

Pendampingan Teknologi Penyiraman Otomatis Berbasis Arduino untuk Pupuk Cair Organik di Kebun Apel Desa Bulukerto

Savina Tunazjah¹, Dian Nugraheni^{1*}, Rahmatin Ilmiatunnisa¹, Shinta Permata Sari¹, Himawan Ganjar Prabowo²

¹Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia

²Kanazawa University, Kanazawa, Jepang

*Correspondence: nugraheni.fmipa@um.ac.id

ABSTRACT

The apple industry in Indonesia faces various challenges, one of which is pests and plant diseases. Apple orchard maintenance from pest attacks in Bulukerto does not produce profits. This encourages mentoring and development of sustainable solutions for apple pest control. The target of this activity is a farmer group of 20 people. The aims to provide mentoring for watering organic liquid fertilizer based on Arduino to control pests in apple orchards in Bulukerto Village. This system uses natural liquid fertilizer that is safe and environmentally friendly. Liquid fertilizer utilizes apple peel waste that is underutilized by the community. The implementation methods include socialization, training, mentoring, and monitoring. The results show that this program received positive response from the community, providing new knowledge to farmers about automatic watering can increase the use of environmentally friendly biopesticides, saving water through a watering system so that it has the potential to increase apple harvests and reduce losses. This activity provides new understanding for farmers about automatic watering technology. Through coaching, automatic watering can be a potential breakthrough in the field of technology-based agriculture. In addition, the positive response from the community can be used as a reference for further community service program activities.

Keywords: Arduino; Assistance; Automatic; Liquid Fertilizer; Watering.

ABSTRAK

Industri apel di Indonesia menghadapi berbagai tantangan, salah satunya adalah hama dan penyakit tanaman. Perawatan kebun apel dari serangan hama di Desa Bulukerto tidak menghasilkan keuntungan. Hal ini mendorong pendampingan serta pengembangan solusi berkelanjutan untuk pengendalian hama apel. Sasaran dari kegiatan ini adalah masyarakat kelompok tani sebanyak 20 orang. Kegiatan ini bertujuan untuk melakukan pendampingan penyiraman pupuk cair organik berbasis arduino untuk pengendalian hama pada kebun apel di Desa Bulukerto. Sistem ini menggunakan pupuk cair alami yang aman dan ramah lingkungan. Pupuk cair memanfaatkan limbah kulit apel yang kurang dimanfaatkan masyarakat. Adapun metode pelaksanaan meliputi sosialisasi, pelatihan, pendampingan, dan monitoring. Hasil menunjukkan bahwa program ini mendapat respon positif dari masyarakat, memberikan pengetahuan baru kepada petani tentang penyiraman otomatis dapat meningkatkan penggunaan biopestisida ramah lingkungan, menghemat air melalui sistem penyiraman sehingga berpotensi meningkatkan hasil panen apel dan mengurangi kerugian. Kegiatan ini memberikan pemahaman baru bagi para petani mengenai teknologi penyiraman otomatis. Melalui pembinaan penyiraman otomatis dapat menjadi potensi terobosan baru dibidang pertanian berbasis teknologi. Selain itu, respon positif dari masyarakat dapat dijadikan sebagai acuan kegiatan program kegiatan pengabdian selanjutnya.

Kata Kunci: Arduino; Otomatis; Pendampingan; Penyiraman; Pupuk Cair.

1. Pendahuluan

Desa Bulukerto di Kota Batu memiliki sektor pertanian yang signifikan, khususnya dalam budidaya apel (Witjaksono et al., 2022). Lahan pertanian apel di Desa Bulukerto luasnya sekitar 2.000 meter persegi dan perlu dirawat dengan baik agar hasil buahnya banyak dan berkualitas. Menurut data dari penelitian Bima et al. (2023), kebanyakan petani apel di desa tersebut memiliki lahan antara 0,25 hingga kurang dari 0,5 hektar, dengan penghasilan kurang dari Rp10 juta. Dari wawancara dengan salah satu pemilik kebun apel, diketahui bahwa hasil panen apel tidak sebanding dengan biaya yang dikeluarkan, sehingga banyak petani mulai meninggalkan usaha ini sebagai sumber penghasilan utama. Salah satu alasannya adalah tidak adanya alat bantu untuk menyiram kebun, sehingga prosesnya memakan waktu lama dan kurang efisien. Sejalan dengan pernyataan Agus et al. (2024), penyiraman berbasis Arduino dapat membantu mengontrol kelembaban sehingga pertumbuhan pada tanaman dapat menjadi lebih maksimal serta petani dapat menghemat tenaga dibandingkan dengan menggunakan cara manual.

Adapun penggunaan pestisida menyebabkan pengeluaran dalam budidaya apel mahal adalah harga dari obat pengusir hama yang relatif mahal sehingga petani apel harus mengeluarkan uang yang lebih banyak untuk pembelian obat tersebut. Selain itu, beberapa merk pestisida yang beredar juga masih mengandung bahan kimia yang dapat menyebabkan dampak negatif pada lingkungan maupun kesehatan (Alfiansyah et al., 2023). Merujuk pada berbagai permasalahan yang dihadapi, diperlukan suatu alternatif pengendalian hama yang efektif dalam menekan biaya serta bersifat ramah lingkungan, salah satunya melalui pemanfaatan biopestisida berbahan dasar limbah kulit apel.

