

E-Aquaponics: Budidaya Ikan dan Tanaman Secara Terintegrasi Berbasis Internet of Things

E-Aquaponics: Integrated Agriculture and Aquaculture Based on Internet of Things

Eka Pratiwi^{1*}, Fajri Habibie Suwanda², Dandi Taufiqurrohman³, Sakinah Puspa Angraeni⁴,
R.W.Tri Hartono⁵, Ginanjar Suwasono Adi⁶

¹Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir Ds Ciwaruga, Kotak pos 1234, telp (022) 2013789

eka.pratiwi.tcom417@polban.ac.id^{1*}, fajri.habibie.tcom415@polban.ac.id²,

Dandi.taufiqurrohman.tcom418@polban.ac.id³, sakinah.puspa.tcom414@polban.ac.id⁴, tri.hartono@polban.ac.id⁵,
ginanjar.adi@polban.ac.id⁶

Abstrak – Industri 4.0 membuka tabir baru bagi perikanan dan pertanian di Indonesia. Kemudahan yang ditawarkan oleh konsep Internet of Things dan penerapannya memberikan kemudahan yang seharusnya dimanfaatkan oleh petani modern. *e-Aquaponics* sebagai inovasi cerdas yang mengoptimalkan sistem kendali dan kontrol elektronik jarak jauh sangat cocok dan mampu untuk mendukung industri pertanian dan perikanan modern sebagai wujud dari kontribusi industri 4.0 pada masyarakat. Digunakannya beberapa sensor node dan sink node menjadikan sistem dikontrol dengan baik sehingga ekosistem tanaman dan ikan berjalan sinergis. Diversifikasi produk dengan memanipulasi ekosistem pada *e-Aquaponics* mengkolaborasikan pertanian dan perikanan menjadi satu entitas sistem yang utuh dengan penghematan lahan dan biaya. Pemanfaatan wireless sensor network sebagai media penghubung antar node pada sensor dan aktuator memungkinkan penghematan instalasi dan penggunaan dalam skala besar. Smartphone sebagai antarmuka user dapat mengakses sistem *e-Aquaponics* dimanapun baik user maupun sistem *e-Aquaponics* berada membuat aktifitas dan waktu user tidak terganggu dan memungkinkan budidaya dilakukan di banyak tempat.

Kata Kunci: Industri 4.0, Internet of Things, *e-Aquaponics*, perikanan, pertanian, kendali dan pengawasan elektronik jarak jauh.

Abstract – Industry 4.0 opens a new veil for fisheries and agriculture in Indonesia. The convenience offered by the concept of the Internet of Things and its application provides facilities that could be used by modern farmers. *e-Aquaponics* as an intelligent innovation that optimizes remote electronic control and control systems is very suitable and able to support the modern agriculture and fisheries industry as a form of industry 4.0 contribution to society. The use of several sensor nodes and sink nodes makes the system well controlled so the hydroponic and fish ecosystem runs synergistically. Product diversification by manipulating ecosystems in *e-Aquaponics* collaborates agriculture and fisheries into one integrated system entity with minimized cost and space. Utilization of wireless sensor networks as the connection between nodes on sensors and actuators allows saving installation and use on a large-scale. Smartphones as user interfaces can reach *e-Aquaponics* systems wherever both users and *e-Aquaponics* systems are located making user activity and time uninterrupted and allowing cultivation to be carried out in many places.

Keywords: Agriculture, *e-Aquaponics*, fisheries, remote control.

1. Pendahuluan

Saat ini revolusi industri sudah berada pada tingkat yang lebih tinggi yaitu revolusi industri 4.0. Era ini merupakan era digitalisasi yang menggabungkan *Internet of Things* dan *Cyber Physical System* kedalam proses industri. Di Indonesia revolusi industri 4.0 telah mempengaruhi berbagai bidang kehidupan seperti pemerintahan, transportasi, pendidikan, dan ekonomi. Teknologi yang dikenalkan pada era ini sangat dibutuhkan terutama untuk perikanan dan pertanian di Indonesia, karena kebutuhan pangan yang meningkat tidak seimbang dengan lahan yang tersedia. Dibutuhkan sebuah inovasi yang dapat melakukan optimasi dari lahan yang ada. Dengan e-Aquaponics, permasalahan tersebut dapat diatasi[7][9].

