

Analisis Kinerja Multi-Application Energy Harvesting pada IoT Aquaponic

Aditya Januar Widiyanto¹, Aji Gautama Putrada², Rizka Reza Pahlevi³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

ajwidiyanto@students.telkomuniversity.ac.id¹, ajigps@telkomuniversity.ac.id²,
rizkarezap@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Salah satu teknik dalam agrikultur adalah aquaponic, teknik yang menerapkan pertumbuhan tanaman tanpa menggunakan media tanam tanah. Teknik yang dapat mengurangi kebutuhan lahan yang semakin berkurang di wilayah perkotaan tetapi dengan cara ini dalam pertanian membutuhkan pasokan energi yang lebih besar untuk menjalankannya. Energi ini berupa listrik untuk menjalankan sistem aquaponic. Solusi yang dapat dilakukan untuk permasalahan ini dengan menerapkan alat pemanenan energi dari sumber yang terbarukan untuk menyuplai kebutuhan listriknya. Dengan menggabungkannya sistem ini maka akan mengurangi atau bahkan untuk menggantikan listrik yang berasal dari energi tidak terbarukan. Metode yang diusulkan akan diuji, sistem ini menggunakan turbin angin dan panel surya untuk menyuplai energinya. Evaluasi yang dilakukan ialah pengukuran energi pada alat pemanenan energi untuk sistem aquaponic. Hasil dari pengujian, sistem dapat diterapkan dan didapati bahwa turbin angin menghasilkan 196.58 Wh dan panel surya dengan 120.07 Wh selama tiga hari pengujian menggunakan sensor *IoT*. Tetapi dalam pengujian ini kebutuhan listriknya masih kurang untuk menjalankan sistem aquaponic yang membutuhkan 712 Wh. Maka dari pengujian ini dapat disimpulkan bahwa energi dari alat pemanenan energi tidak dapat menjalankan sistem aquaponic secara utuh dan berjalan secara berdampingan atau *hybrid* dengan listrik PLN untuk menyuplai kebutuhan listriknya. Untuk ke depannya dapat menggunakan panel surya dengan *wattpeak* yang lebih besar agar dapat memenuhi kebutuhan listriknya.

Kata kunci : aquaponic, IoT, panel surya, pemanenan energi, turbin angin

Abstract

One of the techniques in agriculture is aquaponics, a technique that applies plant growth without using soil growing media. A technique that can reduce the land requirement in urban areas is that agriculture requires more energy to run. This energy is in the form of electricity to run the aquaponic system. The solution for this problem is applying energy harvesting tools obtained from renewable sources to supply it. By combining this system, it will reduce or even replace electricity from non-renewable resources. The proposed method is using wind turbine and solar panel to supply energy. The evaluation was carried out to calculate energy from harvesting tools in the aquaponic system. The test results, system can be applied and found that the wind turbine produced 196.58 Wh, and the solar panel produced 120.07 Wh during the three days of testing using IoT sensor. However, from the result, electricity requirement is still lacking to run an aquaponic system that requires 712 Wh. So, from this test, it can be concluded that the energy from the energy harvesting equipment cannot run the aquaponic system entirely and run side by side or hybrid with PLN electricity to supply its electricity needs. In the future could use a larger solar panel wattpeak in order to fulfill the electricity needs.

Keywords: aquaponic, energy harvesting, IoT, solar panel, wind turbine

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Maraknya pembangunan perekonomian dan pemukiman di wilayah perkotaan mengakibatkan alih fungsi lahan yang sebelumnya untuk pertanian tergantikan oleh tempat tinggal dan gedung-gedung lainnya. Ini berakibat berkurangnya lahan pertanian dalam kota [1]. Dengan berkurangnya lahan produktif menjadi lahan pemukiman menjadikan produksi pangan terus tergerus. Kebutuhan sumber pangan dapat memanfaatkan area yang sempit, dengan menghasilkan dua produk sekaligus yaitu nabati dan hewani. Dinamakan teknologi aquaponic karena menggabungkan teknik akuakultur untuk pengelolaan budidaya ikan di kolam dan teknik hidroponik untuk pembudidayaan tanaman dengan media bukan tanah [2]. Aquaponic memberdayakan dua produk yaitu ikan dan tumbuh-tumbuhan menggunakan wadah air, untuk tumbuh-tumbuhannya sendiri tidak menggunakan media tanam tanah, melainkan media *rockwool* yang dibasahi dengan air yang mengalir dari kolam ikan.

Pemanenan energi atau *energy harvesting* merupakan cara baru dalam mendapatkan energi yang berasal dari alam dan terbarukan tanpa merusak alam. Mengambil energi yang berasal dari alam untuk diolah menjadi energi yang dapat digunakan oleh manusia untuk kebutuhannya sehari-hari. Listrik ini diolah dari sumber daya alam yang tersedia, seperti angin dan sinar matahari. Untuk memanen energinya harus menggunakan media-media yang berbeda, seperti turbin untuk angin dan panel surya untuk sinar matahari [3].

