



## Pengembangan UKM dalam Bidang Pertanian Mikroalga (Spirulina) di Daerah Urban Berbasis *Internet of Things* (IoT)

(*Development of SMEs in Microalgae Agriculture (Spirulina) in Urban Areas Based on The Internet of Things (IoT)*)

Purbo Suwandono<sup>1\*</sup>, Gigih Priyandoko<sup>2</sup>, Ririen Prihandarini<sup>3</sup> dan Andy Hardianto<sup>4</sup>

<sup>1</sup> D3 Mesin Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama, Jl. Taman Borobudur Indah No.1 Malang

<sup>2</sup> Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama, Jl. Taman Borobudur Indah No.1 Malang

<sup>3</sup> Agroteknologi, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama, Jl. Taman Borobudur Indah No.1 Malang

<sup>4</sup> Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama, Jl. Taman Borobudur Indah No.1 Malang

### ARTICLE INFO

#### Article history

Received : 24 September 2021

Revised : 18 November 2021

Accepted : 19 December 2021

#### DOI :

<https://doi.org/10.33366/jast.v5i2.2772>

**Keywords :** *internet of things; microalgae; spirulina; urban farming*

**\*e-mail corresponding author :**

[purbo@widagama.ac.id](mailto:purbo@widagama.ac.id)

### ABSTRAK

Spirulina (*Arthrospira platensis*) adalah bakteri hijau-biru atau cyanobacteria yang mengandung nutrisi paling lengkap bagi makhluk hidup khususnya manusia walau hanya dikonsumsi dalam jumlah kecil yang relative kecil;. Komoditas tersebut memiliki prospek bisnis yang lukratif untuk Indonesia pada masa depan. VerteBleue (VB Spirulina Farm) adalah usaha kecil menengah yang bergerak di bidang agrikultur di daerah urban dalam wilayah Kota Malang. Pada saat ini, kapasitas produksi yang dimiliki VB Spirulina dapat menghasilkan 40 gr produk spirulina kering setiap minggunya. Program pemberdayaan difokuskan pada wacana pengembangbiakan kultur spirulina skala mikro di daerah urban. Solusi dari permasalahan mitra adalah pembangunan greenhouse kolam spirulina yang berbasis IoT sehingga berbagai parameter dapat dikontrol dengan baik. Peningkatan modal capital dibutuhkan oleh mitra untuk pembelian alat produksi. Luaran yang dihasilkan adalah peningkatan kapasitas produksi untuk menghasilkan komoditas dengan kualitas optimal dan harga yang ekonomis. Implementasi greenhouse dan kolam spirulina sudah sesuai dengan rancangan awal. Sistem IoT sangat berguna bagi petani dalam melakukan proses monitoring kultur dari jarak jauh. Greenhouse dan kolam spirulina mampu memproduksi spirulina kering hingga 108 g kering/hari yang sebelumnya hanya mampu memproduksi 7 g kering/hari.

### PENERBIT

#### UNITRI PRESS

Jl. Telagawarna, Tlogomas-  
Malang, 65144, Telp/Fax:  
0341-565500



This is an open access article under the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/). Any further distribution of this work must maintain attribution to the author(s) and the title of the work, journal citation and DOI. [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

### ABSTRACT

*Spirulina (Arthrospira platensis) is blue-green algae (cyanobacteria) that contains the ideal nutrients for humankind even though consumed only in small quantities. The commodity has a lucrative business prospect for Indonesia in the future. VerteBleue (VB Spirulina Farm) is a business entity engaged in agriculture, situated in urban areas of Malang City. Recently, the production capacity of VB Spirulina can produce 40 gr of dry spirulina products every week, which is extremely small. The empowerment program is focused on breeding micro-scale spirulina culture in urban areas. The solution to the partner problem is the construction of a spirulina pond greenhouse based on IoT so that various parameters can be appropriately controlled. The result is increased production capacity to produce spirulina commodities with optimal quality and economical prices. The practicality of the IoT system helps farmers to control spirulina culture remotely. The implementation of this project allows the production of dry spirulina up to 108 g dry / day previously only able to produce dry 7g / day. The practicality IoT system helps farmers to control spirulina culture remotely.*

