

Pembuatan Green House Hidroponik Sistem *Dutch Bucket* untuk Budidaya Cabai sebagai Strategi Pemberdayaan Masyarakat dan Pertanian Berkelanjutan di Kabupaten Gowa

Ahmad Syafii Hafid^{1*}, Nadir¹, Muh Ikmal Saleh¹, Muh. Al Aswar Rusman¹

¹Program Studi Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Makassar

INFO ARTIKEL

Diserahkan:
25/08/2025
Direvisi:
19/09/2025
Diterima
25/09/2025

Keywords:

Green House,
Hidroponik,
Dutch Bucket,
Cabai,
Pemberdayaan Masyarakat,
Pertanian Berkelanjutan

ABSTRAK

Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan di Kelurahan Samata, Kecamatan Somba Opu, Kabupaten Gowa dengan tujuan meningkatkan kapasitas petani dan mahasiswa agribisnis melalui penerapan teknologi pertanian modern. Solusi yang ditawarkan adalah pembangunan greenhouse hidroponik sistem Dutch Bucket untuk budidaya cabai, dengan metode partisipatif melalui tahapan survei, pembangunan, instalasi sistem hidroponik berbasis hidroton, pelatihan, serta monitoring dan evaluasi. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa greenhouse berfungsi optimal sebagai sarana produksi dengan pengendalian lingkungan yang baik, sementara sistem Dutch Bucket mampu meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas cabai dibanding metode konvensional. Keterlibatan petani dan mahasiswa meningkatkan pengetahuan hingga 45% serta menumbuhkan semangat kewirausahaan. Program ini membuka peluang usaha baru, memperkuat ketahanan pangan lokal, dan berpotensi direplikasi di wilayah lain sebagai strategi pemberdayaan masyarakat menuju pertanian berkelanjutan.

Corresponding author email: ahmadsyafiihafid@gmail.com



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)
Copyright© Author (2025).

1. PENDAHULUAN

Cabai merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki peranan strategis dalam perekonomian nasional dan kehidupan masyarakat Indonesia. Selain digunakan secara luas dalam kuliner sehari-hari, cabai juga menjadi faktor penting dalam stabilitas harga pangan nasional karena fluktuasi harganya seringkali memengaruhi inflasi [1]. Posisi strategis cabai tidak hanya dilihat dari aspek ekonomi, tetapi juga dari aspek kesehatan, karena kandungan bioaktifnya terbukti memiliki manfaat farmakologis dan nutrisi [2]. Oleh karena itu, pengembangan budidaya cabai yang berkelanjutan memiliki arti penting dalam mendukung ketahanan pangan sekaligus meningkatkan kesejahteraan petani.

Meskipun demikian, usaha budidaya cabai di tingkat petani masih menghadapi tantangan besar. Keterbatasan lahan akibat alih fungsi menjadi permukiman atau industri membuat ruang gerak petani semakin sempit. Fluktuasi harga cabai yang tidak stabil seringkali membuat petani merugi, terutama ketika panen raya, sedangkan pada musim paceklik harga cenderung melonjak tajam [3]. Selain itu, perubahan iklim, curah hujan ekstrem, serta serangan organisme pengganggu tanaman (OPT) menambah kompleksitas persoalan yang dihadapi petani. Kondisi ini menunjukkan perlunya inovasi teknologi yang mampu mengurangi risiko produksi dan meningkatkan stabilitas hasil panen.

Salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan adalah pertanian berkelanjutan (*sustainable agriculture*). Konsep pertanian berkelanjutan menekankan pada efisiensi penggunaan sumber daya alam, pengurangan ketergantungan pada input eksternal, serta penerapan teknologi ramah lingkungan untuk menjamin keberlanjutan produksi tanpa merusak ekosistem [4]. Dalam konteks ini, teknologi hidroponik dinilai sangat relevan, karena mampu menjawab keterbatasan lahan sekaligus menjaga produktivitas tanaman [5].

