

RANCANG BANGUN *AQUAPONIC* UNTUK BUDIDAYA IKAN LELE BERBASIS MIKROKONTROLLER

Design To Build Aquaponic For Catfish Cultivation Based On Microcontroller

Iqbal Fitra Maulana ¹, Ir. Agus Ganda Permana, S.T., M.T. ², Unang Sunarya, S.T., M.T. ³

^{1,2,3}Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom

iqbalfitram@gmail.com, agusgandapermana@tass.telkomuniversity.ac.id, unangsunarya.btp@gmail.com

Abstrak

Saat ini, budidaya ikan lele menggunakan *aquaponic* mulai banyak dilirik oleh masyarakat. Namun masyarakat masih menggunakan teknik dan cara yang masih manual, tentu saja cara manual ini tidak luput dari kelalaian dari manusianya. Maka dari itu perlu dibuat inovasi yang akan memudahkan pembudidayaan ikan lele tersebut dengan teknik *aquaponic*.

Maka pada proyek akhir ini telah dibuat sistem kontrol dan *monitoring aquaponic* menggunakan pH meter untuk menjaga kestabilan pH kolam ikan, motor servo untuk pemberian pakan ikan otomatis. Dengan bantuan *NodeMCU* sebagai *mikrokontroller* untuk mengatur sensor dan juga sistemnya sehingga data yang diperoleh dapat dilihat melalui *web browser*, sehingga cara lama yang masih manual dapat di gantikan.

Dari pengujian yang dilakukan terhadap sistem *monitoring* dan *controlling aquaponic* membuktikan bahwa sistem ini bekerja dengan baik. *Monitoring* kadar pH diperoleh data dari pH meter dengan prosentase kesalahan sebesar 1.92%, dan untuk alat deteksi suhu air 0,38 °C. Dan dari sistem *controll* pakan ikan dengan rata-rata *delay* 1,1 detik.

Kata Kunci : *Aquaponic, motor servo, NodeMCU, ESP8266, monitoring, controlling*

Abstract

Currently, catfish farming using *aquaponic* is starting to be seen by the public. However, the community still uses techniques and methods that are still manual, of course, this manual method does not escape the negligence of the human. Therefore it is necessary to make innovations that will facilitate the cultivation of catfish with *aquaponic* techniques.

So in this final project an *aquaponic* control and monitoring system has been made using a pH meter to maintain the pH stability of fish ponds, servo motors for automatic fish feeding. With the help of *NodeMCU* as a microcontroller to manage the sensor and also the system so that the data obtained can be seen through a web browser, so the old manual method can be replaced.

From testing conducted on *aquaponic* monitoring and controlling systems, it proves that this system works well. Monitoring the pH level obtained from the pH meter data with an error percentage of 1.92%, and for water temperature detection 0.38°C. And from the fish feed control system with an average delay of 1.1 seconds.

Keyword : *Aquaponic, motor servo, NodeMCU, ESP8266, monitoring, controlling*

1. Pendahuluan

Masalah yang kita hadapi di jaman sekarang ini salah satunya mulai kekurangan tempat atau lahan untuk perkebunan atau perikanan. Salah satu solusinya dengan adanya system *aquaponic* inilah jalan keluarnya. *Aquaponic* tidak memerlukan lahan atau tempat yang luas. Secara langsung sistem *aquaponic* ini membantu kita dalam mengatasi masalah ini.

Aquaponic adalah sistem pertanian berkelanjutan yang menggabungkan teknik akuakultur dan juga teknik hidroponik yang akan saling bersimbiosis mutualisme. Dalam sistem akuakultur normal, ekskresi dari hewan yang dipelihara akan tercampur di air dan akan meningkatkan toksisitas air jika tidak segera dibuang atau diatasi. Dan dalam akuaponik, ekskresi hewan tersebut diberikan kepada tanaman agar dipecah menjadi nitrat dan nitrit melalui proses yang alami, dan dimanfaatkan oleh tanaman sebagai nutrisi. Air dari tanaman tersebut kemudian bersirkulasi kembali ke sistem akuakultur.