Sektor pertanian memainkan peran penting dalam memenuhi tuntutan pangan dan mendukung ekonomi masyarakat, terutama di daerah pertanian seperti Indonesia. Namun, metode pertanian tradisional sering menghadapi berbagai tantangan terkait dengan efisiensi penggunaan sumber daya, khususnya dalam hal air dan pupuk, serta dampak buruk terhadap lingkungan akibat penggunaan pupuk kimia. Di sisi lain, pertanian organik hadir sebagai pilihan yang lebih berkelanjutan dengan pemanfaatan pupuk organik cair yang ramah lingkungan, yang berpotensi meningkatkan kualitas tanah dan hasil panen. Walaupun begitu, penerapan pupuk organik cair sering terkendala oleh rendahnya pengetahuan dan keterampilan petani dalam cara yang tepat untuk mengaplikasikannya dengan efektif dan efisien. Penyiraman Pupuk Organik Cair (POC) secara manual cenderung tidak efisien, yang dapat menyebabkan pemborosan pupuk, distribusi yang tidak rata, dan ketergantungan pada waktu yang tersedia bagi petani. Situasi ini menciptakan kebutuhan untuk solusi teknologi yang dapat menyederhanakan dan meningkatkan efisiensi dalam penerapan POC.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan alternatif yang dapat menekan biaya penyiraman yang ramah lingkungan yaitu melalui pendampingan penyiraman otomatis berbasis arduino. Kegiatan ini bertujuan untuk memberikan pendampingan kepada petani dalam pemanfaatan alat penyiraman otomatis berbasis Arduino pada penggunaan pupuk cair organik. Selain itu, kegiatan ini juga mencakup sosialisasi guna meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai dampak negatif penggunaan pestisida kimia serta memberikan wawasan terkait alternatif solusi melalui pemanfaatan limbah organik, seperti kulit apel, yang selama ini kurang dimanfaatkan. Sosialisasi ini juga akan membantu petani di Desa Bulukerto untuk memahami pentingnya pengendalian hama yang aman dan berkelanjutan serta mendorong petani untuk mengadopsi teknologi dalam agrikultur. Sebagaimana Kementerian Pertanian RI melalui Direktorat Jenderal Tanaman Pangan

mendorong agar penggunaan listrik dapat mendukung modernisasi dan mekanisasi pertanian (Pradana et al., 2023).

Penerapan teknologi berbasis Arduino dalam sistem irigasi sejalan dengan konsep *precision agriculture* yang menekankan efisiensi sumber daya melalui pemanfaatan teknologi untuk meningkatkan hasil pertanian dan mengurangi limbah (Naidu et al., 2024; Hema et al., 2024). Teknologi ini terbukti dapat menghemat penggunaan air dan energi serta meningkatkan efektivitas pemupukan organik cair yang digunakan pada lahan pertanian (Riskhan et al., 2024). Selain itu, penggunaan limbah organik seperti kulit apel sebagai bahan baku pupuk dan biopestisida juga sesuai dengan pendekatan zero waste dalam pertanian berkelanjutan, yaitu pengelolaan sumber daya secara sirkular dan minim limbah (Devi et al., 2023; Kotyal et al., 2023). Inisiatif ini diharapkan tidak hanya meningkatkan hasil pertanian tetapi juga mengubah pola pikir petani terhadap praktik bertani yang lebih ramah lingkungan dan berbasis teknologi.

Penerapan sistem irigasi otomatis yang berbasis teknologi menawarkan solusi untuk tantangan tersebut. Sistem yang otomatis ini memungkinkan pengaturan waktu dan jumlah air yang tepat untuk penyiraman POC, mengurangi limbah, menjaga distribusi nutrisi yang merata pada tanaman, serta membebaskan petani dari kewajiban menyiram secara manual. Diharapkan bahwa penggabungan teknologi ini dengan penerapan POC dapat meningkatkan hasil pertanian organik dengan cara yang signifikan dan berkelanjutan. Untuk mengatasi kesenjangan dalam pengetahuan dan keterampilan petani dalam menggunakan teknologi penyiraman otomatis POC. Kegiatan pendampingan menjadi sangat penting. Pendampingan yang terencana dan berkelanjutan diharapkan dapat memberikan petani pengetahuan teoritis dan praktis tentang cara membuat, mengencerkan, dan menerapkan POC menggunakan sistem otomatis. Dengan adanya pendampingan ini, diharapkan akan terjadi peningkatan pemahaman, adopsi teknologi, dan pada akhirnya, peningkatan hasil pertanian organik yang ramah lingkungan.