Hidroponik merupakan metode bercocok tanam tanpa tanah dengan memanfaatkan larutan nutrisi sebagai sumber hara utama. Salah satu sistem yang banyak digunakan dalam budidaya cabai adalah sistem Dutch Bucket. Sistem ini menggunakan wadah individual berupa ember atau pot besar yang diisi dengan media tanam inert seperti cocopeat, arang sekam, atau perlite, dan disuplai dengan larutan nutrisi melalui sistem irigasi tetes [6]. Keunggulan sistem ini adalah kemampuannya mengatur kelembapan dan nutrisi tanaman secara lebih presisi, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air sekaligus menghasilkan tanaman yang lebih sehat dan produktif [3]. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa budidaya cabai dengan sistem Dutch Bucket mampu menghasilkan panen yang lebih stabil dibandingkan sistem konvensional.

Selain itu, penerapan teknologi *greenhouse* menjadi aspek penting dalam mendukung sistem hidroponik. *Greenhouse* berfungsi sebagai sarana pengendalian lingkungan tumbuh tanaman, termasuk intensitas cahaya, suhu, kelembapan, serta perlindungan dari serangan hama penyakit [7]. Dengan kondisi lingkungan yang lebih terkendali, produktivitas tanaman cabai dapat dipertahankan sepanjang tahun, sekaligus mengurangi ketergantungan pada faktor iklim eksternal [8]. Penerapan *greenhouse* di Indonesia bahkan mendapat perhatian dalam kerja sama internasional, seperti kolaborasi Indonesia–Belanda dalam pengembangan hortikultura berbasis *greenhouse* untuk memperkuat ketahanan pangan dan menghadapi dampak perubahan iklim.

Selain aspek teknis, keberhasilan penerapan teknologi ini juga ditentukan oleh sejauh mana masyarakat dapat diberdayakan. Teori pemberdayaan masyarakat menekankan pentingnya keterlibatan aktif masyarakat dalam setiap tahapan program, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, hingga evaluasi. Pemberdayaan bukan sekadar memberikan fasilitas, tetapi juga membangun kesadaran, meningkatkan kapasitas, serta menciptakan kemandirian masyarakat dalam mengelola teknologi pertanian modern [9]. Dengan demikian, penerapan *greenhouse* hidroponik cabai sistem Dutch Bucket di Kabupaten Gowa tidak hanya berorientasi pada peningkatan produksi, tetapi juga diarahkan sebagai strategi pemberdayaan masyarakat lokal.

Berdasarkan uraian tersebut, maka rumusan masalah dalam kegiatan ini adalah: bagaimana pembuatan *greenhouse* hidroponik sistem Dutch Bucket dapat meningkatkan pemberdayaan masyarakat dan mendukung pertanian berkelanjutan di Kabupaten Gowa? Tujuan kegiatan adalah

untuk mendeskripsikan proses pembangunan greenhouse, pelibatan masyarakat dalam pelaksanaan, serta menganalisis dampak teknologi ini terhadap peningkatan kapasitas petani maupun mahasiswa agribisnis. Urgensi kegiatan ini tidak hanya mendukung program ketahanan pangan nasional, tetapi juga memperkuat peran masyarakat lokal sebagai pelaku utama dalam pembangunan pertanian berkelanjutan. Lebih jauh, program ini sejalan dengan pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya Tujuan 2 (*Zero Hunger*) yang menekankan pada pengentasan kelaparan dan peningkatan ketahanan pangan, serta Tujuan 12 (*Responsible Consumption and Production*) yang berfokus pada praktik pertanian ramah lingkungan dan berkelanjutan.

2. METODE PELAKSANAAN

2.1 Lokasi dan Sasaran Kegiatan

Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan di Kelurahan Samata, Kecamatan Somba Opu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan. Lokasi ini dipilih karena memiliki potensi pertanian hortikultura yang cukup besar, namun para petani masih menghadapi tantangan dalam hal keterbatasan lahan, minimnya pengetahuan tentang teknologi pertanian modern, serta fluktuasi harga cabai yang sering merugikan petani. Sasaran kegiatan adalah kelompok masyarakat lokal, khususnya petani hortikultura, mahasiswa program studi agribisnis, serta tim Samata Green House (SGH) yang berperan sebagai mitra teknis dan fasilitator dalam kegiatan ini. Pemilihan sasaran ini didasarkan pada pertimbangan bahwa keterlibatan multipihak akan memperkuat aspek edukasi, keberlanjutan, sekaligus mendorong terbentuknya model kolaboratif antara petani, akademisi, dan praktisi agribisnis.