Karena sistem hidroponik dan akuakultur sangat beragam jenisnya, maka sistem akuaponik itu pun menjadi sangat beragam dalam hal ukuran, kerumitan, tipe makhluk hidup yang ditumbuhkan, dan sebagainya.

Budidaya ikan lele merupakan salah satu budidaya dibidang perikanan yang terus berkembang. Ini dikarenakan teknologi budidaya lele yang relatif mudah di kuasai masyarakat.

Selain itu pemasaran dan modal yang dikeluarkan juga relatif rendah serta bisa dibudidayakan di lahan sempit dengan padat tebar tinggi. Beberapa tahun kebelakang sistem yang dipakai dalam budidaya lele adalah sistem autotrof. Namun cara itu mempunyai kelemahan yaitu keterbatasan dalam memanfaatkan limbah budidaya. Untuk mengatasi ini, hadirilah sistem yang lebih efisien yaitu sistem heterotof. Salah satu penerapan dalam sistem ini adalah dengan menggunakan teknologi bioflok.

Pada proyek akhir ini telah dibuat alat *monitoring* dan *controlling aquaponic* yang nantinya akan membantu petani mengawasi dan mengontrol tanaman dan ikan lele tersebut.

2. Dasar Teori

2.1 Aquaponic

Aquaponic adalah sistem pertanian berkelanjutan yang mengkombinasikan akuakultur dan hidroponik dalam lingkungan yang bersifat simbiotik[1]. Dalam sistem akuakultur normal, ekskresi dari hewan yang dipelihara akan tercampur di air dan akan meningkatkan toksisitas air jika tidak segera dibuang atau diatasi.

Dan dalam akuaponik, ekskresi hewan tersebut diberikan kepada tanaman agar dipecah menjadi nitrat dan nitrit melalui proses yang alami, dan dimanfaatkan oleh tanaman sebagai nutrisi. Air dari tanaman tersebut kemudian bersirkulasi kembali ke sistem akuakultur.

Karena sistem hidroponik dan akuakultur sangat beragam jenisnya, maka sistem akuaponik itu pun menjadi sangat beragam dalam hal ukuran, kerumitan, tipe makhluk hidup yang ditumbuhkan, dan sebagainya.

2.2 Akuakultur

Akuakultur atau budidaya perairan merupakan bentuk pemeliharaan dan penangkaran berbagai macam hewan atau tumbuhan perairan yang menggunakan air sebagai komponen pokoknya.

Kegiatan-kegiatan yang umum termasuk di dalamnya adalah budidaya ikan, budidaya udang, budi daya tiram, budi daya rumput laut (alga). Dengan batasan di atas, sebenarnya cakupan budi daya perairan sangat luas namun penguasaan teknologi membatasi komoditi tertentu yang dapat diterapkan[2].

Di Indonesia, budi daya perairan dilakukan melalui berbagai sarana. Kegiatan budidaya yang paling umum dilakukan di kolam/empang, tambak, tangki, karamba, serta karamba apung.

2.3 Hydroponic

Hydroponic berasal dari kata Yunani yaitu “*hydro*” yang berarti air dan “*ponos*” yang artinya daya. *Hydroponic* juga dikenal sebagai *soilless culture* atau budidaya tanaman tanpa tanah[3]. *Hydroponic* adalah budidaya menanam dengan memanfaatkan air tanpa menggunakan tanah dengan menekankan pada pemenuhan kebutuhan nutrisi bagi tanaman.

Kebutuhan air pada hidroponik lebih sedikit daripada kebutuhan air pada budidaya dengan tanah. *Hydroponic* menggunakan air yang lebih efisien, jadi cocok diterapkan pada daerah yang memiliki pasokan air yang terbatas.

2.4 Bioflok

Biofloc merupakan gabungan dari kata “*bios*” (kehidupan) dan “*floc*” (gumpalan) yang adalah kumpulan dari berbagai organisme baik bakteri, jamur, protozoa, maupun algae yang tergabung dalam sebuah gumpalan[4].