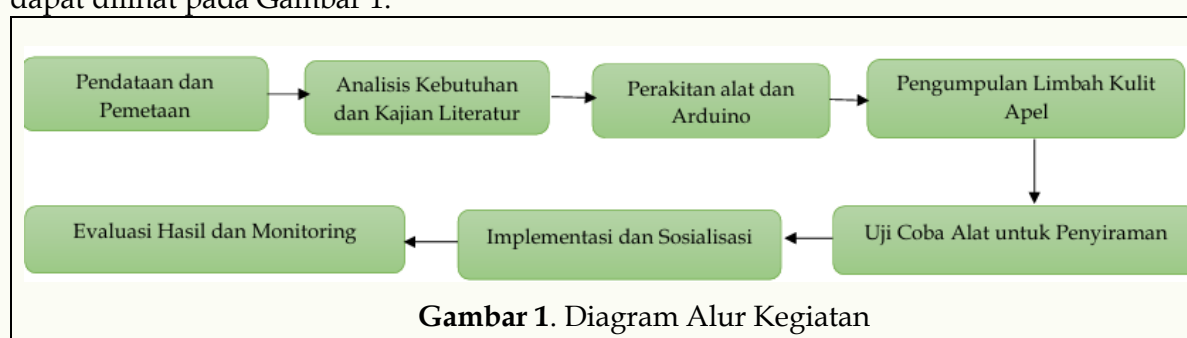
Biopestisida merupakan alternatif pengganti pestisida kimia yang dapat diolah dari limbah kulit buah (Kusumaningtyas et al., 2017). Selain mengurangi dampak negatif pestisida kimia, pemanfaatan limbah kulit apel untuk biopestisida juga membantu dalam pengelolaan limbah pertanian sehingga dapat menjadi pilihan yang lebih ramah lingkungan (Zainal et al., 2024). Meskipun sumber daya biologis Indonesia melimpah untuk produksi biopestisida, penggunaan biopestisida tetap rendah dibandingkan dengan pestisida sintetis, menunjukkan perlunya peningkatan kesadaran dan pengembangan aplikasi biopestisida dalam pengendalian hama (Ayilara et al., 2023). Penerapan sistem penyiraman otomatis berbasis Arduino merupakan solusi inovatif yang hemat biaya dan ramah lingkungan untuk mendukung pengelolaan kebun apel, khususnya dalam distribusi biopestisida dan air, guna meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil pertanian di Desa Bulukerto, Kota Batu. Kegiatan ini juga mencakup sosialisasi dan pendampingan teknis kepada masyarakat dalam penggunaan sistem penyiraman otomatis, dengan tujuan untuk meningkatkan pemahaman serta memperluas pengetahuan tentang alternatif solusi pengelolaan pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan.

2. Metode Pelaksanaan

Kegiatan pengabdian ini mulai dilaksanakan pada tahun 2024. Sasaran utama kegiatan pengabdian ini adalah para petani apel di Desa Bulukerto, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu. Pemilihan Desa Bulukerto untuk kegiatan pengabdian masyarakat terkait dengan pendampingan penggunaan pupuk organik cair dari kulit apel dilakukan berdasarkan sejumlah pertimbangan penting yang saling mendukung. Pertama, Desa Bulukerto sebagai

pusat utama produksi apel di daerah Malang, yang secara alami menyediakan banyak limbah kulit apel yang berkelanjutan. Penggunaan limbah ini sebagai bahan utama POC tidak hanya memberikan solusi baru untuk mengatasi masalah lingkungan akibat penumpukan hasil pertanian, tetapi juga berpotensi menghasilkan nilai ekonomi baru melalui konsep ekonomi berkelanjutan.

Selanjutnya, sektor pertanian sangat berpengaruh dalam kehidupan masyarakat Bulukerto, sehingga penerapan teknologi dan metode pertanian yang lebih efisien serta ramah lingkungan, seperti sistem penyiraman otomatis POC, dapat langsung meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan para petani. Pelaksanaan pengabdian masyarakat ini dirancang dengan pendekatan partisipatif, di mana petani dilibatkan secara aktif dalam setiap tahap kegiatan. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan rasa kepemilikan dan keberlanjutan program pengabdian masyarakat. Adapun setiap tahapan dalam kegiatan ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Kegiatan dimulai dari pendataan melalui observasi dan wawancara petani apel lalu diikuti dengan pemetaan lahan dengan meninjau langsung lokasi sehingga hasil yang didapat asli dan mendetail. Selanjutnya, dilakukan analisis kebutuhan untuk menentukan kebutuhan sistem penyiraman otomatis berbasis arduino. Tahapan selanjutnya adalah, melakukan perakitan untuk alat penyiraman otomatis berbasis arduino sederhana.

Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Bambu
- Drum 5 Liter
- Limbah Kulit Apel 5Kg
- Pompa Air Shimizu
- Aktivator EM-4
- Sensor Air
- Arduino Uno

Setelah disiapkan alat dan bahan tersebut, dilakukan perakitan pada beberapa komponen. Seperti pengkodean dan perakitan komponen penyiraman. Hal tersebut dilakukan di tahap ini dan tidak mendekati pada tahap implementasi adalah supaya alat tersebut dapat dilakukan uji coba terlebih dahulu melalui *trial and error*. Setelah perakitan selesai maka akan dilanjutkan pada tahap berikutnya.

Tahapan berikutnya ialah pengumpulan limbah kulit apel yakni, bekerja sama dengan petani ataupun informasi dari kepala RT/RW terkait pengolahan limbah apel untuk mengumpulkan limbah kulit apel dari kebun apel di Desa Bulukerto. Pada tahap ini dilakukan pencucian hingga perendaman limbah kulit apel selama kurang lebih 3 hari

hingga tekstur berubah dan bau menyengat. Selanjutnya air limbah kulit apel tersebut disaring dan dicampur dengan EM-4. Kemudian bahan tersebut dicampurkan dengan air dengan perbandingan 2:1. Hal tersebut dilakukan untuk membuat campuran pada larutan pupuk organik cairnya.

Selanjutnya, dilakukan pengolahan limbah kulit apel menjadi pupuk cair organik yakni limbah kulit apel yang telah dibersihkan kemudian diolah menjadi ekstrak. Pada tahap implementasi dilakukan pemasangan sistem penyiraman, melibatkan petani dalam penggunaan dan pemeliharaan, serta membantu petani dalam menerapkan pupuk cair berbahan organik kulit apel alami untuk pengendalian hama apel. Setelah itu, secara bersamaan juga dilakukan sosialisasi kepada petani lain di Desa Bulukerto tentang manfaat, cara kerja, dan cara penggunaan sistem penyiraman otomatis pupuk cair organik berbahan kulit apel.

