

## Implementasi dan Sosialisasi *Smart Farming* Hidroponik Berbasis *Internet of Thing* di Dusun Ngentak, Bulakrejo, Sukoharjo

Faisal Rahutomo\*<sup>1</sup>, Sutrisno<sup>2</sup>, Subuh Pramono<sup>3</sup>, Meiyanto Eko Sulisty<sup>4</sup>,  
Muhammad Hamka Ibrahim<sup>5</sup>, Joko Hariyono<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Teknik Elektro, Universitas Sebelas Maret Surakarta, Indonesia

\*e-mail: [faisal\\_r@staff.uns.ac.id](mailto:faisal_r@staff.uns.ac.id)<sup>1</sup>, [sutrisno@staff.uns.ac.id](mailto:sutrisno@staff.uns.ac.id)<sup>2</sup>, [subuhpramono@staff.uns.ac.id](mailto:subuhpramono@staff.uns.ac.id)<sup>3</sup>,  
[mekosulisty@staff.uns.ac.id](mailto:mekosulisty@staff.uns.ac.id)<sup>4</sup>, [hamka@staff.uns.ac.id](mailto:hamka@staff.uns.ac.id)<sup>5</sup>, [jokohariyono@staff.uns.ac.id](mailto:jokohariyono@staff.uns.ac.id)<sup>6</sup>

### Abstrak

Indonesia adalah negara agraris, tetapi disayang saat ini semakin sedikit generasi muda yang mau terjun di bidang pertanian. Berdasarkan data dari Kementerian Pertanian petani muda di Indonesia yang berusia 20-39 tahun hanya sekitar 2,7 juta orang yang artinya hanya sekitar 8 persen dari total 33,4 juta orang petani. Untuk mewujudkan cita-cita Indonesia Lumbung Pangan Dunia tahun 2045 sangat pentingnya mengajak generasi muda atau kaum milenial untuk terjun dan menekuni usaha pertanian. Hal tersebut secara mikro juga tampak di dalam minat para pemuda untuk terjun ke bidang pertanian di Dusun Ngentak, Bulakrejo, Kabupaten Sukoharjo. Para pemuda perlu didekati dengan fakta bahwa pertanian tidak identik dengan terbelakang, tetapi dapat pula menarik dan modern dengan mengimplementasikan teknologi kekinian. Sehingga di dalam program pengabdian ini akan dilakukan implementasi dan sosialisasi smart farming hidroponik berbasis *Internet of Thing* (IoT) di. Perlu dilakukan sosialisasi dan edukasi teknologi pertanian cerdas atau smart farming agar bisa peningkatan efisiensi produksi, kualitas dan kontinuitas produk-produk pertanian terutama hortikultura. Selain itu penerapan smart farming juga akan menarik generasi milenial untuk tidak malu menggeluti bidang pertanian. Berbagai macam sistem hidroponik akan dikenalkan baik itu sistem sumbu (WICK) deep flow technique (DFT), Nutrient Film Technique (NFT), sistem rakit apung (Floating Hydroponics System FHS), dan lainnya. Masyarakat juga perlu diedukasi untuk mengetahui parameter-parameter penting yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman hidroponik seperti nilai pH, nilai EC (electrical conductivity), suhu nutrisi, dan kadar oksigen. Pengabdian ini diharapkan dapat meningkatkan antusias masyarakat terutama generasi milenial untuk menerapkan smart farming hidroponik.

**Kata kunci:** Hidroponik, IoT, Smart Farming

### Abstract

Indonesia is an agrarian country, but it's a shame that there are less young people who want to get involved in agriculture. Based on data from the Ministry of Agriculture, young farmers in Indonesia aged 20-39 years are only around 2.7 million people, which means only about 8 percent of the total 33.4 million farmers. To realize the ideals of Indonesia's World Food Barn in 2045, it is very important to invite the younger generation or millennials to get involved and pursue agriculture. The interest of young people in entering the agricultural sector in Ngentak, Bulakrejo, Sukoharjo Regency. Young people need to be approached with the fact that agriculture is not synonymous with old-fashioned, but can also be attractive and modern by implementing modern technology. In this service program, the implementation and socialization of the *Internet of Thing* (IoT)-based hydroponic smart farming will be carried out in Ngentak Hamlet, Bulakrejo, Sukoharjo. It is necessary to socialize and educate on smart farming technology or smart farming in order to increase production efficiency, quality and continuity of agricultural products, especially horticulture. In addition, the application of smart farming will also attract the millennial generation to not be shy about working in the agricultural sector. Various kinds of hydroponic systems will be introduced, including the wick system (WICK) deep flow technique (DFT), Nutrient Film Technique (NFT), floating raft system (Floating Hydroponics System FHS), and others. The public also needs to be educated to know the important parameters that affect the growth of hydroponic plants, such as pH value, EC (electrical conductivity) value, nutrient temperature, and oxygen content. This service is expected to increase the enthusiasm of the community, especially the millennial generation, to implement hydroponic smart farming.