Sedangkan budidaya lele sistem bioflok adalah sistem budidaya lele dengan memanfaatkan mikroorganisme untuk mengolah limbah budidaya lele itu sendiri. Dengan menumbuhkan mikroorganisme, limbah budidaya ikan lele akan menjadi gumpalan-gumpalan kecil. Gumpalan-gumpalan yang terdiri dari berbagai mikroorganisme air seperti bakteri, algae, fungi, protozoa, metazoa, rotifera, nematoda, gastrotricha dan organisme lain yang tersuspensi dengan detritus, kemudian akan menjadi makanan-makanan alami ikan. Proses penumbuhan mikroorganisme tersebut dilakukan dengan memberikan kultur bakteri nonpathogen (probiotik) dan memasang aerator yang akan menyuplai oksigen serta mengaduk kolam.

Adapun kelebihan dari bioflok ini antara lain:

1. Tidak tergantung pada sinar matahari dan aktivitasnya akan menurun bila suhu rendah.
2. Tidak perlu ganti air (sedikit ganti air) sehingga biosecurity (keamanan) terjaga.
3. Limbah tambak (kotoran, algae, sisa pakan, amonia) didaur ulang dan dijadikan makanan alami berprotein tinggi

Adapun kekurangan dari bioflok ini antara lain:

1. Memerlukan peralatan/aerator cukup banyak sebagai suply oksigen.
2. Aerasi harus hidup terus (24 jam/hari).
3. Pengamatan harus lebih jeli dan sering muncul kasus Nitrit dan Amonia.

Bila aerasi kurang, maka akan terjadi pengendapan bahan organik. Beresiko munculnya H₂S lebih tinggi karena pH airnya lebih rendah.

2.5 NodeMCU

Node MCU adalah sebuah mikrokontroler yang sudah terintegrasi dengan modul ESP8266, node MCU juga merupakan platform IoT yang bersifat *open source*[5]. Komponen utama dari node MCU adalah ESP8266 tipe 12.

2.6 Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah software yang digunakan sebagai media pemrograman arduino yang terintegrasi. Dengan software ini dapat membuat arduino melakukan apa yang kita inginkan. Arduino ide umumnya menggunakan pemrograman dengan bahasa C. Pada arduino ide ini kita dapat menulis program atau *sketch*[6].

2.7 Firebase

Firebase adalah layanan DbaaS (*Database as a Service*) yang di miliki oleh google untuk memudahkan pekerjaan mobile Apps Developer. Dalam firebase terdapat fitur firebase *Real Time Database* yang digunakan dalam proyek akhir ini. *Firebase Real Time Database* adalah fitur *firebase* yang memberikan database dan bisa diakses secara *real-time* oleh pengguna aplikasi. Fitur ini juga bisa menyimpan data secara lokal saat tidak ada akses internet, kemudian dapat melakukan sync data segera ketika mendapatkan akses internet[7].

2.8 Sensor

Sensor adalah alat elektronik yang digunakan untuk mengubah besaran mekanis, panas, sinar, magnetis, kimia menjadi tegangan dan arus listrik[8]. Sensor sering digunakan untuk mendeteksi saat melakukan pengukuran atau pengendalian, di bawah ini beberapa jenis sensor:

2.8.1 PH Meter

PH meter adalah sebuah alat elektronik yang berfungsi untuk mengukur pH (derajat keasaman atau kebasaan) suatu cairan (ada elektroda khusus yang berfungsi untuk mengukur pH bahan-bahan semi-padat). Sebuah pH meter terdiri dari sebuah elektroda (probe pengukur) yang terhubung ke sebuah alat elektronik yang mengukur dan menampilkan nilai pH[9].

2.8.2 Motor Servo

Motor servo adalah perangkat dengan sistem umpan balik tertutup, dimana posisi dari motor akan di informasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, rangkaian kontrol dan serangkaian roda gigi (gear) yang kuat untuk mempertahankan posisi sudut putaran [10].

