

Analisis Penggunaan Energi Akuaponik dan Aeroponik Berbasis IoT

Alfan Baharudin¹, Aji Gautama Putrada², Rizka Reza Pahlevi³

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

¹alfanbaharudin@students.telkomuniversity.ac.id, ²ajigps@telkomuniversity.ac.id,

³rizkarezap@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Dengan perkembangan teknologi, permasalahan yang terjadi lebih cepat teratasi. Misalnya, kekurangan lahan pertanian pun petani *modern* mempunyai opsi yang cemerlang. Akuaponik dan aeroponik merupakan solusi dalam mengembangkan pertanian di Indonesia. Ditambah dengan luasnya jaringan internet menghadirkan suatu inovasi untuk merancang alat kontrol sistem penyiraman otomatis menggunakan IoT. Namun, sistem penyiraman otomatis tersebut masih belum dianalisis efisiensi energi secara maksimal pada sistem pertanian yang membuat penulis melakukan analisis pada penelitian terkait kualitas kinerja sistem penyiraman otomatis berbasis IoT. Perancangan alat dilengkapi dengan sensor sebagai kontrol pompa air. Sensor tersebut diantaranya DHT-11 yang digunakan pada aeroponik dan *soil moisture* pada akuaponik. Penelitian ini dibantu dengan *module* PZEM-004T sebagai deteksi konsumsi energi listrik. Sensor tersebut diolah menggunakan *code* pada mikrokontroler yang menghasilkan konsumsi energi dengan satuan kWh dan pengeluaran bulanan dengan satuan rupiah. Hasil akhir menentukan bahwa akuaponik lebih efisien energi sebesar 0,233 kWh dan Rp. 315,00, sedangkan aeroponik menghasilkan sebesar 1,682 kWh dan Rp. 2.274,00.

Kata kunci : energi, akuaponik, aeroponik, sensor, iot, pzem-004t.

Abstract

With the development of technology, problems that occur can be resolved more quickly. For example, lack of agricultural land even modern farmers have a brilliant option. Aquaponics and aeroponics are solutions in developing agriculture in Indonesia. Coupled with the breadth of the internet network, it presents an innovation to design an automatic watering system control device using IoT. However, the automatic watering system has not yet been analyzed for maximum energy efficiency in agricultural systems, which makes the authors analyze research related to the performance quality of the IoT-based automatic watering system. The design of the tool is equipped with a sensor as a water pump control. These sensors include DHT-11 which is used in aeroponics and soil moisture in aquaponics. This research is assisted by the PZEM-004T module as detection of electrical energy consumption. The sensor is processed using a code on the microcontroller which produces energy consumption in units of kWh and monthly expenses in units of rupiah. The final result determines that aquaponics is more energy efficient by 0,233 kWh and Rp. 315,00, while aeroponics produces 1,682 kWh and Rp. 2,274.00.

Keywords: energy, aquaponics, aeroponics, sensor, iot, pzem-004t.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Indonesia terkenal dengan sebutan negara agraris, salah satunya karena memiliki tanah yang subur [1]. Dengan kesuburan tanah yang dimiliki menjadi sebuah lapangan kerja yang luar biasa bagi seorang petani. Salah satu sektor pertanian yang dilakukan oleh masyarakat yaitu sayuran. Sayuran sangat diperlukan oleh manusia dalam memenuhi kebutuhan pangan karena mengandung nilai kesehatan yang bagus. Seiring berjalannya waktu, lahan pertanian mulai menyusut pasca meningkatnya pertumbuhan manusia. Faktor utama terjadi akibat melebarnya pemukiman, kawasan industri, jalan, dan lain sebagainya [2]. Namun, kurangnya lahan tersebut dapat teratasi oleh perkembangan teknologi. Para ilmuwan menemukan konsep pertanian *modern* yang dapat dilakukan dimana saja sesuai dengan kebutuhan seperti akuaponik dan aeroponik.

Akuaponik dan aeroponik merupakan solusi dalam mengembangkan pertanian di Indonesia. Keduanya merupakan pengembangan dari hidroponik yang menggunakan *rockwool* sebagai pengganti tanah pada media tanamnya. Ciri khas pada akuaponik yaitu memberikan simbiosis mutualisme antara ikan dan tumbuhan [3], sedangkan pada aeroponik sistem penyiramannya dengan semprotan udara menggunakan *nozzle* [4]. Dalam teori menyebutkan bahwa dalam dua tahun, akuaponik menghasilkan energi listrik sebesar 10.903 kWh dan 10.844kWh untuk penggunaan pemanas air, blower udara, kipas kotak, pompa, dan lampu [5].