**Keywords:** Hydroponics, IoT, Smart Farming

## 1. PENDAHULUAN

Berdasarkan data dari Kementerian Pertanian petani muda di Indonesia yang berusia 20-39 tahun hanya sekitar 2,7 juta orang yang artinya hanya sekitar 8 persen dari total 33,4 juta orang petani. Ini artinya semakin sedikit generasi muda yang mau terjun di bidang pertanian. Untuk mewujudkan cita-cita Indonesia Lumbung Pangan Dunia tahun 2045 sangat pentingnya mengajak generasi muda atau kaum milenial untuk terjun dan menekuni usaha pertanian. Perlu dilakukan sosialisasi dan edukasi teknologi pertanian cerdas atau *smart farming* agar bisa peningkatan efisiensi produksi, kualitas dan kontinuitas produk-produk pertanian terutama hortikultura. Selain itu penerapan *smart farming* juga akan menarik generasi milenial untuk tidak malu menggeluti bidang pertanian. Salah satu bantuk *smart farming* adalah pengelolaan kebun hidroponik dibantu dengan teknologi Internet of Thing (IoT). Penggunaan sistem hidroponik tidak mengenal musim dan tidak memerlukan lahan yang luas dibandingkan dengan kultur tanah untuk menghasilkan satuan produktivitas yang sama (Roidah, 2015). Berbagai macam sistem hidroponik akan dikenalkan baik itu sistem sumbu (WICK) deep flow technique (DFT), Nutrient Film Technique (NFT), sistem rakit apung (Floating Hydroponics System FHS), dan lainnya. Masyarakat juga perlu diedukasi untuk mengetahui parameter-parameter penting yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman hidroponik seperti nilai pH, nilai EC (electrical conductivity), suhu nutrisi, dan kadar oksigen. Pengabdian ini diharapkan dapat meningkatkan antusias masyarakat terutama generasi milenial untuk menerapkan *smart farming* hidroponik.



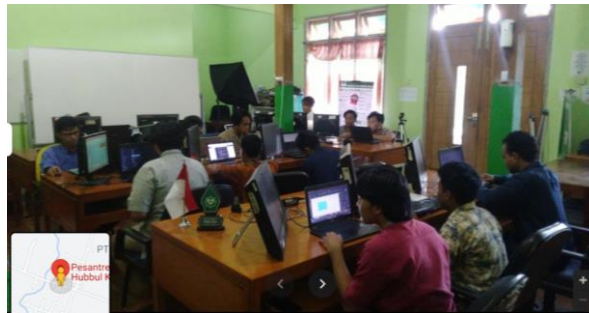
Gambar 1. Kantor dan Pusat Pelatihan Hubbul Khoir

Target peserta utama dalam pengabdian masyarakat ini adalah pemuda dan warga di Dukuh Ngentak terletak di di Kelurahan Bulakrejo, Kecamatan Sukoharjo, Kabupaten Sukoharjo dan juga santri Pesantren Hubbul Khoir yang terletak di dukuh ini juga. Sukoharjo adalah sebuah kabupaten kecil di selatan Kota Solo, Jawa Tengah. Penduduknya mayoritas muslim, 95% dari total sekitar 900 ribu jiwa (Badan Pusat Statistik Kabupaten Sukoharjo, 2015). Mayoritas penduduknya adalah petani. Penduduk yang mengenyam Pendidikan tinggi kurang dari 10% dari total penduduk (Pemerintah Kabupaten Sukoharjo, n.d.). Lokasi dukuh Ngentak sekitar 18 KM dari kampus Universitas Sebelas Maret. Masyarakat Dukuh Ngentak secara umum kehidupan sosialnya masih menganut system gotong royong, gugur gunung, dan guyub rukun. Apabila ada pekerjaan baik itu pembangunan jalan, masjid, jembatan maupun rumah penduduk, masyarakat selalu mengedepankan gotong royong.