3. Hasil

Sesuai dengan tahapan yang telah ditetapkan, kegiatan pengabdian masyarakat bersama para petani apel Desa Bulukerto telah berjalan dengan baik dan mencapai hasil yang memuaskan. Kegiatan dimulai pada bulan Januari 2024, diawali dengan koordinasi bersama Ketua RT serta observasi langsung ke beberapa lahan kebun apel. Hasil koordinasi menetapkan lahan seluas 600 m² sebagai lokasi percontohan sekaligus sumber limbah kulit apel untuk pembuatan pupuk cair organik dan biopestisida. Selanjutnya, dilakukan tahap pendataan dan pemetaan lokasi pelaksanaan kegiatan.

Pelaksanaan kegiatan mengikuti alur seperti yang telah dijelaskan pada diagram di bagian metode pelaksanaan. Tahapan tersebut mencakup pemetaan kebutuhan, perakitan sistem penyiraman otomatis berbasis Arduino, produksi pupuk cair dari limbah kulit apel, serta uji coba dan pendampingan penggunaan alat oleh petani. Uji coba menunjukkan bahwa sistem ini mampu menghemat waktu penyiraman hingga 40% dibandingkan metode manual.

Dukungan dan keterlibatan aktif masyarakat memperkuat keberhasilan kegiatan. Berdasarkan wawancara dengan Pak Sunaryo, perwakilan Ketua Kelompok Tani RT Desa Bulukerto, kegiatan ini dinilai sangat bermanfaat karena memberikan solusi praktis dan inovatif dalam menyiram tanaman serta memanfaatkan limbah organik. Ia menyebutkan bahwa kegiatan ini membuka wawasan petani tentang teknologi pertanian modern dan efisiensi kerja. Namun, dibutuhkan pemahaman lebih lanjut agar petani mampu mengoperasikan sistem secara mandiri. Mengenai pupuk cair organik dari limbah apel, beliau menyatakan ketertarikan untuk memformulasikan komposisi yang tepat agar manfaatnya optimal.

Sebagaimana disampaikan Pak Sunaryo:

“Tentu saja kami memiliki kesan yang baik, karena dapat bekerja sama dan menambah wawasan bagi mahasiswa dan petani. Alat ini dapat membantu petani lebih mempersingkat waktu dan lebih efisien digunakan. Hanya saja dibutuhkan pemahaman lebih untuk bisa mengoperasikan, sehingga pendampingan ini memberikan wawasan baru. Pupuk organik ini akan kami formulasikan agar dapat bermanfaat bagi tanaman, karena sebelumnya kami masih menggunakan pupuk kimia.”

Berikut ringkasan hasil wawancara:

Tabel 1. Ringkasan Hasil Wawancara dengan Ketua Kelompok Tani

Pertanyaan	Inti Jawaban
Ketertarikan terhadap kegiatan	Tertarik karena membantu penyiraman dan pengolahan limbah menjadi pupuk organik
Dampak pada wawasan	Membuka wawasan tentang teknologi dan efisiensi kerja
Minat terhadap pupuk organik	Tertarik, akan diformulasikan untuk efektivitas tanaman
Kesan umum terhadap kegiatan	Positif, memperkuat kerja sama dan menambah pengetahuan
Pendapat tentang alat penyiraman otomatis	Efisien, membantu pekerjaan, namun membutuhkan pendampingan teknis
Efektivitas pupuk limbah	Bisa efektif jika komposisinya tepat sesuai kebutuhan tanaman

Sumber: Data primer – Hasil Wawancara

4. Pembahasan

Hasil survey lapangan menunjukkan bahwa lahan para petani apel Desa Bulukerto sangat membutuhkan dan cocok untuk diterapkannya alat penyiraman otomatis berbasis arduino yang didukung dengan instalasi listrik. Penggunaan penyiraman lahan kebun apel ini lebih diutamakan untuk kebutuhan lahan pada musim kemarau sedangkan pada musim hujan, sistem ini hanya digunakan sebagai suplemen. Pada musim kemarau, sistem ini berperan penting dalam menjaga kelembaban tanah agar tetap berada pada level optimal bagi pertumbuhan tanaman apel (Dhatri et al., 2019). Sementara itu, pada musim hujan, meskipun curah hujan tinggi, sistem penyiraman tetap difungsikan secara terbatas sebagai suplemen untuk mengantisipasi distribusi air yang tidak merata dan menghindari stres air pada tanaman (Pramudita & Imaaduddin, 2024).



