

SISTEM AKUAPONIK CERDAS BERTENAGA SURYA UNTUK KETAHANAN PANGAN MANDIRI

Naufal Al-Fattah Erdiansyah¹, Dimas Andriya², Muhammad Irfan³, Hanifadinna⁴

Institut Teknologi Sains Bandung¹²³⁴, Kota Deltamas Lot-A1 CBD, Jl. Ganesha Boulevard No.1, Pasirranji, Kec. Cikarang Pusat, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat 17530
naufalalfattahe@gmail.com¹, dimasandriya8@gmail.com², irfanbunadi@gmail.com³, hanifadinna@itsb.ac.id⁴

Abstrak— Dewasa ini permasalahan lahan untuk bercocok tanam menjadi hal krusial karena dampaknya terhadap kebutuhan pangan. Di Indonesia sendiri lahan sudah banyak yang menurun kualitasnya sehingga membuat lahan yang ada menjadi terbengkalai dan kurang produktif. Hal ini tentu akan menjadi penghambat pembangunan terutama dibidang pertanian, ditambah lagi dengan kecepatan pertumbuhan penduduk yang sangat sulit untuk dikendalikan sehingga semakin sempitnya lahan untuk pertanian karena kebutuhan lahan untuk pemukiman terus bertambah. Kondisi ini dapat menyebabkan kekurangan pangan di Indonesia karena tidak bisa menjamin pasokan pangan untuk memenuhi kebutuhan seluruh penduduk. Di samping itu, penggunaan energi di Indonesia terus meningkat juga sejalan dengan pertumbuhan penduduk. Peningkatan kebutuhan energi di Indonesia dapat dilihat dari pengeksploitasi yang berlebihan terhadap bahan bakar fosil. Sedangkan, ketersediaannya terus mengalami pengurangan dan proses alam memerlukan waktu yang sangat lama untuk dapat menyediakannya lagi. Sementara itu, energi listrik masih mengandalkan bahan bakar fosil sebagai sumber utamanya. Berdasarkan permasalahan tersebut, solusi melalui penelitian ini adalah dilakukannya perancangan sistem akuaponik cerdas bertenaga surya. Akuaponik bertenaga surya menjadi solusi inovatif untuk mengatasi masalah lahan dan energi. Teknologi akuaponik ini dirancang dengan mengkombinasikan antara panel surya dan *Internet of Things* (IoT) sebagai pengontrol pompa otomatis dan lampu. Listrik yang dihasilkan oleh panel surya dipakai untuk sumber daya pompa serta lampu. Data yang diterima akan dikirim melalui aplikasi yang dirancang menggunakan MIT App Inventor dan dapat dipantau melalui ponsel pintar berbasis android. Teknik akuaponik yang dipakai adalah *Deep Flow Technique* (DFT) dengan menggenangkan air dalam pipa PVC. Pengujian yang dilakukan terhadap NodeMCU dan cepatnya reaksi aplikasi adalah 3 detik, dan hasil dari pengujian panel surya dan daya yang dihasilkan adalah dalam satu hari dapat digunakan untuk menyalakan pompa dan lampu selama 8,3 jam.

Kata kunci — Akuaponik, Energi surya, Lahan sempit, Penyedia pangan

Abstract— Today the issue of land for farming is crucial because of its impact on food needs. In Indonesia itself, a lot of land has decreased in quality so that the existing land has become neglected and less productive. This will certainly become an obstacle to development, especially in the agricultural sector, coupled with the speed of population growth which is very difficult to control so that land for agriculture is increasingly narrow because the need for land for settlements continues to grow. This condition can cause food shortages in Indonesia because it cannot guarantee food supplies to meet the needs of the entire population. In addition, energy use in Indonesia continues to increase in line with population growth. The increase in energy demand in Indonesia can be seen from the excessive exploitation of fossil fuels. Meanwhile, its availability continues to experience reduction and natural processes require a very long time to be able to provide it again. Meanwhile, electrical energy still relies on fossil fuels as its main source. Based on these problems, the solution through this research is to design a smart solar-powered aquaponic system. Solar-powered aquaponics is an innovative solution to land and energy problems. This aquaponic technology is designed by combining solar panels and the Internet of Things (IoT) as automatic pump controllers and lights. The electricity generated by solar panels is used to power pumps and lights. The received data will be sent through an application designed using the MIT App Inventor and can be monitored via an Android-based smartphone. The aquaponics technique used is the Deep Flow Technique (DFT) by pooling water in a PVC pipe. Tests conducted on NodeMCU and the speed of the application reaction is 3 seconds, and the results of testing solar panels and the power generated is that in one day it can be used to turn on pumps and lights for 8,3 hours.

