



Penerapan *Smart Indoor Farming* dan *Clean Energy Technology* untuk Peningkatan Kualitas Produksi Hidroponik

Stephanie¹, Jovin Kendrico², Vanesia Roselin³, Winar Joko Alexander⁴, Ziven Louis^{5*}, Okky Putra Barus⁶

^{1,2,3,4,6}Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pelita Harapan, Medan, Indonesia

^{5*}Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pelita Harapan, Medan, Indonesia

Email: ¹03081220016@student.uph.edu, ²03081210010@student.uph.edu,

³03081210018@student.uph.edu, ⁴03081210011@student.uph.edu, ^{5*}030822100017@student.uph.edu,

⁶okky.barus@uph.edu

Abstract

The Global Food Security Index publication notes that Indonesia's food security condition is below the global average. One of the main factors contributing to this issue is climate change and extreme weather. To address this problem, communities can create self-sufficient food sources through home hydroponic farming. Syifa Hidroponik Satu, an MSME in North Sumatra, has been a pioneer in hydroponic plant education and cultivation. However, Syifa Hidroponik Satu faces several production issues, including uncontrolled pests, unpredictable sunlight intensity, high electricity consumption, and inefficient farm monitoring. To overcome these problems, the "Future Farmers" team from Universitas Pelita Harapan implemented smart indoor farming technology and clean energy technology. This technology allows the regulation of temperature, nutrients, pH, and light through an IoT system, and the use of solar panels for energy efficiency. This implementation has successfully improved the quality and productivity of hydroponic farming at Syifa Hidroponik Satu. With these follow-up actions, it is hoped that the quality and productivity of hydroponic farming will continue to increase, making a significant contribution to local food security and supporting greener and more sustainable agriculture.

Keywords: Food Security, Hydroponic Farming, Smart Indoor Farming, Clean Energy Technology.

Abstrak

Publikasi Indeks Ketahanan Pangan Global mencatat bahwa kondisi ketahanan pangan Indonesia berada di bawah indeks rata-rata dunia. Salah satu faktor utama yang menyebabkan hal ini adalah perubahan iklim dan cuaca ekstrem. Untuk mengatasi masalah tersebut, masyarakat dapat menciptakan bahan pangan mandiri melalui budidaya hidroponik di rumah. Syifa Hidroponik Satu, sebuah UMKM di Sumatera Utara, telah menjadi pionir dalam edukasi dan budidaya tanaman hidroponik. Namun, Syifa Hidroponik Satu menghadapi beberapa masalah dalam produksi, termasuk hama tanaman, intensitas sinar matahari yang tidak terprediksi, penggunaan sumber daya listrik yang tinggi, dan pemantauan kebun yang tidak efisien. Untuk mengatasi masalah ini, tim "Future Farmers" dari Universitas Pelita Harapan menerapkan teknologi *smart indoor farming* dan *clean energy technology*. Teknologi ini memungkinkan pengaturan suhu, nutrisi, pH, dan cahaya melalui sistem IoT, serta penggunaan *solar panel* untuk efisiensi energi. Implementasi ini berhasil meningkatkan kualitas dan produktivitas pertanian hidroponik di Syifa Hidroponik Satu. Dengan adanya tindakan lanjutan ini, diharapkan kualitas dan produktivitas pertanian hidroponik akan terus meningkat, memberikan kontribusi yang signifikan bagi ketahanan pangan lokal dan mendukung pertanian yang lebih hijau dan berkelanjutan.

Kata Kunci: Ketahanan Pangan, Budidaya Hidroponik, *Smart Indoor Farming*, *Clean Energy Technology*.

A. PENDAHULUAN

Publikasi Indeks Ketahanan Pangan Global mencatat kondisi ketahanan pangan Indonesia berada di bawah indeks rata-rata dunia (Global Food Security Index, 2022). Salah satu faktor yang mengakibatkan kondisi ini adalah perubahan iklim dan cuaca ekstrem yang disebabkan oleh pemanasan global (Akmal et al., 2022). Implikasi dari melemahnya kondisi ketahanan pangan berdampak langsung terhadap kualitas hidup serta gizi masyarakat (Nurhaliza et al., 2018) yang mana hal ini juga berdampak kepada masalah kesehatan, rendahnya produktivitas, serta gangguan perkembangan intelektual. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, salah satu solusi yang dapat dilakukan oleh masyarakat adalah menciptakan bahan pangan mandiri melalui budidaya hidroponik di rumah (Kementan, 2022). Hidroponik merupakan metode bercocok tanam dengan menggunakan media tanam tanpa tanah, media tanam dilakukan dengan pengelolaan air dan larutan nutrisi sebagai sumber tumbuh tanaman (Waluyo et al., 2021). Hidroponik memiliki dua metode tanam yaitu hidroponik di dalam ruangan (*indoor*) dan hidroponik di luar ruangan (*outdoor*) (Kresnha et al., 2019) (Prasetya & Rozikin, 2021).