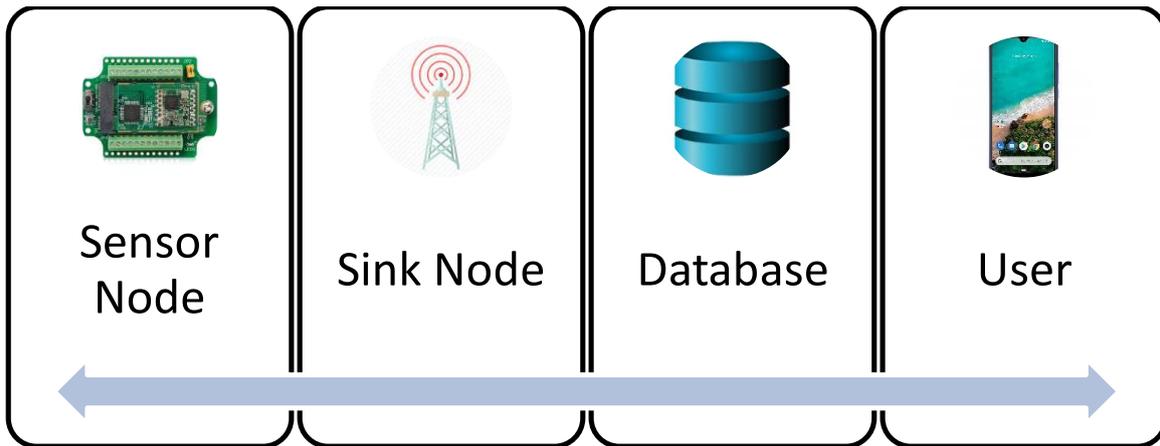
e- Aquaponics merupakan suatu sistem yang menggabungkan hidroponik dengan aquaculture berbasis *Internet of Things*[3]. Desain dari e-Aquaponics dibuat sedemikian rupa sehingga hanya membutuhkan lahan yang kecil[1]. Dengan menggunakan e-Aquaponics maka akan terjadi polikultur sehingga menghasilkan produk yang beranekaragam karena sistemnya yang merupakan integrasi ikan dengan tanaman. Tanaman akan diberi nutrisi oleh limbah yang dihasilkan dari sistem biologis lainnya yang berguna untuk menyuburkan tempat produksi tanaman, dan air akan dimanfaatkan kembali menggunakan resirkulasi dan penyaringan biologis. Limbah tersebut berupa nutrisi yang dihasilkan dari ganggang, kotoran ikan, dan umpan ikan yang telah membusuk namun tidak akan menimbulkan kadar toksik pada kolam ikan melainkan akan berguna sebagai pupuk dalam wujud cair bagi tanaman hidroponik[6]. Limbah hasil sistem biologis disimpan di sebuah tangki dan dapat dikontrol secara elektronik. Media tanaman hidroponik digunakan sebagai biofilter yang melepaskan berbagai zat seperti nitrit, nitrat, fosfor, dan amonia sehingga air yang telah dibersihkan dan dikontrol secara elektronik dapat diresirkulasi ke tangki ikan. Terdapat bakteri yang memiliki peran penting dalam peredaran nutrisi. Bakteri tersebut adalah bakteri nitrifikasi. Bakteri ini berhubungan dengan akar tanaman dan hidup di kerikil. Seluruh sistem tidak akan melakukan fungsinya tanpa adanya bakteri ini [5].

Terdapat beberapa Sensor Node pada konsep pengiriman data e-Aquaponics yang juga merupakan inovasi terdepan dari pertanian dan juga perikanan yang dapat dikontrol secara elektronik pada *Wireless Sensor Network*. Data yang terdapat pada Sensor Node akan dikirimkan ke Sink Node agar selanjutnya data dapat dikirimkan ke database melalui internet sehingga data dapat diakses menggunakan aplikasi yang terdapat pada *Smartphone*. Konsep pengiriman data ini menggunakan routing protocol data centric based. Hal ini mempengaruhi kecepatan daya, jalur pengiriman data, jarak antar node, konsumsi daya dan bandwidth[2].

Perkembangan e-Aquaponics telah melewati tiga generasi. Pada e-Aquaponics generasi pertama, sistem telah berhasil mengintegrasikan fitur kontrol dan monitoringnya, namun fitur – fitur tersebut masih terhubung menggunakan kabel. Pada e-Aquaponics generasi kedua, fitur - fitur tersebut saling berhubungan menggunakan wireless sensor network sehingga mengurangi penggunaan kabel. Penyempurnaan tersebut memungkinkan e-Aquaponics untuk digalakan dalam industri menengah dan besar. Kemudian pada generasi ketiga dilakukan penyempurnaan fitur pengolahan citra agar e-Aquaponics menjadi lebih akurat dalam mengenali dan mengukur panjang dan berat ikan. Inovasi integrasi pertanian dan perikanan akan mejadi solusi terhadap permasalahan yang ada seperti keterbatasan lahan, jarak, waktu, serta kualitas hasil panen dengan kontrol elektronik dan teknologi informasi juga penggunaan sensor yang tepat guna [9].