**Cara Mengutip :** Suwandono, P., Priyandoko, G., Prihandarini, R., Hardianto, A. (2021). Pengembangan UKM dalam Bidang Pertanian Mikroalga (Spirulina) di Daerah Urban Berbasis *Internet of Things* (IoT). *JAST : Jurnal Aplikasi Sains dan Teknologi*, 5(2), 138-147. doi: <https://doi.org/10.33366/jast.v5i2.2772>

## 1. PENDAHULUAN

Spirulina (*Arthrospira platensis*) adalah bakteri hijau-biru yang hidup secara alami di danau alkali. Spirulina telah dicanangkan oleh World Health Organization (WHO) sebagai makanan yang mengandung nutrisi paling ideal bagi umat manusia [1] karena mengandung protein, multivitamin, mineral, dan asam amino. Pada umumnya, produk spirulina yang telah beredar di pasaran bergerak di bidang suplementasi makanan dan kosmetik. Hal itu dimungkinkan karena spirulina mengandung protein yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan daging, ikan, kedelai, susu, telur dan bahan pangan lainnya. Akan tetapi, manfaat dari produk spirulina tidak hanya terbatas pada dua bidang tersebut. Sebagai contoh, spirulina juga dapat digunakan sebagai pakan ternak, agen pengolahan limbah, bahkan biofuel [2].

Program pengurangan carbon footprint dapat ditunjang dengan budidaya mikroalga spirulina. Jumlah emisi karbon yang dapat diserap oleh sebuah bioreaktor spirulina mencapai 400 kali lebih efisien daripada satu batang pohon [3]. Proses budidaya spirulina secara langsung mendukung peningkatan konversi CO<sub>2</sub> menjadi O<sub>2</sub> secara signifikan [4][5]. Jumlah lahan dan air yang dibutuhkan untuk proses budidaya spirulina jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan proses agrikultur komoditas lainnya. Proses tersebut dapat dilakukan di daerah perkotaan atau bahkan di daerah tandus yang tidak layak untuk digunakan sebagai media agrikultur.

Secara global, pasar spirulina di tahun 2018 mencapai US\$ 348 juta dan diprediksi akan menembus US\$ 779 juta di tahun 2026 [6]. Di Indonesia, spirulina mulai dibudidayakan sebagai komoditas ekonomi di awal tahun 2000-an. Saat ini, spirulina hanya diproduksi oleh belasan perusahaan di Indonesia. Kebutuhan spirulina di Indonesia dalam bidang perikanan masih ditopang oleh pihak importir yang mendatangkan komoditas spirulina kering dari Cina dan India. Sesuai fakta tersebut, dapat diperkirakan prospek bisnis yang lukratif untuk Indonesia di masa depan. Oleh karenanya, budidaya spirulina sangat sesuai dengan wacana revolusi industri 4.0 dalam konteks usaha pengadaan energi terbarukan dan peningkatan ketahanan pangan.

Vert Bleu (VB Spirulina Farm) adalah sebuah badan usaha yang bergerak di bidang agrikultur di dalam daerah urban di Kota Malang [7]. Usaha tersebut telah dirintis selama satu tahun. Akan tetapi, VB Spirulina baru memulai usaha pemasarannya secara lebih luas pada awal tahun 2020. Usaha perusahaan difokuskan pada pengembangan budidaya mikroalga spirulina di daerah perkotaan sebagai komoditas pangan, pakan ternak, dan kosmetik. Adapun komoditas yang telah dipasarkan: Paket Starter Bibit Spirulina, Spirulina Dried Healing Powder, Smiling Guppy Spirulina Flakes, dan beragam Spirulina Face Masks.