Salah satu UMKM pionir yang bergerak di bidang edukasi dan budidaya tanaman hidroponik di Sumatera Utara adalah Syifa Hidroponik Satu. Syifa Hidroponik Satu memiliki dua lokasi kebun yang berlokasi di kabupaten Deli Serdang (Syifa Hidroponik Satu) dan Kota Medan (Syifa Hidroponik). Syifa Hidroponik Satu didirikan oleh Ir. Suardi Raden pada tahun 2014 dan berlokasi di Jalan Rahayu, Sei Rotan, Kec. Percut Sei Tua, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Saat ini, Syifa Hidroponik Satu memiliki 600 titik lubang tanam hidroponik di areal pekarangan rumah berukuran 160 m². Adapun tanaman yang diproduksi meliputi sayuran *pak choi*, *chai sim*, bayam, selada, basil, dan kale. Selain itu, mitra juga pernah menerapkan teknologi untuk operasional kebun hidroponik meliputi pemasaran *digital*, *monitoring* kebun dengan CCTV, sistem pengairan, dan pemanfaatan *exhaust fan* untuk mengurangi panas di areal kebun.

Berdasarkan wawancara dan observasi, terdapat empat permasalahan mitra yang diidentifikasi, yakni hama tanaman yang tidak terkendali, intensitas sinar matahari yang tidak dapat diprediksi, penggunaan sumber daya listrik yang tinggi, serta pemantauan dua lokasi kebun yang tidak efisien. Berdasarkan permasalahan tersebut, dapat disimpulkan bahwa mitra mengalami permasalahan dalam aspek proses produksi pertanian hidroponik dan hal ini menjadi prioritas penyelesaian permasalahan melalui kegiatan PKM-Penerapan IPTEK (PKM-PI).

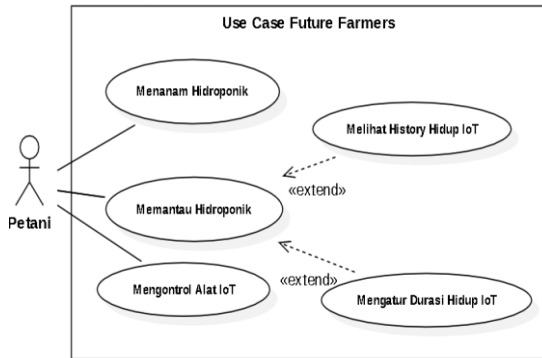
Untuk mengatasi permasalahan mitra, tim pengusul membentuk tim yang bernama “*Future Farmers*”, dengan slogan “*For a Greener Future*”. Tim ini berinovasi untuk menciptakan pertanian yang lebih hijau dan berkelanjutan melalui implementasi *smart indoor farming* dan *clean energy technology*. *Smart indoor farming* telah berhasil meningkatkan kualitas dan produktivitas pertanian hidroponik (Tune et al., 2023) (Hati & Singh, 2021). Untuk merealisasikannya, tim pengusul menerapkan sistem informasi yang terintegrasi dengan IoT dan hasil penelitian mahasiswa bersama dosen yang telah diuji pada tahun 2023 (Kristianto et al., 2023), yang terdaftar pada HKI Program Komputer nomor EC00202396328. Sistem juga dilengkapi dengan *smart automation*, yang meliputi pengaturan suhu, nutrisi, pH, serta cahaya yang memanfaatkan *grow light*, sehingga tidak bergantung pada cahaya matahari (Elangovan, 2019) (Paradiso & Proietti, 2022). Untuk efisiensi sumber daya, tim pengusul memanfaatkan *solar panel* sebagai penggunaan *clean energy technology*. Untuk mengatasi permasalahan hama, tim pengusul mengimplementasikan *indoor* hidroponik. Penerapan *indoor* hidroponik dapat mewujudkan *farming* tanpa hama karena dilakukan di ruangan tertutup (Stein, 2021) (Acosta-Coll et al., 2021). Hal ini sekaligus menjadi solusi yang telah didukung mitra, dimana mitra memiliki areal *indoor* yang belum dimanfaatkan.