2.2 Tahapan Pelaksanaan

Metode pelaksanaan kegiatan dirancang secara partisipatif, edukatif, dan aplikatif, sehingga setiap tahapan tidak hanya menekankan pada pembangunan infrastruktur *greenhouse*, tetapi juga pada transfer pengetahuan dan keterampilan kepada masyarakat. Tahapan yang dilakukan meliputi:

1. Survei dan Identifikasi Kebutuhan

Tahap awal dilakukan melalui surveilans partisipatif untuk mengidentifikasi permasalahan utama yang dihadapi masyarakat dalam budidaya cabai. Kegiatan ini melibatkan diskusi kelompok terfokus (*focus group discussion*) dengan petani dan mahasiswa, observasi lapangan, serta wawancara mendalam. Hasil identifikasi digunakan untuk menyesuaikan desain *greenhouse* dengan kebutuhan lokal, baik dari aspek teknis maupun sosial-ekonomi.

2. Desain dan Pembangunan Greenhouse

Setelah kebutuhan teridentifikasi, tim melanjutkan ke tahap perencanaan teknis dan pembangunan rumah kaca. Desain *greenhouse* disesuaikan dengan kondisi agroklimat di Samata, dengan memperhatikan faktor biaya, ketersediaan material lokal, dan efisiensi energi. Proses pembangunan dilakukan secara gotong royong antara tim pengabdian, mahasiswa, dan masyarakat setempat untuk menumbuhkan rasa kepemilikan bersama terhadap fasilitas yang dibangun.



Gambar 1. Proses Desain dan Pembangunan Greenhouse

3. Instalasi Sistem Hidroponik Dutch Bucket

Tahap selanjutnya adalah pemasangan sistem hidroponik Dutch Bucket. Sistem ini dipilih karena sesuai untuk tanaman cabai yang memiliki perakaran kuat dan memerlukan suplai nutrisi yang stabil. Instalasi dilakukan dengan menyiapkan wadah ember (*bucket*), media tanam hidrotan, jaringan pipa irigasi tetes, serta tangki nutrisi dalam bentuk kolam. Masyarakat dan mahasiswa dilibatkan secara langsung dalam proses ini agar memahami cara kerja, pemeliharaan, serta troubleshooting sistem hidroponik [10].



Gambar 2. Pemasangan Instalasi Sistem Hidroponik Dutch Bucket

4. Pelatihan Budidaya Cabai

Setelah sistem siap, dilakukan pelatihan budidaya cabai hidroponik yang mencakup teori dan praktik. Materi pelatihan meliputi pemilihan bibit unggul, teknik persemaian, pemeliharaan tanaman, pengaturan nutrisi, pengendalian hama penyakit ramah lingkungan, serta strategi pemasaran hasil panen. Metode pelatihan menggunakan pendekatan *learning by doing*, sehingga peserta tidak hanya menerima pengetahuan, tetapi juga langsung mempraktikkannya di lapangan.

5. Monitoring dan Evaluasi

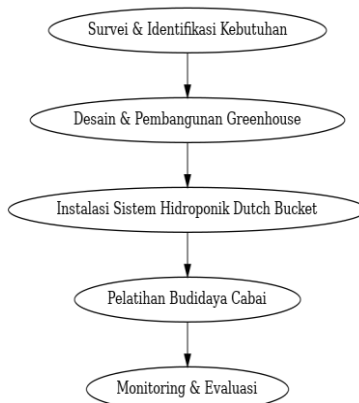
Kegiatan pengabdian dilengkapi dengan sistem monitoring dan evaluasi untuk mengukur tingkat keberhasilan dan keberlanjutan. Monitoring dilakukan secara berkala dengan mengamati pertumbuhan tanaman, produktivitas, dan keterlibatan masyarakat dalam pengelolaan *greenhouse*. Evaluasi dilakukan melalui pre-test dan post-test pengetahuan peserta, wawancara, serta analisis hasil panen. Hasil evaluasi menjadi dasar penyusunan rekomendasi untuk pengembangan skala lebih luas.