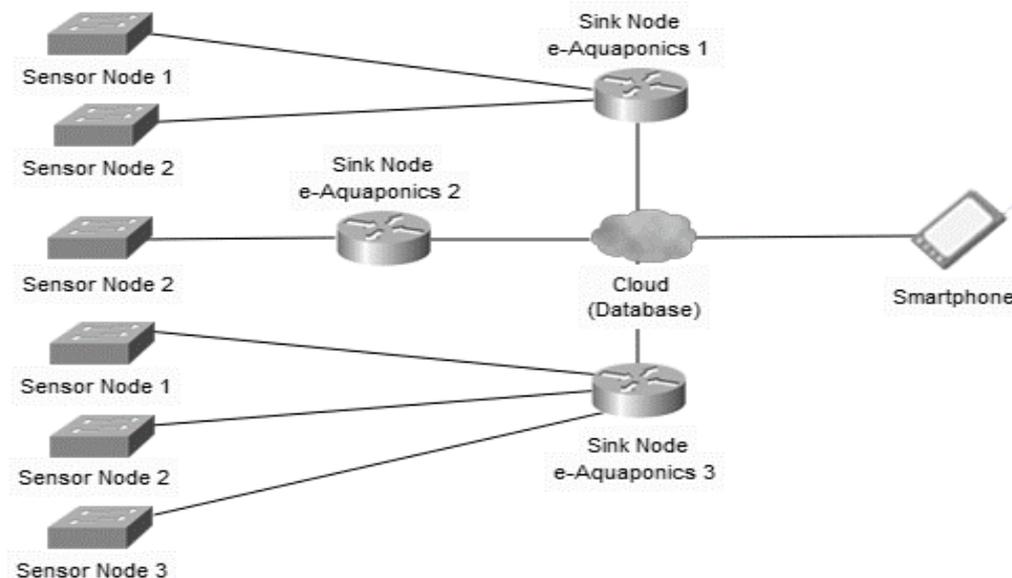
2. Metode Penelitian

e-Aquaponics dirancang dengan memiliki beberapa fitur untuk memonitoring kondisi lingkungan sekitarnya. Fitur – fitur tersebut dikelompokkan kedalam beberapa node, yaitu sensor node 1, sensor node 2, dan sensor node 3. Data - data yang diterima oleh sensor node tersebut akan dikirimkan melalui sink node ke database yang bisa di akses pengguna. Sama halnya jika pengguna ingin mengatur konfigurasi e-Aquaponics, preferensi pengguna akan diteruskan ke sistem melalui cloud. Lalu preferensi tersebut akan disampaikan ke sensor node melalui sink node agar aktuator bisa beroperasi dengan akurat. Tahapan tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok aquaponics.

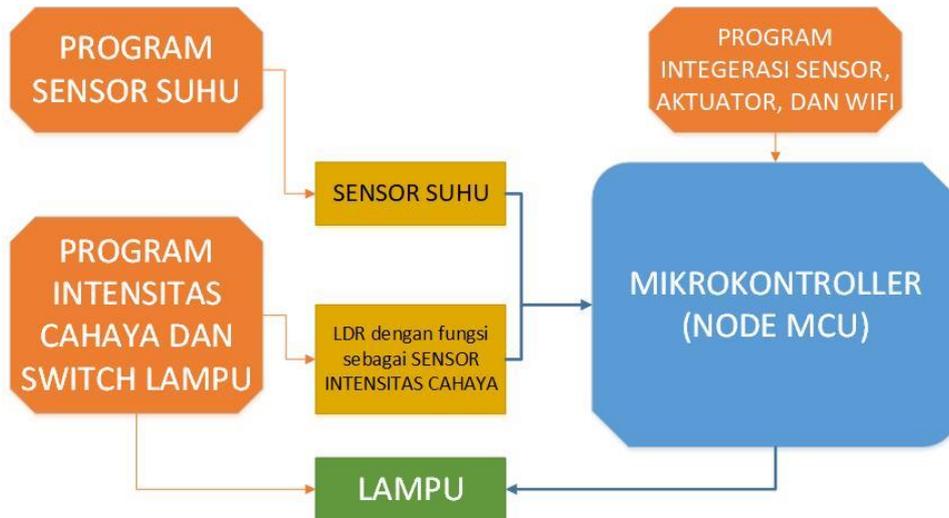
Topologi tree yang diaplikasikan pada sistem e-Aquaponics memungkinkan pengguna untuk memiliki lebih dari satu sistem pada lebih dari satu tempat. Penggunaan node pada sistem tersebut pun tidak harus lengkap dan bisa menyesuaikan dengan kebutuhan. Pada Gambar 2. terlihat topologi tree dari e-Aquaponics beserta 3 sistem yang digunakan oleh user.



Gambar 2. Contoh topologi penggunaan e-Aquaponics.

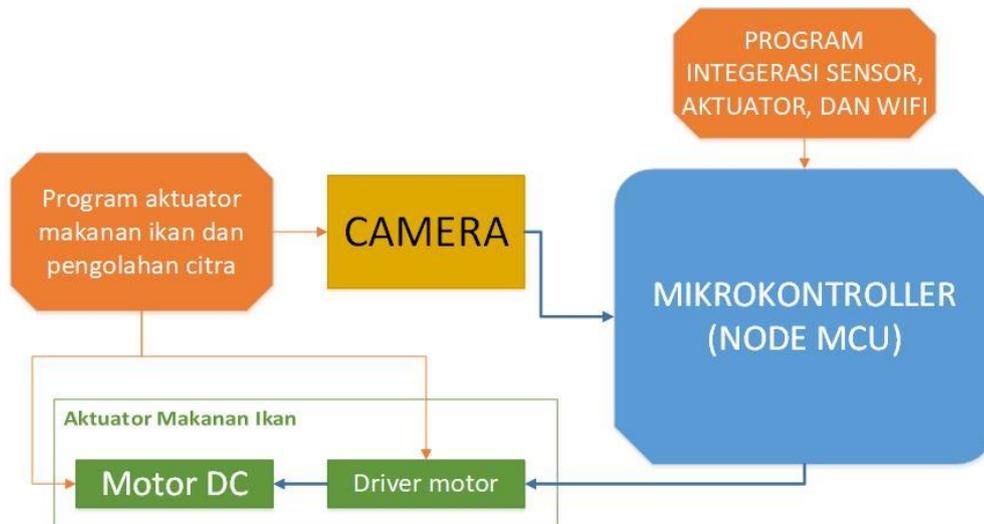
Dengan sistem pertama hanya menggunakan sensor node 1 dan 2, sistem ke dua hanya menggunakan node 2, dan sistem ketiga menggunakan sistem lengkap dengan 3 sensor node didalamnya.