Keywords — Aquaponics, Food provider, Narrow field, Solar energy

I. PENDAHULUAN

Produktivitas pertanian menjadi salah satu indikator yang terus diperhatikan pada proses pengembangan untuk mendukung serta mewujudkan tercapainya ketahanan pangan mandiri di Indonesia. Secara teori peningkatan kualitas pengaruh luas lahan serta teknologi menjadi faktor yang mendukung tercapainya ketahanan pangan. Saat ini, kualitas lahan telah mengalami penurunan akibat dari pesatnya laju pertumbuhan penduduk yang mengakibatkan alih fungsi lahan menjadi meningkat. Dari total luas lahan pertanian seluas 70 juta Ha, lahan yang efektif hanya 45 juta Ha. Luas lahan pertanian cenderung menurun sebagai akibat alih fungsi lahan pertanian menjadi non pertanian yang mencapai 50-70 ribu Ha per tahun sehingga menyebabkan penurunan kualitas dan produktifitas pada lahan [1].

Peningkatan laju pengalihan fungsi lahan pertanian menjadi non pertanian seiring diikuti dengan peningkatan jumlah penduduk. Peningkatan jumlah penduduk Indonesia sampai tahun 2020 diperkirakan meningkat sebesar 271.066.400 jiwa dan mengalami peningkatan menjadi 275,77 juta jiwa sampai pertengahan 2022 [2]. Peningkatan yang terus terjadi menyebabkan kebutuhan akan lahan meningkat sehingga mengakibatkan lahan pertanian semakin berkurang dan berdampak negatif pada kegiatan pertanian. Menurutnya hasil produksi dan hilangnya mata pencarian petani menjadi suatu permasalahan yang akan terjadi sehingga dapat meningkatkan angka pengangguran di Indonesia. Dampak lain yang dapat terjadi akibat dari peningkatan laju pertumbuhan adalah peningkatan akan kebutuhan pangan dan sandang yang semakin tinggi.

Ketahanan pangan menjadi faktor yang sangat penting dan harus terus diperhatikan untuk memenuhi kebutuhan pangan serta mengatasi terjadinya krisis pangan yang terjadi. Dalam jangka pendek, pemenuhan kebutuhan pangan sering dipenuhi melalui impor pangan dari olahan maupun semioolahan dengan ekspor pangannya Pada tahun 2013 mencapai USD5,705 miliar dan impor mencapai USD7,326 miliar, sehingga menghasilkan defisit yang terjadi mencapai

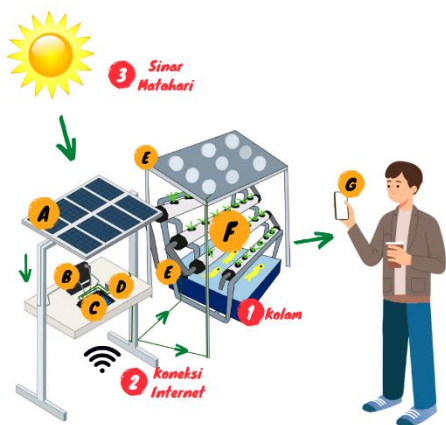
USD1,620 miliar [3]. Tingginya angka jumlah pangan yang diimpor mencerminkan tingkat ketergantungan terhadap luar negeri yang akan berdampak terhadap terjadinya peningkatan angka kelaparan serta kekurangan ketersediaan gizi yang disebabkan karena ketidakmampuan negara dalam memenuhi kebutuhan pangan yang diiringi dengan laju pertumbuhan penduduk yang terus meningkat.