B. PELAKSAAAN DAN METODE

Kegiatan PKM-PI akan dilaksanakan di Syifa Hidroponik Satu dan berlangsung selama tiga bulan, dari bulan April hingga Juli 2024. Kegiatan ini akan melibatkan pengelola Syifa Hidroponik Satu, lima orang tim pengusul, dan dua dosen pendamping, dengan total 11 orang. Metode pelaksanaan akan mengikuti *framework project management* yang mencakup (PMI, 2021);

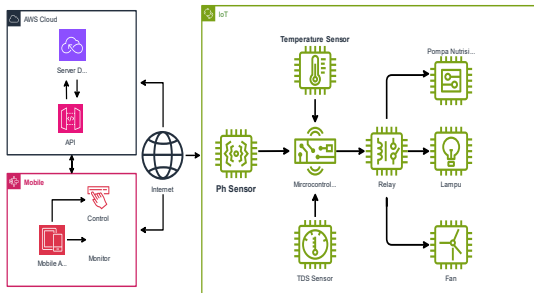
- a) **Initiating**, yang melibatkan pembuatan *Gantt Chart*. *Gantt Chart* merupakan sebuah bagan pembagian kegiatan dengan tujuan untuk menghemat waktu, tenaga kerja dan sumber daya lainnya (Ramachandran & Karthick, 2019). Pengerjaan PKM-PI berlangsung selama empat bulan yaitu bulan April sampai dengan bulan Juli, dimulai dari tahapan persiapan, perencanaan sampai dengan penutup. Sehingga, kegiatan akan lebih terstruktur dan efisien.
- b) **Planning**, pada tahap perencanaan merupakan tahapan selanjutnya yang perlu dilakukan untuk memastikan keberlangsungan kegiatan PKM-PI, yakni:
 - 1) Analisis *system requirement*, analisis ini dilakukan untuk memastikan sistem yang dikembangkan dapat memenuhi kebutuhan

dan harapan mitra (Ahmad et al., 2023). Analisis dimulai dengan pembuatan *use case diagram*. Berdasarkan analisis *requirement* yang telah dilakukan, telah dihasilkan *use case diagram* sistem Future Farmers. Gambar 1 menunjukkan representasi visual *use case diagram* Future Farmers.



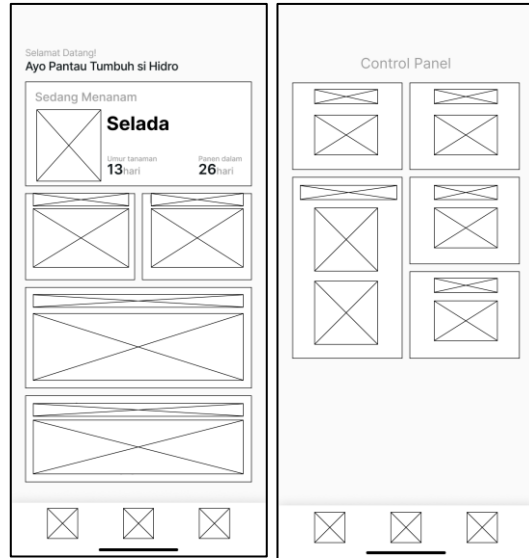
Gambar 1. Use Case Diagram Future Farmers

Setelah dilakukan *use case diagram*, dilanjutkan dengan membuat diagram arsitektur. Diagram arsitektur adalah sebuah proses pembuatan representasi visual dari komposisi sistem perangkat lunak. Dalam sistem perangkat lunak, arsitektur berarti mengacu pada beragam fungsi, implementasi, serta interaksi satu sama lain (Verma, 2024). Gambar 2 menunjukkan diagram arsitektur yang merupakan representasi visual komponen sistem perangkat lunak.



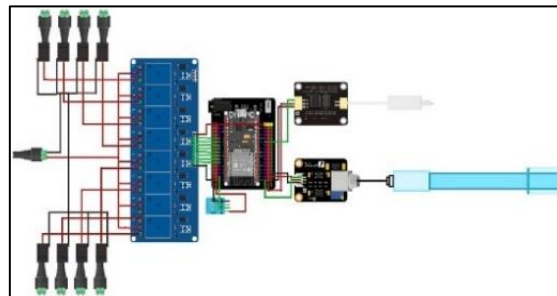
Gambar 2. Diagram Arsitektur Komponen Sistem Perangkat Lunak

2) Pembuatan *wireframe* untuk *Mobile Apps*, setelah memastikan bahwa semua aspek sistem terpenuhi, langkah selanjutnya adalah membuat *wireframe* untuk *mobile apps*. *Wireframe* merupakan kerangka awal sebelum halaman *website* atau antarmuka sebuah aplikasi yang didesain. *Wireframe* merupakan sebuah tahapan penting dalam sebuah desain produk (Hartawan, 2022). Dari pengembangan *wireframe*, maka dikembangkan desain aplikasi. Gambar 3 menunjukkan *Low Fidelity* aplikasi yang sedang di rancang.