Permasalahan utama yang diangkat dalam PKM ini adalah banyaknya minimnya antusias generasi muda untuk terjun di dunia pertanian. Selain itu juga minimnya pengetahuan masyarakat akan *smart farming* sehingga teknologi atau Teknik Bertani yang dipakai cenderung monoton dan tidak efektif. Untuk itu, pengenalan teknologi *smart farming* sangat perlu untuk diperkenalkan dengan harapan dapat memaksimalkan hasil pertanian yang ada. Untuk itu, RG ICT dan Kecerdasan Buatan Fakultas Teknik UNS bekerja sama dengan RG Kendaraan Listrik dan Energi Lanjut akan melakukan implementasi dan sosialisasi *smart farming* dengan berbasis panel surya. Dimana RG ICT dan Kecerdasan Buatan akan berfokus pada penerapan Internet of

Thing pada hidroponik. Teknologi IoT bisa digunakan untuk monitoring dan kontrol kebun hidroponik secara realtime 24 jam.

Dalam pelaksanaan pengabdian ini RG ICT dan Kecerdasan Buatan FT UNS berkerjasama dengan Yayasan Hubbul Khoir, Sukoharjo. Yayasan ini relatif muda, berdiri tahun 2018. Kegiatan utama Yayasan ini adalah dalam bidang Pendidikan, sosial dan dakwah. Kantor Yayasan Hubbul Khoir berada tepat di tengah desa Ngentak (Gambar 1). Hubbul Khoir sering mengadakan pelatihan IT pada santri dan warga sekitar (Gambar 2). Selain sebagai kantor, tempat ini juga digunakan sebagai pusat pembinaan dan pelatihan untuk masyarakat. Hubbul khoir beberapa kali mengadakan kegiatan-kegiatan pelatihan dan juga pembinaan masyarakat. Namun karena keterbatasan SDM dan pendanaan pelatihan yang dilakukan Hubbul Khoir masih belum rutin dan belum maksimal. Untuk itu, diharapkan kerjasama sosialisasi ini dapat diteruskan oleh Yayasan sehingga bisa memberikan manfaat yang lebih luas bagi masyarakat.



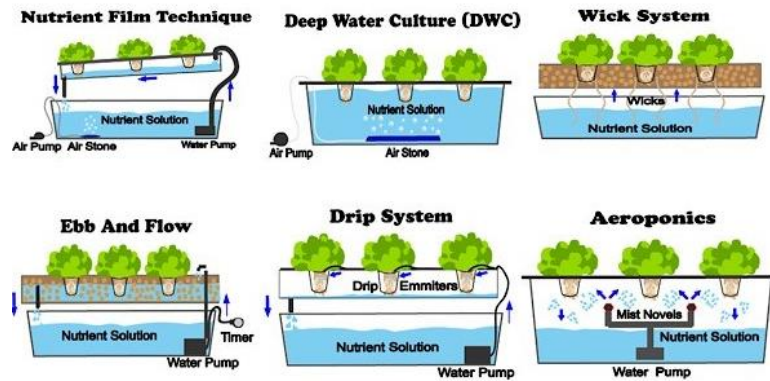
Gambar 2. Santri dan Warga Sekitar Sedang Belajar IT

## 2. METODE

Solusi yang ditawarkan untuk mengatasi permasalahan mitra berupa implementasi dan sosialisasi *smart farming* hidroponik berbasis internet of thing (IoT). Penerapan IoT akan memudahkan dalam monitoring dan pengaturan otomatis kebun hidroponik sehingga mengoptimalkan panen (Aliac & Maravillas, 2018; Katti et al., 2020; Ramakrishnam Raju et al., 2022; Razif et al., 2020; Sudharsan et al., 2019; Wedashwara et al., 2021).

*Smart farming* atau sistem pertanian cerdas bertujuan untuk membantu petani dalam merawat tanaman. Beberapa teknologi yang dapat dikembangkan antara lain: inovasi penggunaan benih, teknik/ praktek intercropping, crop protection melalui bahan baku ramah lingkungan, dan teknologi seperti satelit, drone, serta sistem informasi geografis. Pada program pengabdian ini lebih difokuskan pada monitoring kondisi tanaman meliputi kesuburan tanah, kelembapan tanah, dan suhu. Berdasarkan informasi dalam waktu ini, maka petani dapat memperoleh waktu yang tepat misalnya saja waktu pengairan dan pemupukan. Akan tetapi, sistem *smart farming* ini memerlukan sumber energi untuk sensor dan prosesnya. Salah satu sumber energi terbarukan yang cocok untuk dipakai adalah panel surya karena mudah instalasinya dan ramah lingkungan.