Pada sensor node 1 terdapat fitur untuk mendeteksi suhu udara menggunakan sensor DHT22 dan intensitas cahaya menggunakan sensor LDR. Selain itu, terdapat lampu UV yang dapat dikontrol secara elektronik. Lampu ini digunakan untuk menyesuaikan intensitas cahaya yang dibutuhkan tanaman [8]. Blok diagram dari pada node 1 tersebut terlihat pada Gambar 3.



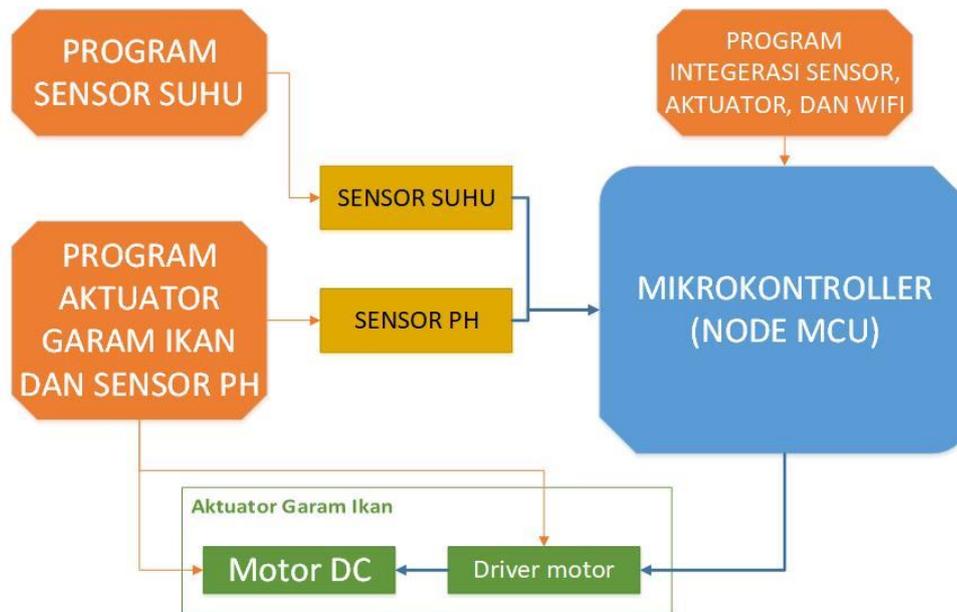
Gambar 3. Blok diagram node 1.

Kemudian pada sensor node 2 terdapat fitur untuk mengenali ikan, mengukur panjang dan berat ikan juga terdapat aktuator yang dapat dikontrol secara elektronik sebagai penggerak pakan ikan. Pada sensor node 2 terdapat Image Processing untuk mendapatkan nilai pixel yang diolah dari gambar ikan yang di capture oleh kamera[2]. Kemudian nilai pixel tersebut dikonversikan ke panjang dan berat ikan yang asli berdasarkan pengukuran terhadap beberapa sample ikan yang dilakukan secara manual[4]. Blok diagram dari pada node 2 terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Blok diagram node 2.

Sementara pada sensor node 3 terdapat fitur untuk pengukur pH air menggunakan sensor pH dan suhu air menggunakan DS18B20. Pada sensor node 3 ini juga terdapat penggerak pakan garam yang dapat dikontrol secara elektronik untk menyeimbangkan pH air. Data – data mengenai fitur yang terdapat pada masing – masing sensor node ini akan dikirimkan ke sink node melalui Wifi. Digunakan NodeMCU dan *Raspberry pi* yaitu mikrokontroler yang berperan sebagai sensor node dan sink node yang berfungsi untuk mengontrol dan memonitoring sistem *Wireless Sensor Network* yang diimplementasikan pada *e-Aquaponics* [1][3]. Blok diagram dari pada node 3 terlihat pada Gambar 5.