Gambar 3. Low Fidelity Aplikasi Future Farmers

3) Perancangan tata letak implementasi IoT, melakukan perancangan tata letak implementasi IoT agar lebih memudahkan saat pemasangan. IoT memiliki peran penting secara teknis dengan kemampuan menganalisis data yang kuat sehingga dapat melakukan transformasi data (Mouha, 2021). IoT Rancangan implementasi IoT dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Rancangan Implementasi Internet of Things

- 4) Persiapan alat dan bahan, setelah semua tahapan perancangan telah selesai. Dilanjutkan dengan persiapan alat dan bahan untuk pemasangan yang lebih lanjut. Alat dan bahan yang digunakan dapat dilihat pada tabel 1.
- c) **Executing**, tahapan *executing* dimulai pada bulan April dan pengujian dilakukan pada tanaman selada, dengan total 33 tanaman. Tahapan ini mencakup implementasi secara langsung berdasarkan rancangan yang telah dipersiapkan, instalasi *hardware*, *software*, dan konfigurasi sistem. Implementasi mencakup perhitungan sumber listrik untuk *solar panel*, yang dapat dilihat pada tabel 2 dan terdapat hasil implementasi yang telah dijalankan dapat dilihat pada gambar 5.

d) **Monitoring dan Controlling**, setelah tahapan *executing* sudah dijalankan, maka dilakukan *monitoring* dan *controlling* selama 30 hari untuk mengevaluasi efisiensi dan keberhasilan implementasi *smart indoor farming*. Adapun yang menjadi indikator kunci yang menentukan keberhasilannya, yaitu (1) penurunan tingkat kontaminasi pada tanaman, (2) penyinaran yang lebih optimal, (3) pengelolaan nutrisi tanaman yang sesuai, serta (4) produksi sumber listrik yang sesuai dengan kebutuhan.

e) **Closing**, tahapan terakhir yaitu tahapan *closing* yang melibatkan penyusunan laporan kemajuan dan penyelesaian administratif keuangan pada periode April – Juli. Selain itu, tim pengusul juga melakukan publikasi pada jurnal nasional, pendaftaran HKI, dan publikasi media berita *online*. Hal ini bertujuan sebagai diseminasi *lesson learned* kegiatan yang telah dilaksanakan.

Aktivitas utama dalam kegiatan ini akan meliputi (1) *training* penggunaan aplikasi *mobile* untuk mengelola *smart indoor farming* dan *clean energy technology* yang terintegrasi dengan IoT, (2) menganalisis efisiensi penggunaan *smart indoor farming* terhadap kualitas produksi hidroponik, dan (3) menguji kebermanfaatan *clean energy technology* dalam mewujudkan pertanian hijau. Selain itu, tim pengusul akan memberikan pendampingan secara berkala kepada mitra selama proses implementasi teknologi, termasuk mediasi dalam mengatasi permasalahan teknis.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Alat dan Bahan yang Digunakan

Terdapat beberapa alat dan bahan yang digunakan dalam implementasi *smart indoor farming*, yakni:

Tabel 1. Alat dan Bahan Utama yang Digunakan

No	Alat dan Bahan
1	Rak Penyimpanan 5 Tingkat Rak 120 cm x 40 cm x 180 cm
2	Pipa Insar 1.5 Inch & 2.5 Inch
3	Relay 8 Channel 5 Volt
4	ESP 32 Shield BreadBoard & ESP 32 Development Board Wifi
5	Sensor: PH Module 4520, TDS Analog V1.0 Suhu DHT11
6	Grow Light LED Strip 5050 12v (5 Merah & 1 Biru)
7	Aluminium Foil 1.2m x 25m
8	Pompa 12V DC & Pompa Air AQ 105 3W

