

RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM *AQUAPONIC* DENGAN PEMANFAATAN ENERGI SURYA DAN SENSOR pH BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)

Oleh :

Arif Sofyan Effendi¹⁾ Didik Notosudjono²⁾ Bloko Budi Rijadi³⁾

Abstrak

Sistem aquaponic dapat digunakan sebagai salah satu metode untuk pemanfaatan lahan yang terbatas karena pada saat ini ketersediaan lahan termasuk lahan untuk sektor penghasil pangan semakin berkurang seiring dengan kepadatan penduduk yang meningkat. Metode *aquaponic* ini menjadi alternatif untuk menggabungkan dua jenis budidaya yaitu tanaman dan memelihara ikan dalam satu wadah secara bersamaan. Tentu metode ini sangat bagus digunakan karena dapat menghasilkan dua budidaya sekaligus, hemat akan lahan dan hemat air karena air yang digunakan untuk menanam sama dengan air yang dipakai untuk memelihara ikan. Rancang bangun prototipe sistem aquaponic dengan pemanfaatan energi surya dan sensor pH berbasis *Internet of things* ini bekerja untuk mencegah pH meter dan suhu agar stabil, yang disebabkan oleh pH meter air yang berlebihan dan kekurangan ketika asam dan basa nya berlebih atau kurang. Dalam Rancang Bangun Prototipe Sistem *Aquaponic* Dengan Pemanfaatan Energi Surya Dan Sensor pH Berbasis *Internet Of Things* (Iot) dirancang dan direalisasikan dengan menggunakan *Mikrokontroler* ESP6288. *Mikrokontroler* ini dipilih karena kemudahan penggunaannya dan kelengkapan jumlah pin yang tinggi, serta kemampuannya untuk terhubung dengan Internet. Selanjutnya, digunakan *web server* sebagai antarmuka yang dapat diakses melalui smartphone atau platform lainnya. Pada prototipe ini, sistem dapat beroperasi selama 2 jam 16 menit menggunakan baterai VRLA *deep cycle* 12 Volt berkapasitas 7Ah, dengan bantuan pembangkit listrik tenaga surya berkapasitas 20WP. Dari hasil pengujian alat yang telah dilakukan, diperoleh data daya yang dihasilkan spesifikasi modul surya yang digunakan memiliki jenis *Polycrystalline* dengan spesifikasi V_{mp} 18 Volt, I_{mp} 1,28 Ampere, P_{max} 20 Wp, Intensitas radiasi 1.000W/m², Temperatur nominal 25°C dengan jumlah 1 (Satu) buah yang dihubungkan kedalam alat sebagai sumber tegangan dapat *charge* baterai yang berkapasitas 7Ah 12 VDC (DOD 75%) dari keadaan kosong sampai menjadi full membutuhkan waktu sekitar 7 jam 17 menit. Mampu menghidupkan Lampu, Pompa air, kipas Dc dan *mikrokontroler* selama 2 jam 18 menit.

Kata Kunci: *PLTS, pH, Sistem Aquaponic, Suhu.*

Abstract

Aquaponic systems can be used as a method for limited land use because at this time the availability of land including land for the food producing sector is decreasing along with increasing population density. This aquaponic method is an alternative to combining two types of cultivation, namely plants and raising fish in one container simultaneously. Of course this method is very good to use because it can produce two aquaculture at once, save land and save water because the water used to plant is the same as the water used to raise fish. Design a prototype aquaponic system with the use of solar energy and pH sensors based on the Internet of things works to prevent pH meters and temperatures from stabilizing, which is caused by excessive pH water meters and deficiencies when the acid and base are excess or less. In designing a prototype aquaponic system with solar energy utilization and ph-based sensors The Internet Of Things (IoT) is designed and realized using ESP6288 Mycocontrollers. This microcontroller was chosen because of its ease of use and high completeness of the number of pins, as well as its ability to connect to the Internet. Furthermore, a web server is used as an interface that can

be accessed via a smartphone or other platform. In this prototype, the system can operate for 2 hours and 16 minutes using a 12Volt deep cycle VRLA battery with a capacity of 7Ah, with the help of a solar power plant with a capacity of 20WP. From the results of the equipment tests that have been carried out, obtained power data produced by the specifications of the solar module used has a Polycrystalline type with specifications V_{mp} 18 Volt, I_{mp} 1.28 Ampere, P_{max} 20 Wp, radiation intensity 1,000W/m², nominal temperature 25 °C with a total of 1 (One) piece connected to the device as a voltage source can charge a battery with a capacity of 7Ah 12 VDC (DOD 75%) from empty to empty Full takes about 7 hours 17 minutes. Able to turn on lights, water pumps, Dc fans and microcontrollers for 2 hours 18 minutes.