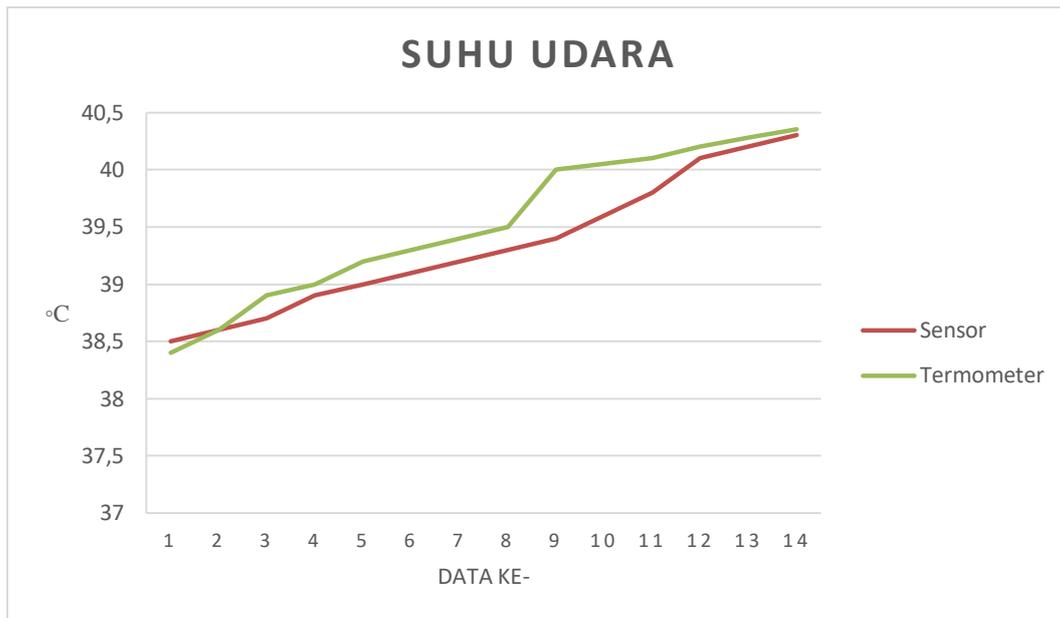
Gambar 5. Blok diagram node 3.

Pada Gambar 2. data mengenai fitur yang dikirimkan ke sink node tergantung dari fitur apa yang ingin user ketahui. Pada sink node e-Aquaponics 1 hanya data pada sensor node 1 dan node 2 saja yang dikirimkan, pada sink node e-Aquaponics 2 hanya data pada sensor node 2 saja yang dikirimkan dan pada sink node e-Aquaponics 3 seluruh data dikirimkan ke Sink Node tersebut. Ketika data sudah sampai di sink node, data - data tersebut digabung kedalam satu kelompok dan telah teridentifikasi, kemudian data akan dikirimkan ke database sesuai kolom yang dituju oleh masing – masing data. Pengiriman data ini dilakukan melalui internet. Database yang digunakan pada sistem e-Aquaponics ini adalah Firebase. Database ini memungkinkan untuk menyinkronkan perubahan data local dengan update jarak jauh yang terjadi selama klien/user offline. Data aplikasi disinkronkan ke seluruh user secara realtime dan disimpan di Firebase Cloud. Firebase Realtime Database dapat diakses secara langsung dari perangkat seluler.

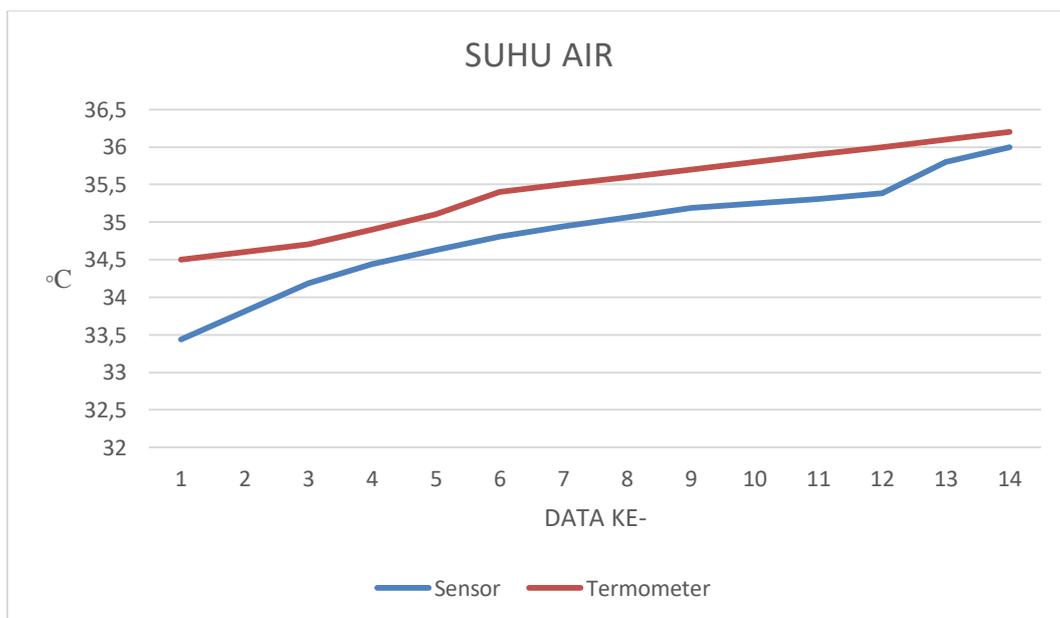
3. Hasil dan Pembahasan

Percobaan pengambilan data suhu pada e-Aquaponics mendapatkan 2 data hasil, yaitu suhu udara dan air. Suhu udara dilakukan dengan membandingkan data yang diperoleh oleh sensor suhu e-Aquaponics dengan termometer suhu ruangan konvensional saat suhu udara sekitar 32 – 42 derajat dengan pertimbangan rentang suhu tersebut mewakili suhu ruangan pada umumnya dan termometer yang digunakan bekerja pada skala tersebut. Hasil pengukuran dengan sensor terbilang mendekati termometer konvensional dengan rentang kesalahan rata rata kurang lebih 0,18 derajat atau 0,46% dari 14 data yang diambil, data data tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.