Kendala utama yang dihadapi oleh VB Spirulina adalah aspek peningkatan hasil produksi, aspek mikrobiologi dan penambahan modal. Pada saat ini, kapasitas produksi yang dimiliki VB Spirulina dapat menghasilkan 40 gr produk spirulina kering setiap

minggunya. Lahan dan alat produksi yang dimiliki juga sangat terbatas. Kolam yang digunakan merupakan kolam sederhana berukuran 3 m x 1 m x 0,3 m yang dibuat dengan menggunakan material seperti pipa pvc dan bambu. Tidak ditemukan aplikasi teknologi untuk mengetahui parameter kondisi kolam, sedangkan dalam pengembangbiakan kultur, data tersebut sangat penting. Ketidakakuratan alat ukur untuk mendeteksi parameter kolam akan berakibat fatal dan menyebabkan Spirulina tidak tumbuh dengan maksimal bahkan bisa mati. Kolam yang ada sekarang juga masih menggunakan penutup plastik yang sederhana sehingga kondisi kolam tidak dapat terkontrol dengan optimal. Proyek perluasan lahan yang sedang dilakukan adalah pembuatan kolam terpal dan bambu dengan ukuran 7,5 x 3 x 0,3 m.

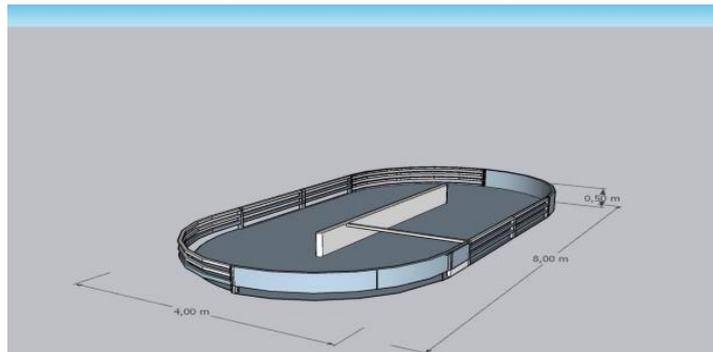
VB Spirulina telah merintis usahanya secara mandiri dengan menggunakan modal yang terbatas. Badan usaha tersebut dijalankan oleh dua pengusaha mandiri. Hingga saat ini, belum ada investor yang dapat memenuhi kapital yang dibutuhkan. Sejak bulan Oktober 2019, proses riset dan pengembangan dilakukan secara mandiri. Begitu pula dengan pengadaan alat produksi, modal yang dimiliki berasal dari dana mandiri. Padahal, kondisi keuangan kedua pengusaha tersebut dapat dikatakan minim

Ketersediaan alat produksi yang dimiliki VB Spirulina kondisi dan jumlahnya masih belum memadai. Adapun alat produksi yang dimiliki: kain mesh 30  $\mu\text{m}$  (pressure dihasilkan secara manual), suntikan 50 ml sebagai pencetak spirulina yang sudah ditekan menjadi bentuk noodle, dan mesin dehydrator berukuran kecil. Bahan baku utama untuk produksi Spirulina adalah sodium bicarbonate food grade dan pupuk formulasi yang harganya cukup mahal. Modal yang terbatas menjadi kendala bagi pihak mitra untuk melakukan scale up hasil produksi.

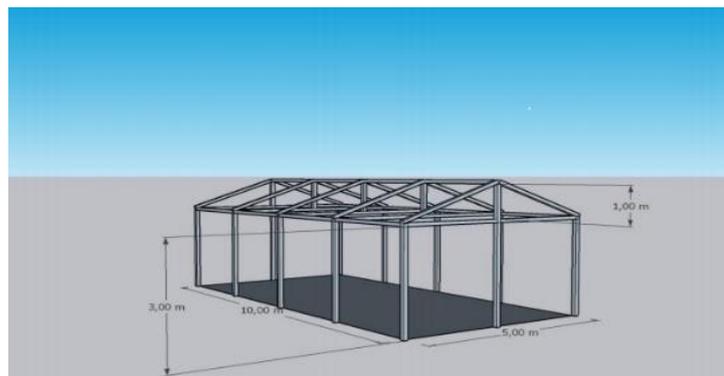
Saat ini, mitra mengalami kesulitan untuk menemukan parameter yang tepat untuk meningkatkan kapasitas produksinya secara maksimal. Menurut studi literatur hasil optimal spirulina yang didapatkan adalah 15 g kering/ $\text{m}^3$  (Soni, Sudhakar, & Rana, 2019) dan [8], namun mitra hanya mampu menghasilkan spirulina 8 g kering/ $\text{m}^3$ . Hasil komoditas spirulina yang dihasilkan juga belum melalui proses quality control. Kendala lain yang menjadi perhatian adalah kelayakan temperatur area pengembang biakan kultur beserta ketersediaan cahanya. Proses pendampingan dari program yang akan diusulkan diharapkan mampu mengatasi problematika tersebut sehingga penjualan komoditas spirulina diharapkan mampu meningkat.