Keywords: PLTS, Aquaponic System, Temperature, pH

1. PENDAHULUAN

Daya listrik merupakan suatu hal yang sangat Sistem aquaponic dapat digunakan sebagai salah satu metode untuk pemanfaatan lahan yang terbatas karena pada saat ini ketersediaan lahan termasuk lahan untuk sektor penghasil pangan semakin berkurang seiring dengan kepadatan penduduk yang meningkat. Kepadatan penduduk yang meningkat menyebabkan kebutuhan pangan masyarakat juga tinggi. Kebutuhan pangan yang tinggi harus diiringi oleh ketersediaan lahan yang memadai agar hasil produksi dapat mencukupi kebutuhan yang ada. Metode *aquaponic* ini menjadi alternatif untuk menggabungkan dua jenis budidaya yaitu tanaman dan memelihara ikan dalam satu wadah secara bersamaan. Tentu metode ini sangat bagus digunakan karena dapat menghasilkan dua budidaya sekaligus, hemat akan lahan dan hemat air karena air yang digunakan untuk menanam sama dengan air yang dipakai untuk memelihara ikan.

Salah satu kelemahan dari sistem *aquaponic* adalah sangat tergantung pada listrik untuk menggerakkan pompa air pada proses sirkulasi air. Bila tidak terjadi sirkulasi akan menyebabkan kualitas air buruk dan menaikkan tingkat keasaman air, sehingga berakibat pada kematian ikan. Oleh karena itu, kadar keasamaan (pH) air merupakan salah satu parameter kunci yang harus selalu dipantau dalam sistem *aquaponic*. [1]

II. METODE PENELITIAN

2.1 Aquaponik

Aquaponic berasal dari *aqua culture* dan *hydroponics*, yang berarti budidaya perairan (dalam hal ini perikanan) dan *hydroponics*, yang berarti pertanian (sayuran, buah-buahan,

herbal) yang menggunakan air dalam pelaksanaannya (tanpa media tanah). Di dalam *aquaponic*, nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman dipenuhi oleh ikan (kotaran hasil pencernaan makanan), sedangkan ikan mendapatkan nutrisi dari pakan ikan. Tentu akan sangat baik jika sebagian dari tanaman dapat digunakan untuk pakan ikan, sehingga akan terbentuk ekosistem. Kotoran ikan (amoniak) tidak dapat langsung dimanfaatkan sebagai nutrisi oleh tumbuhan, namun terlebih dulu amoniak tersebut dikonversi menjadi nitrit oleh bakteri *nitrosomonas*, dan nitrit dikonversi menjadi nitrat yang merupakan nutrisi bagi tanaman oleh bakteri *nitrobakter*. Jadi kotoran ikan diuraikan oleh mikroba/bakteri dan diserap oleh ikan, sehingga air tetap sehat untuk ikan karena telah *discring* oleh *microbe* dan tanaman. *Aquaponic* melibatkan ikan, tanaman dan mikroba, yang membutuhkan kondisi tertentu agar bisa bersinergi dengan baik, oleh karena itu air yang menjadi tempat bagi semua unsur *aquaponic* ini harus selalu dijaga agar dalam kondisi optimal (pH, suhu, kadar amoniak, nitrit dan nitrat). [2]

2.2 Tanaman Kangkung

Tanaman kangkung (*Ipomoea reptans*) merupakan salah satu jenis tanaman sayur daun. Daunnya digemari seluruh lapisan masyarakat Indonesia karena rasanya enak segar. Tanaman ini memiliki nilai ekonomi tinggi karena banyak dibutuhkan oleh ibu-ibu rumah tangga untuk dijadikan masakan seperti tumis kangkung dan masakan-masakan lainnya. Selain itu, kangkung banyak mengandung vitamin A dan mineral serta unsur gizi lainnya yang berguna bagi kesehatan tubuh beda. [3]