2.3 Pendekatan yang Digunakan

Seluruh kegiatan dilaksanakan dengan pendekatan partisipatif, edukatif, dan aplikatif. Pendekatan partisipatif menekankan pada keterlibatan aktif masyarakat dan mahasiswa dalam setiap tahap,

sehingga tercipta rasa memiliki dan tanggung jawab bersama. Pendekatan edukatif diwujudkan melalui pelatihan dan pendampingan berkelanjutan agar transfer pengetahuan berjalan efektif. Sedangkan pendekatan aplikatif ditunjukkan dengan penerapan langsung teknologi *greenhouse* hidroponik Dutch Bucket, sehingga hasil kegiatan dapat segera dirasakan manfaatnya oleh masyarakat.

Dengan metode pelaksanaan yang sistematis ini, kegiatan diharapkan tidak hanya menghasilkan sarana fisik berupa *greenhouse* hidroponik cabai, tetapi juga membangun kapasitas masyarakat dalam pengelolaan pertanian modern yang berkelanjutan.

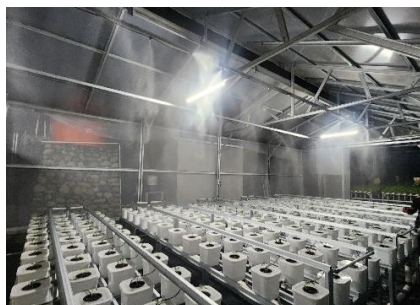


Gambar 3. Alur Metode Pelaksanaan

3. HASIL & PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan di Samata Green House (SGH), yang berlokasi di Kelurahan Samata, Kecamatan Somba Opu, Kabupaten Gowa. Daerah ini merupakan salah satu kawasan penyangga Kota Makassar, dengan karakteristik masyarakat yang sebagian besar masih menggantungkan hidupnya pada sektor pertanian dan perdagangan hasil hortikultura. Potensi pasar di wilayah ini sangat besar, mengingat lokasinya yang strategis dan dekat dengan pusat konsumsi perkotaan. SGH hadir sebagai inisiatif lokal untuk mengembangkan pertanian modern berbasis teknologi rumah kaca, dengan tujuan utama mengoptimalkan lahan terbatas serta menyediakan produk pangan yang lebih sehat dan berkualitas. Sebelum program ini dijalankan, SGH telah mengembangkan budidaya selada hidroponik, yang kemudian berkembang menuju diversifikasi komoditas cabai karena memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi serta permintaan pasar yang stabil sepanjang tahun. Dari hasil kegiatan, dapat diketahui bahwa:

3.1 Hasil Pembuatan Green House



Gambar 4. Hasil Pembangunan Green House

Kegiatan pengabdian masyarakat ini berhasil mewujudkan pembangunan greenhouse hidroponik di Kelurahan Samata, Kabupaten Gowa, dengan ukuran rata-rata 6 x 12 meter dan tinggi rangka mencapai 3,5 meter. Struktur greenhouse menggunakan rangka baja ringan dengan lapisan galvalum (campuran aluminium dan seng) yang dipilih karena tahan terhadap karat dan memiliki daya tahan tinggi, sedangkan atap dilapisi plastik UV (ultra violet plastic film) berketebalan 200 mikron yang mampu melindungi tanaman dari paparan sinar matahari langsung maupun intensitas hujan yang tinggi. Dinding samping dilengkapi jaring serangga (insect net) guna mencegah masuknya hama tanpa menghambat sirkulasi udara.