Sekarang ini pasokan sumber energi yang tidak terbarukan mulai habis di alam dan juga mencemari lingkungan. Maka dicari alternatif untuk sumber energi yang terbarukan, tidak akan habis dan bersih. Salah satu alternatif energi terbarukan ialah sinar matahari dan angin. Di Indonesia sendiri sumber tersebut sangat melimpah karena wilayahnya berada di khatulistiwa yang mengakibatkan cahaya matahari menyinari secara penuh sepanjang waktu, dengan potensi listrik yang dapat dihasilkan oleh sinar matahari sebesar 536 GW dan angin sebesar 60.647 MW [4][5]. Penggunaan sistem yang menggunakan lebih dari satu alat pemanenan energi agar dapat menutupi celah kekurangan dari alat lainnya, jika terjadi gangguan atau masalah seperti energi yang tersimpan pada satu alat habis maka alat lainnya dapat menggantikan perannya. Penggunaan IoT sebagai pengawasannya jika terjadi permasalahan tersebut, dapat diawasi secara *real-time* agar sistem *Multi-Application Energy Harvesting* bekerja secara maksimal terhadap kebutuhan energi aquaponic. Dengan dipadukannya pemanenan energi dengan aquaponic maka banyak manfaat yang dihasilkan. Selain energi listrik yang didapat, juga tumbuh-tumbuhan yang dimanfaatkan oleh manusia dalam kehidupannya.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menerapkan *Multi-Application Energy Harvesting* pada IoT Aquaponic?
2. Bagaimana cara menganalisa kinerja *Multi-Application Energy Harvesting* pada IoT Aquaponic?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah sebagai berikut:

1. Energi yang dipanen adalah energi dari angin dan cahaya matahari.
2. Penerapan *Multi-Application Energy Harvesting* menggunakan turbin angin dan panel surya.
3. Pengukuran terhadap tegangan, arus, daya dan energi listrik yang didapatkan menggunakan sensor *INA219* pada *node-mcu*.
4. Analisis dilakukan dengan menghitung besaran energi yang didapat dari turbin angin dan panel surya untuk kebutuhan dari aquaponic.

1.4 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Penerapan *Multi-Application Energy Harvesting* pada IoT Aquaponic.
2. Menganalisa kinerja *Multi-Application Energi Harvesting* pada IoT Aquaponic.

1.5 Organisasi Tulisan

Adapun organisasi tulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi terkait
Materi yang berkaitan dan berhubungan dengan Tugas Akhir yang bersumber dari jurnal, tugas akhir, karya tulis ilmiah dan buku.
2. Sistem yang di bangun
Bagian ini membahas rancang bangun alat yang di buat pada tugas akhir ini.
3. Evaluasi
Hasil yang didapat dari pengambilan dan pengamatan dari masing-masing alat pemanenan energi dengan beberapa parameter serta variabel yang diamati
4. Kesimpulan
Menarik ringkasan dari pembahasan hasil pengujian dan analisis.

2. Studi Terkait

2.1 Penelitian Terkait

Pada tahun 2019 Ho, S.M., Lomi, A., Okoroigwe, E.C. and Urrego, L.R melakukan penelitian dengan judul "*Investigation of solar energy: The case study in Malaysia, Indonesia, Colombia and Nigeria.*", dalam jurnal tersebut dilatarbelakangi meningkatnya konsumsi listrik yang mengendalikan kemajuan perubahan energi (terbarukan maupun tidak) yang digunakan di seluruh dunia. Permasalahannya meliputi bahan bakar fosil merupakan sumber yang tidak terbarukan, berkisar 81% total kebutuhan energi pada 2017. Tujuan dari jurnal ini, peneliti bekerja keras untuk mencari energi alternatif dari sumber yang terbarukan (Seperti energi surya) untuk energi fosil menghasilkan energi. Dengan metodologi energi surya telah dilakukan oleh banyak

peneliti untuk meningkatkan kualitas kondisi kehidupan, untuk mengurangi polusi udara dan menjadi hijau. Hasil yang didapatkan yaitu mengetahui status terkini, tantangan, upaya terbaru dan prospek masa depan terhadap energi surya di beberapa negara termasuk, Indonesia, Malaysia, Nigeria dan Kolombia [4]. Di Indonesia sendiri memiliki potensi pada energi surya sebesar 536 GW dan angin sebesar 60.647 MW, tetapi yang baru terpasang hanya 152 MW dan 3.1 MW masing-masing untuk panel surya dan angin. Indonesia memiliki potensi yang sangat besar terhadap energi terbarukan, tetapi yang baru di manfaatkannya masih sangat kecil [4][5].

Pada tahun 2018, Z. I. Rizman, I. M. Yassin, A. Zabidi, F. H. K. Zaman dan K. H. Yeap melakukan penelitian dengan judul "*Smart Multi-Application Energy Harvester Using Arduino*", dalam jurnal ini membahas permasalahan penggunaan energi dalam kehidupan sehari-hari di dapatkan dari sumber yang tidak terbarukan, seperti batu bara, minyak bumi dan gas alam. Tujuan dari jurnal ini ialah teknik dalam *energi harvesting* untuk mengubah penggunaan energi yang tidak terbarukan menjadi energi yang terbarukan agar energi tetap berkelanjutan. Dengan metodologi menggunakan tenaga yang dihasilkan dari sinar matahari, panas, angin, dan air. Hasil dari pengujian ini mendapatkan energi listrik yang dapat digunakan untuk kehidupan sehari-hari [3].