2.3 Ikan Lele

Lele atau ikan keli, adalah suatu keluarga ikan yang hidup di air tawar. Lele mudah dikenali karena tubuhnya yang licin, agak pipih memanjang, serta memiliki “kumis” yang Panjang, yang mencuat dari sekitar bagian mulutnya. Ikan lele merupakan salah satu jenis ikan yang digemari sebagian besar masyarakat Indonesia karena rasanya yang gurih dan kandungan gizinya yang baik untuk Kesehatan.[4]

2.5 PLTS

PLTS Pembangkit listrik tenaga surya adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Pembangkitan listrik bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung menggunakan *fotovoltaik* dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya. *Fotovoltaik* mengubah secara langsung energi cahaya menjadi listrik menggunakan efek *fotoelektrik*. Pemusatan energi surya menggunakan sistem lensa atau cermin dikombinasikan dengan sistem pelacak untuk memfokuskan energimatahari ke satu titik untuk menggerakkan mesin kalor.[5]

2.6 Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang bertujuan untuk memperluas *konektivitas* jaringan internet dengan menghubungkan mesin, peralatan, dan objek fisik lainnya dengan sensor dan aktuator jaringan untuk mengumpulkan data dan melakukan proses secara *otomatis*. Konsep ini juga bertujuan untuk menciptakan integrasi antar alat ataupun mesin. [6][7]

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancang bangun prototipe sistem *aquaponic* dengan pemanfaatan energi surya dan sensor pH berbasis *Internet of things* ini bekerja untuk mencegah pH meter dan suhu agar stabil, yang disebabkan oleh pH meter air yang berlebihan dan kekurangan ketika asam dan basa nya berlebih atau kurang. Dan adapun pemantauan pada suhu nya. Perancangan sistem *kontrol* dan

pemantauan ini menggunakan *mikrokontroler* jenis NodeMCU ESP8266 dan dibantu oleh *web server* sebagai media *kontrol* dan *monitoring* yang berbasis *Internet Of Things*. Pada *mikrokontroler* NodeMCU ESP8266 yang terdapat *module wifi* dimanfaatkan sebagai interkoneksi sistem dengan *web server* untuk mengontrol serta memantau sistem dari jarak jauh secara *real time* menggunakan jaringan internet. Untuk sensor yang digunakan yaitu Sensor *Regulator* pH 0 – 14 + BNC pH, Sensor Suhu DHT11 dan Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) yang berguna untuk mendeteksi pH air, suhu dan penerangan pada sistem *aquaponic*.

3.1 Tahap Perancangan

Cara atau suatu tahapan yang dilakukan untuk memudahkan suatu perancangan yaitu merupakan suatu metode yang disebut metode perancangan. Agar dapat lebih muda dalam merancang suatu ide yang berbeda – beda sesuai dengan yang dibutuhkan.

Perancangan alat ini terpecah menjadi dua metode yaitu pembuatan *hardware* dan pembuatan *software*. Pembuatan *software* bertujuan untuk memprogram *hardware* agar bekerja sesuai dengan perintah yang telah ditentukan.

3.2 Diagram Alir

Cara atau suatu tahapan yang dilakukan untuk memudahkan suatu perancangan yaitu merupakan suatu metode yang disebut metode perancangan. Agar dapat lebih muda dalam merancang suatu ide yang berbeda – beda sesuai dengan yang dibutuhkan . Perancangan alat ini terpecah menjadi dua metode yaitu pembuatan *hardware* dan pembuatan *software*. Pembuatan *software* bertujuan untuk memprogram *hardware* agar bekerja sesuai dengan perintah yang telah ditentukan



Gambar 1 Diagram Alir (Flow Chart) Rancang bangun *prototipe* sistem *aquaponic* dengan pemanfaatan energi surya dan sensor pH berbasis *Internet of things*

Pada awal alat menyala yaitu sistem PLTS memberikan tegangan 3,3 v atau 5v untuk mengaktifkan NodeMCU ESP8266 sebagai *mikrokontroller*, selanjutnya adanya indikator pada LCD 1602 yaitu pembacaan Suhu ruangan sekitar dan pH pada air, dan selanjutnya apabila pH air melebihi dari 8 atau kurang dari 6 memberikan *otput* yaitu *buzzer ON*, dan untuk suhu ruangan sekitar berada diatas 33°C memberikan *otput* kipas *ON*, lalu untuk sensor LDR mendeteksi intensitas cahaya matahari apabila tidak adanya intensitas cahaya maka sensor LDR akan memberikan *otput* Lampu *ON* untuk semua sistem dapat diaktifkan melalui *web server* secara *manual* dan *otomatis*.