Seiring dengan peningkatan penduduk maka akan diikuti dengan peningkatan kebutuhan energi. Kebutuhan energi yang besar mengakibatkan terjadinya peningkatan eksploitasi sumber energi fosil yang dipakai sebagai bahan bakar utama pembangkit listrik sehingga dibutuhkan energi yang berasal dari potensi alam seperti energi matahari yang dikonversikan menjadi energi listrik dengan bantuan peralatan sistem seperti panel surya yang dapat menghemat energi sebesar 30,54 kWh atau 13,76% dari total energi listrik. Perancangan panel surya saat ini banyak dikembangkan dengan media teknologi yang berbasis *Internet of Things* (IoT) yang saat ini menjadi salah satu wujud dari rencana making indonesia 4.0.

Penelitian ini mengusulkan sistem akuaponik sebagai sistem budidaya yang bersimbiosis mutualisme dengan menggunakan sistem cerdas yang terintegrasi dengan IoT melalui *microcontroller* NodeMCU Module ESP8266 yang terhubung dengan *relay* sebagai sistem pengontrolan parameter menggunakan aplikasi serta bertenaga surya untuk menghemat daya untuk menghidupkan pompa air dan lampu di sistem akuaponik tanpa mengurangi kualitas air kolam pada sistem akuaponik. Sehingga limbah air tidak hanya dibuang tetapi dimanfaatkan sebagai nutrisi tanaman hidroponik. Penelitian ini diharapkan mampu dijadikan sebagai solusi efektif dalam menghadapi tantangan ketahanan pangan melalui peningkatan hasil produktivitas pertanian dan ikan yang baik serta sehat bagi tubuh dengan memperhatikan kondisi lahan yang semakin sempit dan penurunan tingkat ketersediaan energi yang terus terjadi.

II. METODE PENELITIAN

Pada perancangan komponen elektronik untuk alat pengendali akuaponik cerdas bertenaga surya ini dipasang menjadi perangkat dan dirangkai menjadi satu sistem perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*) yang digunakan sebagai kontrol alat berbasis *Internet of Things* dibuat dengan menggunakan bantuan web developer MIT App Inventor. Adapun keseluruhan alur kerja sistem seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Alur kerja sistem akuaponik cerdas

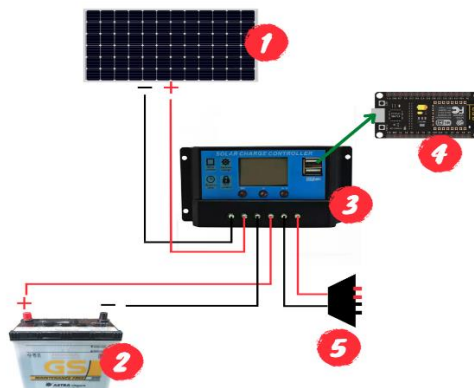
Penjelasan dari sistem akuaponik cerdas bertenaga surya yang ditunjukkan oleh gambar 1 diatas adalah :

- Solar panel 50 Wp (*Watt-peak*) sebagai sumber energi penghasil listrik bertenaga surya
- Energi yang dihasilkan Solar panel akan disimpan kedalam aki atau baterai 12V 18Ah yang akan digunakan untuk menghidupkan rangkaian akuaponik.
- Energi yang disimpan di dalam aki dikontrol oleh *solar charge controller* untuk mengatur energi yang akan didistribusikan.
- Selanjutnya setelah mendapatkan daya dari aki maka *microcontroller* NodeMCU Module ESP8266 akan aktif dan terkoneksi dengan internet lalu rangkaian relay berfungsi untuk mengeksekusi perintah yang telah di program pada NodeMCU Module ESP8266.
- Energi yang disalurkan dari *relay* yang telah diprogram akan menghidup matikan pompa dan lampu pada akuaponik

- Untuk sistem akuaponik dirancang dengan menggunakan model *Deep Flow Technique* (DFT). Sistem DFT adalah sistem penanaman yang memanfaatkan aliran air sebagai penyalur nutrisi
- Aplikasi yang dibuat menggunakan MIT App Inventor digunakan untuk mengontrol hidup matinya lampu serta pompa.

A. Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Perangkat keras untuk perancangan alat sistem pembangkit listrik tenaga surya terdiri dari beberapa komponen yaitu: (1) Solar Panel 50 Watt-peak (2) Baterai aki 12V 18Ah (3) *Solar Charge Controller* (4) NodeMCU Module ESP8266 (5) Output penyearah. Seperti gambar rangkaian dibawah ini:

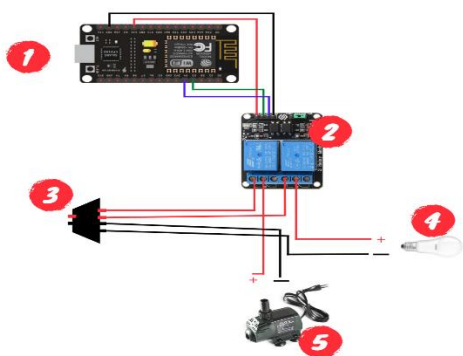


Gambar 2. Sistem PLTS

Sel surya pada dasarnya adalah suatu elemen aktif yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Sel surya merupakan suatu *p-n junction* dari dalam kristal tunggal. Dengan menggunakan *photo-electric* efek dari bahan semikonduktor, sel surya dapat langsung mengkonversi sinar matahari menjadi arus listrik searah (*Direct Current*). *Solar cells panel* mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik dan energi yang dihasilkan *solar cells panel* digunakan untuk mengisi baterai agar dapat dimanfaatkan.

B. Perancangan Rangkaian Cerdas Dengan NodeMCU ESP8266

Pada bagian perancangan rangkaian cerdas ESP8266 yang berbasis *Internet of Things* terdapat beberapa komponen diantaranya yaitu: (1) NodeMCU ESP8266 (2) *Relay 2 Channel* (3) Penyearah (4) Lampu (5) Pompa Submersibel. Dapat dilihat seperti gambar dibawah ini :



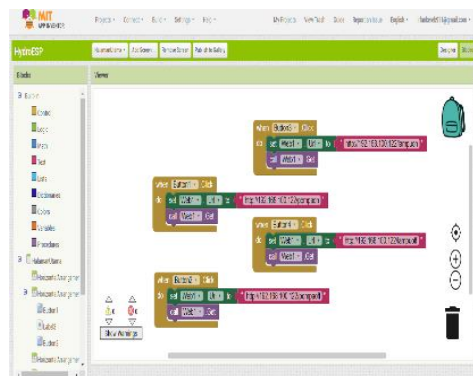
Gambar 3. Rangkaian NodeMCU ESP8266

Keterangan: (1) NodeMCU ESP8266 sebagai otak atau mikrokontroler (2) Relay berfungsi sebagai pemutus dan penyambung arus pada rangkaian (3) LED sebagai output untuk menerangkan rangkaian dari akuaponik cerdas bertenaga surya (4) Pompa submersibel digunakan untuk mengalir air pada rangkaian akuaponik dan menjaga agar air pada rangkaian akuaponik tetap mengalir. (5) Dilakukan pengkabelan sesuai dengan kebutuhan rangkaian tersebut [4].

C. Perancangan Dan Pembuatan Aplikasi

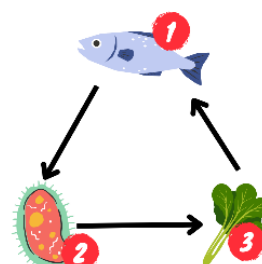
HydroEsp adalah aplikasi *android* yang dibuat dan digunakan untuk mengontrol rangkaian pada akuaponik cerdas dari jarak jauh. Untuk pembuatan aplikasi HydroEsp ini dibantu dengan program MIT (Massachusetts Institute of Technology) App Inventor merupakan tempat untuk memudahkan proses pembuatan aplikasi sederhana tanpa harus mempelajari atau menggunakan ahasa pemrograman yang terlalu banyak, user dapat menciptakan aplikasi android hanya dengan melakukan penarikan drag and drop block pemrograman pada MIT App Inventor.