## **2. METODE KEGIATAN**

Metode dan tahapan awal dalam penerapan teknologi kepada UKM adalah identifikasi kebutuhan dimana berdasarkan kebutuhan mitra maka akan dibangun kolam spirulina yang berada di dalam greenhouse dengan kapasitas produksi 750 gram / minggu. Tahap berikutnya adalah perancangan dimana perancangan greenhouse dan kolam menggunakan software Autocad, sedangkan instalasi IOT telah didiskusikan dengan pakar.



**Gambar 1.** Desain kolam spirulina



**Gambar 2.** Desain greenhouse

Pembuatan konstruksi kolam yang disepakati dengan mitra berdimensi 9 m x 4 m dan tinggi 30 cm, dengan perkiraan produksi yang dihasilkan adalah 750 gram dried powder/minggu. Kolam produksi ini menggunakan bahan tiang galvalum dengan alas kolam menggunakan terpal. Kolam yang akan dibangun berbentuk oval (Raceway pond). Atap greenhouse menggunakan plastik transparan khusus untuk greenhouse yaitu plastik UV 14 % [9] yang mampu mengurangi intensitas cahaya matahari sampai sekitar 3.000 flux sampai 7.000 flux (de Jesus et al., 2018). Temperatur yang paling optimal untuk pertumbuhan spirulina adalah sekitar 27°C-35°C [10] sehingga temperatur di dalam greenhouse relatif stabil.



**Gambar 3.** Proses pembuatan greenhouse

Adapun prosedur kerja pembuatan greenhouse dan raceway pond yang telah dilakukan yaitu:

1. Diskusi dengan mitra dan melakukan survey lapangan.
2. Pembersihan lahan dan pengkondisian tanah.
3. Pengadaan bahan frame greenhouse menggunakan besi kotak dengan ukuran 4x4 cm dan 5x5 cm untuk tiang penyangga. Atap greenhouse menggunakan besi melengkung ukuran 4x4 cm. Plastik UV menggunakan plastik yang sesuai dengan spesifikasi greenhouse.
4. Instalasi greenhouse dilakukan di tempat mitra mulai dari proses perataan tanah, membuat pondasi dan proses pengelasan.
5. Pemasangan plastic UV dengan dijepit menggunakan wiggle wire greenhouse yang dipasang pada sisi samping greenhouse.
6. Instalasi kolam menggunakan frame besi kotak 4x4 cm dengan ketinggian 40 cm. Kolam yang dibuat berukuran 4 m x 9 m berbentuk raceway pond dengan sekat yang berada di tengah juga dengan ketinggian 40 cm. Kolam dibentuk raceway pond untuk memutar aliran air sehingga terjadi aliran. Spirulina akan menggumpal jika tumbuh di media air yang diam. Kecepatan putaran turbin dijaga antara 10-15 rpm.
7. Instalasi listrik dan sistem IoT (Internet of things)
8. Instalasi sistem IoT yang terdiri dari beberapa sensor yaitu sensor ketinggian air, sensor temperature, sensor ph dan sensor intensitas cahaya matahari. Dimana sensor tersebut dihubungkan dengan Arduino dan data parameter kolam dapat dipantau oleh mitra.