3.3 Struktur Fisik

Struktur fisik sistem ini menggunakan bahan besi bolong sebagai rak *Aquaponic*, panel surya, dan *Box* panel, bahan akrilik sebagai Akuarium dan Paralon 2 ½ inc sebagai tempat menanam kangkung, bahan besi sebagai *Box* panel.



Gambar 2 Tampak Fisik Alat Prototipe Sistem *Aquaponic*

3.4 Prosedur Pengoperasian Alat

Pada Rancang Bangun *Prototipe* Sistem *Aquaponic* Dengan Pemanfaatan Energi Surya Dan Sensor pH Berbasis *Internet of Things* (IoT) yang telah dibuat, dibuatlah program untuk sistem terkait menggunakan Bahasa pemrograman C yang diunggah pada *mikrokontroller* NodeMCU ESP8266 menggunakan *Cloud software Arduino IoT Cloud*. Pada pengoperasian alat terdapat beberapa Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian kerja alat. Adapun pengoperasian *Prototipe* Sitem *Aquaponic* dapat dilakukan mengikuti langkah-langkah berikut :

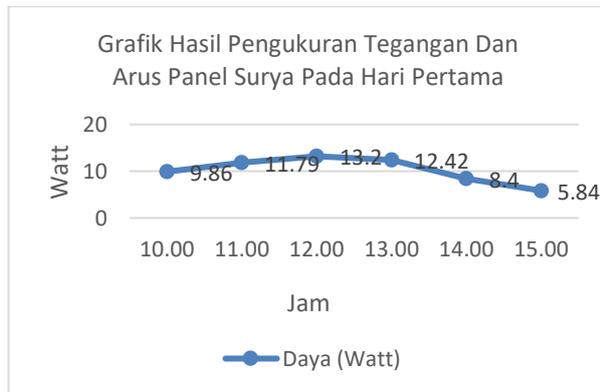
1. Menghidupkan terlebih dahulu jaringan berbasis *Hotspot* ataupun *wifi* yang terhubung degan sistem.
2. Naikan MCB lalu tekan *Push button* untuk mengaktifkan sistem.
3. Tunggu beberapa saat hingga sistem masuk ke dalam mode *monitoring* ditampilkan pada LCD 1602, lalu setelah itu hidupkan saklar *otomatis* untuk keluaran (kipas dan lampu).
4. Setelah sistem terhubung dengan sumber tegangan dari baterai, sistem memulai menghubungkan dengan jaringan internet (*wifi*), lalu setelah sistem terhubung dengan jaringan *internet* maka indikator pembaca nilai suhu dan pH meter terbaca pada LCD 1602.

5. Lalu pada *Arduino IoT Cloud* akan menampilkan antarmuka dengan nilai parameter yang diperbaharui setiap saat.

4.3 Pengujian dan Analisis Sistem PLTS

Dari hasil pengukuran yang telah dilanjutkan pada panel surya menghasilkan daya maksimum sebesar 13,20 watt pada pukul 12:00 WIB, dan mengalami penurunan pada pukul 15:00 WIB yang menghasilkan daya sebesar 5,84 *Watt*. Hal tersebut dapat terjadi karena berbagai faktor dapat karena intensitas pancaran sinar matahari yang menurun karena peralihan dari waktu siang ke sore hari dan dapat karena faktor cuaca dari terik menjadi berawan atau mendung.

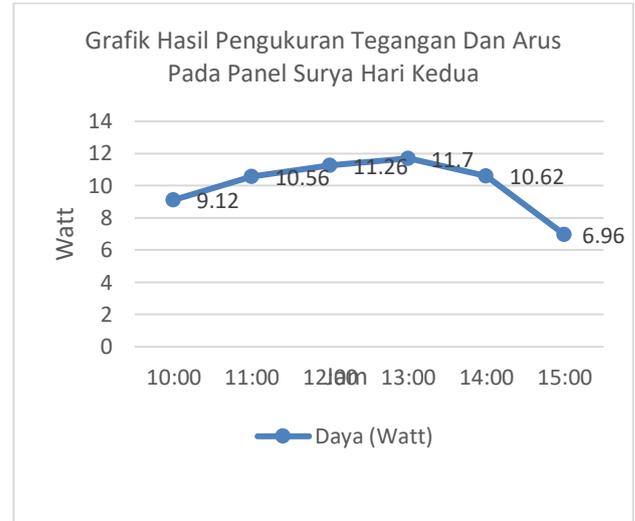
Dari hasil pengukuran daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya pada hari pertama maka dapat dijadikan sebuah grafik, berikut ini adalah grafik hasil pengukuran pada hari pertama yang ditunjukkan pada gambar 4.2 agi Berikut ini :



