

# Sistem Penjadwalan Pemupukan dan Pengapuran untuk Peternakan Udang Vanami Menggunakan Teknologi IoT dan Algoritma Fuzzy Logic

Mohammad Robihul Mufid

Jurusan Teknik Informatika

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Surabaya, Indonesia

mufid@pens.ac.id

Arif Basofi

Jurusan Teknik Informatika

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Surabaya, Indonesia

ariv@pens.ac.id

Yunia Ikawati

Jurusan Teknik Informatika

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Surabaya, Indonesia

yunia@pens.ac.id

Saniyatul Mawaddah

Jurusan Teknik Informatika

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Surabaya, Indonesia

saniyatul@pens.ac.id

Darmawan Aditama

Jurusan Multimedia Broadcasting

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Surabaya, Indonesia

aditama@pens.ac.id

Mochammad Jauhar Ulul Albab

Jurusan Teknik Informatika

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Surabaya, Indonesia

majauhar@it.student.pens.ac.id

**Abstract**— The most common type of ponds found in most areas of Lamongan is shrimp ponds (vanami). One of the problems is the disease that often affects shrimp farmers. The cause of this disease include rapid changes in pH, which will stress the shrimp and will affect the immunity of the shrimp itself. The solution to this rapid change in pH is to immediately add fertilizer or liming. In this study a system for monitoring PH will be created so that fertilization or liming can be carried out as early as possible. This system is built using a PH sensor and a fuzzy logic algorithm. This research also applies the MQTT protocol to send data from the PH monitoring system to end user devices. The test results show that the PH monitoring system that is made works as needed with an error rate of 0.018. Besides that, it also meets expectations when testing fuzzy logic on the system because the calculation results are the same between the manual and the system.

**Keywords**— Vanami Shrimp Ponds, Automation Systems, Fuzzy Logic, MQTT, Fertilization.

**Abstrak**— Jenis tambak yang paling banyak dijumpai di sebagian besar wilayah Lamongan adalah tambak udang (vanami). Salah satu permasalahannya adalah adanya penyakit yang sering melanda petambak udang. Penyebab penyakit ini diantaranya adalah perubahan pH yang cepat, yang akan membuat udang stres dan akan mempengaruhi kekebalan dari udang itu sendiri. Solusi perubahan pH yang cepat ini adalah dengan segera menambahkan pupuk atau pengapuran. Pada penelitian ini akan dibuat sistem untuk monitoring PH agar dapat dilakukan pemupukan atau pengapuran sedini mungkin. Sistem ini dibangun dengan menggunakan sensor PH dan algoritma logika fuzzy. Penelitian ini juga menerapkan protokol MQTT untuk mengirim data dari sistem monitoring PH ke perangkat end user. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem monitoring PH yang dibuat bekerja sesuai kebutuhan dengan tingkat kesalahan 0,018. Selain itu juga memenuhi harapan saat pengujian logika fuzzy pada sistem dikarenakan hasil perhitungannya sama antara manual dan sistem.

**Keywords**— Tambak Udang Vanami, Sistem Otomasi, Logika Fuzzy, MQTT, Pemupukan.

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya dari pertanian dan perikanan. Salah satu wilayah yang mayoritas masyarakatnya bermata pencaharian dari pertanian dan perikanan adalah wilayah Lamongan. Perekonomian di Lamongan dalam bidang agricultural tumbuh sekitar 35,18%, dimana pertumbuhan ekonomi dalam bidang ini lebih besar dibandingkan dari sector yang lain [1, 2]. Karena sebagian besar wilayah di Lamongan dialiri sungai Bengawan Solo, menjadikan banyak petani yang menjadikan lahannya sebagai tambak. Jenis tambak yang paling banyak dikelola adalah jenis tambak udang vannamei [3],[4].

Untuk bisa memperoleh hasil panen yang bagus, tambak udang vannamei membutuhkan pemeliharaan dan perawatan yang tepat. Salah satu permasalahan yang sering dihadapi oleh para petani tambak udang adalah sering adanya penyakit yang sering melanda petani tambak udang. Salah satu hal yang menjadi penyebab udang terkena penyakit adalah karena adanya perubahan kadar PH dalam air yang cukup cepat. Perubahan ini dapat menjadikan udang dalam kondisi stress dan menjadikan imunitas dari udang menjadi turun [5, 6]. Kadar PH yang baik untuk udang adalah pada range 7.0 sampai dengan 8.5 [7]. Sedangkan untuk range fluktuasi diantara malam dan siang adalah sebesar 0.5. Kadar PH ini harus tetap dijaga agar kondisi udang selalu dalam keadaan baik. Karena jika PH dibawah 6.0 maka dapat menyebabkan soft-shell syndrome, sedangkan jika PH lebih dari 8.5 atau sangat tinggi bisa menyebabkan stress dan udang kehilangan nafsu makan. Selain itu dapat menjadikan tingginya kadar ammonia yang terlarut dalam air. Oleh karena itu butuh adanya pemupukan untuk menstabilkan kondisi PH dalam air [8],[9].