### 3. KARYA UTAMA

Mitra sangat terbantu dengan adanya program pengabdian yang dilakukan oleh tim. Ristekbrin melalui program UKM Indonesia bangkit berusaha untuk meningkatkan perekonomian UKM yang sangat terdampak pandemic Covid-19 ini. Adanya program pengabdian ini berdampak pada jumlah produksi Spirulina meningkat pesat dibandingkan dengan sebelum adanya program pengabdian ini.

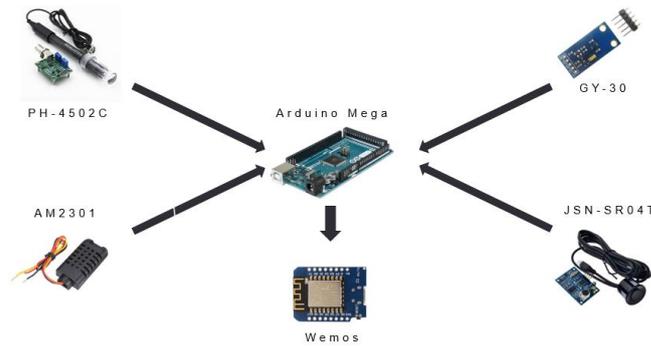
Proses pengerjaan kolam dan *greenhouse* memakan waktu sekitar 1 bulan. Dalam pengerjaan kolam dan *greenhouse* ini, tim PkM pengabdian dibantu oleh mahasiswa sebanyak empat orang dan tim pendukung sebanyak empat orang. Pembuatan kolam dan greenhouse telah dibuat sesuai dengan rancangan awal yang telah disepakati dengan mitra. Setelah kolam selesai dibuat dan sudah terpasang dengan baik dengan ukuran 4 m x 9 m x 40 cm maka didapatkan volume kolam maksimal sekitar 14,4 m<sup>3</sup> atau 14400 Liter air. Spirulina dapat tumbuh dengan baik dengan ketinggian sekitar 30-35 cm, sehingga jika diambil ketinggian 30 cm didapatkan volume sekitar 10,8 m<sup>3</sup> atau 10800 Liter. Jika setiap hari didapatkan pertumbuhan spirulina 10 g dry/m<sup>3</sup> maka dengan adanya kolam spirulina yang baru ini didapatkan sekitar 108 g dry/day. Hal ini sudah sesuai dengan rancangan awal dimana akan didapatkan Spirulina kering sebanyak 750 gram/minggu.



**Gambar 4.** Kolam dan greenhouse spirulina

Pertanian spirulina memiliki prospek yang sangat baik karena dapat diambil banyak manfaat dan tingginya permintaan pasar. Budidaya spirulina dapat dipraktikkan di dalam greenhouse dengan segenap parameter yang harus dikontrol demi menjaga dan meningkatkan kualitas komoditas yang akan dihasilkan. Beberapa parameter penting yang harus diketahui adalah: intensitas cahaya, temperatur, kelembaban, pH, dan ketinggian air. Monitoring atau pengawasan kolam spirulina dilakukan secara realtime karena spirulina sensitif terhadap perubahan lingkungan. Proses monitoring kultur spirulina dapat dilakukan secara lebih intensif dari jarak jauh dengan adanya sistem IOT (Internet of Things). Hal tersebut menjadi solusi bagi petani spirulina untuk mengakses keadaan di dalam kolam setiap saat dari jarak yang jauh sehingga perlakuan terhadap kultur spirulina dapat dilakukan secepat mungkin sesuai dengan kebutuhan sesuai dengan parameter yang mempengaruhi (contoh: pemasangan paranet pada hari yang terik dengan suhu mencapai lebih dari  $36^{\circ}\text{C}$ ). Kualitas spirulina yang dihasilkan juga akan meningkat karena parameter di dalam kolam dapat dikontrol sebaik mungkin. Kontaminan juga dapat diminimalisir masuk ke dalam kolam sehingga kualitas spirulina lebih higienis [4]. Kolam yang telah dibangun berbasis IOT, sehingga parameter yang ada di kolam dapat diketahui dan dikontrol dengan baik. Di dalam kolam spirulina, akan dipasang kincir air dengan putaran 10 rpm untuk mencegah penggumpalan dan menjaga aliran air yang konstan. Kincir air akan menyala sekitar 15 menit untuk setiap 1 jam selama 12 jam.