Sedangkan percobaan pengukuran suhu air memiliki rentang kesalahan rata rata sebesar 0.55 derajat atau 1.5% dari 14 data. Dengan cara pengujian yang sama seperti pengujian suhu udara, yaitu melakukan perbandingan dengan termometer konvensional. Data pengujian bisa dipelajari dari grafik pada Gambar 7.

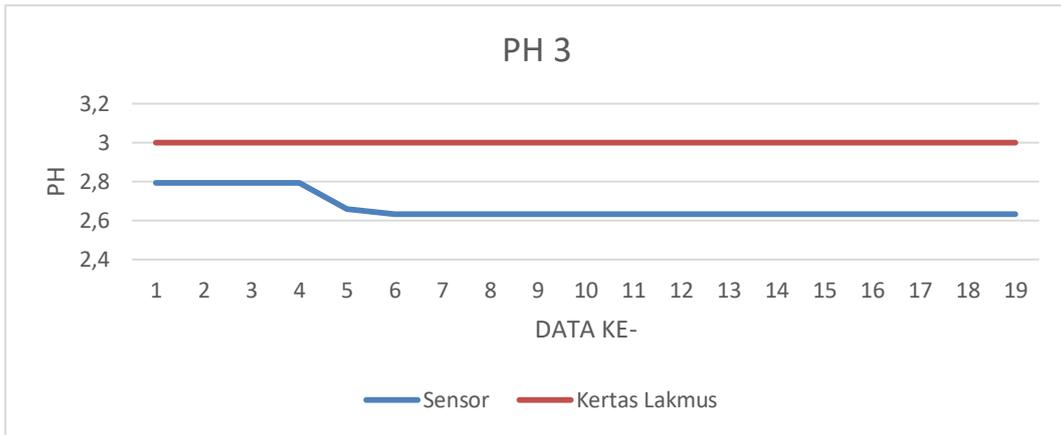


Gambar 6. Grafik suhu udara.



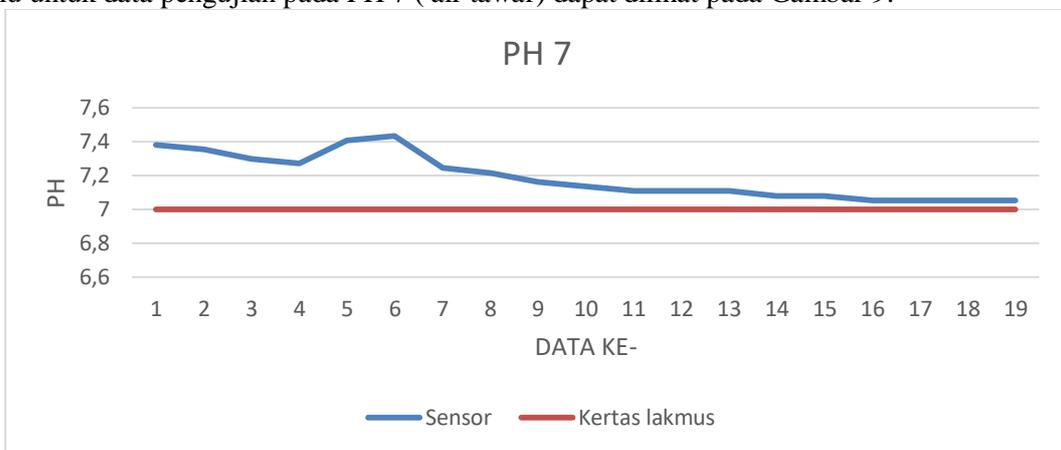
Gambar 7. Grafik suhu air.

Pengujian Sensor PH air dilakukan dengan melakukan pengukuran tingkat keasaman air menggunakan sensor dan dibandingkan dengan pengukuran konvensional, yaitu dengan kertas lakmus. Pengujian tersebut dilakukan dengan menggunakan 3 kertas lakmus yang berbeda. Data perbandingan dengan kertas lakmus sensitif terhadap ph 3 terdapat pada grafik pada Gambar 8.