Teknologi canggih dapat membuktikan keabsahan teori tersebut dengan konsep bernama *Internet of Things* (IoT). Revolusi teknologi pada IoT mewakili komputasi dan komunikasi, serta diakui sebagai teknologi yang akan diperhatikan oleh kalangan industri [6] [7]. Peran IoT dalam kehidupan sehari-hari dapat mengumpulkan, memproses, menganalisis, dan memantau lingkungan secara *real-time* [8]. Implementasi pada IoT dapat berupa kendali alat, misalnya alat untuk menyiram tanaman secara otomatis menggunakan sensor dan diolah menggunakan *code* program. Namun, sistem penyiraman otomatis tersebut masih belum dianalisis efisiensi energi secara maksimal pada sistem pertanian yang membuat penulis melakukan analisis pada penelitian terkait kualitas kinerja sistem penyiraman otomatis berbasis IoT.

Melihat permasalahan tersebut mendorong penulis untuk menganalisis penggunaan listrik pada sistem akuaponik dengan sistem aeroponik khususnya penggunaan pompa air, kinerja IoT dalam menerapkan sistem penyiraman otomatis dalam memaksimalkan efisiensi energi listrik, serta hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan dan pertimbangan terkait penggunaan IoT pada kedua sistem pertanian tersebut untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

1.2 Topik

Pada penelitian ini, penulis akan memecahkan suatu rumusan masalah yaitu bagaimana cara analisis akuaponik dan aeroponik dari sisi efisiensi penggunaan energi listrik. Sistem tersebut akan dirancang berbasis IoT.

1.3 Batasan

Agar pembahasan dalam penelitian tidak menyimpang dari tujuan, diperlukan batasan masalah sebagai berikut:

- Model akuaponik yang digunakan yaitu NFT.
- Protokol pada sistem IoT menggunakan MQTT.
- Analisis pada konsumsi energi diambil dari penggunaan pompa air yang telah dikontrol berdasarkan nilai sensor.

1.4 Tujuan

Terdapat tujuan pada penelitian ini yaitu untuk memberikan informasi berupa hasil energi yang dikonsumsi oleh pompa yang digunakan untuk akuaponik dan aeroponik. Hasil yang dikeluarkan berupa angka dalam bentuk rupiah. Sehingga penelitian ini diharapkan akuaponik lebih efisien dalam penggunaan energi listrik.

1.5 Organisasi Tulisan

Dalam penelitian ini, penulis menyisipkan beberapa poin dalam penulisan. Poin pertama mengenai pendahuluan. Pada pendahuluan terdapat latar belakang yang terjadi dari kasus sebelumnya dan membentuk suatu penelitian berupa alat untuk mendeteksi konsumsi energi listrik pada akuaponik dan aeroponik, setelah itu terdapat topik yang akan dibahas untuk memecahkan suatu permasalahan dan batasan-batasan yang akan diteliti, serta tujuan dalam penelitian. Poin kedua mengenai studi terkait. Pada poin ini berisi penelitian terkait.

Poin ketiga yaitu sistem yang dibangun. Bahasan awal mengenai perancangan sistem. Sistem yang dirancang pada penelitian ini dibagi atas tiga hal, yaitu perancangan sistem akuaponik, aeroponik, serta perancangan alat untuk mengukur konsumsi energi listrik. Dalam perancangan alat terdapat penjelasan mengenai sensor dan *module* yang digunakan selama penelitian berjalan. Selain itu, terdapat pula sistem kontrol dan skenario pengujian. Pada poin keempat berisi tentang evaluasi dari hasil penelitian. Hasil tersebut meliputi hasil pengujian dan analisis hasil pengujian. Poin terakhir yaitu kesimpulan, daftar pustaka dan lampiran.