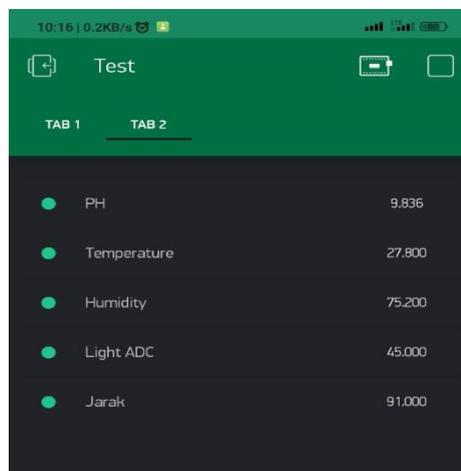
Cara Kerja Internet of Things Spirulina yaitu dengan memanfaatkan sebuah instruksi pemrograman yang dimana tiap-tiap perintah argumennya dapat menghasilkan sebuah interaksi antara Spirulina Monitoring Device dengan perangkat Handphone, Personal Computer, dan Laptop tanpa campur tangan manusia dalam jarak yang jauh [11]. Internet digunakan sebagai penghubung diantara kedua interaksi perangkat tersebut. Sementara manusia hanya bertugas sebagai pengatur dan pengawas bekerjanya alat tersebut secara langsung [12].



**Gambar 5.** Skema Instalasi sistem IOT

Spirulina Monitoring Device bertugas memberikan Indikator yang diperlukan di dalam kolam Spirulina antara lain indikator suhu, kelembaban udara, intensitas cahaya, PH air, dan sensor jarak. Dimana indikator tersebut akan dibaca oleh Arduino Mega dan diteruskan kepada wemos untuk kemudian di upload ke dalam server Thingspeak dan Blynk. Sistem pembacaan sensor tidak semua langsung dikirimkan melainkan diolah dengan parameter yang ada dan dibutuhkan seperti pembacaan sensor jarak, digunakan untuk memberikan indikator volume air dimana sensor tersebut menghitung ketinggian air dan kemudian kami menghitung volume air menggunakan rumus bangun ruang.

Spirulina Monitoring Device bekerja menggunakan tegangan DC (Direct Current) 5 V dan menggunakan Power Adapter untuk menurunkan tegangan 220 V. Hasil pembacaan sensor yang maksimal didapatkan dengan menggunakan arus yang cukup. Kami juga menggunakan pelindung berupa kotak yang terbuat dari plastik untuk perangkat ini, sehingga menghindari masuknya air yang dapat menimbulkan short circuit pada perangkat. Spirulina Monitoring Device harus terkoneksi dengan internet agar dapat mengirimkan indikator yang ada di kolam, untuk kecepatan pengiriman tergantung koneksi internet yang diberikan, tetapi Spirulina Monitoring Device hanya membutuhkan koneksi yang cukup ringan. Spirulina Monitoring Device memberikan update informasi dari kolam kepada pengguna setiap 15 detik dimana nantinya akan ditampilkan dalam bentuk grafik di Thingspeak.



**Gambar 6.** Tangkapan layer IOT pada ponsel mitra

#### 4. ULASAN KARYA

Implementasi aspek teknologi adalah penggabungan antara greenhouse, kolam dan IOT yang berjalan dengan baik. Teknologi yang diimplementasikan adalah IOT yang menghubungkan parameter kolam dengan mitra yang dapat diakses secara remote. Pembuatan greenhouse juga sudah sesuai dengan spesifikasi standar menggunakan plastik UV (Ultraviolet) 14%. Desain kolam yang berupa raceway pond, merupakan desain kolam yang terbaik menurut studi literatur [13]. Dengan menggunakan desain kolam tersebut, spirulina akan terus mengalir sehingga penggumpalan spirulina dapat dikurangi. Sistem ini juga dilengkapi dengan mode penyimpanan data harian. Pada sistem ini, data tersimpan setiap 3 jam sekali yaitu mulai jam 6 pagi sampai jam 6 sore. Penyimpanan data ini sangat berguna bagi petani untuk melakukan evaluasi dan analisis terhadap pertumbuhan spirulina.