2.2 Sistem Aquaponic

Pada tahun 2019, M. F. U. Butt, R. Yaqub, M. Hammad, M. Ahsen, M. Ansir dan N. Zamir melakukan penelitian dengan judul "*Implementation of Aquaponics Within IoT Framework*", dalam jurnal ini membahas permasalahan dengan meningkatnya jumlah populasi manusia dan akan kebutuhan makanan yang meningkat, perkembangan pertanian perkotaan yang berkembang pesat menjadikan teknik aquaponic sangat populer. Tujuan dari jurnal ini ialah mengintegrasikan teknologi *IoT* dengan aquaponic untuk memaksimalkan hasil, mengurangi *human error*, dan pencegahan terhadap bahaya yang tidak terprediksi. Dengan metodologi dengan *IoT* pengawasan terhadap sistem aquaponic mudah diawasi dan di kontrol dari lokasi yang jauh sekalipun. Hasil dari pengujian ini mendapat data yang dihasilkan dari pengawasan tersimpan dalam *cloud google spreadsheet*, yang dapat dianalisis [8].

2.3 Sistem Pemanenan Energi

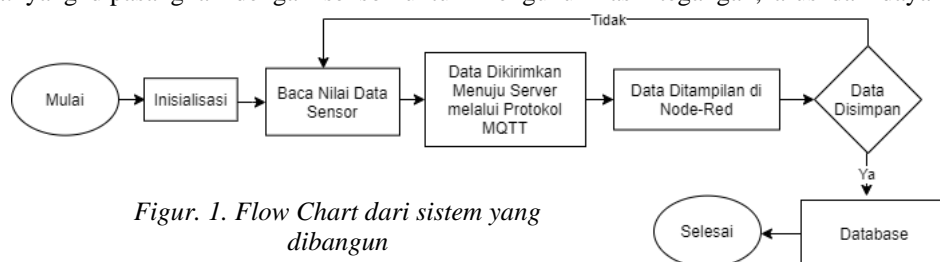
Pada tahun 2018, S. Rochman dan B. P. Sembodo melakukan penelitian dengan judul "Rancang Bangun Generator Turbin Angin Putaran Rendah sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif di Daerah Pesisir", dalam jurnal ini membahas permasalahan Tingginya kebutuhan energi listrik, memanfaatkan energi terbarukan untuk dijadikan energi listrik. Tujuan dari jurnal ini ialah desain dan analisis turbin angin dengan putaran rendah untuk kebutuhan listrik rumahan. Dengan metodologi menggunakan turbin yang di gerakkan oleh angin, mengubahnya menjadi energi listrik. Hasil dari jurnal ini adalah purwarupa dari turbin angin dapat menghasilkan tegangan 22.5v – 157.1v, dengan rotasi bilah 150 - 1000rpm [9].

Pada tahun 2015, Z. Wang, D. Tsonev, S. Videv dan H. Haas melakukan penelitian dengan judul "*On the Design of a Solar-panel Receiver for Optical Wireless Communications with Simultaneous Energy Harvesting*", dalam jurnal ini membahas permasalahan untuk menguji dari teori mengenai eksperimen implementasi dari *orthogonal frequency division multiplexing (OFDM)*. Tujuan dari jurnal ini ialah transmisi pengiriman data yang serentak dan sekaligus memanen energi dari cahaya matahari. Dengan metodologi menggunakan panel surya dapat mengubah sinyal cahaya yang dimodulasi diubah menjadi sinyal elektrik tanpa menggunakan tenaga listrik eksternal. Hasil dari pengujian ini energi yang dihasilkan berpotensi untuk menyalakan terminal pengguna atau paling tidak dapat memperpanjang waktu operasional dari sistem itu sendiri [10].

3. Sistem yang Dibangun

3.1 Skema Umum

Pada pengerjaan tugas akhir ini, yaitu membuat sistem untuk pemanenan energi dari alam dalam sistem rancang bangun aquaponic dengan menggunakan sensor *IoT*. Dalam sistem ini menggunakan turbin untuk memanen energi dari angin dan panel surya untuk memanen sinar matahari. Di sistem ini juga menggunakan *node-mcu* yang dipasangkan dengan sensor untuk mengukur hasil tegangan, arus dan daya listrik yang