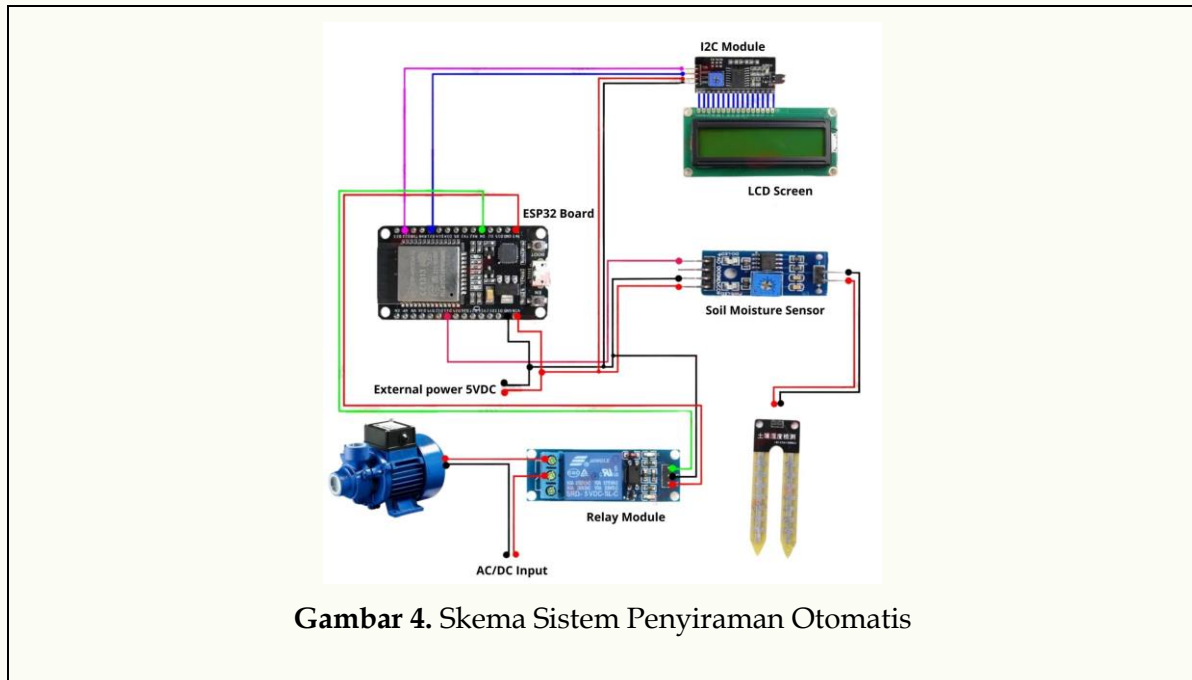
Gambar 2. Pendataan dan Pemetaan Lokasi

Setelah survey lokasi kebun apel, kami mempertimbangkan beberapa aspek untuk perancangan alat seperti luas lahan, kondisi tempat, ketersediaan sinyal dan listrik serta koordinasi dengan petani apel terkait proses pengairan yang sesuai untuk kebun apel. Setelah melakukan analisis kebutuhan selesai, dilanjutkan dengan menyelesaikan desain alat yang akan dibuat. Desain ini menghasilkan *planning* yakni penyiraman air diletakkan pada bawah pohon yang akan dibuat parallel supaya lebih efisien, kemudian penyemprotan pupuk cair yang akan langsung disemprotkan dari atas pohon dengan kapasitas penyemprotan. Kemudian alat penyiraman otomatis mulai diuji coba lapangan untuk mengevaluasi kinerja alat dalam kondisi lapangan yang nyata, serta melakukan perbaikan dan penyesuaian berdasarkan hasil uji coba yang terlihat pada **Gambar 3**. Uji coba dilakukan bersama kelompok tani desa bulukerto yang juga memantau hasil dari kegiatan tersebut. Setelah itu dilakukan pendampingan untuk penyiraman otomatis pupuk organik dan sosialisasinya yang dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 3. Uji Coba Alat

Berdasarkan hasil pada Gambar 3 diatas dapat dilihat bahwa penyiraman otomatis pupuk cair organik dapat membantu dalam efisiensi waktu perawatan kebun apel. Setelahnya juga dilakukan pendampingan dalam proses pembuatan pupuk cair organik bersamaan dengan penyiraman otomatis. Dengan sistem ini, proses penyiraman yang sebelumnya memerlukan tenaga dan waktu yang cukup banyak dapat dilakukan secara otomatis dan terjadwal, sehingga petani dapat mengalokasikan waktu untuk aktivitas pertanian lainnya yang lebih produktif. Setelah proses uji coba penyiraman otomatis, juga dilakukan pendampingan kepada petani terkait pembuatan pupuk cair organik yang dilakukan secara bersamaan dengan pengoperasian sistem penyiraman otomatis. Hal ini bertujuan agar petani dapat memahami secara holistik, mulai dari pembuatan pupuk hingga penerapannya di lahan. Adapun rangkaian skematik sistem penyiraman otomatis dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema Sistem Penyiraman Otomatis

Rangkaian ini menggunakan ESP32 Board sebagai pusat pengendali (mikrokontroler) yang mengatur seluruh proses otomatisasi. Sistem dilengkapi dengan Soil Moisture Sensor yang berfungsi untuk mendeteksi tingkat kelembaban tanah. Ketika sensor membaca bahwa kelembaban tanah berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan, sinyal dikirim ke ESP32 untuk mengaktifkan Relay Module. Relay ini kemudian akan menghubungkan sumber daya listrik ke pompa air yang bertugas memompa larutan pupuk cair organik dari tangki menuju ke area perakaran tanaman.

Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan LCD Screen yang terhubung melalui I2C Module. Layar ini digunakan untuk menampilkan informasi seperti status sensor kelembaban tanah dan kondisi pompa, sehingga memudahkan pemantauan oleh petani secara langsung di lapangan. Sumber daya sistem diperoleh dari power supply eksternal 5VDC, sedangkan pompa air mendapat pasokan listrik dari AC/DC input. Selanjutnya, pada Gambar 5 diperlihatkan proses kegiatan pendampingan dan sosialisasi kepada para petani.