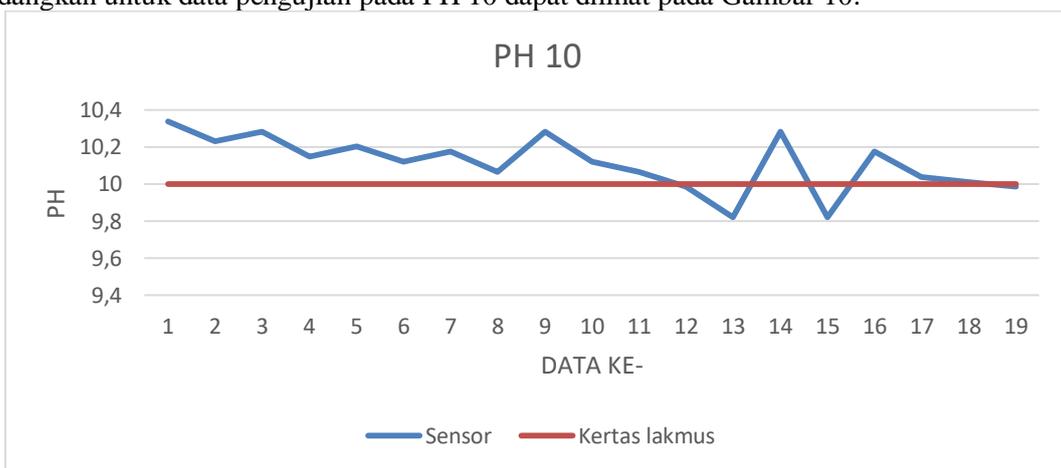
Gambar 8. Grafik pengujian keasaman PH 3.

Lalu untuk data pengujian pada PH 7 (air tawar) dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik pengujian keasaman PH 7.

Sedangkan untuk data pengujian pada PH 10 dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik pengujian keasaman PH 10.

Berdasarkan data yang diperoleh, pengujian pengukur keasaman pada e-Aquaponics memiliki kesalahan sebesar 11 % pada PH 3, lalu 2.7 % pada PH 7 atau air tawar, dan 1.1% pada PH 10 jika dibandingkan dengan kertas lakmus konvensional.

Pengujian pengukuran intensitas cahaya dilakukan dengan membandingkan data pengukuran menggunakan LDR (*light dependent resistor*) dengan luxmeter lain. Data hasil percobaan tersebut

bisa diamati pada Tabel 1. dikarenakan bila data disajikan memakai grafik, garis akan terlalu berhimpit sehingga informasi tidak tersampaikan dengan baik.

Tabel 1. Tabel pengukuran intensitas cahaya

No	LDR	Luxmeter	Error (%)
1	17	19	11,7
2	112	112	0
3	96	99	3,125
4	192	194	1,04
5	261	263	0,76
6	720	728	1,11
7	647	644	0,43
8	550	554	0,72
9	1705	1705	0
10	1553	1560	0,45

Maka didapat dari 10 pengujian yang dilakukan bahwa rata rata error dari pengukuran intensitas cahaya pada e-Aquaponics adalah sebesar 1.935 %.

Pengujian pada pengukuran panjang dan berat ikan memiliki 2 data hasil uji, yaitu kemampuan sistem mengenali citra ikan pada sebuah gambar, serta panjang dan berat dari ikan itu sendiri. Kemampuan sistem dalam mengenali ikan terangkum dalam Tabel 2. dimana terdapat tabel kebenaran dari kemampuan sistem. *True Positive* berarti jumlah prediksi akurat sistem saat menyatakan ada citra ikan. *True Negative* berarti jumlah prediksi akurat sistem saat menyatakan bahwa tidak ada citra ikan dalam gambar. *False Positive* berarti jumlah prediksi salah saat menyatakan bahwa ada citra ikan dalam gambar non-ikan. Sedangkan *False Negative* adalah jumlah prediksi salah saat menyatakan bahwa tidak ada citra ikan dalam gambar ikan.

Tabel 2. Tabel kebenaran tahap pengenalan ikan.

	<i>Positive</i>	<i>Negative</i>
<i>True</i>	36 (TP)	1 (TN)
<i>False</i>	2 (FN)	1 (FN)

Nilai akurasi, presisi, dan *recall* bisa dikalkulasikan dari data data diatas. Nilai akurasi bermaksud untuk menggambarkan seberapa akurat sistem dalam mengenali gambar secara benar. Dengan kata lain, nilai akurasi merupakan perbandingan antara data yang terklasifikasi benar dengan keseluruhan data. Nilai akurasi dapat diperoleh dengan (1).

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\% \quad (1),$$

Sehingga didapat tingkat akurasi sistem 95 %.

Nilai presisi menggambarkan jumlah data kategori positif yang diklasifikasikan secara benar dibagi dengan total data yang diklasifikasi positif. Presisi dapat diperoleh dengan (2).

$$Presisi = \frac{TP}{FP + TP} \times 100\% \quad (2),$$

Sehingga didapat tingkat akurasi sistem 97.2973 %

Sementara itu, *recall* menunjukkan berapa persen data kategori positif yang terklasifikasikan dengan benar oleh sistem. Nilai *recall* diperoleh dengan (3).

$$Recall = \frac{TP}{FN + TP} \times 100\% \quad (3),$$

Sehingga didapat tingkat *recall* sistem 97.2973 %.

Sementara pengujian pada pengukuran panjang dan berat ikan dilakukan dengan membandingkan hasil ukur sistem dengan pengukuran konvensional menggunakan pita meteran[4]. Data hasil uji dapat diperhatikan pada Tabel 3. sebagai data hasil uji sistem.

Tabel 3. Tabel panjang dan berat ikan diukur dengan sistem.