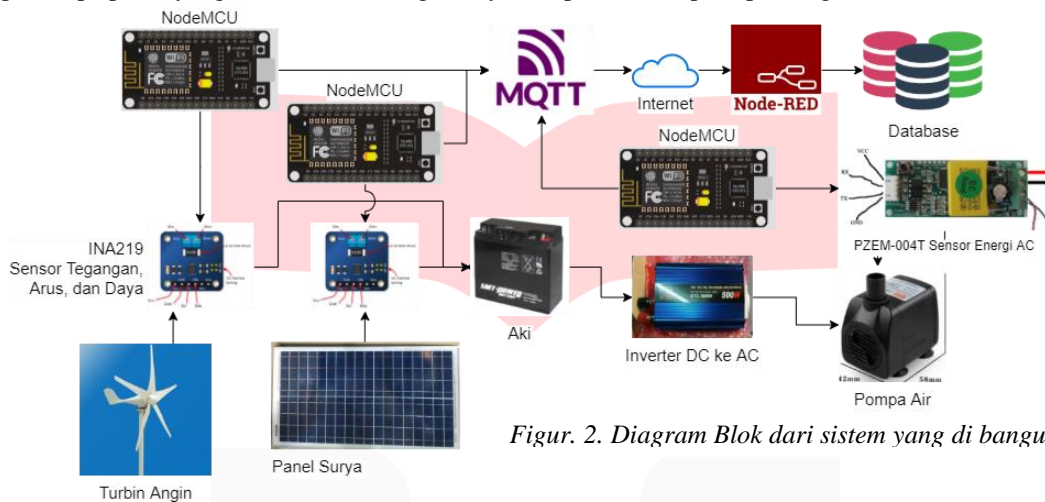


Figur. 1. Flow Chart dari sistem yang dibangun

dihasilkan dari alat pemanenan energi. Sistem pengukuran menggunakan sensor INA219. Untuk komunikasi antara sistem dengan pengendali menggunakan jaringan *wifi*. Data-data yang diperoleh dari sensor-sensor akan tersimpan di dalam *database MySQL* dan *MongoDB*, dan juga dapat di lihat pada peramban yang berbasis *node-red*, serta menggunakan *MQTT* sebagai perantaranya dari *node-mcu* ke *node-red* [11][12][13][14]. Untuk dapat menjalankan sistem ini dapat diperhatikan pada diagram di figur.1.

3.2 Perancangan Multi-Application Energy Harvesting

Pada diagram blok di Figur. 3 turbin angin dan panel surya akan memanen energi dari alam. Aliran angin menggerakkan turbin untuk menghasilkan listrik, begitu pun dengan panel surya yang mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Listrik yang dihasilkan kurang lebih berkisar di angka dua belas volt dari alat pemanenan energi, kemudian di teruskan ke baterai atau aki untuk di isi dayanya. Kemudian dari aki, listrik tersebut diubah dari sebelumnya beraliran DC menjadi AC dengan *inverter* untuk dapat menyalakan pompa air pada aquaponic yang beraliran AC dengan daya delapan watt, seperti pada figur. 2.

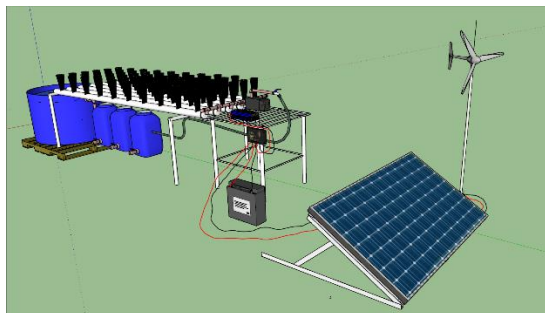


Figur. 2. Diagram Blok dari sistem yang di bangun

Untuk panel suryanya sendiri menggunakan tipe *Monocrystalline* 30wp dan turbin anginnya menggunakan tipe lima buah bilah baling-baling yang menghasilkan daya maksimal berupa 400 watt. Untuk baterai atau akinya sendiri menggunakan tipe aki kering dengan merek SMT-POWER SMT1218 dengan detail 12v dan 18AH. Untuk mengonversi energi dari aki yang berupa DC ke AC yang digunakan untuk menyalakan pompa air menggunakan *inverter* [15]. Gambaran desain sistem pemanenan energi dapat dilihat pada figur. 3.

3.3 Perancangan Aquaponic

Untuk sistem aquaponic menggunakan media bak air 80 liter sebagai penampung ikan, dan di atasnya di tempatkan *gully* sebagai media tanam tumbuh-tumbuhan aquaponic seperti yang di gambarkan pada figur. 4. *Gully* tersebut diisi dengan *rockwool* sebagai tempat akar tumbuh-tumbuhan. Sistem aquaponic yang di gunakan adalah *NFT* atau *Nutrient Film Technique* ialah metode memompa air ke atas kemudian aliran air melewati akar tumbuh-tumbuhan dan kembali ke bak penampungan air di bawahnya secara gravitasi [16]. Ini agar tumbuh-tumbuhan tersebut mendapatkan nutrisi dari kotoran ikan dan amonia yang terdapat pada bak penampungan ikan [17]. Tanaman dan ikan yang digunakan adalah selada (*Lactuca sativa L.*) dan nila merah (*Oreochromis niloticus*) [18][19]. Ikan digunakan sebagai pemberi nutrisi pada tumbuh-tumbuhan, seperti



Figur. 3. Desain dari Aquaponic dengan Pemanenan Energi



Figur. 4. Instalasi dari Aquaponic

amonia, nitrat, dan nitrit dari kotoran ikannya [18]. Sistem aquaponic ini menggunakan pompa air delapan watt.

3.4 Skenario Pengujian

Pada pengujian dalam sistem ini dilakukan untuk menghitung besaran energi yang didapat dari alat pemanenan energi dari masing-masing alat pemanenan energi. Sistem yang menerapkan berbagai alat untuk memanen energi menggunakan dua sumber yang berbeda, maka besaran energinya juga akan berbeda serta kapan energi itu dapat di panen juga berbeda [6]. Untuk pengukurannya menggunakan sensor INA219 karena sensor ini dapat sekaligus mengukur tegangan arus serta daya listrik secara bersamaan [7]. Dilakukan pengujian dan pengambilan data selama tiga hari [15].