Gambar 3 Grafik Hasil Pengukuran Daya Pada Panel Surya Hari Pertama

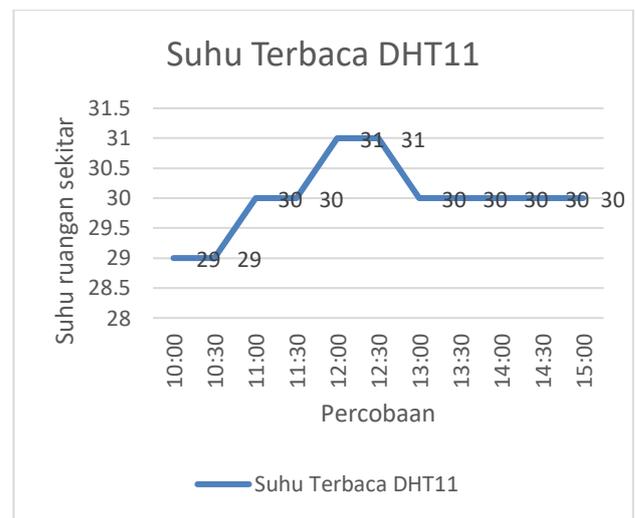
Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan pada panel surya menghasilkan daya maksimum sebesar 11,70 *Watt* pada jam 13:00 WIB dan mengalami penurunan pada jam 15:00 WIB yang menghasilkan daya sebesar 6,96 *watt*. Hal tersebut dapat terjadi karena berbagai faktor dapat karena intensitas pancaran sinar matahari yang menurun karena peralihan dari waktu siang ke sore hari dan dapat karena faktor cuaca dari terik menjadi berawan atau mendung.

Dari hasil pengukuran daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya pada hari kedua maka dapat dijadikan sebuah grafik, berikut ini adalah grafik hasil pengukuran pada hari kedua yang ditunjukkan pada gambar 4.3 Dibawah ini :



Gambar 4 Grafik Hasil Pengukuran Daya Pada Panel Surya Hari Kedua

4.4 Kinerja Sensor Suhu dan Kelembaban DHT11 pada Sistem

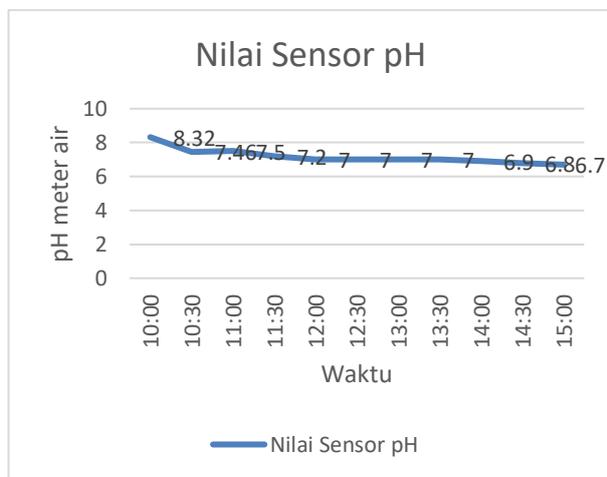


Gambar 5 Grafik Suhu Terbaca oleh Sensor Suhu dan Kelembaban DHT11 Terbaca

Pengujian kinerja waktu respon sensor DHT11 diuji dengan menggunakan suhu sekitar dari

sensor DHT11 yang mana suhu awal dari pembacaan sebesar 29°C pada tampilan hingga suhu berubah di atas 30°C dengan tampilan nilai sensor pH dan sensor suhu di LCD 1602 serta tampilan pada *web server*. Berikut merupakan sampling pengujian waktu respon sensor DHT11 menggunakan *stopwatch* pada gawai.

3.5 Kinerja sensor pH meter



Gambar 6 Grafik dari Nilai Sensor pH Meter

Pada pengujian akurasi sensor pH air pada tabel 4.8 rata-rata nilai kadar pH pada aliran air sistem aquaponic yang didapat sebesar 7,04 pH ini menunjukkan bahwa nilai kadar pH telah mencapai angka ideal untuk kolam ikan lele, kondisi normal pH air kolam ikan lele yang ideal adalah >7 dan <9.