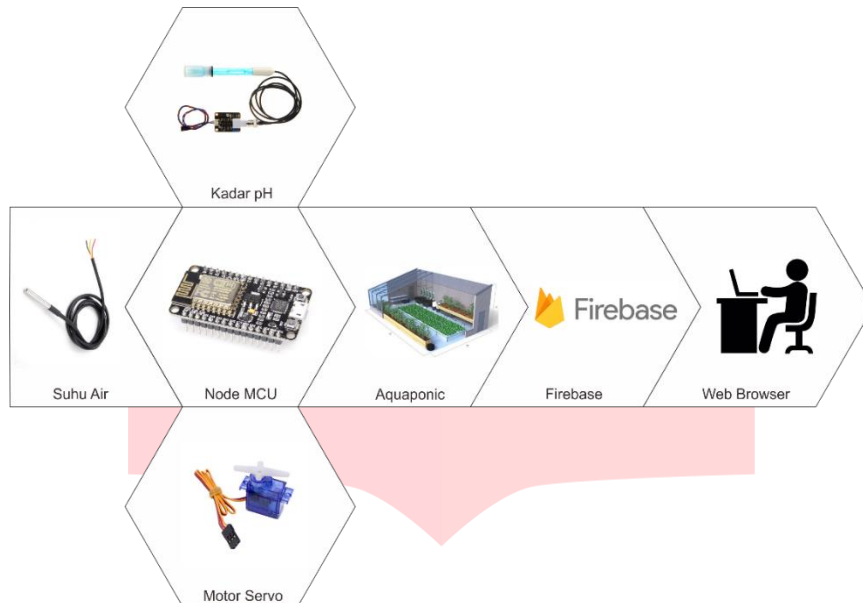
2.8.3 Sensor Suhu Air DS18B20

Sensor suhu adalah alat yang digunakan untuk mengubah besaran panas menjadi besaran listrik yang dapat dengan mudah dianalisis besarnya. Ada beberapa metode yang digunakan untuk membuat sensor ini, salah satunya dengan cara menggunakan material yang berubah hambatannya terhadap arus listrik sesuai dengan suhunya[11].

3. Perancangan

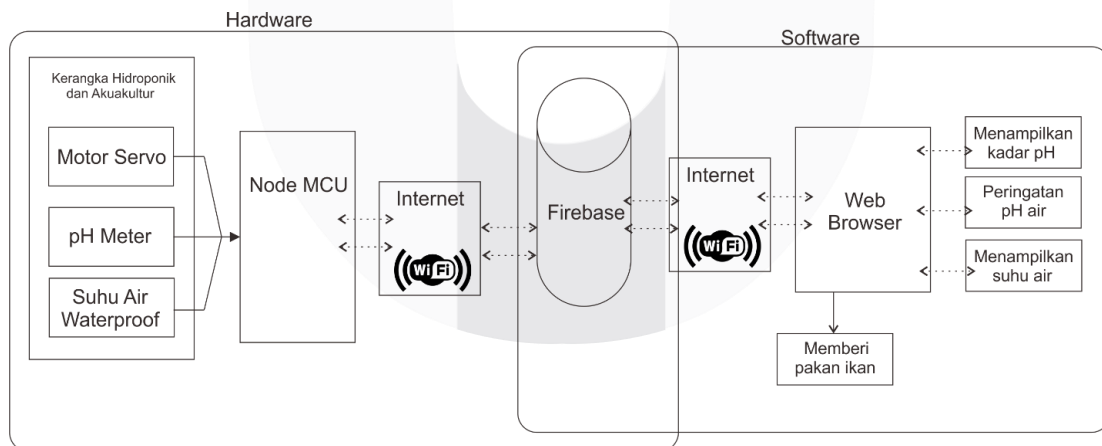
3.1 Rancangan Sistem dan Model

Sistem yang dibuat pada proyek akhir ini adalah sistem yang dapat digunakan untuk *monitoring* dan *controlling* secara otomatis dan manual, dengan menggunakan mikrokontroler dan beberapa sensor.