TABEL I
PENGUKURAN ANTARA ANGIN DAN CAHAYA MATAHARI

Sumber Energi	Pengukuran	Sensor
Turbin Angin	Tegangan, Arus, dan Daya	INA219
Panel Surya		

Pengujian dilakukan juga terhadap pengguna energi, yaitu sistem aquaponic. Dalam sistem aquaponic tersebut menggunakan kelistrikan, yaitu pompa air. Sistem pemanenan energi menyuplai listrik pada pompa air tersebut. Menggunakan sensor PZEM-004T dikarenakan pompa air menggunakan aliran listrik AC, dan sensor PZEM-004T tersebut merupakan sensor perhitungan energi berdasarkan aliran AC, yang dapat mengukur tegangan, arus, daya, dan energi sekaligus [20].

3.5 Rumusan

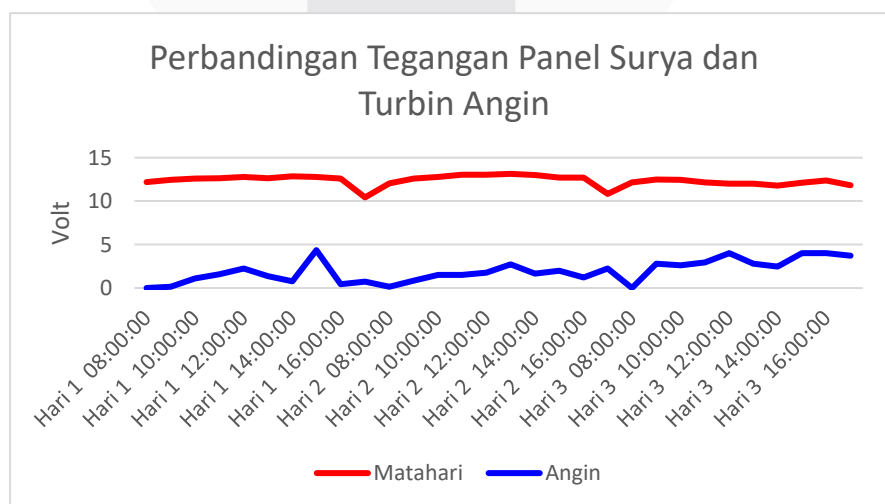
Perumusan perhitungan *watthour* sebagai berikut:

$$watthour = rata - rata \text{ daya selama satu jam} \tag{1}$$

4. Evaluasi

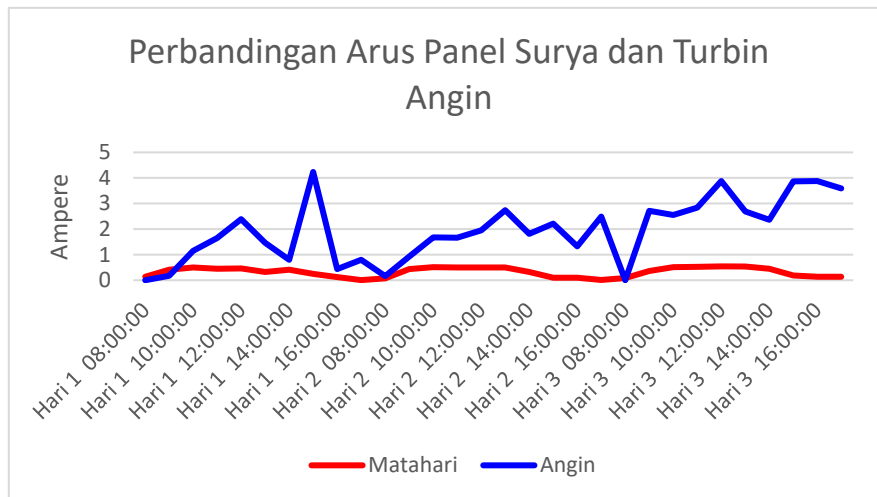
4.1 Hasil Pengujian

Pada grafik di figur. 5 menunjukkan grafik perhitungan tegangan atau voltase yang dihasilkan dari dua sumber yaitu sinar matahari dan angin selama tiga hari, dimulai dari pukul 08.00 hingga 17.00. Perhitungan selama sembilan jam per hari tersebut menunjukkan bahwa tegangan yang dihasilkan oleh panel surya lebih tinggi delapan hingga dua belas volt daripada yang dihasilkan oleh turbin angin. Panel surya menghasilkan tegangan yang pada nilai 12 hingga 13 volt pada durasi waktu ini, kemudian terjadi penurunan pada setiap pukul 17.00 dikarenakan cahaya matahari yang mulai tenggelam. Pada turbin angin menghasilkan tegangan paling tinggi dengan empat volt pada hari pertama pukul 15.00, hari ketiga pukul 12.00, dan 15.00 hingga 17.00. Rata-rata tegangan yang dihasilkan oleh panel surya dan turbin angin berjumlah 12.37 volt dan 2.06 volt selama tiga hari pengujian.