Gambar 5. Implementasi Pendampingan dan Sosialisasi pada Petani

Pada proses ini, dilakukan sesi sosialisasi mengenai manfaat penggunaan pupuk cair berbahan organik yang ramah lingkungan. Salah satunya yakni penggunaan pupuk organik dari kulit apel. Pada kegiatan ini menghasilkan diskusi dan interaksi warga mengenai penggunaan pupuk cair bahan organik. Selain itu, warga juga meninjau langsung sampel dan cara pembuatannya dengan bahan-bahan sederhana yang dapat dijadikan alternatif lain untuk bio-pestisida pada kebun apel.

Pelaksanaan kegiatan ini menemui beberapa kendala yang perlu diatasi. Tantangan utama adalah kurangnya pengetahuan petani tentang sistem penyiraman otomatis dan manfaatnya. Hal ini menyebabkan keraguan dan kesulitan dalam mengadopsi sistem baru ini. Menurut teori adopsi inovasi oleh Rogers dalam *Mailin et al.* (2022), proses adopsi teknologi baru sangat dipengaruhi oleh persepsi petani terhadap manfaat dan kemudahan penggunaan teknologi tersebut (Sirajuddin & Liskawati Kamba, 2021). Jika teknologi dianggap kompleks dan tidak memberikan keuntungan yang jelas, maka tingkat adopsinya akan rendah. Hal ini menunjukkan bahwa rendahnya literasi teknologi pertanian menjadi faktor utama lambatnya adopsi sistem irigasi otomatis di kalangan petani hortikultura (Hariyanto et al., 2023; Hatch et al., 2022).

Kendala kedua adalah kesulitan dalam pembuatan biopestisida. Keterbatasan akses mencari bahan baku dan pengetahuan teknis menjadi hambatan bagi beberapa petani. Adapun keberhasilan penggunaan biopestisida sangat tergantung pada pemahaman petani dalam meramu komposisi yang efektif dan aman bagi tanaman (Rahmi et al., 2021). Tanpa pengetahuan yang memadai, efektivitas biopestisida bisa menurun, bahkan berdampak negatif pada tanaman. Selain itu, menurut Sunantara et al. (2024), kualitas pupuk cair organik yang tidak standar juga menjadi kekhawatiran karena dapat berakibat pada kegagalan panen. Hal ini disebabkan oleh variasi kandungan unsur hara yang tidak konsisten, tergantung pada bahan baku dan metode fermentasi yang digunakan. Penelitian oleh Harjiyatni et al. (2024) dan Hazra et al. (2022) menekankan pentingnya standarisasi dan pengujian kualitas pupuk organik cair sebelum digunakan secara luas di lahan pertanian untuk memastikan efektivitasnya dan menghindari risiko terhadap kesehatan tanaman.

Adapun dampak dari pelaksanaan kegiatan pengabdian ini telah menghasilkan berbagai dampak positif bagi para petani apel di Desa Bulukerto. Salah satu dampak utama adalah peningkatan pengetahuan petani tentang alat penyiraman otomatis dan manfaatnya. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan setelah kegiatan, didapatkan respon positif oleh peserta yang terdiri dari anggota kelompok tani. Mereka menyampaikan bahwa kegiatan ini dapat membuka wawasan petani dalam dunia teknologi yang memudahkan pekerjaan petani. Pelatihan dan pendampingan yang dilakukan telah membantu petani memahami cara kerja sistem penyiraman otomatis berbasis Arduino serta aplikasinya dalam mendukung efisiensi pengelolaan air dan tenaga kerja. Hal ini didukung oleh penelitian Yusuf (2023), yang menyatakan bahwa pendampingan teknologi tepat guna dalam bidang pertanian mampu meningkatkan pemahaman dan keterampilan petani dalam memanfaatkan inovasi teknologi, serta mendorong adopsi sistem pertanian modern di tingkat akar rumput. Selain itu, menurut Siswanto et al. (2024), pemahaman petani terhadap teknologi penyiraman otomatis berbanding lurus dengan peningkatan efisiensi waktu kerja dan produktivitas tanaman, terutama di lahan hortikultura yang membutuhkan penyiraman rutin. Penggunaan pupuk cair organik yang ramah lingkungan juga telah membantu meminimalisir dampak negatif pestisida kimia terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Hal tersebut sejalan dengan Fardhana (2023), yang menyatakan bahwa pemanfaatan pupuk cair organik dapat mengurangi dampak negatif bagi kehidupan. Dampak positif lainnya adalah penghematan biaya produksi bagi kesejahteraan ekonomi

para petani apel di Desa Bulukerto untuk merawat kebun apel secara lebih efektif. Hal ini didukung oleh penelitian Wang et al. (2024), yang menunjukkan bahwa penerapan sistem pertanian hijau dapat mengurangi penggunaan pupuk kimia dan meningkatkan penggunaan pupuk organik, sekaligus meningkatkan efisiensi penggunaan nitrogen dan mengurangi emisi gas rumah kaca.

Kegiatan pengabdian masyarakat ini telah meletakkan dasar bagi praktik penyiraman pupuk organik cair yang berkelanjutan di tingkat masyarakat. Diharapkan, pengetahuan dan keterampilan yang telah ditransfer akan terus diterapkan dan disebarluaskan. Sehingga, dapat memberikan dampak positif jangka panjang terhadap kesehatan tanah, kualitas hasil panen, dan kesejahteraan petani. Secara keseluruhan, pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat ini telah memberikan manfaat yang signifikan bagi para petani apel di Desa Bulukerto dan diharapkan dapat menjadi model yang dapat direplikasi di daerah lain. Perlunya pengembangan pupuk cair organik yang dapat direplikasi di daerah lain dengan mempertimbangkan jenis tanaman yang banyak dijumpai, sehingga POC hasil limbah organik dapat menjadi solusi alternatif di daerah tersebut. Adapun replikasi di daerah lain dapat dilakukan dengan mempertimbangkan karakteristik daerah lain. Oleh karena itu diperlukan survey lokasi untuk mengetahui solusi serta permasalahan yang terjadi.