2. Studi Terkait

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian yang dilakukan oleh Imran Ali Lakhiar et.al. membahas sensor cerdas yang digunakan pada bidang pertanian [9]. Permasalahan awal yang terjadi karena kekhawatiran peneliti terhadap pertanian di abad ini. Efek dari meningkatnya populasi yang mengakibatkan pergerakan urbanisasi dan industriasi yang cepat membuat lahan pertanian semakin menurun, serta lahan pertanian beririgasi diperkirakan akan berkurang pada masa depan. Hal ini membuat para peneliti untuk membuat perubahan bidang pertanian lebih modern. Tujuannya untuk mencegah kehilangan tanaman karena perubahan iklim,

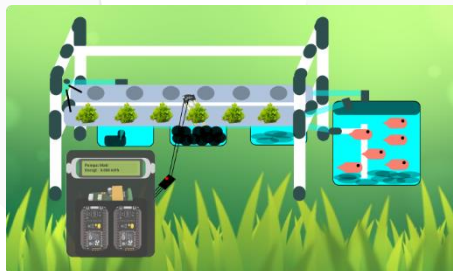
penyakit yang ditularkan dari tanah, serangan hama, dan lain-lain. Aeroponik menjadi salah satu metode modern yang ditemukan oleh peneliti. Metode ini cocok ditanam di perkotaan, bahkan dalam ruangan dan memerlukan kondisi yang terkendali. Agar menghemat sumber daya dan meminimalkan dampak pada lingkungan diperlukan perangkat IoT berupa sensor cerdas yang dapat membantu kegiatan para petani. Selain itu, tujuan lain menggunakan sensor cerdas di bidang pertanian adalah untuk mengontrol kondisi iklim ruang pertumbuhan sesuai dengan data pada tanaman. Sensor yang akan digunakan pada metode aeroponik ini seperti sensor suhu, kelembaban, intensitas cahaya, karbondioksida, ketinggian air, pH dan EC.

Penelitian yang dilakukan oleh David C. Love et.al. membahas penggunaan energi pada akuaponik [5]. Permasalahan yang terjadi akibat data yang kurang akurat yang meliputi sumber daya, analisis pembiayaan, dan penilaian siklus hidup. Dengan permasalahan tersebut menghasilkan solusi berupa tujuan penelitian yaitu menggambarkan suatu kondisi dari energi, air, dan pakan ikan sebagai *input*, serta tanaman dan ikan sebagai *output*. Penelitian tersebut dilakukan selama 2 tahun di Maryland, United State. Instalasi pada akuaponik ini menggunakan sistem rakit apung. Ikan nila akan digunakan sebagai pematangan sistem sebanyak 21 ekor dan ikan nila biru sebanyak 227 digunakan sebagai pembesaran. *Input* dari energi meliputi pemanas air, blower udara, kipas kotak, pompa, dan lampu. Energi yang digunakan yaitu listrik dan propana. Propana berfungsi sebagai pengganti listrik jika terjadi pemadaman. Hasil yang diperoleh selama 2 tahun berupa air sebanyak 36,9 m³ dan 35,0 m³. Energi menghasilkan dua *output*, yaitu listrik sebesar 10.903 kWh dan 10.844 kWh, serta propana sebesar 8.451 kWh dan 8553 kWh. Total biaya yang dikeluarkan untuk energi sebesar \$2035 dan \$2074. Rata-rata untuk menghasilkan 1 kg tanaman memerlukan 104 L air, 0,5 kg pakan, dan 56 kWh energi (biaya sebesar \$6), sedangkan untuk menghasilkan 1 kg ikan memerlukan 292 L air, 1,3 kg pakan, dan 159 kWh energi (biaya sebesar \$12).

Penelitian yang dilakukan oleh Al Hafiz membahas tentang perhitungan tagihan listrik rumah tangga [10]. Masalah yang terjadi akibat penggunaan listrik tanpa kendali yang menjadi boros energi listrik. Agar energi tersebut menjadi efisien diperlukan sebuah aplikasi untuk memudahkan masyarakat dalam memeriksa tagihan listrik dengan melihat daya yang dikeluarkan oleh suatu barang dari satuan *watt* dikalikan dengan waktu penggunaan. Hasil tersebut menjadi satuan *watt hour* (Wh). Lalu dirubah menjadi satuan *kilowatt hour* (kWh) dengan dibagi 1000. Nilai kWh tersebut selanjutnya dikalikan dengan tarif dasar listrik sesuai dengan golongan daya yang digunakan oleh masyarakat.

3. Sistem yang Dibangun

3.1 Perancangan Sistem Akuaponik



Gambar 1. Perancangan Akuaponik.

Dalam penerapan sistem ini, model yang digunakan pada penelitian yaitu NFT. NFT merupakan singkatan dari *Nutrient Film Technique* yang berarti sistem pengaliran air yang akan terjun ke bawah dan kembali pada penampungan air seperti pada gambar 1 [11]. Bahan utama yang digunakan dalam sistem ini yaitu pipa paralon yang dihubungkan oleh beberapa macam sambungan yang akan terbentuk rangkaian NFT. Pada bagian tengah diberikan ruang untuk menyimpan tanaman menggunakan *gully*. Tanaman yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu selada.