2. Perhitungan Sumber Listrik dari *Solar Panel*

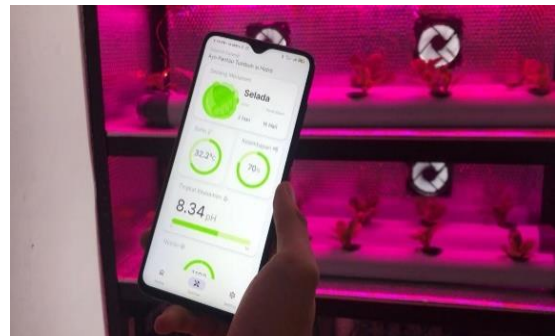
Untuk implementasi *smart indoor farming*, tim pengusul juga perlu untuk melakukan perhitungan sumber listrik yang dapat dihasilkan oleh *solar panel*. Tabel 2 menunjukkan estimasi sumber listrik

yang dapat dihasilkan oleh *solar panel* ketika mengimplementasikan *smart indoor farming*.

Tabel 2. Perhitungan Sumber Listrik *Solar Panel*

No	Alat	Daya (Watt)	Jam per Hari	Daya per Hari
1	IoT	1	24	24
2	Grow light	30	12	360
3	Pompa utama	20	12	240
4	Kipas	18	2	36
Total				660

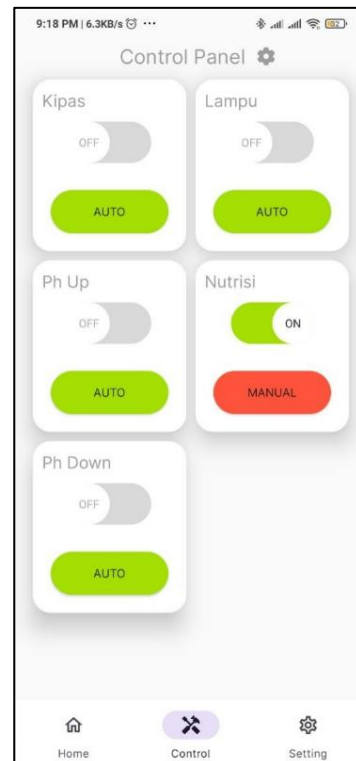
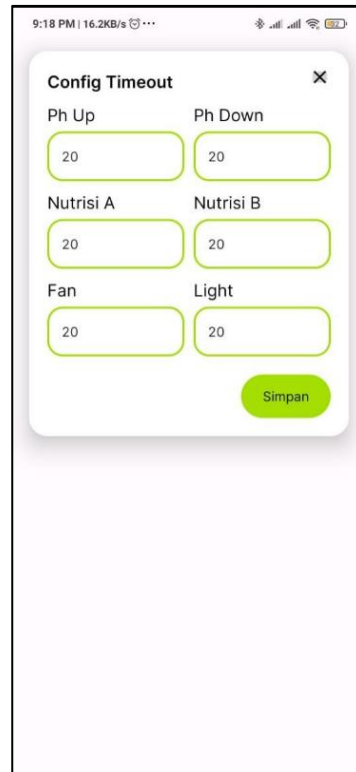
3. Hasil Implementasi *Smart Indoor Farming*





Gambar 5. Hasil Implementasi Smart Indoor Farming

Implementasi *smart indoor farming* yang terotomatisasi oleh IoT dan menggunakan perangkat sensor yang terhubung ke *microcontroller*, memungkinkan pemantauan dan pengontrolan tanaman melalui *mobile Apps*. *Apps* menampilkan informasi secara real-time tentang pH, asupan nutrisi, suhu, dan tingkat kelembapan dari tanaman. Selain itu, *apps* juga memberikan pilihan untuk pengaturan otomatis ataupun manual. Gambar 6 menunjukkan tampilan dari aplikasi yang telah dirancang.



Gambar 6. Tampilan dari Aplikasi *Future Farmers*

Setelah diimplementasikan, diperoleh rata-rata hasil yang mencakup aspek berat, ketinggian, dan jumlah daun dari tanaman. Data sebelum implementasi merupakan data yang diambil berdasarkan kondisi lapangan Syifa Hidroponik Satu. Tabel 3 menunjukkan hasil peningkatan produksi yang telah dilakukan.