Untuk aplikasi HydroEsp yang sudah dibuat ini pengguna dapat mengontrol akuaponik untuk menghidupkan maupun mematikan Pompa dan lampu menggunakan *Smartphone*. Berikut tampilan aplikasi dan blok pemrograman menggunakan MIT App Inventor:



Gambar 4. Blok aplikasi

D. Siklus Akuaponik

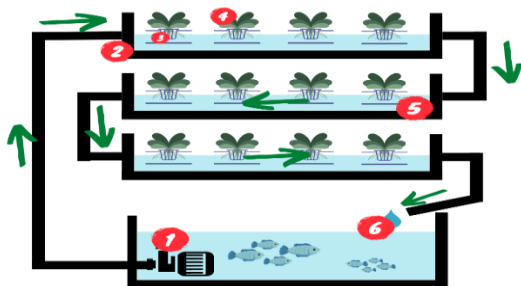


Gambar 5. Siklus Akuaponik

Pada sistem akuaponik dikenal dengan sistem Nitrogen. Siklus ini dimulai dari (1) Kotoran ikan, kotoran ikan mengandung ammonia dan akan diurai secara alami oleh (2) Bakteri yang ada di dalam air kolam menjadi nitrat yang berfungsi sebagai pupuk bagi (3) Tanaman [5].

E. Perancangan Sistem Akuaponik DFT

Akuaponik adalah kombinasi akuakultur dan hidroponik yang bertujuan untuk memelihara ikan dan tanaman dalam satu sistem yang saling terhubung. Sistem akuaponik cerdas bertenaga surya ini menggunakan metode DFT dalam penerapannya. sistem DFT adalah sistem penanaman yang memanfaatkan aliran air sebagai penyalur nutrisi. Air dialirkan dengan ketinggian kurang lebih sekitar 4-6 cm sehingga akan memudahkan tanaman untuk menyerap nutrisi yang berada dalam air dan pipa pada akuaponik tetap tergenang air meskipun dalam keadaan pompa mati [6]. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 6. Sistem akuaponik DFT

Berikut penjelasan dari rangkaian sistem akuaponik DFT:

- (1) Pompa Submersibel menghisap air dan mengalirkannya menuju pipa
- (2) Pipa mengaliri air masuk menuju rangkaian akuaponik
- (3) Net pot akuaponik sebagai wadah untuk tanaman.
- (4) Tanaman akuaponik yang digunakan mulai dari kangkung pakcoy dan bayam
- (5) Aliran yang mengalir pada sistem akuaponik DFT mempunyai genangan air 4-6 cm
- (6) Sirkulasi air keluaran dari sistem akuaponik secara kontinu

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sistem

Pengujian sistem ini bertujuan untuk menentukan kesesuaian sistem dengan program yang telah di buat sesuai dengan penggunaan sistem yang diinginkan tanpa menyebabkan error pada program NodeMCU ESP8266 pada mikrokontroler node mcu. Data yang dihasilkan akan menjadi bahan acuan untuk membuat sistem yang sebenarnya dan untuk capaian dalam penelitian.

1. A.1 Pengujian NodeMCU ESP8266 Terhadap Aplikasi

Pengujian NodeMCU terhadap aplikasi HydroEsp berbasis MIT App Inventor dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui saat Node Mcu tersambung dengan MIT APP Invento server dan aplikasi HydroEsp di *smartphone* melalui internet. Proses waktu lamanya penyambungan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti daerah tempat tinggal, faktor cuaca dan faktor kekuatan sinyal. Pengujian lama penyambungan ini dilakukan untuk mengetahui seberapa efektif aplikasi dalam penggunaannya.

Tabel 1. Pengujian waktu penyambungan aplikasi

Pengujian	Lama tersambung	Kesimpulan
Nodemcu ke server MIT APP Inventor	3-10 detik	Berhasil
Nodemcu ke server MIT APP Inventor Ketika dalam kendala jaringan dan faktor cuaca	11-15 detik	Berhasil tetapi memerlukan waktu yang cukup lama