Ember besar yang terletak di sebelah kanan rangkaian NFT adalah bak penampungan ikan yang berfungsi sebagai makanan organik untuk tanaman. Di bagian bawah rangkaian NFT terdapat 3 ember kecil yang memiliki fungsi yang berbeda. Ember terletak di sebelah kanan yaitu tempat penampungan kotoran ikan, di tengah yaitu tempat bakteri nitrifikasi [12], dan yang paling kiri yaitu tempat untuk mengambil nutrisi untuk tanaman dengan menggunakan pompa. Proses penyiraman pada pompa akan dikendalikan oleh sensor *soil moisture*.

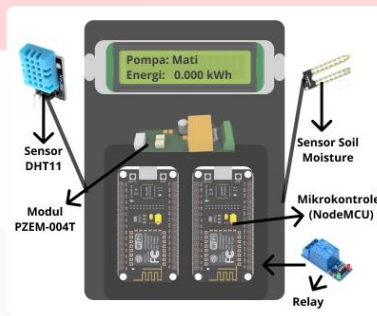
3.2 Perancangan Sistem Aeroponik



Gambar 2. Perancangan Aeroponik.

Bahan utama yang diperlukan untuk menerapkan sistem ini berupa box container plastik sesuai pada gambar 2. Di dalam box terdapat nutrisi sebagai sumber makanan bagi tumbuhan yang akan diserap melalui *rockwool* dan akar yang menggantung. Proses penyiraman menggunakan pompa yang berfungsi sebagai penyedot nutrisi dari dasar box [13] sampai ke pipa paralon dan akan diproses menggunakan *nozzle* yang akan mengeluarkan nutrisi berupa kabut. Tutup box tersebut digunakan untuk menyimpan *rockwool* yang akan diisi oleh tanaman selada merah. Pompa akan bekerja setelah menerima data dari sensor suhu udara yang diberikan *code* pada mikrokontroler.

3.3 Perancangan Alat



Gambar 3. Perancangan Alat.

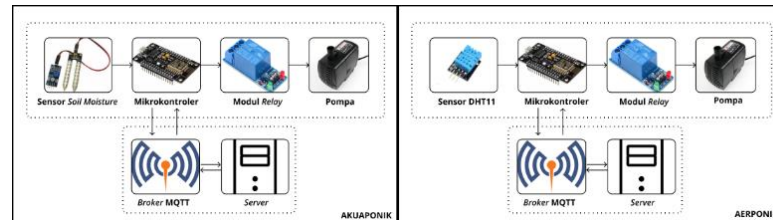
Perancangan ini merupakan alat untuk memproses pengambilan data yang akan dianalisis efisiensinya. Komponen ringan yang diperlukan pada gambar 3 yaitu *box container* berukuran x6 sebagai wadah utama dan ukuran x3 sebagai wadah kabel-kabel *jumper* yang menghubungkan sensor dan modul ke mikrokontroler. Terdapat juga lcd berukuran 16x2 yang berfungsi untuk menampilkan informasi berupa status pompa, pengeluaran energi dengan satuan kWh, dan pengeluaran biaya dengan satuan rupiah. Box tersebut tertutup oleh akrilik berwarna transparan. Komponen lain yang digunakan pada alat ini yaitu sensor dan modul. Sensor yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu sensor *soil moisture* dan DHT-11. Sensor *soil moisture* berfungsi sebagai pengukur kelembaban pada *rockwool* dan akan digunakan pada sistem akuaponik, sedangkan sensor DHT-11 berfungsi sebagai pengukur suhu udara sekitar tumbuhan dengan satuan *celcius* pada sistem aeroponik. Masing-masing kaki pin sensor akan dihubungkan pada mikrokontroler dan hasil sensing akan dikirimkan ke server melalui mikrokontroler dan akan mengendalikan aktuator sesuai *code* yang dirancang oleh penulis.

Modul PZEM-004T merupakan modul untuk pengukuran listrik AC. Terdapat fungsi pengukuran pada modul ini antara lain tegangan dalam satuan *volt*, arus dalam satuan *ampere*, daya dengan satuan *watt*, frekuensi dengan satuan *hertz*, serta energi dengan satuan *watt hours* dengan akurasi tiap fungsi senilai 0.5% [14]. Namun, penulis hanya menggunakan fungsi tegangan, arus, daya, dan energi yang telah dirubah satuannya menjadi *kilowatt hours*. Pompa yang akan digunakan pada penelitian ini adalah pompa celup. Pompa tersebut bertipe WP-103 yang mampu mengangkat air hingga ketinggian 1,5 meter dan daya yang dikeluarkan sekitar 25 *watt*.