Tabel 3. Perbandingan Sebelum dan Sesudah Implementasi *Smart Indoor Farming*

Sebelum Implementasi <i>Smart Indoor Farming</i> (Rata-Rata)					
Minggu	Berat	Jumlah Daun	Tinggi Tanaman	pH	TDS (ppm)
1	100gr	4	10 cm	6,5	560
2	110gr	5	12 cm	6	600
3	115gr	6	13 cm	5,5	580
Sesudah Implementasi <i>Smart Indoor Farming</i> (Rata-Rata)					
Minggu	Berat	Jumlah Daun	Tinggi Tanaman	pH	TDS (ppm)
1	120gr	5	12 cm	6,5	560
2	130gr	6	14 cm	6	600
3	140gr	7	16 cm	5,5	580

4. Sosialisasi kepada Syifa Hidroponik Satu



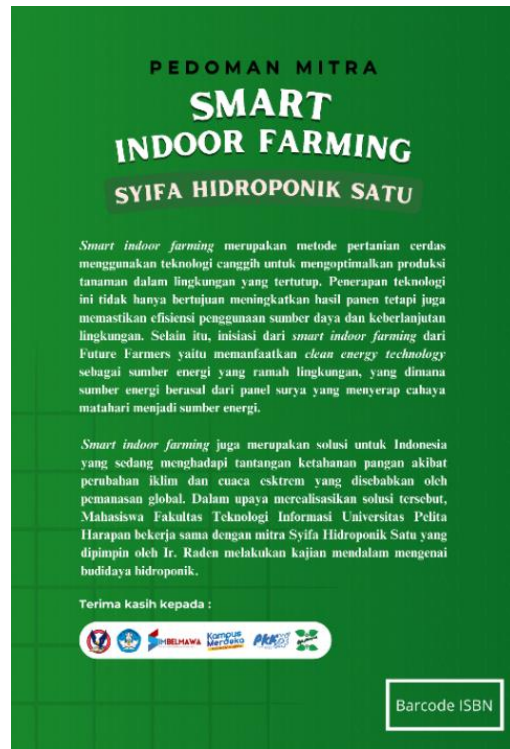
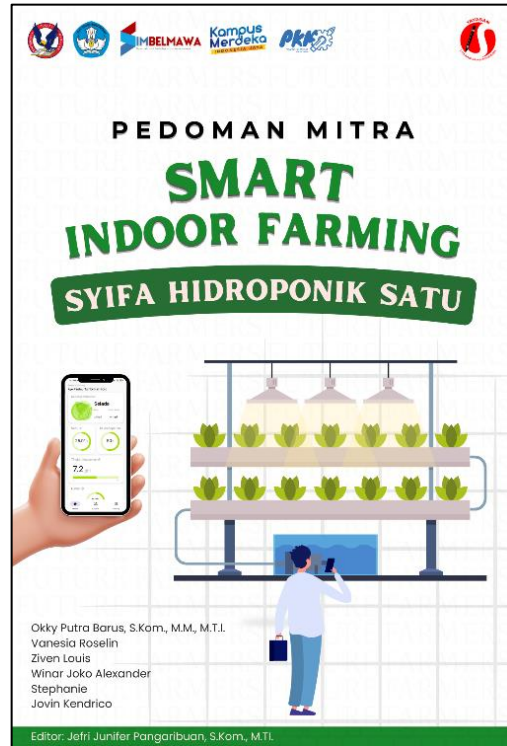
Gambar 7. Rangkaian Kegiatan Sosialisasi kepada Mitra

Tim pengusul memberikan pendampingan secara berkala kepada mitra agar solusi dapat diterapkan dengan baik. Untuk memastikan mitra tidak mengalami kendala pada aspek operasional, tim pengusul melakukan *pre-test* dan *post-test* pada bulan Juli sebagai bentuk *monitoring* dan evaluasi secara berkala, seperti yang di tunjukkan pada gambar Gambar 7. Hasil *pre-test* dan *post-test monitoring* dan evaluasi mitra dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil *Monitoring* dan Evaluasi Mitra

Agar mitra tidak terkendala pasca kegiatan, tim pengusul memberikan buku pedoman mitra. Buku ini juga berguna bagi para *urban farmer* yang ingin menerapkan sistem *smart indoor farming*. Pada saat penulisan laporan kemajuan ini, buku sedang didaftarkan untuk mendapatkan ISBN dan dipublikasi oleh Yayasan Literasi Indonesia. Gambar 5 menunjukkan *cover* buku pedoman mitra dan serah terima buku pedoman mitra.





Gambar 9. Cover Buku Pedoman Mitra dan Penyerahan Buku Pedoman Mitra

5. Pendaftaran HKI dan Publikasi Media Massa

Tim pengusul telah melakukan pendaftaran Hak Cipta Program Komputer *Future Farmers: Smart Indoor Hidroponik* dengan nomor EC00202468018. Selain itu luaran kegiatan PKM-PI telah diliput oleh dua portal media elektronik yaitu Analisa Daily, MediaBanten dan SentralBerita.