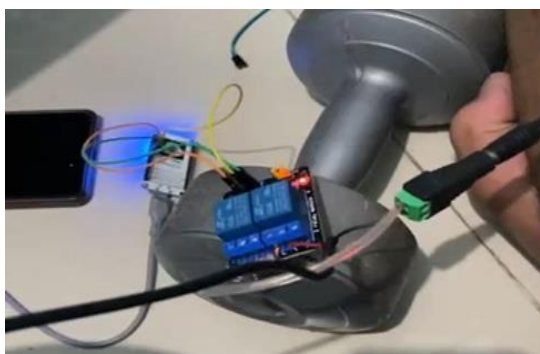
2. A.2 Pengujian Relay Pada Sistem Akuaponik

Pengujian *relay* yang terhubung dengan mikrokontroler ini dilakukan untuk mengetahui waktu lamanya relay menerima data dari node mcu yang dikendalikan oleh aplikasi hydro esp berbasis MIT App Inventor sebagai switch dalam menghidupkan lampu dan pompa pada sistem. Pengiriman data ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti faktor cuaca, kekuatan sinyal, kerusakan pada komponen relay, serta kondisi tempat tinggal.

Tabel 2. Pengujian keberhasilan relay

Pengujian	Aplikasi HydroEsp	Pengiriman data	Kesimpulan
Pompa	Switch ON Button Pompa	3 detik	Berhasil
	Switch OFF Button Pompa	3 detik	Berhasil
Lampu	Switch ON button Lampu	2 detik	Berhasil
	Switch OFF	2 detik	Berhasil

	button Lampu		
--	--------------	--	--



Gambar 7. Pengujian relay

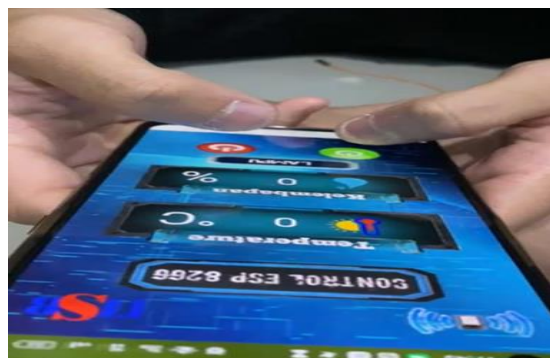
3. *A.3 Pengujian Aplikasi*

Pengujian aplikasi dapat dilihat dari respon yang ada. Berikut adalah tabel data pengujian aplikasi:

Tabel 3. Pengujian aplikasi

Nama pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil pengujian
Tampilan awal/ loading	Saat user membuka sistem, sistem menampilkan halaman utama	Berhasil
Tampilan menu utama	sistem akan menampilkan halaman menu pilihan yang terdiri dari tombol ON\OFF pompa dan lampu	Berhasil
Tampilan fitur	Saat user menekan	Berhasil

tombol	tombol On\Off pada fitur pompa maupun lampu sistem akan langsung mengaktifkan nodeMcu yang terhubung dengan relay untuk melakukan perintah yang diinginkan	
--------	--	--

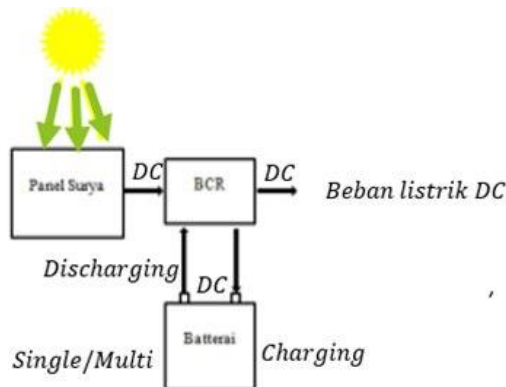


Gambar 8. Aplikasi HydroEsp

B. Analisis Kebutuhan Daya Pada Sistem

4. *B.1 Analisis Kebutuhan Daya Listrik*

Kebutuhan daya listrik pada listrik yang digunakan pada instalasi aquaponik ini diperoleh dari instalasi listrik panel surya. Berikut single line diagram dari sistem instalasi:



Gambar 9. Analisis kebutuhan daya listrik

Intensitas radiasi matahari ditangkap oleh panel surya yang terbuat dari material semikonduktor. Semikonduktor terkena radiasi matahari akan menimbulkan tegangan listrik. Listrik yang dihasilkan adalah listrik arus searah/*Direct Current* (DC).