Teknologi hidroponik (Soiless Culture) menawarkan solusi peningkatan produksi pertanian. Hidroponik telah meningkatkan produksi pertanian di seluruh dunia dikarenakan teknologi ini memungkinkan efisiensi penggunaan hara dan air serta kontrol iklim dan perlindungan tanaman yang lebih baik. Selain itu, teknologi hidroponik mampu memperbaiki kualitas tanaman dan produktivitas yang menjadikan peningkatan daya saing dan pendapatan petani. Penggunaan sistem hidroponik tidak mengenal musim dan tidak memerlukan lahan yang luas dibandingkan dengan kultur tanah untuk menghasilkan satuan produktivitas yang sama (Roidah, 2015). Teknologi hidroponik dapat berupa Nutrient Film Technique (NFT), sistem rakit apung (Floating Hydroponics System), sistem vertikal (Vertiponic System) dan lain-lain. Setiap teknologi hidroponik memiliki rangkaian, substrat, dan metode penempatan tanaman yang berbeda. Gambar 3 s/d 5 memberi ilustrasi beberapa sistem hidroponik yang ada.



Gambar 3. Beberapa sistem hidroponik yang ada (O'Donnell, 2019)

Diantara faktor-faktor yang mempengaruhi sistem hidroponik, larutan nutrisi dianggap sebagai faktor yang paling menentukan kuantitas dan kualitas hasil tanaman. Larutan hara pada sistem hidroponik adalah suatu cairan yang merupakan campuran air dan ion anorganik yang berasal dari garam-garam terlarut yang bersifat penting bagi tumbuhan tingkat tinggi. Elemen esensial yang terdapat dalam larutan nutrisi memiliki peran fisiologis dan keberadaannya sangat berperan untuk menjalankan siklus hidup tumbuhan. Terdapat 17 elemen yang dianggap penting untuk tanaman, yang meliputi karbon, hydrogen, oksigen, nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium, sulfur, besi, seng, tembaga, mangan, molybdenum, boron, klorin, dan nikel (Salisbury & Ross, 1995). Selain itu, terdapat unsur mikro yang juga bermanfaat dikarenakan unsur tersebut dapat menstimulasi pertumbuhan (Meselmani, 2022).

Ketersediaan hara pada larutan nutrisi hidroponik hanya tersedia atau dapat diambil tumbuhan dalam kondisi tertentu. Penentu ketersediaan hara diantaranya adalah pH, nilai EC (Electrical Conductivity), suhu, dan kadar oksigen. Perubahan pH pada larutan nutrisi mempengaruhi komposisi, spesiasi hara, dan ketersediaan hara. Spesiasi hara adalah distribusi hara dalam berbagai bentuk kimia dan fisika seperti bentuk ion, kompleks terlarut, kelat, pasangan ion, solid dan fase gas serta kondisi oksidasi (Rijck & Schrevens, 1998). Hara besi, tembaga, seng, boron dan mangan menjadi tidak tersedia pada pH diatas 6.5 (Xiao et al., 2019).

Kadar EC sangat mempengaruhi proses penyerapan hara tanaman pada sistem hidroponik. Kadar EC ideal sangat spesifik pada setiap tanaman dan tergantung pada kondisi lingkungan (Sonneveld & Voogt, 2009). Kadar EC untuk sistem hidroponik berkisar antara 1.5 to 2.5 ds m-1. Penurunan serapan air berkorelasi sangat erat dengan nilai EC. Nilai EC mempengaruhi produksi panen bayam (Subandi et al., 2015). Kadar oksigen terlarut juga perlu diperhatikan pada sistem hidroponik. Kadar oksigen terlarut di bawah 3 atau 4 mg L-1, menghambat pertumbuhan akar dan mengakibatkan terjadinya perubahan warna daun menjadi kecoklatan, yang dianggap sebagai gejala awal kekurangan oksigen. Suhu juga berpengaruh terhadap kelarutan nutrisi dan kapasitas penyerapan akar. Setiap tumbuhan memiliki minimum, optimum, dan suhu maksimum untuk pertumbuhan yang membutuhkan sistem pemanas atau pendingin untuk keseimbangan suhu larutan nutrisi.