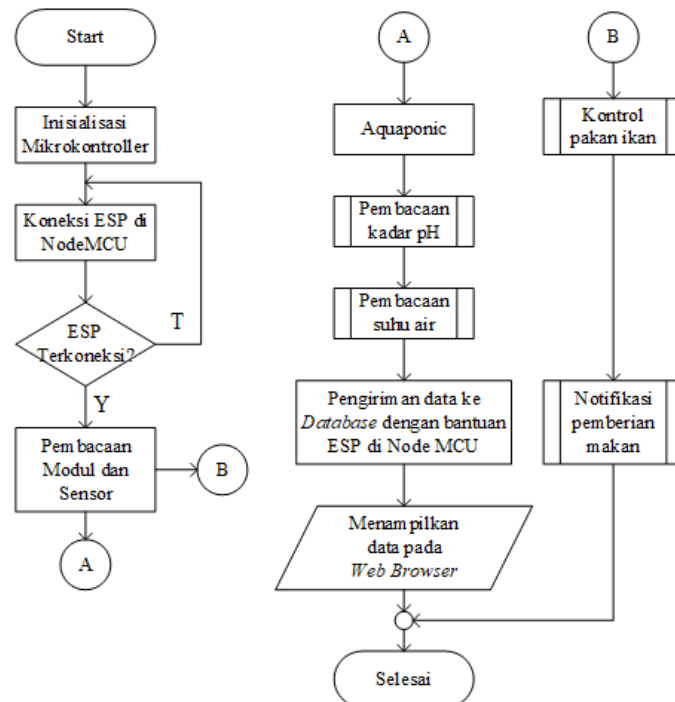
Gambar 3.1 Skema Sistem

Pada gambar 3.1 menunjukkan bahwa tujuan dari proyek akhir ini untuk memantau kondisi *aquaponic* yang dapat diakses melalui *web browser*. Data yang diperoleh dari perancangan ini adalah suhu air, kadar pH air dan kontrol pakan ikan, sistem ini terdiri dari tiga *nodes*. Setiap *nodes* terdiri dari mikrokontroler dan sensor.



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem Keseluruhan Monitoring dan Controlling Aquaponic

Pada proyek akhir ini sistem yang dikerjakan adalah bagian *hardware*. Gambar 3.2 adalah gambar blok diagram sistem keseluruhan *monitoring* dan *controlling aquaponic*. Sensor yang terpasang pada Node MCU adalah pH meter, sensor suhu air waterproof serta motor servo. Seluruh sensor tersebut akan mengirimkan data dan datanya akan diproses dalam Node MCU, kemudian dikirim ke *firebase* melalui internet. Node MCU akan mengambil data dari *firebase* yang diterima dari *web browser*. Sistem ini menggunakan tiga *nodes* yang akan ditempatkan di titik yang berbeda.



Gambar 3.3 Flowchart Sistem

Pada sistem proyek akhir ini yang pertama kali dilakukan adalah inisialisasi untuk mengaktifkan semua variabel yang ada pada program Node MCU. Kemudian Node MCU akan mengkoneksikan ESP. Jika sudah terkoneksi maka akan dilanjutkan ke kontrol mode, jika belum terkoneksi maka akan kembali ke proses koneksi. Pada kontrol mode memiliki dua fungsi yaitu kontrol pakan ikan, dan pembacaan sensor.

Jika proses baca sensor dan eksekusi A dilakukan dimana sensor-sensor yang dibuat akan membaca dan memberikan eksekusi, kemudian data dan informasi tersebut di kirimkan ke database melalui internet dengan bantuan ESP, dan data tersebut di tampilkan di *web Browser*. Sedangkan pada kontrol B untuk mengontrol pakan ikan secara manual dan memberikan notifikasi pemberian pakan ikan pada *web browser*.

4. Pengujian

4.1 Pengujian Kadar pH

Pengujian alat deteksi kadar pH dilakukan untuk melihat toleransi kebenaran pada alat, nilai hasil pembacaan akan dibandingkan dengan larutan *buffer*.

Table 4.1 Tabel Pembaca Kadar pH

Percobaan ke-	Cairan	Pembacaan di Serial	Pembacaan di pH meter	Perbedaan
1	Buffer Asam	3.90	4.03	0.13
2	Buffer Basa	6.80	6.86	0.06
3	UC1000 Lemon	1.45	1.48	0.03
4	Susu BearBrand	5.76	5.79	0.03
5	Air Aqua Botol	7.71	7.73	0.02
Total				0.27
Toleransi				1.92%

Dari Tabel 4.1 pada tabel pengujian alat kadar pH dapat dijelaskan bahwa pengujian pH tidak stabil dikarenakan voltasenya fluktuatif dan tidak langsung stabil. Pengujian ini dapat disimpulkan dengan rata-rata toleransi kesalahan sebesar 1.92%.