#### 5. DAMPAK DAN MANFAAT KEGIATAN

Selain pembuatan kolam dan greenhouse, tim PkM juga memberikan bantuan permodalan berupa pengadaan sodium bicarbonate yang merupakan bahan utama untuk meningkatkan pH kolam dan beberapa alat produksi pasca panen. Adapun alat produksi tersebut adalah mesin press, mikroskop dan dehydrator. Setelah pengadaan alat produksi diselenggarakan pelatihan dari tim PkM kepada mitra. Pelatihan dari tim kepada mitra PkM dilakukan di lapangan dan di kampus. Pada sesi pelatihan tersebut terlihat mitra sangat antusias mengikuti kegiatan tersebut. Dimana pada pelatihan tersebut dihadiri oleh dua orang mitra, tim PkM yang memberikan pelatihan sesuai dengan kompetensi dan mahasiswa sebagai tim pendukung. Pelatihan dilaksanakan selama 3 jam disertai dengan sesi diskusi sehingga dapat meningkatkan wawasan mitra dan tim PkM.

**Tabel 1. Materi Pelatihan**

Nama pemateri	Materi yang disampaikan
Purbo Suwandono	Konstruksi kolam, <i>greenhouse</i> dan maintenance
Gigih Priyandoko	Sistem IOT dan troubleshooting
Ririen	Peningkatan produksi spirulina dan kualitas spirulina
Prihandarini	
Andy Hardianto	Peningkatan pemasaran

Sesuai dengan kendala yang dihadapi mitra yaitu aspek peningkatan hasil produksi, aspek mikrobiologi dan penambahan modal, telah didapatkan solusi yang tepat. Terlihat peningkatan yang signifikan pada mitra setelah diadakan PKM. Untuk melihat peningkatan keadaan pada mitra dapat dilihat pada tabel di bawah:

**Tabel 2. Peningkatan UKM**

Parameter	Sebelum PkM	Setelah PkM
Luas kolam	6 m <sup>2</sup>	36 m <sup>2</sup>
Volume kolam	2400 Liter	14400 Liter
Bahan kolam	Box plastik dan bambu	Terpal kolam dan plastik
Produksi spirulina	7 g kering/hari	100 g kering/hari
<i>Greenhouse</i>	Tidak ada	Ada (Luas 50 m <sup>2</sup> )

Sistem IOT	Tidak ada	Ada
Sensor pH	Tidak ada	Ada (pH 8.5 -9)
Sensor temperature	Tidak ada	Ada (28°C-35°C)
Sensor kelembaban	Tidak ada	Ada (50%)
Sensor cahaya	Tidak ada	Ada (3000 Lux – 7000 Lux)
Sensor ketinggian	Tidak ada	Ada (30 Cm – 40 Cm)
Alat produksi	Dehidrator sederhana	Sodium bicarbonate Dehydrator Mesin press spirulina Mikroskop

## 6. KESIMPULAN

Implementasi greenhouse dan kolam spirulina pada spirulina sudah sesuai dengan rancangan awal dan memberikan dampak yang signifikan kepada mitra. Greenhouse dan kolam spirulina ini juga telah berjalan dengan baik. Greenhouse dan kolam spirulina telah memiliki parameter lingkungan yang sesuai dengan pertumbuhan spirulina sehingga mampu meningkatkan produksi dan kualitas spirulina secara signifikan. Produk yang telah dihasilkan jauh lebih baik jika dibandingkan dengan sebelum adanya greenhouse. Pengetahuan mitra tentang budidaya kultur spirulina juga meningkat dengan adanya pelatihan yang sudah dilaksanakan. Adanya sistem IOT sangat membantu mitra karena dapat memonitoring kondisi kolam secara realtime juga dapat dimonitoring dari jarak jauh. Kegiatan PkM ini tentu saja masih jauh dari kata sempurna, salah satunya adalah kurangnya pelatihan tentang produksi pasca panen. Tim PkM terus melakukan pendampingan kepada mitra hingga produk spirulina dari mitra mampu menembus pasar nasional maupun internasional.