Gambar 4. Beberapa hal penting terkait smart hidroponik

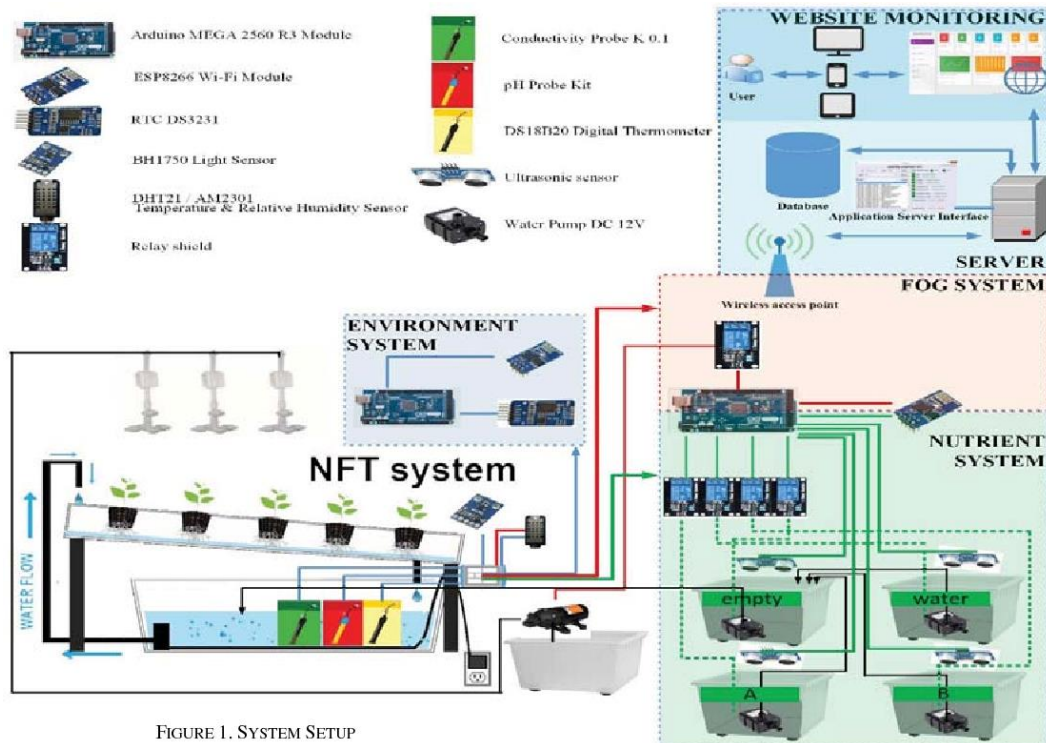


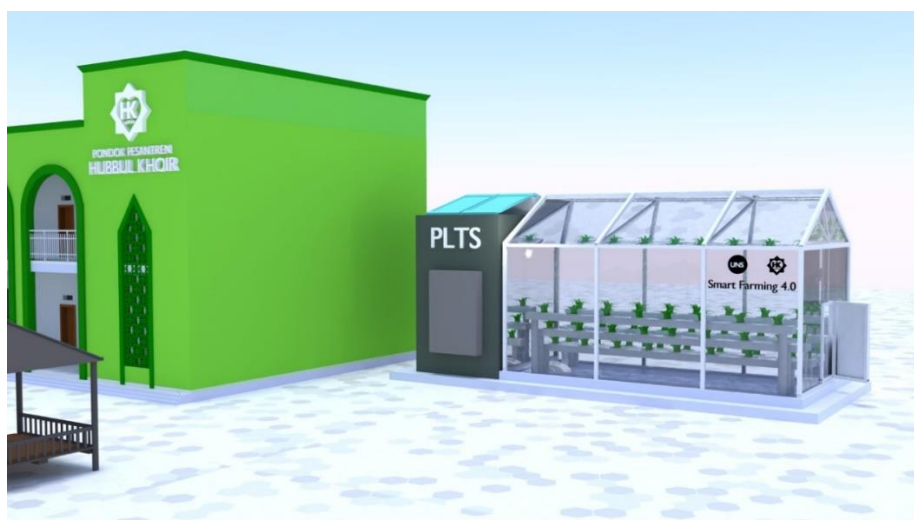
FIGURE 1. SYSTEM SETUP

Gambar 5. Contoh penerapan IoT pada smart hidroponik (Changmai et al., 2018)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