4.2 Pengujian Suhu Air

Untuk mengetahui alat deteksi suhu air telah bekerja dengan benar maka dilakukan pengujian dengan membandingkan nilai hasil pembacaan manual dengan bantuan *Thermometer* air raksa. Berikut merupakan tabel hasil pengukuran suhu air.

Table 4.2 Tabel Pengujian Suhu Air

Percobaan Ke-	Pembacaan suhu Thermometer	Pembacaan suhu alat	Toleransi
1	35.7 °C	35.28 °C	0.42
2	27.8 °C	28.10 °C	0.30
3	57.1 °C	57.50 °C	0.40
4	21.9 °C	21.33 °C	0.57
5	32.3 °C	32.05 °C	0.25
Rata-rata			0.38

Dari tabel 4.2 diatas dapat disimpulkan bahwa sensor Suhu Air bekerja dengan baik sesuai yang diharapkan dengan toleransi rata-rata 0.38°C jika dibandingkan *thermometer* air raksa.

4.3 Pengujian Delay Pemberian Pakan Ikan

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui *delay* waktu dalam pemberian pakan dari *web browser*.

Table 4.3 Tabel Pengujian Delay Pemberian Pakan Ikan

Percobaan ke-	Delay Waktu dari web ke alat
1	1.7 detik
2	0.8 detik
3	1.5 detik
4	1 detik
5	0.5 detik
Rata-rata	1.1 detik

Setelah di ujicoba didapat waktu rata-rata *delay* waktu 1.1 detik.

4.4 Perkembangan Tumbuhan

Pengujian alat dengan tumbuhan untuk melihat perkembangan hidup tumbuhan.

Table 4.4 Tabel Perkembangan Tumbuhan

BULAN	Perkembangan pada minggu ke-			
	1	2	3	4
Mei			Mulai semai	Dipindahkan ke kerangka
Juni	Tinggi rata-rata tumbuhan 9cm	Tinggi rata-rata tumbuhan 17cm	Tinggi rata-rata tumbuhan 22cm	Tinggi rata-rata tumbuhan 27cm dan siap panen
Juli		Mulai semai	Dipindahkan ke kerangka	Tinggi rata-rata tumbuhan 7cm
Agustus	Tinggi rata-rata tumbuhan 12cm	Tinggi rata-rata tumbuhan 19cm		

Dari tabel 4.4 diatas dapat disimpulkan bahwa perkembangan tumbuhan mulai dari di semai hingga siap panen per minggunya menghasilkan perkembangan yang baik sehingga dalam waktu kurang lebih 5 minggu sudah bisa dipanen. Dan pada penyemaian kedua hingga sekarang diperoleh tumbuhan dengan rata-rata tinggi 19cm.

4.5 Perkembangan Ikan Lele

Pengujian alat dengan tumbuhan untuk melihat perkembangan hidup tumbuhan.

Tabel 4.5 Tabel Perkembangan Ikan Lele

BULAN	Perkembangan pada minggu ke-			
	1	2	3	4
Mei				Pembelian bibit ikan, rata-rata panjang 8cm
Juni	Panjang rata-rata ikan 11cm	Panjang rata-rata ikan 16cm	Panjang rata-rata ikan 19cm	Panjang rata-rata ikan 22cm
Juli	Panjang rata-rata ikan 23cm	Panjang rata-rata ikan 25cm	Panjang rata-rata ikan 29cm, dan sudah siap panen	
Agustus	Pembelian bibit ikan, rata-rata panjang 8cm	Panjang rata-rata ikan 13cm		

Dari tabel 4.6 diatas dapat disimpulkan bahwa perkembangan ikan lele mulai dari pembelian bibit ikan hingga siap panen per minggunya menghasilkan perkembangan yang cukup baik sehingga dalam waktu kurang lebih 7-8 minggu sudah siap dipanen. Dan pada pembelian bibit kedua hingga sekarang diperoleh perkembangan ikan lele dengan rata-rata panjang 13cm.