Panjang Samping Ikan	Berat Ikan	Pixel
13 cm	50 gr	<49
13 cm	50 gr	<49
14 cm	60 gr	<49
15 cm	70 gr	<49
16 cm	80 gr	<49
16 cm	80 gr	<49
16.5 cm	80 gr	49
17 cm	90 gr	54
17.5 cm	100 gr	53
17.5 cm	100 gr	53
18 cm	140 gr	53<p<103
18 cm	140 gr	53<p<103
18.5 cm	150 gr	53<p<103
19 cm	160 gr	53<p<103
19.5 cm	180 gr	103
20 cm	200 gr	96<p<103
20 cm	200 gr	96
20.3 cm	210 gr	96<p<126
21 cm	220 gr	126
21.5 cm	220 gr	126<p<128
22 cm	250 gr	126<p<128
22 cm	250 gr	126<p<128
22.5 cm	280 gr	126<p<128
23 cm	300 gr	126<p<128
23.5 cm	300 gr	128

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan sistem telah menjadi sebuah kesatuan yang terintegrasi dengan baik sehingga dapat melakukan control dan monitoring pada e-Aquaponics yang menjadikan ikan dan tanaman tumbuh dan berkembang dengan baik. Pada sensor node 1 didapatkan perbandingan nilai antara data suhu udara menggunakan sensor DHT22 dengan thermometer. Data yang didapatkan dari kedua pengukuran tersebut terlihat mendekati dengan perbandingan kesalahan sekitar 0,18 derajat atau setara dengan 0,46% dari 14 data yang diambil, Presentase kesalahan deteksi suhu adalah sekitar 0,5 %. Sementara pada pengukuran intensitas cahaya menggunakan LDR sensor dan Lux meter didapatkan data yang sesuai.

Pada sensor node 2, dilakukan pengukuran panjang dan berat ikan menggunakan metode digital image processing. Dilakukan konversi dari panjang ikan yang didapatkan untuk

mendapatkan berat ikan. Berdasarkan percobaan, dapat diketahui bahwa semakin panjang ikan maka akan semakin berat juga bobot yang dimiliki ikan.

Sementara pada sensor node 3, dibandingkan pengukuran antara sensor pH air dengan kertas lakmus. Persentase kesalahan yang didapatkan adalah sebesar 11% pada pH 3, 2,7% pada pH 7 dan 1,1% pada pH 10 dari 19 data yang diambil. Selain itu, dilakukan perbandingan pengukuran antara sensor DS18B20 dengan thermometer untuk mengukur suhu air. Perbandingan data dari kedua pengukuran tersebut memiliki perbandingan kesalahan sebesar 0,55 derajat atau sama dengan 1,5% dari 14 data yang diambil.

Data mengenai fitur – fitur yang terdapat pada e-Aquaponics dapat diakses menggunakan *smartphone* sehingga mempermudah untuk melakukan monitoring dan control e-Aquaponics. Sistem ini dapat terus dikembangkan seperti menambahkan keanekaragaman produk yang dihasilkan seperti penambahan budidaya ayam ataupun dilakukan penyempurnaan terhadap sensor yang digunakan seperti menambahkan sensor untuk memonitor riak air untuk meningkatkan ke sigapan e-Aquaponics. Berdasarkan data dari hasil percobaan yang telah dilakukan, e-Aquaponics telah siap membantu dan mengatasi permasalahan yang ada.

Referensi

- [1] S. P. Anggraeni, "Sistem Kontrol Nirkabel Untuk E-Aquaponics: Monitoring Budidaya Ikan dan Tanaman Secara Terpadu dengan Routing Protocol Data Centric Based pada Wireless Sensor Network," Politeknik Negeri Bandung, Bandung, 2018.
- [2] F. H. Suwanda, "E-Aquaponics: Pengenalan Pola Ikan Menggunakan Metoda Rectangular Feature Haar Cascade dan Neural Network," Politeknik Negeri Bandung, Bandung, 2019.
- [3] F. H. Suwanda, "Inovasi E-pertanian: Integrasi Akuakultur Dan Hidroponik Untuk Menunjang Program Ketahanan Pangan Nasional," PKM Belmawa DIKTI, Bandung, 2017.
- [4] F. H. Suwanda, "Implementasikan Algoritma Canny Edge Detection untuk Identifikasi Panjang dan Berat Ikan Koi Saat Bergerak," *SENTER*, pp. 35-44, 2018.
- [5] Diver S. 2013. *Aquaponics—Integration of Hydroponics with Aquaculture*, NCAT Agriculture Specialists, ATTRA Sustainable agriculture, New York.p:46
- [6] Somerville C. et al, 2014, *Small-scale aquaponic food production Integrated fish and plant farming*. Food and agriculture organization of the united nations Rome. p:84,86
- [7] IBCSD, —Visi Indonesia 2050 kontribusi sektor bisnis bagi Indonesia,|| Penabulu Aliance Jakarta, p. 18, 2013.
- [8] A. H. Saptadi, —Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembapan Ruangan dengan Notifikasi Via Email,|| Prosiding Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu & Call for Papers UNISBANK , vol. 2, 2016
- [9] S. Thio, —Persepsi konsumen terhadap makanan organik di Indonesia,|| Jurnal Manajemen Perhotelan, vol. 4 No. 1, pp. 25-26, 2008.