Dari segi hasil, pembangunan greenhouse ini telah menghasilkan sebuah sarana pertanian modern yang dilengkapi dengan rangka baja ringan dengan lapisan galvalum (campuran aluminium dan seng) plastik UV (ultra violet plastic film) berketebalan 200 mikron, serta jaring serangga sebagai penghalang hama. Struktur ini dirancang agar tahan lama, mampu melindungi tanaman dari paparan cuaca ekstrem, serta mendukung pertumbuhan cabai dalam kondisi lingkungan yang lebih terkendali. Pembangunan dilakukan dengan memanfaatkan material lokal yang mudah diperoleh di wilayah setempat serta melibatkan masyarakat dalam proses pengerjaannya. Pendekatan ini tidak hanya menekan kebutuhan tenaga kerja eksternal, tetapi juga menumbuhkan rasa memiliki pada masyarakat terhadap fasilitas yang dibangun.

3.2 Implementasi Hidroponik Dutch Bucket

Setelah greenhouse terbangun, tahap berikutnya adalah instalasi sistem hidroponik Dutch Bucket untuk budidaya cabai. Sistem ini menggunakan ember berkapasitas 10–15 liter yang diisi dengan media tanam hidroton, yaitu kerikil tanah liat yang dipanaskan hingga berpori dan ringan. Hidroton dipilih karena memiliki aerasi yang baik, mampu menjaga kelembapan, serta dapat digunakan kembali dalam beberapa siklus tanam. Sistem irigasi tetes dihubungkan dengan tangki nutrisi berkapasitas 200 liter yang disuplai menggunakan pompa air berdaya rendah. Larutan nutrisi disusun berdasarkan standar kebutuhan tanaman cabai, dengan konsentrasi Electrical Conductivity (EC) 2,0–2,5 mS/cm dan pH larutan dijaga pada kisaran 5,5–6,5 untuk memastikan pertumbuhan tanaman tetap optimal.



Gambar 5. Implementasi Penyemaian Cabai Hidroponik Dutch Bucket

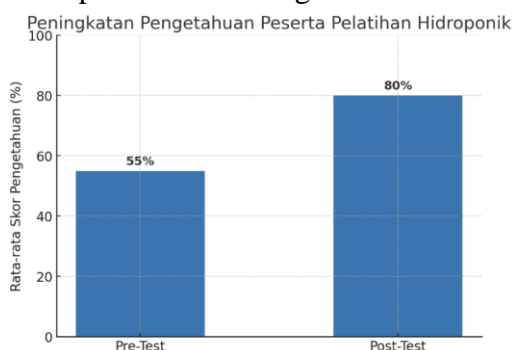
Teknik penanaman dimulai dengan penyemaian bibit cabai varietas unggul yang memiliki daya adaptasi tinggi, kemudian dipindahkan ke ember Dutch Bucket setelah berumur 21 hari. Perawatan tanaman dilakukan dengan menyesuaikan pemberian nutrisi sesuai fase pertumbuhan, mulai dari vegetatif hingga generatif. Selain itu, dilakukan pruning (pemangkasan tunas), pemasangan ajir untuk menopang batang, serta pengendalian hama penyakit dengan pendekatan ramah lingkungan seperti

penggunaan pestisida nabati. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pertumbuhan cabai di dalam sistem ini lebih seragam, daun lebih hijau, serta tingkat serangan hama lebih rendah dibandingkan budidaya konvensional di lahan terbuka.

3.3 Partisipasi dan Pemberdayaan Masyarakat

Kegiatan ini mendapat sambutan baik dari masyarakat, khususnya kelompok petani dan mahasiswa agribisnis. Partisipasi masyarakat terlihat sejak tahap pembangunan greenhouse, di mana mereka terlibat dalam kegiatan gotong royong mulai dari pemasangan rangka, penutupan plastik UV, hingga instalasi sistem irigasi. Pada tahap pelatihan, lebih dari 30 peserta yang terdiri dari petani lokal, mahasiswa yang mengikuti kegiatan dengan antusias.

Pelatihan yang diberikan tidak hanya meningkatkan pengetahuan peserta tentang hidroponik, tetapi juga membekali mereka dengan keterampilan teknis yang aplikatif. Evaluasi dengan menggunakan pre-test dan post-test menunjukkan adanya peningkatan rata-rata pengetahuan peserta sebesar 45% setelah mengikuti pelatihan. Selain itu, beberapa petani mulai menyatakan minat untuk mereplikasi model greenhouse skala kecil di lahan masing-masing sebagai bentuk keberlanjutan kegiatan, sejalan dengan temuan [11] bahwa penerapan sistem hidroponik Dutch Bucket tidak hanya meningkatkan hasil produksi, tetapi juga mendorong partisipasi masyarakat dalam mengadopsi teknologi pertanian modern sebagai strategi penguatan ekonomi keluarga pascabencana. Hal ini sejalan dengan teori pemberdayaan masyarakat yang menekankan pada proses peningkatan kapasitas individu agar mampu mandiri dalam mengambil keputusan dan mengelola sumber daya [9].