Gambar 10. Pendaftaran HKI Prototipe dan Publikasi Media Massa

6. Diseminasi NL Knowledge Matchmaking Program

Tim pengusul berkesempatan melakukan diseminasi hasil kegiatan PKM-PI pada kegiatan NL Knowledge Matchmaking Program yang dilaksanakan pada 19 Juni 2024. NL Knowledge merupakan kegiatan tahunan yang diselenggarakan oleh Nuffic Southeast Asia untuk menjembatani perguruan tinggi Belanda untuk bekerja sama dengan perguruan tinggi yang ada di Indonesia untuk menciptakan ketahanan energi, serta menghadapi perubahan iklim, serta mewujudkan *sustainability*.



Gambar 11. Diseminasi Tim Pengusul pada kegiatan NL Knowledge Matchmaking Program

D. PENUTUP

Kegiatan Program Kreativitas Mahasiswa Penerapan IPTEK (PKM-PI) yang dilakukan oleh Mahasiswa/i Universitas Pelita Harapan, dengan penerapan *smart indoor farming* di Syifa Hidroponik Satu telah memberikan dampak positif terhadap peningkatan kualitas dan produktivitas pertanian hidroponik. Selain itu, kegiatan ini juga memberikan pemahaman terhadap pentingnya teknologi pertanian cerdas yang modern untuk mengatasi berbagai tantangan dalam budidaya hidroponik. Berikut adalah tindakan lanjutan yang diambil setelah implementasi program:

- 1) Optimalisasi Sistem Produksi: Para mitra memanfaatkan sistem *smart indoor farming* untuk mengatur suhu, nutrisi, pH, dan cahaya yang terintegrasi oleh IoT, sehingga produksi menjadi lebih efisien dan berkualitas.
- 2) Efisiensi Energi: Mitra menggunakan solar panel sebagai sumber energi untuk mengurangi konsumsi listrik, yang sebelumnya tinggi dalam operasional pertanian.
- 3) Pengontrolan Hama: Implementasi *smart indoor farming* memungkinkan pertanian bebas hama karena budidaya tanam dilakukan di ruangan tertutup, mengurangi risiko kerusakan pada tanaman.
- 4) Pemantauan yang optimal: Sistem informasi yang terintegrasi memungkinkan pemantauan pertanian secara efisien, sehingga masalah pada kebun dapat segera terdeteksi dan diatasi oleh pengelola pertanian.
- 5) Pelatihan dan edukasi kepada petugas/petani: Terdapat pelatihan dan edukasi rutin yang diberikan kepada petugas/petani hidroponik sehingga penguasaan terhadap teknologi *smart indoor farming* serta penerapannya dapat optimal. Selain itu, akan terdapat juga buku panduan mitra yang akan didapatkan oleh petugas/petani sebagai acuan.
- 6) Edukasi kepada konsumen: Terdapat edukasi kepada konsumen mengenai manfaat produk yang dihasilkan melalui teknologi *smart indoor farming* dan *clean energy technology* sehingga dapat menambah kesadaran kepada konsumen atau masyarakat terkait pentingnya pertanian berkelanjutan dan kualitas produk yang baik.