5. *B.2 Analisis Daya Yang Dihasilkan Dari Panel Surya*

Untuk instalasi akuaponik ini menggunakan listrik panel surya berkapasitas 50 Wp dengan spesifikasi daya listrik.

$$P = 50 \text{ Wp} \times 5 \text{ jam/hari} = 250 \text{ Watt/hari} \quad (1)$$

Pada prakteknya daya lampu yang dapat digunakan adalah 80%, sehingga daya yang dapat diteruskan ke baterai adalah 80% x 250 Watt/hari = 200Watt/hari

6. *B.3 Analisis Daya Yang Ditampung Pada Baterai*

Adapun untuk batere yang digunakan memiliki kemampuan menampung daya 12V 18 A. Daya yang dapat ditampung oleh batere adalah:

$$P = V.I = 12 \times 18 = 216 \text{ A} = 216 \text{ Watt} \quad (2)$$

7. *B.3 Analisis Kebutuhan Daya Pada Pompa Dan Lampu*

Kebutuhan daya untuk pompa dan lampu:

$$\begin{aligned} \text{Pompa} &= 12 \text{ V} \times 1 \text{ A} = 12 \text{ Watt} \\ \text{Lampu} &= 12 \text{ V} \times 1 \text{ A} = 12 \text{ Watt} \\ \text{Total kebutuhan} &\text{ adalah } 24 \text{ Watt} \end{aligned} \quad (3)$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka, dalam 1 hari dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan daya sebesar: 200 Watt/hari / 24 Watt = 8,3 jam/hari

Apabila lampu UV tidak digunakan maka dapat dimanfaatkan untuk menghidupkan pompa selama 200 Watt/hari / 12 Watt= 16,7 jam/hari.

Listrik yang dihasilkan ini dikontrol oleh alat pengontrol BCR yang berfungsi untuk mengatur apakah listrik dialirkan langsung dari panel surya ke beban atau untuk mengisi baterai 12 Volt. Beban listrik pada akuaponik ini adalah pompa sirkulasi air dan lampu-lampu penerangan serta peralatan pengirim sinyal sebesar 12 Volt, Arus beban listrik 1 Ampere, Daya yang digunakan 12 Watt.

C. *Analisis Pertumbuhan Tanaman Dan Ekosistem Air*

Tanaman pada sistem mengalami pertumbuhan yang cenderung baik. Pertumbuhan tunas bibit seperti kangkung mengalami pertumbuhan sekitar ±2 hari dengan penanaman serta perawatan yang terus dilakukan melalui pemanfaatan sistem sirkulasi. Pertumbuhan tinggi tanaman seperti kangkung dalam akuaponik dapat mencapai 2,51 cm/tiga hari sedangkan pada tanaman kangkung yang tidak menggunakan akuaponik hanya 1,30 cm/tiga hari. Selain itu, Kolam ikan yang dimanfaatkan dengan sistem akuaponik juga menunjukkan kualitas air yang tidak terlalu mencolok, Media tanaman pada sistem ini dijadikan sebagai filter dalam membantu menjaga kesehatan ikan yang hidup di dalamnya.



Gambar 10. Pertumbuhan tanaman

D. *Tingkat Keefektifan Sistem Akuaponik*

Nilai keefektifan akuaponik yang dirangkai didapat melalui kegiatan wawancara yang dilakukan dengan petani yang sebelumnya masih menggunakan cara-cara yang konvensional dalam melakukan budidaya tanaman hortikultur. Dalam kegiatan wawancara yang dilakukan, petani menyampaikan bahwa sistem akuaponik yang dirangkai memiliki manfaat yang sangat banyak

dikarenakan energi yang dihasilkan merupakan energi gratis dari sumber daya alam dan pada sistem akuaponik ini terjadi proses sirkulasi antara budidaya ikan dan tanaman dengan sisa kotoran ikan akan dijadikan sebagai nutrisi untuk tanaman dan air yang dihasilkan dari sistem sirkulasi ini menghasilkan kualitas air yang baik.

Petani juga memberikan nilai keefektifan dari sistem akuaponik dengan nilai 10 dengan range diantara 1-10. Dari inovasi ini petani ingin lebih menggalakkan untuk membuat sistem akuaponik dengan skala besar dan akan mencoba untuk memperkenalkan kepada masyarakat nantinya.