4.6 Perbandingan Sistem

Perbandingan sistem ini ditujukan untuk membandingkan sistem yang dibuat dengan sistem konvensional dari jurnal referensi.

Kegiatan pemanenan ikan lele dilakukan setelah pemeliharaan selama 3-4 bulan dengan ukuran lele konsumsi 7-12 (artinya dalam 1 kg ikan terdapat 7 hingga 12 ekor)[12].

Dari kutipan yang diambil disebutkan bahwa pada sistem konvensional lele baru bisa dipanen setelah pemeliharaan dalam kurun waktu 3-4 bulan. Dengan referensi tersebut bisa disimpulkan bahwa sistem yang kami buat dapat membuat keuntungan yang cukup signifikan. Bahwasanya sistem yang kami buat sudah bisa menghasilkan panen yang lebih cepat dibandingkan sistem konvensional yaitu dengan kurun waktu kurang dari 3 bulan.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Alat *monitoring* dan *controlling aquaponic* dapat di terapkan dengan baik menggunakan mikrokontroler Node MCU dan database real-time firebase yang dapat diakses pada *web browser*. Alat ini dapat memantau kadar pH air, suhu air dan dapat mengatur pakan ikan.
2. *Monitoring* dan *controlling* dapat digunakan dengan baik sesuai program yang dibuat pada Node MCU.
3. Data alat kadar pH akurat dengan toleransi rata-rata sebesar 1.92%, untuk alat deteksi suhu air 0.38 derajat Celcius.
4. Proses pengiriman data dari firebase ke alat memiliki rata-rata *delay* 1.1 detik.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya menambahkan modul kamera untuk monitoring keadaan kolam dan keadaan tumbuhannya. Pemilihan modul dan sensor sangat mempengaruhi dalam *monitoring* pH dan suhu air, untuk itu perlu ketelitian dalam penggunaan sensor dan modul yang tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Antara, "Undana Kembangkan Teknologi Aquaponik Budidaya Lele," 11 October 2016.[Online].Available: <https://news.okezone.com/read/2016/10/11/65/1511605/undana-kembangkan-teknologi-aquaponik-budidaya-lele>. [Diakses 20 November 2017].
- [2] A. Selangor, "Selangor - Sistem Penyampaian & Khidmat Sokongan Akuakultur (SPeKS)," 29 Juni 2017. [Online]. Available: <https://www.dof.gov.my/index.php/pages/view/3042>. [Diakses 6 Agustus 2018].
- [3] DFROBOT, "PH meter(SKU: SEN0161)," 7 Juni 2018. [Online]. Available: [https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter\(SKU:_SEN0161\)](https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter(SKU:_SEN0161)). [Diakses 20 Juli 2018].
- [4] eFishery, "5 Pakan Alternatif Lele di Sekitar Kita," 19 July 2017. [Online]. Available: <http://efishery.com/efishery-university/siar/5-pakan-alternatif-lele-di-sekitar-kita-2/>. [Diakses 20 December 2017].
- [5] eFishery, "Bioflok: Suplemen Alami Bagi Ikan," 20 April 2017. [Online]. Available: <http://efishery.com/efishery-university/siar/bioflok-suplemen-alami-bagi-ikan/>. [Diakses 29 November 2017].
- [6] jowonews.com, "Kudus Kembangkan Budi Daya Lele Sistem Bioflok," 19 Februari 2018. [Online]. Available: <https://jowonews.com/2018/02/19/kudus-kembangkan-budi-daya-lele-sistem-bioflok/>. [Diakses 6 Agustus 2018].
- [7] Kitronik, "Mini 360 Degree Continuous Rotation Servo for the BBC micro:bit," [Online]. Available: <https://www.etchkshop.com/products/mini-360-degree-continuous-rotation-servo-for-the-bbc-micro-bit>. [Diakses 6 Agustus 2018].
- [8] M. Davor, "IoT NFT Aquaponic System Controller With WebApp (Intel Edison & Node.js)," July 2017. [Online]. Available: <http://www.instructables.com/id/IoT-NFT-Aquaponic-System-Controller-with-WebApp-Int/>. [Diakses 29 November 2017].
- [9] M. Hidroponik, "Inilah Keunggulan Hidroponik yang harus diketahui," 16 Januari 2017. [Online]. Available: <https://metrohidroponik.wordpress.com/2017/01/16/inilah-keunggulan-hidroponik-yang-harus-diketahui/>. [Diakses 6 Agustus 2018].
- [10] N. M.Noer, ""Aquaponic for Urban Farming", Strategi Pemberdayaan Komunitas dengan Akuaponik," 11 Agustus 2018. [Online]. Available: <https://www.kompasiana.com/nawawimnoer/5b6e472043322f52b77d78d2/aquaponic-for-urban-farming-strategi-pemberdayaan-komunitas-dengan-akuapinik?page=all>. [Diakses 12 Agustus 2018].
- [11] R. A. Malik, "Mengenal Motor Servo," 27 Agustus 2017. [Online]. Available: <http://fit.labs.telkomuniversity.ac.id/mengenal-motor-servo/>. [Diakses 12 Juni 2018].
- [12] S. H. Hai, "A summary of Firebase and sample apps with Realtime Database," 6 Agustus 2018. [Online]. Available: <http://tech.vtjapan.co.jp/so-luoc-ve-firebase-va-sample-app-voi-realtime-database/>. [Diakses 7 Agustus 2018].
- [13] Sangkuti Farm, "PH AIR UNTUK KOLAM IKAN LELE YANG BAIK," 15 December 2015. [Online]. Available: <https://www.sangkutifarm.com/ph-air-untuk-kolam-ikan-lele-yang-baik/>. [Diakses 7 December 2017].