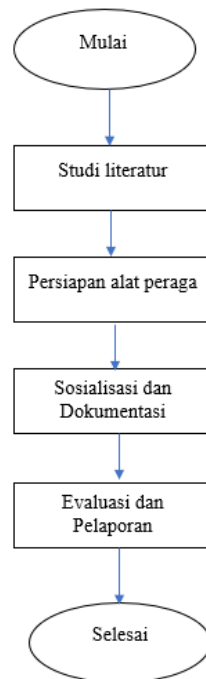
#### 3.1. Pelaksanaan

Pada program pengabdian ini, implementasi dan sosialisai penerapan *IoT* pada *smart farming* dilakukan. Kegiatan akan dilakukan secara luring dengan protokol Kesehatan yang ketat. Dengan aktivitas langsung dan praktik, diharapkan tujuan program dapat tercapai dengan baik. Gambar 6 adalah desain *smart farming* dengan memanfaatkan *IoT*. Sistem juga terintegrasi dengan PLTS sebagai sumber energi.



Gambar 6. Desain pemanfaatan *IoT* untuk *smart farming* dan terintegrasi dengan PLTS

Tahapan dalam pengabdian ini dimulai dari studi literatur kemudian persiapan alat peraga. Selanjutnya adalah pelaksanaan sosialisadi dan dokumentasi. Terakhir adalah evaluasi dan pelaporan. Detail tahapan bisa dilihat pada *flowchart* Gambar 7.



Gambar 7. Diagram alur pengabdian

Studi Lapangan. Pada tahap awal ini dilakukan dengan mengumpulkan data-data terkait kondisi desa objek pengabdian. Selanjutnya, berdasarkan permasalahan yang ditemui, dikumpulkan referensi yang dibutuhkan berupa artikel, buku, tutorial dan informasi lainnya yang membahas tentang *smart farming* dan panel surya.

Persiapan Alat Peraga. Alat peraga dipakai agar peserta dapat lebih mudah memahami tentang materi sosialisasi. Karena program pengabdian ini linear dengan penelitian RG, maka alat peraga sebagian diambil dari hasil penelitian. Selain itu diberikan modul dan video untuk lebih mudah dalam pemahaman.

Sosialisasi dan Dokumentasi. Tahapan ini adalah sosialisasi dan dokumentasi kegiatan pengabdian. Metode sosialisasi dilakukan dengan presentasi dan melihat video. Selain itu diadakan sesi tanya jawab dan juga kuis berhadiah untuk menarik minat para peserta dalam memahami materi yang disampaikan.

Evaluasi dan Pelaporan. Pada tahap ini dilakukan evaluasi dan survey dari kegiatan sosialisasi ini. Selain itu akan dibuat kuesioner untuk mengecek seberapa dalam pemahaman peserta akan materi yang telah disampaikan. Kuesioner dibagikan sebelum dan setelah sosialisasi. Diharapkan dengan kegiatan sosialisasi ini dapat meningkatkan pemahaman peserta akan teknologi *smart farming* dan panel surya yang ramah lingkungan. Kemudian tahapan terakhir pelaporan dan evaluasi kegiatan pengabdian masyarakat secara keseluruhan.

Peran Mitra. Peran mitra, dalam hal ini Pondok Pesantren Hubbul Khoir, adalah mempersiapkan siswa untuk menjadi peserta sosialisasi. Selain itu, juga menyediakan tempat sosialisasi dan lahan pertanian untuk praktik langsung implementasi *smart farming* berbasis panel surya.

Setelah anggaran 70% pengabdian kepada masyarakat cair, dilakukan proses belanja perangkat yang tepat sesuai dengan kebutuhan yang ditentukan. Pembelian menggunakan jasa layanan toko daring. Setelah dipesan dan dibeli, alat diuji fungsinya. Hasil pengujian menunjukkan seluruh perangkat yang diperlukan berfungsi. Pengabdian kepada masyarakat ini kebetulan bergabung dengan tema penelitian grup riset. Gambar 8 menunjukkan *green house* yang telah terpasang. Sedangkan Gambar 9 menunjukkan proses instalasi perangkat setelah tersedia. Setelah instalasi *greenhouse*, dilakukan instalasi perangkat hidroponik, kemudian solar panel (PV), dan panel-panel pendukungnya. Gambar 10 menunjukkan *green house* mulai digunakan untuk sarana belajar bercocok tanam secara hidroponik.