Gambar 6. Grafik Peningkatan Pengetahuan Peserta Pelatihan Hidroponik

Grafik batang ini memperlihatkan peningkatan signifikan pengetahuan peserta sebelum dan sesudah pelatihan. Rata-rata nilai pre-test sebesar 55% meningkat menjadi 80% pada post-test, atau terdapat peningkatan sebesar 45%. Hasil ini menunjukkan bahwa metode pelatihan berbasis learning by doing efektif dalam meningkatkan kapasitas masyarakat, baik dari aspek teknis maupun pemahaman konseptual.

3.4 Dampak Jangka Panjang

Dampak kegiatan ini dapat ditinjau dari tiga aspek utama. Pertama, aspek keberlanjutan pertanian, pembangunan greenhouse hidroponik memungkinkan budidaya cabai berlangsung sepanjang tahun tanpa bergantung pada musim, sehingga dapat menekan risiko gagal panen akibat cuaca ekstrem. Kedua, aspek ekonomi, meskipun hasil panen aktual masih terbatas, simulasi sederhana dari greenhouse dengan 288 lubang tanam menunjukkan potensi produksi berkisar 20–40 kg cabai per

siklus. Jika harga jual cabai hidroponik berada pada kisaran Rp30.000–Rp40.000/kg, maka estimasi pendapatan per siklus berada pada rentang Rp600.000–Rp1.600.000. Angka ini menunjukkan bahwa meskipun skala produksi relatif kecil, sistem hidroponik Dutch Bucket tetap memberikan peluang usaha tambahan, terutama karena hasil panennya lebih seragam, higienis, dan memiliki daya saing di pasar modern maupun restoran.

Ketiga, aspek sosial, keterlibatan mahasiswa dan masyarakat dalam seluruh tahapan kegiatan memperkuat kolaborasi lintas kelompok sekaligus menumbuhkan kesadaran pentingnya pertanian modern berbasis teknologi. Selain itu, peningkatan pengetahuan hingga 45% dari hasil pelatihan menjadi indikator nyata keberhasilan dalam aspek pemberdayaan sumber daya manusia.

Lebih jauh, program ini juga sejalan dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya tujuan ke-2 (*Zero Hunger*) dan tujuan ke-12 (*Responsible Consumption and Production*). Kehadiran greenhouse hidroponik sistem Dutch Bucket dengan kapasitas 288 lubang tanam di Samata diharapkan menjadi model percontohan hortikultura berkelanjutan di tingkat lokal, sekaligus memperkuat ketahanan pangan regional.

4. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat melalui pembuatan greenhouse hidroponik sistem Dutch Bucket di Kelurahan Samata, Kabupaten Gowa, berhasil dilaksanakan dengan melibatkan petani, mahasiswa agribisnis, dan Tim Samata Green House (SGH). Pembangunan greenhouse sederhana namun tahan lama terbukti efektif sebagai sarana budidaya cabai di lahan terbatas. Penerapan sistem Dutch Bucket dengan media hidrotan mendukung pertumbuhan cabai secara optimal melalui pengaturan nutrisi yang presisi, sehingga menghasilkan produksi yang lebih berkualitas dibanding metode konvensional.

Sebelum kegiatan, mitra masih bergantung pada metode konvensional, rentan terhadap perubahan iklim dan serangan OPT, serta memiliki pengetahuan terbatas tentang teknologi pertanian modern. Setelah kegiatan, mereka mampu mengoperasikan sistem hidroponik secara mandiri, pengetahuan meningkat hingga 45%, dan terbuka peluang usaha baru meski produksi awal masih terbatas 20–40 kg per siklus. Dari sisi sosial, kolaborasi petani, mahasiswa, dan tim SGH semakin solid, menumbuhkan semangat kewirausahaan serta memperkuat ketahanan pangan lokal.