3.5 Implementasi Rancang Bangun Prototipe Sistem Aquaponic Dengan Pemanfaatan Energi Surya Dan Sensor Ph Berbasis *Internet Of Things* (Iot)

Dalam Rancang Bangun Prototipe Sistem *Aquaponic* Dengan Pemanfaatan Energi Surya Dan Sensor Ph Berbasis *Internet Of Things* (Iot) dirancang dan direalisasikan dengan menggunakan Mikrokontroler ESP6288. Mikrokontroler ini dipilih karena kemudahan penggunaannya dan kelengkapan jumlah pin yang tinggi, serta kemampuannya untuk

terhubung dengan *Internet*. Selanjutnya, digunakan *web server* sebagai antarmuka yang dapat diakses melalui *smartphone* atau *platform* lainnya. Melalui koneksi *internet*, data kontrol dikirimkan melalui jaringan dan diterima oleh ESP6288.

Sehingga ESP6288 bisa mengontrol dan dapat memonitoring Sensor Dht11, sensor pH dan dapat juga mengaktifkan kipas dan lampu melalui *relay* sebagai penghubung (*on*) dan pemutus (*off*). Pada prototipe ini, sistem dapat beroperasi selama 2 jam 18 menit menggunakan baterai VRLA *deep cycle* 12Volt berkapasitas 7Ah, dengan bantuan pembangkit listrik tenaga surya berkapasitas 20WP. Namun, untuk menjalankan sistem secara *continue* selama 24 jam, diperlukan pembangkit listrik tenaga surya berkapasitas 100WP dan baterai VRLA *Deep Cycle* 12 Volt berkapasitas 100Ah. Dengan konfigurasi ini, sistem *aquaponic* dapat berjalan selama 30 jam. Perhitungan rinci dapat dijabarkan sebagai berikut:

Muatan baterai yang diperlukan dengan menggunakan persamaan 2.5

$$Q_{\text{baterai}} = \frac{1.164}{12} = 97 \text{ Ah}$$

1. Estimasi waktu *charge* dengan menggunakan persamaan 2.7

Estimasi Waktu Charge

$$= \frac{100 \text{ Ah}}{80\% \times 18,3 \text{ A} \times 1} = 7 \text{ Jam } 14 \text{ menit}$$

2. Estimasi waktu *discharge* dengan menggunakan persamaan 2.8

Estimasi Waktu dis – charge

$$= \frac{100 \text{ Ah} \times 12 \text{ V}}{80\% \times 48,5 \text{ W}} = 30 \text{ Jam}$$

3. Radiasi Total harian dengan menggunakan persamaan 2.2

$$\text{Lama waktu radiasi } (t_r) = \frac{4.760 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2}}{1.000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} = 4 \text{ Jam } 46 \text{ menit, setiap harinya}$$

4. Tegangan yang dihasilkan perhari dengan menggunakan persamaan 2.3

$$E_{\text{modul}} = 100 \text{ Wp} \times 4,76 \text{ Jam} = 476 \text{ Wh}$$

IV KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada alat yang telah diuji pada bab IV maka didapatkan kesimpulan dari data-data yang telah diambil sebagai berikut :

1. Nilai rata-rata daya maksimum yang dihasilkan oleh panel surya adalah sebesar 11,72 Wp. Yang mana daya tersebut akan disimpan pada baterai yang berkapasitas 7 Ah 12 VDC, yang kemudian energi yang tersimpan pada baterai tersebut akan diubah menjadi 220 VAC untuk menghidupkan sistem pada *aquaponic*.
2. Dengan spesifikasi modul surya yang digunakan memiliki jenis *Polycrystalline* dengan spesifikasi $V_{mp} = 18 \text{ Volt}$, $I_{mp} = 1,28 \text{ Ampere}$, $P_{max} = 20 \text{ Wp}$, Intensitas radiasi 1.000W/m², Temperatur nominal = 25oC dengan jumlah 1 (Satu) buah yang dihubungkan secara paralel dapat mencharge baterai yang berkapasitas 7Ah 12 VDC (DOD 75%) dari keadaan kosong sampai menjadi full membutuhkan waktu sekitar 7,23 jam. Mampu menghidupkan Lampu, Pompa air, kipas Dc dan *mikrokontroler* selama 2 jam 18 menit.
3. Hasil analisis sensor pH meter air dengan periode waktu selama 30 menit sekali didapatkan parameter pH air pada kolam ikan lele yaitu dengan rata – rata pH air 7,2. pH ini menunjukkan bahwa nilai kadar pH telah mencapai angka ideal untuk kolam ikan lele, kondisi normal pH air kolam ikan lele yang ideal adalah >7 dan <9.