Gambar 8. Green house kebun hidroponik



Gambar 9. Proses pemasangan PV

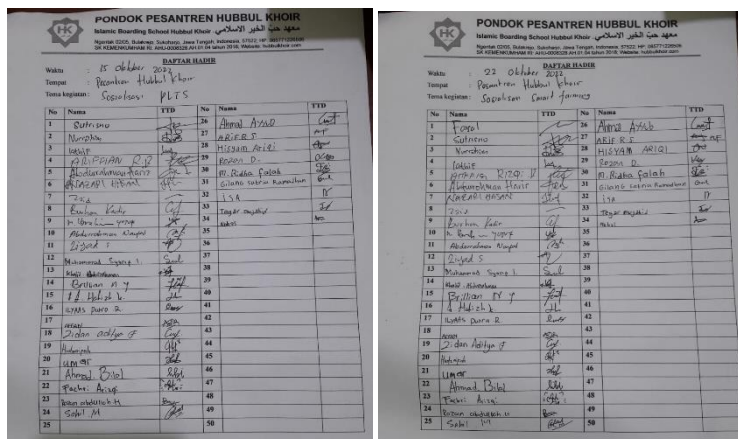


Gambar 10. Pemanfaatan kebun hidroponik untuk pembelajaran

Pengabdian masyarakat ini juga melakukan edukasi kepada siswa pesantren dan masyarakat sekitar. Edukasi dilakukan baik di *greenhouse* maupun di bagian pembangkit listrik tenaga surya yang ada.

### 3.2. Evaluasi

Evaluasi dilakukan dengan menerima umpan balik dari obyek pengabdian kepada masyarakat yang ada. Antusiasme siswa nampak dari daftar presensi yang ada di Gambar 11. Sedangkan peta kondisi hasil dijabarkan ke dalam Tabel 1. Nampak di dalamnya kondisi para pelaku yang ada di dalam pengabdian kepada masyarakat ini, baik sebelum maupun setelahnya. Dengan pemetaan kondisi, pengabdian masyarakat ini diharapkan dapat menemui sarannya dan bermanfaat guna langsung kepada masyarakat mitra yang dimaksud. Langkah-langkah lainnya lebih berupa pemenuhan syarat administratif tim pengabdian ke LPPM. Luaran-luaran yang ditargetkan diupayakan untuk tercapai, baik itu berupa publikasi media massa, publikasi video, dan juga publikasi ilmiah di media ilmiah ber-ISSN.



Gambar 11. Daftar hadir sosialisasi dan pelatihan

Tabel 1. Peta kondisi

No	Solusi	Subyek	Sebelum	Sesudah
1	Implementasi sistem hidroponik	Tim RG	Belum mengimplementasikan sistem ke masyarakat	Berhasil mengimplementasikan sistem ke masyarakat
		Pengurus pesantren	Belum memiliki sistem pelatihan pertanian hidroponik	Memiliki sistem pelatihan pertanian hidroponik
		Santri	Belum mengetahui cara pertanian ini	Memiliki pengetahuan
2	Implementasi pembangkit listrik tenaga surya	Tim RG	Belum mengimplementasikan sistem ke masyarakat	Berhasil mengimplementasikan sistem ke masyarakat
		Pengurus pesantren	Belum memiliki sistem PLTS	Memiliki sistem pelatihan PLTS
		Santri	Belum mengetahui teknologi PLTS	Memiliki pengetahuan
3	Implementasi sistem IoT	Tim RG	Belum mengimplementasikan sistem ke masyarakat	Berhasil mengimplementasikan sistem ke masyarakat
		Pengurus pesantren	Belum memiliki sistem implementasi IoT	Memiliki sistem implementasi IoT
		Santri	Belum mengetahui teknologi IoT	Memiliki pengetahuan teknologi IoT
4	Pelatihan operasional	Pengurus pesantren	Belum mengetahui cara operasional sistem	Mengetahui cara operasional sistem
		Santri	Belum mengetahui cara operasional sistem	Mengetahui cara operasional sistem