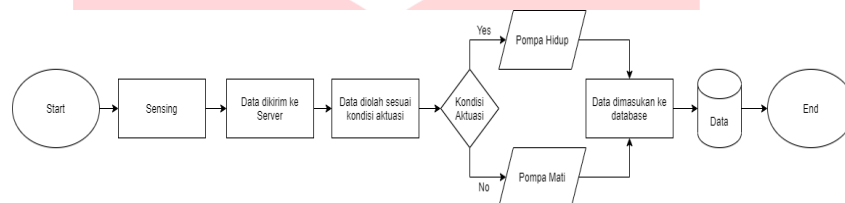
3.4 Sistem Kontrol

Sesuai dengan gambar 4, pembahasan pada sub bab ini mengenai sistem kontrol yang akan dibangun oleh penulis bahwa *nodemcu* sebagai mikrokontroler berfungsi sebagai penerima data sensor dan dikirim ke server dan mengendalikan aktuator. Aktuator akan disambungkan dengan modul *relay* yang berfungsi sebagai saklar. Pengoperasian modul *relay* dikendalikan oleh server melalui komunikasi

mikrokontroler dengan protokol MQTT dan sensor yang akan membedakan kedua sistem tersebut. Protokol MQTT diperlukan dengan broker yang berbasis publish dan subscribe membuat komunikasi antara sensor, mikrokontroler dan Node-RED sebagai *webserver* dan UI untuk monitoring alat [15]. Akuaponik menggunakan sensor *soil moisture* dengan pengkodean bahwa aktuator akan menyala apabila nilai kelembaban diatas 950 dan mati dengan nilai kelembaban dibawah atau sama dengan 950 [16], sedangkan aeroponik menggunakan sensor DHT11 dengan pengkodean bahwa aktuator akan menyala apabila nilai suhu lebih dari 28°C dan mati dengan nilai suhu kurang dari 29°C [17].



Gambar 4. Sistem Kontrol Akuaponik dan Aeroponik.



Gambar 5. Flowchart Sistem.

Alur kerja pada kedua sistem kontrol tersebut dirangkum pada gambar 5. Proses awal melakukan sensing dan data sensing akan dikirim ke server. Selanjutnya pemilihan proses berdasarkan kondisi nilai sensor yang telah ditentukan. Proses *yes* menghasilkan pompa air menyala dan proses *no* menghasilkan pompa air mati. Proses tersebut menghasilkan data dan akan disimpan dalam *database*.

3.5 Skenario Pengujian

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini akan menganalisis konsumsi energi listrik yang dikeluarkan oleh pompa pada sistem aeroponik dan akuaponik selama 30 hari. Data tersebut akan diperoleh dari modul PZEM-004T dengan satuan kWh setiap harinya. Selanjutnya, data dari modul tersebut akan diproses menggunakan rumus [10]:

$$\text{Biaya} = \text{Data} \times \text{Harga}$$

dimana data tersebut dalam satuan kWh akan dikalikan dengan tarif tenaga listrik sesuai dengan batas daya pada listrik. Tarif tenaga listrik yang digunakan pada penelitian ini sebesar Rp. 1.352,00 karena menggunakan golongan tarif R1/TR dengan batas daya 900 VA [18]. Hasil biaya tersebut akan dilakukan secara *looping* dalam waktu 30 hari sesuai dengan instruksi *code*.

