih konsisten, serta lebih segar dibandingkan dengan tanaman yang tumbuh di lahan tanpa sistem irigasi

otomatis. Peningkatan kualitas ini sangat berpengaruh pada harga jual kangkung, sehingga memberikan keuntungan ekonomi yang lebih besar bagi petani.

Dari segi kuantitas, jumlah rimpang yang dihasilkan dari lahan dengan irigasi otomatis lebih tinggi dibandingkan dengan metode penyiraman manual. Peningkatan kuantitas ini berkisar antara 15-20%, tergantung pada kondisi lahan dan perawatan selama masa budidaya. Hal ini menunjukkan bahwa sistem irigasi otomatis berbasis panel surya mampu meningkatkan produktivitas tanaman kangkung secara signifikan.

### 3) Penghematan Biaya Operasional

Salah satu hasil yang paling menonjol dari penerapan mesin penyiram otomatis berbasis panel surya adalah penghematan biaya operasional. Dengan sistem ini, para petani dapat mengurangi penggunaan tenaga kerja untuk penyiraman manual, yang biasanya memerlukan waktu dan tenaga yang besar, terutama pada lahan yang luas. Selain itu, karena penyiraman dilakukan secara lebih efisien, jumlah air yang digunakan juga dapat ditekan, sehingga mengurangi biaya yang dikeluarkan untuk pengairan.

Penggunaan panel surya sebagai sumber energi juga membantu mengurangi biaya listrik atau bahan bakar yang biasanya digunakan untuk mengoperasikan pompa air konvensional. Dalam jangka panjang, meskipun investasi awal untuk pengadaan mesin penyiram otomatis dan panel surya cukup besar, penghematan yang dihasilkan dari penurunan biaya operasional membuat teknologi ini sangat layak secara ekonomi.

### 4) Tantangan dan Kendala yang Dihadapi

Meskipun hasil implementasi mesin penyiram otomatis berbasis panel surya sebagian besar positif, ada beberapa tantangan dan kendala yang dihadapi selama pelaksanaan kegiatan ini.

#### a. Cuaca Mendung dan Efisiensi Panel Surya

Salah satu tantangan yang dihadapi adalah ketergantungan pada cuaca dalam hal penggunaan panel surya. Pada hari-hari mendung atau hujan, produksi energi dari panel surya menurun, meskipun masalah ini dapat diatasi dengan adanya baterai penyimpanan energi. Namun, dalam jangka panjang, perlu dilakukan monitoring lebih lanjut untuk memastikan bahwa kinerja sistem tidak terganggu oleh kondisi cuaca yang kurang optimal.

b. Pemeliharaan Alat

Meskipun sistem penyiram otomatis ini dirancang agar mudah dioperasikan oleh petani, pemeliharaan alat tetap menjadi tantangan, terutama bagi petani yang belum terbiasa dengan teknologi. Sensor kelembaban tanah, panel surya, dan pompa air memerlukan perawatan rutin agar tetap berfungsi dengan baik. Oleh karena itu, keberlanjutan sistem ini sangat bergantung pada kemampuan petani untuk melakukan pemeliharaan yang tepat.

Untuk mengatasi tantangan ini, tim pengabdian memberikan pelatihan tambahan mengenai perawatan komponen serta panduan troubleshooting sederhana yang dapat membantu petani mengatasi masalah teknis yang mungkin muncul di lapangan.

5) Umpan Balik dari Petani

Umpan balik dari para petani yang terlibat dalam kegiatan ini umumnya sangat positif. Mereka menyambut baik adanya teknologi penyiraman otomatis yang tidak hanya memudahkan pekerjaan sehari-hari, tetapi juga meningkatkan hasil panen. Para petani juga menghargai penggunaan panel surya sebagai sumber energi yang ramah lingkungan dan ekonomis. Beberapa petani menyatakan minat untuk memperluas penggunaan teknologi ini di lahan mereka yang lebih luas setelah melihat hasil yang menjanjikan dari uji coba awal.

#### **4. PEMBAHASAN**

Berdasarkan hasil-hasil yang telah diperoleh, dapat disimpulkan bahwa penerapan mesin penyiram otomatis berbasis panel surya untuk budidaya kangkung di Mulyorejo memberikan dampak yang sangat positif terhadap produktivitas dan efisiensi budidaya. Penggunaan teknologi ini terbukti meningkatkan pertumbuhan tanaman, kualitas dan kuantitas hasil panen, serta mengurangi biaya operasional. Selain itu, penggunaan energi terbarukan dari panel surya menjadikan sistem ini lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

## 5. KESIMPULAN

Penerapan mesin penyiram tanaman otomatis berbasis panel surya di Mulyorejo memberikan dampak positif terhadap efisiensi budidaya tanaman kangkung. Sistem ini tidak hanya mampu mengurangi biaya operasional tetapi juga meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi kangkung. Selain itu, penggunaan energi terbarukan seperti panel surya menjadikan teknologi ini lebih ramah lingkungan.

## DAFTAR REFERENSI

- Adiwibowo, M. (2018). *Teknologi irigasi berbasis sensor untuk pertanian berkelanjutan*. Pustaka Agro Nusantara.
- Agung, R. A., & Nugraha, I. (2021). Implementasi teknologi panel surya pada sistem irigasi pertanian di daerah terpencil. *Jurnal Energi Terbarukan Indonesia*, 9(2), 123-132.
- Bappenas. (2020). *Strategi pembangunan berkelanjutan: Pemanfaatan energi terbarukan di sektor pertanian*. Badan Perencanaan Pembangunan Nasional.
- Kurniawan, D., & Lestari, A. (2019). Optimalisasi sistem irigasi otomatis berbasis IoT untuk budidaya kangkung. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 11(3), 54-61.
- Nugroho, S. (2022). *Teknik budidaya kangkung: Panduan lengkap dan praktis*. Penerbit Agronusa.
- Pratama, Y., & Subagyo, A. (2020). Pemanfaatan energi matahari untuk pengairan tanaman hortikultura. *Jurnal Teknik Pertanian*, 14(1), 89-97.
- Rachmawati, L., & Anwar, S. (2021). Analisis keefektifan sistem irigasi otomatis berbasis panel surya di wilayah pedesaan. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Lingkungan*, 8(4), 45-52.
- Supriyadi, H. (2017). *Energi terbarukan untuk pertanian*. ITB Press.
- Wicaksono, B., & Dewi, R. (2021). Pengembangan teknologi penyiraman otomatis untuk meningkatkan produktivitas tanaman kangkung. *Jurnal Agribisnis Indonesia*, 10(2), 77-85.
- Zulkifli, A. (2019). *Pengelolaan air di lahan pertanian: Pendekatan teknologi modern*. Penerbit Gema Teknologi.