5. Kesimpulan

Kegiatan ini telah meningkatkan pengetahuan petani mengenai alat penyiraman otomatis yang dapat digunakan untuk pupuk organik cair berbahan limbah kulit apel. Kegiatan ini memiliki dampak positif khususnya pada petani. Penggunaan pupuk cair organik yang ramah lingkungan telah membantu meminimalisir dampak negatif pestisida kimia terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Program pendampingan penyiraman pupuk organik cair menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil pertanian masyarakat. Penerapan pupuk organik cair dengan metode penyiraman yang tepat, yang diajarkan melalui kegiatan ini, diharapkan dapat menjadi alternatif yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis bagi praktik pertanian konvensional.

Partisipasi aktif dan antusiasme yang tinggi dari masyarakat selama kegiatan pendampingan penyiraman pupuk organik cair menjadi indikator keberhasilan program ini. Hal ini menunjukkan adanya kesadaran dan keinginan yang kuat untuk mengadopsi praktik pertanian organik. Keberlanjutan program ini akan sangat bergantung pada dukungan dan inisiatif masyarakat dalam menerapkan pengetahuan yang telah diperoleh. Selain itu, kegiatan ini telah membantu menghemat penggunaan air disertai perawatan yang lebih efisien dan efektif di kebun apel melalui sistem penyiraman otomatis berbasis arduino. Adapun sistem penyiraman otomatis untuk pupuk cair organik telah dirancang dengan sederhana, andal, mudah dioperasikan dan dipelihara, sehingga mudah diterima dan diadopsi oleh petani. Penggunaan POC dari kulit apel dalam pemberantasan hama tentu menjadi langkah yang baik mengingat banyaknya pestisida kimia yang justru membahayakan kesuburan tanah. Dengan begitu, diharapkan program pengabdian masyarakat ini dapat berkelanjutan dan memberikan manfaat jangka panjang bagi para petani apel di Desa Bulukerto dan di daerah lain.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Negeri Malang atas dukungan dan fasilitasi kegiatan ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Departemen Pendidikan IPA FMIPA Universitas Negeri Malang atas kontribusi akademik dan pendampingan selama

proses pelaksanaan. Apresiasi diberikan kepada kelompok tani Desa Bulukerto atas partisipasi aktif dalam kegiatan ini.

Daftar Pustaka

- Agus, I., Setiawan, T. A., Budidjanto, H. A., Binabar, S. W., & Utama, D. N. (2024). Penyiraman sayuran otomatis berbasis IoT dengan Arduino. *Jurnal Ilmiah Intech: Information Technology Journal of UMUS*, 6(1 SE-Articles), 25-35. <https://doi.org/10.46772/intech.v6i1.1538>
- Alfiansyah, H., Ardikoesoema, N., & Samuel, J. (2023). Potensi degradasi lingkungan dampak eksistensi karbofuran di Indonesia. *Jurnal Bisnis Kehutanan Dan Lingkungan*, 1(1), 66-87. <https://doi.org/10.61511/jbkl.v1i1.2023.258>
- Ayilara, M. S., Adeleke, B. S., Akinola, S. A., Fayose, C. A., Adeyemi, U. T., Gbadegesin, L. A., Omole, R. K., Uthman, Q. O., & Babalola, O. O. (2023). Biopesticides as a promising alternative to synthetic pesticides: A case for microbial pesticides, phytopesticides, and nanobiopesticides. *Frontiers in Microbiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1040901>
- Bima Galang, R. A., Meihilda Dona, P., & Y. A. (2023). Manajemen agribisnis: Jurnal Agribisnis. *Jurnal Agribisnis*, 23(1), 10-13. <https://doi.org/10.32503/agribisnis.v23i1.2526>
- Devi, O. B., Singh, A., Raising, L. P., Sherpa, T. L., Haokip, S. W., Hazarika, S., & Khan, A. (2023). Fruit peels as biofertilizers and biopesticides for sustainable agriculture and horticulture: A review. *International Journal of Environment and Climate Change*. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i92592>
- Dhatri, D., Pachiyannan, M., Swaroopa Rani, J., & Pravallika, G. (2019). A low-cost Arduino based automatic irrigation system using soil moisture sensor: Design and analysis. *International Conference on Signal Processing*, 104-108. <https://doi.org/10.1109/ICSPC46172.2019.8976483>
- Fardhana, D. I., & Tasrif, E. (2023). Rancang bangun sistem pengendalian penyiraman tanaman hortikultura berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknik Komputer dan Informatika*, 3(3), 21-28. <http://dx.doi.org/10.24036/jteki.v3i3.55>
- Hariyanto, Susanti, P. A., Hadjaat, M., Wasil, M., & Susilawati, A. D. (2023). Meningkatkan literasi teknologi di masyarakat pedesaan melalui pelatihan digital. *Jurnal Abdimas Peradaban*, 4(2), 12-21. <https://doi.org/10.54783/ap.v4i2.24>
- Harjiyatni, F. R., Nurharyanto, E., Anggraeni, R., & Yanti, N. (2024). Legalisasi merk dan pengembangan usaha pupuk kambing organik kelompok wanita tani Anugrah Guwosari, Kabupaten Bantul. *DAS SEIN: Jurnal Pengabdian Hukum dan Humaniora*, 4(1), 45-64. <https://doi.org/10.33756/jds.v4i1.23734>
- Hatch, N., Daniel, D., & Pande, S. (2022). Behavioral and socio-economic factors controlling irrigation adoption in Maharashtra, India. *Hydrological Sciences Journal - Journal Des Sciences Hydrologiques*, 67(6), 847-857. <https://doi.org/10.1080/02626667.2022.2058877>
- Hazra, F., & Santosa, D. A. (2022). Efektivitas pupuk hayati cair pada tanaman padi sawah (*Oryza sativa*) serta analisis usaha taninya. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 24(2), 39-46. <https://doi.org/10.29244/jitl.24.2.39-46>