4.2 Saran

Berikut di bawah ini merupakan poin-poin saran dari Prototipe Rancang Bangun Prototipe Sistem *Aquaponic* Dengan Pemanfaatan Energi Surya Dan Sensor Ph Berbasis *Internet Of Things* (Iot) :

1. Penggunaan *mikrokontroler* NodeMCU ESP8266 pada *prototipe* Rancang Bangun *Prototipe* Sistem *Aquaponic* Dengan Pemanfaatan Energi Surya Dan Sensor Ph Berbasis *Internet Of Things* (Iot) dapat ditingkatkan memakai *mikrokontroler* yang memiliki spesifikasi diatas NodeMCU ESP8266, misalnya ESP32. Pengembangan *mikrokontroler* dimaksudkan agar sistem lebih *responsif* secara penggunaan, terutama proses pengambilan keputusan.
2. Untuk *pengimplementasian* sistem secara nyata pada ruangan 3x3 meter di halaman rumah, penggunaan sensor dapat dirubah dan ditambah menggunakan sensor-sensor *konvensional* yaitu *Photodiode, Thermometer, Water level liquid detection* sensor yang dapat dipakai pada sistem *Aquaponic*. Pada penempatan sensor secara *implementasi* dapat disamakan dengan penempatan *prototipe* ataupun disesuaikan dengan titik kemungkinan cahaya matahari.
3. Untuk menjalankan sistem selama 24 jam tanpa henti yaitu dengan mengganti panel surya yang sebelumnya 20 wp dan baterai dengan kapasitas 7Ah yang hanya dapat menjalankan sistem selama 2 Jam 18 Menit dirubah menjadi 100 wp dan juga mengganti baterai kapasitas 100 ah yang dapat menjalankan sistem selama 30 jam *non stop*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Suprianto, 2015. DEFINISI GARDU INDUK. DISTRIBUSI, ELEKTRO, ELEKTRONIKA INDUSTRI, TRANSMISI. <https://blog.unnes.ac.id/antosupri/definisi-gardu-induk/>. Diakses 21 November 2022.
2. Gumilar Raka Bayu. 2017. RANCANG BANGUN ALAT MONITORING ARUS 3 PHASA PADA TRAF0 DAYA. Palembang: Politeknik Sriwijaya Palembang. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://eprints.polsri.ac.id/4458/3/BAB%20II.pdf>. Diakses 20 November 2022.
3. Amin, Mustaghfirin . 2014 Gardu induk semester 3 kelas XI. Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah, Jakarta.

4. Prayogo Aditya, dkk. 2010. Transformator. Depok; Universitas Indonesia
<https://staff.ui.ac.id/system/files/users/chairul.hudaya/material/transformerperpa.pdf> . Diakses 20 November 2022.
5. Belly Alto, dkk. 2010. DAYA AKTIF, REAKTIF & NYATA. Depok; Universitas Indonesia.
<https://staff.ui.ac.id/system/files/users/chairul.hudaya/material/activeresponsiveandapparentpowerpaper.pdf>. Diakses 21 November 2022
6. Yulianti Rika, 2004. PEMBEBANAN TRAFO DAYA 150/20kV PADA GARDU INDUK BOGOR BARU. Bogor: Universitas Pakuan.

BIODATA PENULIS

- ¹⁾ Arif Sofyan Effendi S.T. Alumni (2024) Program Studi Teknik Elektro. Fakultas Teknik Universitas Pakuan. (E-mail : arifsofyaneffendi@gmail.com)
- ²⁾ Prof. DR. Ir. H. Didik Notosudjono, M. Sc.IPU. Asian. Eng Rektor Universitas Pakuan dan Staf Dosen Program Studi Elektro – Fakultas Teknik – Universitas Pakuan Bogor.
- ³⁾ Bloko Budi Rijadi S.T, M.T Staf Dosen Pengajar Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pakuan