Dengan adanya tindakan lanjutan ini, diharapkan kualitas dan produktivitas pertanian hidroponik di Syifa Hidroponik Satu akan terus meningkat, memberikan kontribusi yang signifikan bagi ketahanan pangan lokal. Program ini diharapkan menjadi inspirasi untuk mendukung pertanian yang lebih hijau dan berkelanjutan, serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat secara keseluruhan.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Acosta-Coll, M., Anaya, D., Ojeda-Field, L., & Zamora-Musa, R. (2021). *Low-Cost Smart Indoor Greenhouse for Urban Farming* (pp. 120–132). https://doi.org/10.1007/978-3-030-86973-1_9
- Elangovan, U. (2019). *Smart Automation to Smart Manufacturing: Industrial Internet of Things*. Momentum Press.
- Global Food Security Index. (2022). *Country report: Indonesia*.
- Hati, A. J., & Singh, R. R. (2021). Smart Indoor Farms: Leveraging Technological Advancements to Power a Sustainable Agricultural Revolution. *AgriEngineering*, 3(4), 728–767. <https://doi.org/10.3390/agriengineering3040047>
- Kementan. (2022). *Hidroponik di Pekarangan: Mandiri Pangan, Keluarga Sejahtera*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. <https://pustaka.setjen.pertanian.go.id/index-berita/hidroponik-di-pekarangan-mandiri-pangan-keluarga-sejahtera>
- Kristianto, A., Chai, C. A., Chainatra, D., Onggie, K., & Alexander, W. J. (2023). Penerapan Smart Greenhouse Untuk Optimalisasi Hasil Pertanian Hidroponik dengan Implementasi IoT dan Machine Learning di Syifa Hidroponik. *Dedikasi Sains Dan Teknologi Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 225–233. <https://doi.org/10.47709/dst.v3i2.3010>
- Paradiso, R., & Proietti, S. (2022). Light-Quality Manipulation to Control Plant Growth and Photomorphogenesis in Greenhouse Horticulture: The State of the Art and the Opportunities of Modern LED Systems. *Journal of Plant Growth Regulation*, 41(2), 742–780. <https://doi.org/10.1007/s00344-021-10337-y>
- PMI. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Seventh Edition and The Standard for Project Management*.
- Stein, E. W. (2021). The Transformative Environmental Effects Large-Scale Indoor Farming May Have On Air, Water, and Soil. *Air, Soil and Water Research*, 14, 1–8. <https://doi.org/10.1177/1178622121995819>
- Tune, A. S. A. S., Hartaman, A., & Irawati, I. D. (2023). Rancang Bangun Sistem Penerima Visible Light Communication Dan Gateway Ip Pada Smart Indoor Farming Berbasis Internet of Things Sebagai Bagian Dari Penelitian Internasional Universitas Telkom Dan Multimedia University. *E-Proceeding of Applied Science*, 9(3), 1192–1199.
- Vioni Nurhaliza, D., Novianti, I., Rafina Rahman, K., Wijaya Abdul Rozak, R., Nurlela, T., Sugiarti, Y., & Trisno Setyani, Z. (2023). Dampak Perubahan Iklim Terhadap Ketahanan Pangan Dan Gizi di Indonesia Demi Tercapainya Tujuan SDGs. *Bulletin Agro Industri*, 50(1), 1–7.
- Ahmad, K., Abdelrazek, M., Arora, C., Bano, M., & Grundy, J. (2023). Requirements practices and gaps when engineering human-centered Artificial Intelligence systems. *Applied Soft Computing*, 143, 110421. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110421>
- Akmal, M., Aryulia, D. I., Fattah, R. A., & Z, A. R. P. (2022). *REVIEW: KRISIS PANGAN DUNIA DAN INDONESIA*. 11–18.
- Hartawan, M. S. (2022). PENERAPAN USER CENTERED DESIGN (UCD) PADA WIREFRAME DESAIN USER INTERFACE DAN USER EXPERIENCE APLIKASI SINOPSIS FILM. *Jurnal Elektro & Informatika*, 02, 43–47.
- Kresnha, P. E., Latifah, N., & Wicahyani, A. (2019). *Automasi Hidroponik Indoor Sistem Wick dengan Pengaturan Penyinaran Menggunakan Growing Lights dan Pemberitahuan Nutrisi Berbasis SMS Gateway*. 1–8.
- Mouha, R. A. (2021). Internet of Things (IoT). *Journal of Data Analysis and Information Processing*, 77–101. <https://doi.org/10.4236/jdaip.2021.92006>
- Nurhaliza, D. V., Novianti, I., Rahman, K. R., & Abdul, R. W. (2018). *DAMPAK PERUBAHAN IKLIM TERHADAP KETAHANAN PANGAN DAN GIZI DI INDONESIA DEMI TERCAPAINYA TUJUAN SDGs Dipta*. 1–7.
- Prasetya, E. B., & Rozikin, K. (2021). *IOT Hidroponik Indoor Menggunakan Growing Light Dan Sirkulasi Udara Dalam Air*. 22(1), 20–28.
- Ramachandran, & Karthick. (2019). Gantt Chart : An Important Tool of Management Gantt Chart : An Important Tool of Management. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, January.

- Verma, A. (2024). *Arsitek Perangkat Lunak: Mengungkap 18 Pola Arsitektur Perangkat Lunak*. Medium. <https://medium.com/@amitvsolutions/the-software-architect-deep-dive-into-17-essential-design-patterns-a0fb5a4726ab>
- Waluyo, M. R., Mariati, F. R. I., Al, Q., & Hidayatur, H. (2021). *Pemanfaatan Hidroponik Sebagai Sarana Pemanfaatan Lahan Terbatas Bagi Karang Taruna Desa Limo*. 4(1), 61–64.