## 7. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada RISTEKBRIN melalui program UKM Indonesia Bangkit yang sudah mendanai pengabdian kepada masyarakat ini. Terima kasih kepada LPPM Universitas Widyagama atas bantuan dan supportnya. Terima kasih kepada mitra dan kolega atas kerjasama yang solid.

## 8. DAFTAR PUSTAKA

- [1] UN, "Report of the World Food Conference Rome, 5-16 November 1974," vol. 106, no. 5, pp. 2–70, 1975.
- [2] N. S. Mat Aron, K. S. Khoo, K. W. Chew, A. Veeramuthu, J. S. Chang, and P. L. Show, "Microalgae cultivation in wastewater and potential processing strategies using solvent and membrane separation technologies," *J. Water Process Eng.*, no. June, p. 101701, 2020.
- [3] R. A. Soni, K. Sudhakar, and R. S. Rana, "Spirulina – From growth to nutritional product: A review," *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 69, pp. 157–171, 2017.
- [4] W. Lu, M. A. Alam, W. Luo, and E. Asmatulu, "Integrating *Spirulina platensis*

- cultivation and aerobic composting exhaust for carbon mitigation and biomass production,” *Bioresour. Technol.*, vol. 271, pp. 59–65, 2019.
- [5] A. Kumari, V. Sharma, A. K. Pathak, and C. Guria, “Cultivation of *Spirulina platensis* using NPK-10:26:26 complex fertilizer and simulated flue gas in sintered disk chromatographic glass bubble column,” *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 2, no. 3, pp. 1859–1869, 2014.
- [6] Alliedmarketresearch, “Spirulina Market by Type (*Arthrospira Platensis* and *Arthrospira Maxima*), Application (Nutraceuticals, Cosmetics, Food & Beverages, Animal Feed, and Others), and Drug Formulation (Powder, Tablet & Capsule, Liquid, and Granule & Gelling Agent): Global Oppor,” <https://www.alliedmarketresearch.com/spirulina-market>, 2020. .
- [7] P. Suwandono, G. Priyandoko, R. Prihandarini, and A. Hardianto, “Pembibitan Mikroalga (*Spirulina*) Pada Ukm Di Daerah Urban,” *Conf. Innov. Appl. Sci. Technol.*, no. Ciastech, pp. 1231–1236, 2020.
- [8] C. S. de Jesus *et al.*, “Outdoor pilot-scale cultivation of *Spirulina* sp. LEB-18 in different geographic locations for evaluating its growth and chemical composition,” *Bioresour. Technol.*, vol. 256, no. December 2017, pp. 86–94, 2018.
- [9] J. Wang *et al.*, “Field study on attached cultivation of *Arthrospira* (*Spirulina*) with carbon dioxide as carbon source,” *Bioresour. Technol.*, vol. 283, no. February, pp. 270–276, 2019.
- [10] M. G. Morais, E. M. Radmann, M. R. Andrade, G. G. Teixeira, L. R. F. Bruschi, and J. A. V. Costa, “Pilot scale semicontinuous production of *Spirulina* biomass in southern Brazil,” *Aquaculture*, vol. 294, no. 1–2, pp. 60–64, 2009.
- [11] M. H. Ronaghi and A. Forouharfar, “A contextualized study of the usage of the Internet of things (IoTs) in smart farming in a typical Middle Eastern country within the context of Unified Theory of Acceptance and Use of Technology model (UTAUT),” *Technol. Soc.*, vol. 63, p. 101415, 2020.
- [12] C. Miranda, “Internet of things for smart farming and frost intelligent control in greenhouses,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 176, no. April 2019, p. 105614, 2020.
- [13] A. Çelekli, Z. A. Alslibi, and H. üseyin Bozkurt, “Influence of incorporated *Spirulina platensis* on the growth of microflora and physicochemical properties of ayran as a functional food,” *Algal Res.*, vol. 44, no. October, p. 101710, 2019.