4. Evaluasi

4.1 Hasil Pengujian

Penulis telah menguji alat yang telah dirancang untuk kontrol dan monitor pada sistem pertanian akuaponik dan aeroponik. Pengujian dilakukan selama 30 hari dengan mengontrol pompa air sebagai aktuator. Proses kontrol dilakukan dengan kondisi nilai sensor. Sensor tersebut meliputi sensor *soil moisture* bertipe yl-69 digunakan untuk mengukur kelembaban *rockwool* pada akuaponik dan pada aeroponik menggunakan sensor DHT-11 sebagai pengukuran suhu udara. Hasil tersebut diperoleh dari nilai rata-rata per hari. Pada sensor *soil moisture* memiliki rata-rata terendah dengan nilai 523,34 yang terletak pada hari ke 28 dan rata-rata tertinggi bernilai 820,52 pada hari ke 25. Kemampuan kontrol yang dihasilkan oleh sensor ini saat kondisi pompa air hidup sekitar 5-10 menit per hari dengan nilai varians sebesar 5720,9102 dan standar deviasi sebesar 75,637. Selanjutnya pada sensor DHT-11 memiliki rata-rata terendah dengan nilai 24,06°C yang terletak pada hari ke 7 dan rata-rata tertinggi bernilai 27,65°C pada hari ke 27. Sensor ini mampu mengontrol pompa air dengan waktu cukup lama, sekitar 210 menit setiap harinya dengan nilai varians sebesar 0,952 dan standar deviasi sebesar 0,975. Keduanya pun hidup dominan ketika cuaca panas.

Selanjutnya hasil rekaman komponen listrik yang diperoleh dari modul PZEM-004T. Komponen tersebut meliputi tegangan, arus, dan daya. Nilai yang dihasilkan oleh tegangan sekitar 223,362 – 225,629 V untuk akuaponik dan 216,135 – 226,325 V untuk aeroponik dengan nilai varians sebesar 2,745 dan standar deviasi sebesar 1,658. Nilai terbesar pada tegangan berada di aeroponik yang terletak di hari pertama dan nilai terkecil terletak di hari ke 27. Untuk nilai keduanya pada arus dengan jangkauan sekitar 0,121 – 0,311 A dengan nilai varians sebesar 0,000110 dan standar deviasi sebesar 0,010477, serta pada daya dengan jangkauan sekitar 15,7 – 24,2 W dengan nilai varians sebesar 1,769 dan standar deviasi sebesar 1,330. Nilai tersebut diperoleh saat kondisi pompa air hidup.

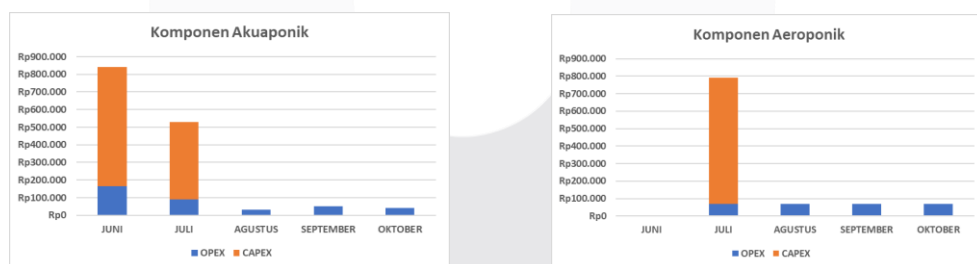
4.2 Analisis Hasil Pengujian



Gambar 6. Grafik Hasil Analisis.

Pada gambar 6 berisi grafik hasil pengujian dari energi dan pengeluaran listrik menggunakan modul PZEM-004T. Perhitungan energi listrik sudah termasuk di dalam modul, sedangkan pengeluaran listrik di *code* dengan mengalikan energi dengan satuan harga kWh dari PT. PLN (PERSERO) sesuai dengan penggunaan listrik saat pengujian. Listrik yang digunakan saat penelitian berspesifikasi golongan tarif R-1/TR dan batas daya sebesar 900 VA. Nilai energi yang dikeluarkan pada pengujian ini sebesar 0,233 kWh untuk akuaponik dan 1,682 kWh untuk aeroponik dengan nilai varians sebesar 0,248 dan standar deviasi sebesar 0,498, sedangkan nilai pengeluaran listrik pada pengujian ini sebesar Rp. 315,00 untuk akuaponik dan Rp. 2.274,00 untuk aeroponik dengan nilai varians sebesar 452615,797 dan standar deviasi sebesar 672,767. Faktor yang mempengaruhi hasil grafik tersebut berkaitan dengan sensor yang digunakan untuk mengontrol aktuator.

4.3 Analisis Ekonomi



Gambar 7. Hasil Analisis Ekonomi.

Pada gambar 7 terdapat 2 grafik pengeluaran komponen yang digunakan pada sistem akuaponik dan aeroponik. Informasi yang disampaikan mengenai *capital expenditure* (capex) dan *operational expenditure* (opex). Capex diartikan sebagai modal investasi pada perusahaan untuk merancang suatu peralatan dan opex sebagai biaya operasional dalam perusahaan untuk pengadaan alat [19] [20]. Perhitungan dilakukan selama 5 bulan dengan pengeluaran capex hanya selama 2 bulan untuk akuaponik, dan 1 bulan untuk aeroponik.