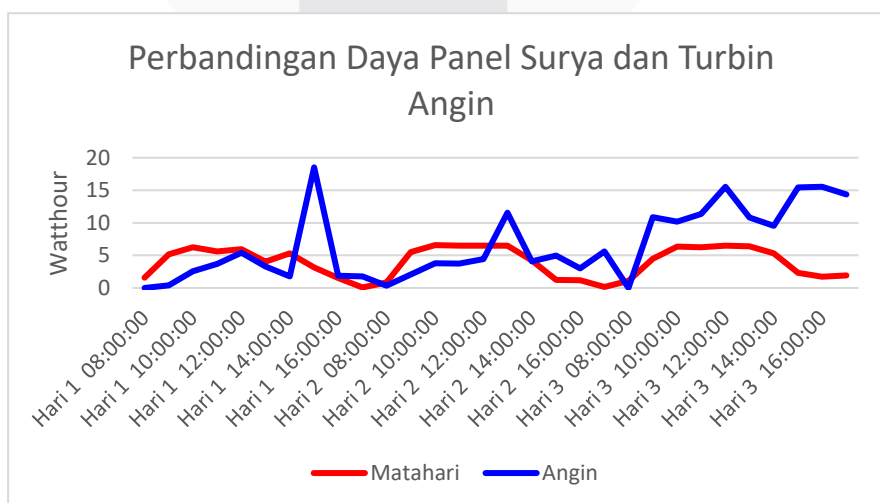
Figur. 5. Grafik garis tegangan antara panel surya dan turbin angin

Pada grafik di figur. 6 menunjukkan grafik perhitungan arus yang dihasilkan oleh panel surya dan turbin angin pada selama rentang waktu tiga hari, dimulai dari pukul 08.00 hingga 17.00. Selama sembilan jam setiap harinya. Pada hari pertama untuk panel surya, arus yang dihasilkan relatif rendah di dibandingkan dengan hari kedua dan ketiga, dikarenakan pada waktu tersebut cuaca sedang berawan yang mengakibatkan tertutupnya dan berkurangnya cahaya matahari. Arus yang paling tinggi terjadi pada hari ketiga pukul 12.00 dengan nilai 0.54 ampere dan yang terendah 0.005 pada hari pertama pukul 17.00. Pada puncaknya panel surya dapat menghasilkan arus dengan kisaran nilai 0.5 ampere yang terjadi pada rentang waktu antara 09.00 hingga 13.00. Arus pada turbin angin pada hari pertama dan ketiga lebih tinggi di dibandingkan dengan hari kedua dikarenakan intensitas angin pada dua hari tersebut lebih tinggi. Puncaknya yaitu pada hari pertama pukul 15.00 dengan nilai arus 4.2 ampere. Rata-rata arus yang dihasilkan oleh panel surya dan turbin angin berjumlah 0.32 ampere dan 2.09 ampere selama tiga hari pengujian.



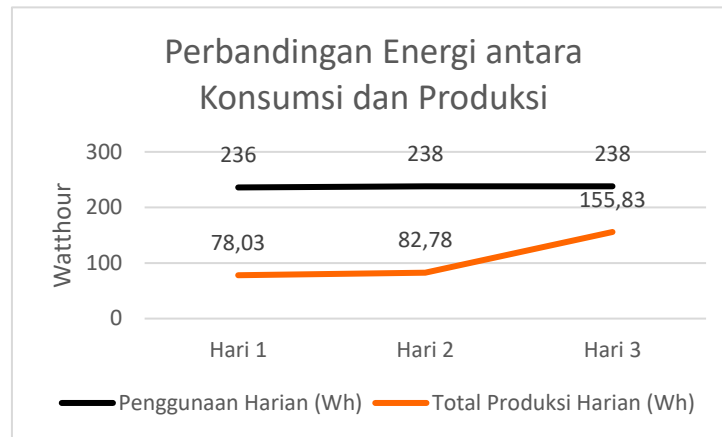
Figur. 6. Grafik garis arus antara panel surya dan turbin angin

Dari grafik di figur. 7 merupakan perhitungan dari daya yang dihasilkan oleh penghasil energi angin dan sinar matahari selama tiga hari dengan durasi waktu per harinya sembilan jam mulai dari 08.00 hingga 17.00 dengan rata-rata daya yang dihasilkan oleh panel surya sebesar empat watt dan turbin angin sebesar 7.02 watt. Pada hari pertama panel surya menghasilkan daya maksimal enam *watthour* pada pukul 09.00 hingga 11.00, dan untuk turbin angin menghasilkan daya maksimal 18.5 Wh. Pada hari pertama juga panel surya menghasilkan energi 38.71 Wh dan turbin angin menghasilkan 39.33 Wh dengan total 78.03 Wh. Di hari kedua daya yang dihasilkan oleh panel surya puncaknya dengan kisaran daya enam *watthour* pada rentang waktu 10.00 hingga 13.00 dan pada hari ini menghasilkan energi dengan jumlah 39.17 Wh, sedangkan untuk turbin angin menghasilkan puncak dayanya pada pukul 13.00 sebesar 11.5 Wh dan total energi yang didapat pada hari ini sebesar 43.61 Wh yang berjumlah 82.78 Wh. Kemudian pada hari ketiga puncak daya pada panel surya dan turbin angin didapati dengan 6.47 Wh dan 15.56 Wh pada pukul 12.00 siang, serta total energi yang didapati pada hari ketiga yaitu 42.19 Wh untuk panel surya dan 113.64 Wh untuk turbin angin dengan total pada hari ini menghasilkan energi sebesar 155.83 Wh.