Dengan demikian, program ini tidak hanya meningkatkan produktivitas cabai, tetapi juga menjadi strategi pemberdayaan masyarakat menuju kemandirian pangan dan pengembangan agribisnis modern.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Pemerintah Kelurahan Samata dan Kecamatan Somba Opu, Kabupaten Gowa, atas izin, dukungan, dan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan kegiatan. Apresiasi juga diberikan kepada Tim Samata Green House (SGH) yang berperan aktif dalam pendampingan teknis pembangunan *greenhouse* dan instalasi sistem hidroponik. Tidak lupa, terima kasih ditujukan kepada mahasiswa agribisnis dan kelompok petani mitra yang berpartisipasi secara aktif dalam setiap tahapan kegiatan, mulai dari pembangunan, pelatihan, hingga evaluasi. Dukungan pendanaan maupun kontribusi non-material dari berbagai pihak menjadi faktor penting yang

memungkinkan kegiatan ini terlaksana dengan baik dan memberikan manfaat nyata bagi masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Tarigan, D. S. Hanafiah, and M. Sinuraya, "Chili Pepper as a Strategic Horticultural Commodity in Indonesia," *ResearchGate*, 2021, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Total-leaf-area-of-chilli-plants-grown-in-control-9570cm-and-root-restricted-2392cm_fig2_338903955
- [2] R. S. Velázquez-González, "A review on hydroponics and the technologies for sustainable agriculture," *Agriculture*, vol. 12, no. 5, p. 646, 2022, doi: 10.3390/agriculture12050646.
- [3] H. Sari, T. R. Alkas, and F. Azwari, "Introduction to Hydroponic Cultivation using the Dutch Bucket System," *Int. J. Innov. Sci. Res. Technol.*, vol. 8, no. 10, pp. 314–319, 2023, [Online]. Available: <https://ijisrt.com/assets/upload/files/IJISRT23OCT1725.pdf>
- [4] M. A. Altieri, *Agroecology: The science of sustainable agriculture*. CRC Press, 2018.
- [5] G. Rajaseger, "Hydroponics: Current Trends in Sustainable Crop Production," *Front. Plant Sci.*, 2023, [Online]. Available: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10625363>
- [6] D. Harjoko, R. S. Utami, and R. B. Arniputri, "Hydroponic of chili with substrates variation," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2018, p. 12029. doi: 10.1088/1755-1315/200/1/012029.
- [7] L. E. Barreto-Salazar, A. H. Hernández-Hernández, P. A. López-López, and I. L. López-Cruz, "Evaluation of Serrano pepper crops growth under controlled conditions of vapor pressure deficit in a pilot-scale hydroponic greenhouse," *Processes*, vol. 11, no. 12, p. 3408, 2023, doi: 10.3390/pr11123408.
- [8] "Indonesia and the Netherlands seal greenhouse-based horticulture partnership to tackle food security," 2025. [Online]. Available: <https://www.hortidaily.com/article/9742569/indonesia-netherlands-seal-greenhouse-based-horticulture-partnership-to-tackle-food-security/>
- [9] J. Ife, *Community development in an uncertain world: Vision, analysis and practice*. Cambridge University Press, 2016.
- [10] G. K. Aji Hatou, K., & Morimoto, T., "Modeling the Dynamic Response of Plant Growth to Root Zone Temperature in Hydroponic Chili Pepper Plant Using Neural Networks," *Agriculture*, vol. 10, no. 6, p. 234, 2020, doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture10060234>.
- [11] M. Al Riski, A. Laapo, and R. Yusuf, "Hydroponic melon cultivation based on the Dutch Bucket system as a solution to improve the family economy after natural disasters in Sigi District," *ResearchGate*, 2024, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/387074393_Hydroponic_Melon_Cultivation_Based_on_The_Dutch_Bucket_System_as_A_Solution_to_Improve_The_Family_Economy_After_Natural_Disasters_in_Sigi_District