Capex pada akuaponik untuk bulan juni sebesar Rp. 675.000,00 dengan pengeluaran berupa pembelian pipa paralon, ember, aerator, dan lain-lain, serta untuk bulan juli sebesar Rp. 439.100,00 dengan pengeluaran box elektronik, nodemcu, sensor, dan masih banyak yang lainnya. Pengeluaran bulan juli pada capex aeroponik hampir sama dengan akuaponik, namun perbedaan terletak pada pemilihan sensor yang membuat biaya perakitan sebesar Rp. 445.400,00 dan ditambah Rp. 274.500,00 dengan pengeluaran berupa pembelian box container, *nozzle*, pipa paralon, dan lain sebagainya. Sehingga dapat ditotalkan untuk capex aeroponik pada bulan juli sebesar Rp. 719.900,00. Perbedaan dari hasil capex pada

kedua sistem terjadi akibat *maintenance* yang dilakukan tiap sistem. Pada sistem akuaponik memerlukan waktu sekitar 20-30 hari karena terdapat proses adaptasi antara ikan dengan tumbuhan, sedangkan pada sistem aeroponik memerlukan waktu sekitar 1-3 hari karena hanya estimasi perakitan saja.

Hasil opex pada kedua sistem tersebut mempunyai grafik nilai yang berbeda. Perbedaan yang signifikan terletak pada sistem akuaponik di bulan juni dan juli karena terjadi pembelian ikan sebanyak 2 kg dan obat penjernih ikan. Pada bulan juni terdapat banyak kematian pada ikan karena sedang proses percobaan sehingga di bulan juli membeli ulang ikan sebanyak 2 kg, serta untuk pembelian obat penjernih ikan dilakukan selama 5-6 bulan per liter. Untuk bulan selanjutnya sampai bulan oktober kedua sistem pada akuaponik terfokus untuk membeli selada, garam ikan, pakan ikan, obat tetes ikan, serta pengeluaran listrik yang dikeluarkan oleh pompa air yang telah diautomasasi dengan alat. Sedangkan opex pada sistem aeroponik memperoleh hasil yang hampir sama karena membeli selada dan nutrisi ab mix. Perbedaan nilai yang dimiliki oleh opex sistem ini terjadi akibat pengeluaran listrik yang dikeluarkan oleh pompa air berbeda setiap bulannya karena terdapat proses automasi menggunakan alat. Dengan begitu, hasil capex dan opex yang hemat terjadi pada sistem aeroponik karena sedikit komponen, efisien dalam perakitan, serta biaya operasionalnya hanya membeli selada, ab mix dan listrik. Namun, dari segi penjualan bahwa sistem akuaponik memiliki keuntungan karena selain tumbuhan terdapat ikan yang bisa di jual.

5. Kesimpulan

Berdasarkan implementasi kedua alat yang telah dirancang bahwa alat tersebut menghasilkan suatu data berupa nilai dengan parameter sensor yang berbeda. Untuk alat yang digunakan pada akuaponik mempunyai nilai dari sensor *soil moisture*, sedangkan pada aeroponik mempunyai nilai dari sensor suhu udara. Pada parameter energi listrik, keduanya menggunakan modul yang sama yakni PZEM-004T. Alat tersebut akan mengontrol pompa air berdasarkan nilai sensor yang telah dikondisikan menggunakan *code*. Hasil yang diperoleh bahwa energi yang dikonsumsi akuaponik sebesar 0,233 kWh dan Rp. 315,00, sedangkan aeroponik mengkonsumsi energi sebesar 1,682 kWh dan Rp. 2.274,00. Dengan begitu, dapat disimpulkan bahwa akuaponik lebih efisien dalam konsumsi energi dibanding aeroponik dalam mengontrol pompa air.