Gambar 11. Pengenalan dan penelitian sistem akuaponik kepada masyarakat

IV. KESIMPULAN

Sistem yang dikembangkan pada penelitian ini merupakan sistem gabungan antara sistem cerdas bertenaga surya dengan akuaponik yang memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) sebagai sistem pengontrolan parameter jarak jauh yang tergabung didalam satu perangkat aplikasi yang terintegrasi melalui *smartphone*. Sistem ini juga dilengkapi dengan komponen elektronika seperti pompa dan lampu yang menjadi komponen utama dalam proses sirkulasi yang berlangsung. Secara keseluruhan sistem ini dapat berfungsi dengan baik dan sudah dilakukannya beberapa pengujian sistem yang berpengaruh pada keefektifan kinerja sistem seperti pengujian aplikasi, pengujian NodeMCU terhadap aplikasi, dan pengujian *relay* pada sistem, sehingga sistem yang dikembangkan dapat bermanfaat dan memiliki keefektifan yang tinggi.

Hasil pengujian keefektifan pada sistem menunjukkan bahwa mikrokontroler NodeMCU dapat tersambung dengan aplikasi HydroEsp dengan waktu yang cenderung cepat

sekitar 3-10 detik, selain itu keefektifan dari sistem juga ditunjukkan melalui pengujian yang dilakukan antara *relay* dengan aplikasi yang menghasilkan data bahwa *relay* dapat menerima sinyal dari NodeMCU dengan waktu yang cenderung cepat berkisar antara 2 sampai 3 detik untuk setiap fitur pengontrol pada aplikasi. Pengujian aplikasi juga dilakukan untuk menghindari adanya error pada aplikasi dan hasil dari pengujiannya adalah setiap fitur pada aplikasi dapat berjalan dengan baik. Keefektifan sistem ini memiliki dampak yang sangat positif dalam pengendali parameter yang mempengaruhi tingkat hasil produktivitas dengan memperhatikan kondisi lahan dan ketersediaan energi.

Namun pada sistem ini belum dilengkapi dengan menggunakan sensor yang realtime seperti sensor temperatur, kelembapan dan sensor pakan ikan sehingga dalam penelitian selanjutnya diharapkan sistem ini dapat dikembangkan lagi agar dapat meningkatkan efisiensi pengolahan akuaponik dan pemanfaatan lahan sempit guna menghadapi ancaman krisis pangan.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Mulyani and A. Fahmuddin, "Kebutuhan Dan Ketersediaan Lahan Cadangan Untuk Mewujudkan Cita-Cita Indonesia Sebagai Lumbung Pangan Dunia Tahun 2045," *Analisis Kebijakan Pertanian*, vol. XV, no. 1, p. 3, 2017.
- [2] B. P. Statistik, "BADAN PUSAT STATISTIK," 6 Juli 2022. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/indicator/12/1975/1/jumlah-penduduk-pertengahan-tahun.html>. [Accessed 26 November 2022].
- [3] L. Adam, "Kinerja Ekonomi Pangan Nasional : Dinamika Dan Reformulasi Kebijakan," *Jurnal Ekonomi & Kebijakan Publik*, vol. V, no. 2, pp. 173-174, 2014.
- [4] L. H. Pratopo and A. Thoriq, "Produksi Tanaman Kangkung dan Ikan Lele dengan Sistem Akuaponik," *PASPALUM : Jurnal Ilmiah Pertanian*, vol. IX, no. 1, p. 69, 2021.
- [5] A. Burlian, Y. Rahmanto, S. Samsugi and A. Sucipto, "Sistem Kendali Otomatis Pada Akuaponik Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO R3," *JTST*, vol. II, no. 2, p. 3, 2021.
- [6] F. Rozie, I. Syarif, M. U. Harun and E. Satriyanto, "Sistem Akuaponik Untuk Peternakan Lele Dan Tanaman Kangkung Hidroponik Berbasis IOT Dan Sistem Inferensi Fuzzy," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. VIII, no. 1, p. 160, 2021