Figur. 7. Grafik garis daya antara panel surya dan turbin angin

Grafik di figur. 8 merupakan energi yang dihasilkan oleh gabungan antara panel surya dan turbin angin selama tiga hari. Dengan hari pertama perbandingannya ialah 236 Wh untuk menyalakan pompa air tetapi alat penghasil energi hanya mampu menghasilkan 78.03 Wh dengan rasio persentase 33.1%. Pada hari kedua juga hampir sama dengan hari pertama dengan 238 Wh kebutuhan energi dengan energi yang dihasilkan 82.78 Wh dengan persentase 34.8%. Pada hari ketiga, energi yang dibutuhkan 238 Wh dan energi yang dihasilkan hampir dua kali lipat dari yang dihasilkan pada dua hari sebelumnya yaitu 155.83 Wh dengan persentase 65.5%, tetapi juga masih kurang untuk keperluan energinya.



Figur. 8. Grafik garis energi antara konsumsi dan produksi

4.2 Analisis Hasil Pengujian

Analisis dari hasil pengujian dilakukan setelah uji coba terhadap turbin angin dan panel surya pada penggunaan sistem aquaponic. Pada sistem yang di bangun, terjadi selisih yang cukup tinggi antara tegangan dan arus, karena dipengaruhi oleh hambatan atau *resistence* dalam hukum ohm terhadap panjang kabel nya. Dengan menganalisis energi yang dihasilkan oleh sistem pemanenan energi terhadap kebutuhan energi listrik pada aquaponic. Dengan energi yang didapati per harinya berupa 38.71 Wh, 39.17 Wh, dan 42.19 Wh dengan jumlah 120.07 Wh untuk panel surya. Untuk turbin angin menghasilkan energi dengan besaran 39.33 Wh, 43.61 Wh, dan 113.64 Wh untuk masing-masing harinya yang dijumlahkan 196.58 Wh. Dengan akumulasi per harinya menghasilkan 78.03 Wh untuk hari pertama, 82.78 Wh untuk hari kedua, dan 155.83 Wh untuk hari ketiga. Pada pengguna energinya yaitu pompa air di aquaponic membutuhkan energi sebesar 236 Wh pada hari pertama dan 238 Wh pada hari kedua dan ketiga. Untuk hari pertama sendiri alat pemanenan energi hanya mampu memenuhi 33.1% akan kebutuhan energi pada sistem aquaponic, kemudian di hari kedua mampu memenuhi 34.8% kebutuhan energinya, dan pada hari ketiga meningkat tinggi dengan memenuhi akan kebutuhan energi sebesar 65.5%. Dari akumulasi per harinya sistem pemanenan energi mampu memenuhi sebesar 316.65 Wh, tetapi itu hanya cukup untuk memenuhi 44% dari 712 Wh akan kebutuhan energi pada sistem aquaponic [21]. Dari hasil pengujian tersebut dapat diketahui bahwa energi pada turbin angin lebih tinggi dibandingkan dengan panel surya. Selain mendapatkan energi listrik, pada pengujian ini juga mendapat produk lain yaitu, tumbuh-tumbuhan berupa selada air, dan ikan nila merah yang dapat di konsumsi oleh manusia. Dengan rata-rata 40 Wh yang dapat dihasilkan oleh satu modul panel surya 30 Wp per harinya maka untuk memenuhi 712 Wh pada sistem aquaponic dibutuhkan 18 modul panel surya berukuran 30 Wp agar dapat menjalankan sistem aquaponic secara utuh tanpa bantuan dari listrik PLN.

5. Kesimpulan

Sistem *multi-application energy harvesting* pada *IoT* aquaponic dapat diterapkan. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada alat pemanenan energi dari angin dan sinar matahari didapati bahwa tegangan yang dihasilkan oleh turbin angin rata-rata 2.06 volt dan panel surya menghasilkan 12.37 volt selama tiga hari pengujian. Kemudian pada arus turbin angin menghasilkan rata-rata 2.09 ampere sedangkan panel surya menghasilkan rata-rata 0.32 ampere. Untuk dayanya sendiri panel surya mendapati rata-rata empat *watt-hour* dan turbin angin 7.02 Wh. Pada energi yang didapati dari alat pemanenan energi dari angin sebesar 196.58 Wh dan dari sinar matahari sebesar 120.07 Wh, jika dijumlah kedua alat pemanenan energi tersebut menghasilkan 316.65 Wh. Tetapi dengan energi yang didapati berupa 316.65 Wh dari yang diperlukan 712 Wh, kebutuhan listrik yang dapat dipenuhi oleh sistem pemanenan energi hanya mampu menghasilkan 44% dari kebutuhan listrik pada sistem aquaponic. Maka daripada itu sistem aquaponic tidak sepenuhnya mengandalkan kebutuhan listrik dari sistem pemanenan energi, yaitu *hybrid* dengan menggunakan listrik dari PLN. Serta untuk memenuhi kebutuhan listrik secara penuh di masa

depan, menggunakan 18 modul panel surya 30 wattpeak agar dapat memenuhi kebutuhan energi pada sistem aquaponic secara utuh tanpa mengandalkan dari listrik PLN.