Referensi

- [1] M. F. Syuaib, "Sustainable agriculture in Indonesia: Facts and challenges to keep growing in harmony with environment," *CIGR Journal*, pp. 170-184, June 2016.
- [2] P. A. Permatasari, A. Fatikhunnada, L. Y. Setiawan, S. and A. Nurdiana, "Analysis of agricultural land use changes in Jombang Regency, East Java, Indonesia using BFAST method," *ScienceDirect*, no. 33, pp. 27-35, 2016.
- [3] R. R. Dianne Isabella Wibowo, "IoT based automatic monitoring system for water nutrition on aquaponics system," *International Conference On Engineering, Technology and Innovative Researches*, no. 1367, 2019.
- [4] I. A. Lakhari, J. Gao, T. N. Syed, F. A. Chandio and N. A. Buttar, "Modern plant cultivation technologies in agriculture under controlled environment: a review on aeroponics," *Journal of Plant Interactions*, vol. XIII, no. 1, pp. 338-352, 30 May 2018.
- [5] D. C. Love, M. S. Uhl and L. Genello, "Energy and water use of a small-scale raft aquaponics system in Baltimore, Maryland, United States," *Elsevier*, no. 68, pp. 19-27, July 2015.
- [6] S. Madakam, R. Ramaswamy and S. Tripathi, "Internet of Things (IoT): A Literature Review," *Scientific Research Publishing*, no. 3, pp. 164-173, January 2015.
- [7] I. Lee and K. Lee, "The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises," *ScienceDirect*, pp. 1-10, 2015.
- [8] W. F. R. C and R. Y. M, "Real-Time Performance of a Self-Powered Environmental IoT Sensor Network System," *MDPI*, vol. 17, no. 2, pp. 1-14, 1 February 2017.
- [9] I. A. Lakhari, G. Jianmin, T. N. Syed, F. A. Chandio, N. A. Buttar and W. A. Qureshi, "Monitoring and Control Systems in Agriculture Using Intelligent Sensor Techniques: A Review of the Aeroponic System," *Hindawi*, vol. 2018, pp. 1-18, 19 December 2018.
- [10] A. Hafiz, "APLIKASI PENGHITUNGAN PEMAKAIAN LISTRIK RUMAH TANGGA BERBASIS ANDROID," *Jurnal Perencanaan, Sains, Teknologi, dan Komputer*, vol. 2, no. 1, pp. 1-8, July 2019.

- [11] D. Yolanda, H. Hindersah, F. Hadiatna and M. A. Triawan, "Implementation of Real-Time Fuzzy Logic Control for NFT-Based Hydroponic System on Internet of Things Environment," *International Conference on System Engineering and Technology(ICSET)*, pp. 153-159, October 2016.
- [12] E. D. Purbajanti, W. Slamet and F. Kusmiyati, *HYDROPONICS Bertanam Tanpa Tanah*, Semarang: EF Press Digimedia, 2017.
- [13] A. Asniati, R. Yanti and E. M. Hasiri, "SISTEM KONTROL OTOMATIS PENYIRAMAN TANAMAN DENGAN METODE BUDIDAYA TANAMAN SISTEM AEROPONIK MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA 2560," *Jurnal Informatika*, vol. 8, no. 1, pp. 38-44, 2019.
- [14] I. Guru, "DataSheet PZEM-004T - InnovatorsGuru," 06 2019. [Online]. Available: <https://innovatorsguru.com/wp-content/uploads/2019/06/PZEM-004T-V3.0-Datasheet-User-Manual.pdf>. [Accessed July 2021].
- [15] M. S, Q. M and S. A. M, "Penggunaan Node-RED pada Sistem Monitoring dan Kontrol Green House berbasis Protokol MQTT," *Jurnal Transistor Elektro dan Informatika (TRANSISTOR EI)*, vol. 3, no. 1, pp. 31-44, Mei 2018.
- [16] W. Vernandhes, N. S. Salahuddin, A. Kowanda and S. P. Sari, "Smart Aquaponic with Monitoring and Control System Based On IoT," *International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*, pp. 1-6, November 2017.
- [17] M. V. Sariayu and S. Supriono, "PENGENDALI SUHU DAN KELEMBABAN PADA TANAMAN SELADA (*Lactuca sativa* L) DENGAN SISTEM AEROPONIK BERBASIS ARDUINO UNO R3," *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, vol. 2, no. 1, 2017.
- [18] PT. PLN (PERSERO), "Tariff Adjustment," [Online]. Available: <https://web.pln.co.id/pelanggan/tarif-tenaga-listrik/tariff-adjustment>. [Accessed July 2021].
- [19] T. Yuwanto, "Analisis Tekno Ekonomi Biaya Capex dan Opex," *IncomTech: Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, vol. 8, no. 1, pp. 1-20, June 2017.
- [20] M. U. Hidayah, "Analisa Efektifitas RAN Sharing Pada Perusahaan Telekomunikasi (Studi Kasus RAN Sharing XL-Indosat)," *InComTech: Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, vol. 10, no. 1, pp. 8-18, 2020.