- Hema, R., Subbulakshmi, S., Jyothi, B., Gurulakshmi, R., Vignesh, M., & Queen Mary, M. B. (2024). Smart automated irrigation through IoT technology. 833–838. <https://doi.org/10.1109/icosec61587.2024.10722739>
- Kotyal, K. (2023). Circular agriculture: Sustainable farming practices for zero waste. <https://doi.org/10.51470/er.2023.5.1.08>
- Kusumaningtyas, R. D., Suyitno, H., & Wulansari, R. (2017). Pengolahan limbah kulit durian di wilayah Gunungpati menjadi biopestisida yang ramah lingkungan. *Jurnal Rekayasa*, 15(1), 38–43. <https://doi.org/10.15294/rekayasa.v15i1.12576>
- Mailin, M., Rambe, G., Ar-Ridho, A., & Candra, C. (2022). Teori media/teori difusi inovasi. *Jurnal Guru Kita*, 6(2), 168–168. <https://doi.org/10.24114/jgk.v6i2.31905>
- Naidu, K. J., Babu, K. V. S., Sai, C. R. C., Ganesh, P. N., Sai, T. G., Naidu, N. S., Praneeth, C., & Sumanth, G. (2024). Precision agriculture monitoring system. *Biosciences, Biotechnology Research Asia*, 21(4), 1543–1551. <https://doi.org/10.13005/bbra/3324>
- Pradhana, R. R., Prasetyo, B. A., & Syukriyah, Y. (2023). Implementasi Internet of Things dalam monitoring dan controlling variable frequency drive. *Jurnal Ilmiah Informatika Global*, 14(3), 68–75. <https://doi.org/10.36982/jiig.v14i3.3519>
- Pramudita, C. D., & Imaaduddiin, M. H. (2024). Analysis of water supply fulfillment for watering plants needs in potentially upcoming El Nino period using reliable discharge and planned rainfall discharge methods. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1311/1/012039>
- Rahmi, C., Saefullah, A., Hidayatullah, S., AR, R., Firdaus, A., Saksana, J. C., & Misbah, I. (2021). Gerakan penyuluhan penggunaan pestisida pada kelompok wanita tani (KWT) Garuda di Cipayung Ciputat. *SAFARI: Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 1(2), 64–76. <https://doi.org/10.56910/safari.v1i2.1599>
- Riskhan, B., Hanass, N. N., Sheikh, M. A., & Hussain, K. (2024). IoT irrigation system using Arduino. <https://doi.org/10.20944/preprints202405.1642.v1>
- Sirajuddin, Z., & Liskawati Kamba, P. (2021). Farmer's perception on information and communication technology implementation in agricultural extension. *Jurnal Penyuluhan*, 17(2), 136–144. <https://doi.org/10.25015/17202132676>
- Siswanto, A. B., Haji, W. H., Suryadi, D., Hady, S., & Setiawan, Z. (2024). Training on the use of appropriate technology to increase agricultural production in villages in Indonesia. *Unram Journal of Community Service*, 5(3), 149–154. <https://doi.org/10.29303/ujcs.v5i3.673>
- Sunantara, A. A., Utami, N. F., Husna, R., Janiarti, J., Devi, N. M. S. P., Attila, L. F. M., Sarjan, M. (2024). Cultivation of Healthy Crops as A Leading Commodity in Sembalun Bangang. *Jurnal Wicara Desa*, 2(6), 543–557. <https://doi.org/10.29303/wicara.v2i6.5597>
- Wang, Y., Zhang, Y., Zhang, S., Zhang, W., & Yang, J. (2024). Green production of apples delivers environmental and economic benefits in China. *One Earth*, 6(4), 323–332. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2024.03.012>
- Witjaksono, A., Gai, A. M., & Poerwati, T. (2022). Tinjauan kebijakan pengembangan pertanian berwawasan lingkungan di Kota Batu. *Bioma: Jurnal Biologi Makassar*, 7(1), 1–11. <https://doi.org/10.20956/bioma.v7i1.18703>

- Yusuf, A. F., Purwanto, H., Hidayati, I. N., Kusnanda, P. S., Salma Salsabila, T. A., Huda, M. S., Shafura, N., Saputri, W. E., & Sudaryadi, I. (2023). Optimization of the cultivation of 'Sleman' longan cultivar and local klanceng bees by applying appropriate techniques and technology integrated agricultural systems (SIMANTRI) to strengthen the economic resilience of the Hargowilis farmers group. <https://doi.org/10.21467/proceedings.151.1>
- Zainal, N. B., Aji, O. R., & Pratiwi, A. (2023). Evaluasi karakteristik sensori ekoenzim dengan penambahan khamir dan kombinasi kulit buah. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 11(1), 220. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v11i1.7202>