#### 4. KESIMPULAN

Evaluasi yang dilakukan tim menunjukkan pengabdian kepada masyarakat ini memiliki kegunaan dan fungsi bagi mitra yang dituju. Terdapat beberapa manfaat berlapis yang diterima, baik dari subyek maupun obyeknya. Obyek yang berlapis selain menyasar bangunan fisik, juga orang yang mengoperasikan dari segmen senior (pengurus pesantren) dan pemudanya (santri). Lapisan manfaat dari sisi subyek adalah peralatan, pengetahuan instalasi, dan pengetahuan operasional. Respon yang diterima tim pengabdian dari mitra sangat positif. Tampak dari umpan balik yang diterima, berupa ungkapan apresiasi dan terima kasih. Saran lanjutan bagi pengabdian kepada masyarakat ini adalah perlu dilanjutkan pada pelatihan dan pendampingan perawatan. Harapannya pengabdian ini dapat bermanfaat dalam jangka panjang, tidak hanya implementasi teknologi yang berguna dalam waktu singkat.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Sebelas Maret Surakarta atas hibah pengabdian kepada masyarakat tahun anggaran 2022 dengan nomor kontrak : 255/UN27.22/PM.01.01/2022.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aliac, C. J. G., & Maravillas, E. (2018). IOT Hydroponics Management System. 2018 IEEE 10th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM), 1–5. <https://doi.org/10.1109/HNICEM.2018.8666372>
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Sukoharjo. (2015). Kabupaten Sukoharjo dalam Angka 2015.
- Changmai, T., Gertphol, S., & Chulak, P. (2018). Smart Hydroponic Lettuce Farm using Internet of Things. 2018 10th International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST), 231–236. <https://doi.org/10.1109/KST.2018.8426141>
- Katti, A., Lakshmi, Ch. V., Bhavani, D. N., & Satya, G. (2020). Hydroponic Farm Monitoring System Using IoT. IRE Journal, 3(10), 257–261.
- Meselmani, M. A. al. (2022). Nutrient Solution for Hydroponics. In Prof. M. Turan, A. Prof. S. Argin, Prof. E. Yildirim, & Dr. A. Güneş (Eds.), *Soilless Culture*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.101604>
- O'Donnell, D. (2019, October 29). 6 Different types hydroponic systems.
- Pemerintah Kabupaten Sukoharjo. (n.d.). Data Sukoharjo.
- Ramakrishnam Raju, S. V. S., Dappuri, B., Ravi Kiran Varma, P., Yachamaneni, M., Verghese, D. M. G., & Mishra, M. K. (2022). Design and Implementation of Smart Hydroponics Farming Using IoT-Based AI Controller with Mobile Application System. *Journal of Nanomaterials*, 2022, 4435591. <https://doi.org/10.1155/2022/4435591>
- Razif, Mohd., Haziq, M., Zhafran, M., Diyana, N., Hedzlin, & Firdaus, S. (2020). Hydroponics Management System Based Internet of Things. *International Jasin Multimedia & Computer Science Invention & Innovation Exhibition (3rd Edition)*, 163–166.
- Rijck, G. de, & Schrevels, E. (1998). Cationic speciation in nutrient solutions as a function of pH. *Journal of Plant Nutrition*, 21(5), 861–870. <https://doi.org/10.1080/01904169809365449>
- Roidah, I. S. (2015). Pemanfaatan Lahan dengan Menggunakan Sistem Hidroponik. *Jurnal Bonorowo*, 1(2), 43–49. <https://doi.org/10.36563/bonorowo.v1i2.14>
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1995). *Fisiologi tumbuhan; Jilid 2: biokimia tumbuhan* (S. Niksolihin, Ed.; 4th ed.). ITB Press.
- Sonneveld, C., & Voogt, W. (2009). *Plant nutrition of greenhouse crops (2009th ed.)*. Springer.

- Subandi, M., Salam, N. P., & Frasetya, B. (2015). Pengaruh Berbagai Nilai EC (*Electrical Conductivity*) Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bayam (*Amaranthus Sp.*) pada Hidroponik Sistem Rakit Apung (Floating Hydroponics System). *Jurnal ISTEK*, 9(2).
- Sudharsan, S., Vargunan, R., Vignesh Raj, S., Selvanayagan, S., & Ponnuragan, P. (2019). IoT Based Automated Hydroponic Cultivation System. *International Journal of Applied Engineering Research*, 14(11).
- Wedashwara, W., Jatmika, A. H., Zubaidi, A., & Arimbawa, I. W. A. (2021). Solar-powered IoT based smart hydroponic nutrition management system using FARM. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 913(1), 12010. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/913/1/012010>
- Xiao, R., Wei, Y., An, D., Li, D., Ta, X., Wu, Y., & Ren, Q. (2019). A review on the research status and development trend of equipment in water treatment processes of recirculating aquaculture systems. *Reviews in Aquaculture*, 11(3), 863–895. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/raq.12270>