Referensi

- [1] Paramasatya, A., & Rudiarto, I. (2020). *Impact of Agriculture Land Conversion on Growth Center Changes in Majalengka. January 2019.*
- [2] S., F., & Budiana, N. 2015. *Aquaponic: Panen Sayur Bonus Ikan.* Jakarta, Indonesia: Penebar Swadaya.
- [3] Rizman, Z. I., Hashim, F. R., Yassin, I. M., Zabidi, A., Zaman, F. K., & Yeap, K. H. (2018). *Smart Multi-Application Energy Harvester Using Arduino.*
- [4] Soonmin, H., Lomi, A., Okoroigwe, E. C., & Urrego, L. R. (2019). Investigation of solar energy: The case study in Malaysia, Indonesia, Colombia and Nigeria. *International Journal of Renewable Energy Research*, 9(1), 86–95.
- [5] IESR. (2019). *Indonesia Clean Energy Outlook: Tracking Progress and Review of Clean Energy Development in Indonesia. Jakarta: Institute for Essential Services Reform (IESR), December 2019, 1–72.* www.iesr.or.id
- [6] Habibzadeh, M., Hassanaliheragh, M., Soyata, T., & Sharma, G. (n.d.). *Habibzadeh2017.Pdf.* 329–332.
- [7] Habiburosid, H., Indrasari, W., & Fahdiran, R. (2019). *Karakterisasi Panel Surya Hybrid Berbasis Sensor Ina219. VIII, SNF2019-PA-173–178.*
- [8] Butt, M. F. U., Yaqub, R., Hammad, M., Ahsen, M., Ansir, M., & Zamir, N. (2019). Implementation of Aquaponics Within IoT Framework. *Conference Proceedings - IEEE SOUTHEASTCON, 2019-April*, 1–6.
- [9] Rochman, S., & Sembodo, B. P. (2018). Rancang Bangun Generator Turbin Angin Putaran Rendah Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif Di Daerah Pesisir. *Wahana*, 70(1), 25–34.
- [10] Wang, Z., Tsonev, D., Videv, S., & Haas, H. (2015). On the Design of a Solar-Panel Receiver for Optical Wireless Communications with Simultaneous Energy Harvesting. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 33(8), 1612–1623.
- [11] Ratnasih, R., Perdana, D., & Bisono, Y. G. (2018). Performance Analysis and Automatic Prototype Aquaponic of System Design Based on Internet of Things (IoT) using MQTT Protocol. *Jurnal Infotel*, 10(3), 130.
- [12] Sunardi, A., Suud, F. I., Woro Agus, N., & Gunawan, I. (2021). IoT Application on Aquaponics System Energy Optimization. *Journal of Physics: Conference Series*, 1772(1).
- [13] Gnauer, C., Pichler, H., Schmittner, C., Tauber, M., Christl, K., Knapitsch, J., & Parapatits, M. (2020). A recommendation for suitable technologies for an indoor farming framework. *Elektrotechnik Und Informationstechnik*, 137(7), 370–374.
- [14] Lin, J., & Yuping, M. (2020). Design and implementation of intelligent environment monitoring system based on OneNET platform. *E3S Web of Conferences*, 165, 534–540.
- [15] Energi, T., Industri, F. T., & Yogyakarta, I. T. (2018). *Vol . 11 No . 1 Agustus 2018 ISSN : 1979-8415 OTOMATISASI SIRKULASI AIR PADA INSTALASI AQUAPONIK DENGAN PANEL SURYA (SOLAR CELL) SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF Fifin Hindarti Vol . 11 No . 1 Agustus 2018. 11(1), 29–38.*
- [16] Sari, N. P. (2019). Pengatur Nutrisi Pada Sistem Nutrient Film Technique (Nft) Model Tanam Hydroponic Tenaga Surya. *Jurnal Teknik Elektro*, 08, 679–685.
- [17] Sastro, Y. (2015). Akuaponik : Budidaya Tanaman Terintegrasi Dengan Ikan , Permasalahan Keharaan dan Strategi Mengatasinya. *Buletin Pertanian Perkotaan*, 5(1), 33–42.
- [18] Su, M. H., Azwar, E., Yang, Y. F., Sonne, C., Yek, P. N. Y., Liew, R. K., Cheng, C. K., Show, P. L., & Lam, S. S. (2020). Simultaneous removal of toxic ammonia and lettuce cultivation in aquaponic system using microwave pyrolysis biochar. *Journal of Hazardous Materials*, 396(March), 122610.
- [19] Valiente, F. L., Garcia, R. G., Domingo, E. J. A., Estante, S. M. T., Ochaves, E. J. L., Villanueva, J. C. C., & Balbin, J. R. (2019). Internet of things (IOT)-based mobile application for monitoring of automated aquaponics system. *2018 IEEE 10th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management, HNICEM 2018*, 1–6.
- [20] Chooruang, K., & Meekul, K. (2019). Design of an IoT Energy Monitoring System. *International Conference on ICT and Knowledge Engineering, 2018-November*, 48–51.
- [21] Hong, T. T. V., Delinchant, B., Ferrari, J., & Nguyen, Q. D. (2020). Autonomous Electrical System Monitoring and Control Strategies to Avoid Oversized Storage Capacity. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 505(1).