- [14] SimoneR2, "WIFI TEMPERATURE LOGGER (WITH ESP8266)," [Online]. Available: <https://www.instructables.com/id/WiFi-Temperature-Logger-with-ESP8266/>. [Diakses 6 Agustus 2018].
- [15] sinuarduino, "Mengenal Arduino Software (IDE)," 16 Maret 2016. [Online]. Available: <https://www.sinuarduino.com/artikel/mengenal-arduino-software-ide/>. [Diakses 6 Agustus 2018].
- [16] Ternakpedia, "Cara Pembuatan Kolam Ikan Lele dari Terpal," 28 October 2015. [Online]. Available: <https://ternakpedia.com/44/cara-pembuatan-kolam-lele-terpal/>. [Diakses 3 January 2018].
- [17] W. Commons, "File:Nodemcu amica bot 02.png," 13 Juni 2018. [Online]. Available: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nodemcu_amica_bot_02.png. [Diakses 6 Agustus 2018].
- [18] W. N. Muhammad dan S. Andriyanto, "Media Akuakultur," MANAJEMEN BUDIDAYA IKAN LELE DUMBO (*Clarias gariepinus*) DI KAMPUNG LELE, KABUPATEN BOYOLALI, JAWA TENGAH, vol. 8, no. 1, pp. 63-72, 2013.
- [19] Wikipedia, "Akuaponik," 23 November 2017. [Online]. Available: <https://id.wikipedia.org/wiki/Akuaponik>. [Diakses 27 Juni 2018].
- [20] Wikipedia, "Budi daya perairan," 3 April 2016. [Online]. Available: https://id.wikipedia.org/wiki/Budi_daya_perairan. [Diakses 15 Juni 2018].
- [21] Wikipedia, "Hidroponik," 2 April 2018. [Online]. Available: <https://id.wikipedia.org/wiki/Hidroponik>. [Diakses 15 Juni 2018].
- [22] Wikipedia, "NodeMCU," 3 Agustus 2018. [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/NodeMCU>. [Diakses 6 Agustus 2018].
- [23] Y. Mo, "Keuntungan Budidaya Lele Sistem Bioflok," 6 Februari 2017. [Online]. Available: <https://www.isw.co.id/single-post/2017/02/06/Budidaya-Lele-Sistem-Bioflok>. [Diakses 12 Juni 2018].
- [24] Zona Elektro, "Motor Servo," 14 December 2014. [Online]. Available: <http://zoniaelektro.net/motor-servo/>. [Diakses 2017 November 29].