Dikarenakan hal ini merupakan sesuatu yang sangat penting untuk para petani, terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang membahas mengenai pemantauan PH dan sistem pemupukan agar bisa mendapatkan hasil panen udang yang lebih baik. Diantara penelitian tersebut adalah dari Z. Zainuddin et al. [10] yang mengusulkan sebuah sistem untuk memonitor kualitas air dari tambak udang vannamee dengan menggunakan Wireless Sensor Network. Parameter yang dianalisa dari sistem yang diusulkan diantaranya adalah PH,

suhu, dan kekeruhan dari air tambak. Sistem dibangun menggunakan perangkat Arduino dan Xbee sebagai perangkat untuk pengiriman data. Selain itu juga ada perangkat ESP8266 untuk menghubungkan ke internet. Hasil dari pengujian sistem menunjukkan bahwa tingkat keakuratan dari sensor PH 98.84 %, suhu 97.75%, dan kekeruhan 99.73%.

Penelitian selanjutnya adalah menjelaskan mengenai pemantauan budidaya udang dengan menggunakan open source IoT yang diusulkan oleh C. S. Goud et al. [11]. Dimana pada sistem yang diusulkan melakukan pemantauan terhadap suhu, PH, DO, dan lain-lain. Pengukuran parameter ini dilakukan dengan menggunakan channel ThingSpeak dan proses pengujian dilakukan selama 1 hari pada sebuah kolam udang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat melakukan pemantauan parameter dengan baik dan dapat memberikan pesan kepada user untuk memberikan pemberitahuan mengenai kondisi abnormal yang terjadi didalam kolam.

Penelitian berikutnya ini menjelaskan mengenai pembuatan sistem irigasi dan pemupukan pada tanaman cabe dengan menggunakan teknologi IoT [12],[13],[14]. Sistem yang diusulkan bekerja berdasarkan kondisi lingkungan, kebutuhan tanaman, dan perkiraan cuaca. Sistem pemupukan yang dibuat dirancang agar pupuk dapat langsung tersebar ke akar tanaman sehingga bisa mengurangi biaya dan menjadikan tanah lebih sehat. Sistem ini juga sudah dirancang untuk pemantauan melalui platform mobile sehingga dapat memudahkan petani memantau dari jarak jauh. Tabel 1 menunjukkan perbandingan dari penelitian sebelumnya dengan penelitian yang sekarang diusulkan.

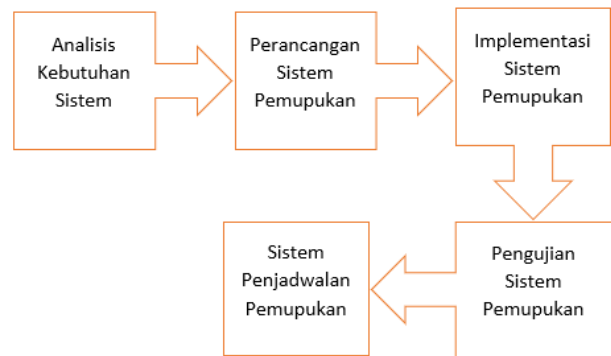
TABEL 1. PERBANDINGAN PENELITIAN TERKAIT

Peneliti	Zainuddin et al. [10]	C. S. Goud et al. [11]	Erastus Ogunti [11]	M.R. Mufid et al. (Penelitian ini)
Penelitian yang diusulkan	Sistem monitoring kualitas air tambak udang vannamee menggunakan Wireless Sensor Network	Monitoring budidaya udang dengan menggunakan open source IoT	Pembuatan sistem irigasi dan pemupukan pada tanaman cabe berbasis IoT	Sistem penjadwalan pemupukan dan pengapuran pada tambak udang menggunakan IoT
Sensor yang digunakan	Sensor PH, Suhu, Kekeruhan	Sensor suhu, PH, DO, dan lain-lain.	Sensor PH, Soil Moisture, Flowrate	Sensor PH
Perangkat Komunikasi	XBEE, ESP8266	GSM	ESP8266	ESP8266
Platform	Web	ThingSpeak, Mobile	Mobile (Blynk)	Web (MQTT Broker), Mobile
Year	2019	2020	2020	2022

Dalam penelitian ini diajukan sebuah sistem untuk melakukan pemantauan kadar PH dalam air untuk tambak udang vannamei. Pemantauan kadar PH ini digunakan sebagai parameter untuk melakukan penjadwalan kapan dilakukan pemupukan agar mencegah terjadinya penyakit yang mengakibatkan udang menjadi stress dan mengalami kematian. Sistem ini juga mengusulkan implementasi algoritma fuzzy logic untuk memberikan rekomendasi kapan dibutuhkan penambahan pupuk ke tambak. Selain itu didalam sistem ini juga menerapkan teknologi IoT yang digunakan sebagai pemantauan PH air dan proses monitoring oleh user menggunakan platform mobile.

METODE PENELITIAN

Pada bagian metode penelitian ini akan dijelaskan mengenai bagaimana alur penelitian ini dilakukan. Dimana pada tahapan ini akan digambarkan mengenai rancangan sistem untuk pembuatan sistem penjadwalan pemupukan air untuk udang vannamei dengan menggunakan algoritma logika fuzzy. Tahapan dari penelitian ini akan dibagi menjadi beberapa tahapan, diantaranya adalah analisis kebutuhan sistem, perancangan sistem pemupukan, implementasi sistem pemupukan, dan pengujian sistem pemupukan. Sehingga diharapkan dari tahapan-tahapan tersebut dapat diwujudkan sistem penjadwalan pemupukan yang valid dan bisa diimplementasikan di masyarakat. Gambar 1 merupakan alur dari metodologi penelitian yang dilakukan.



Gambar. 1. Metodologi penelitian yang dilakukan.

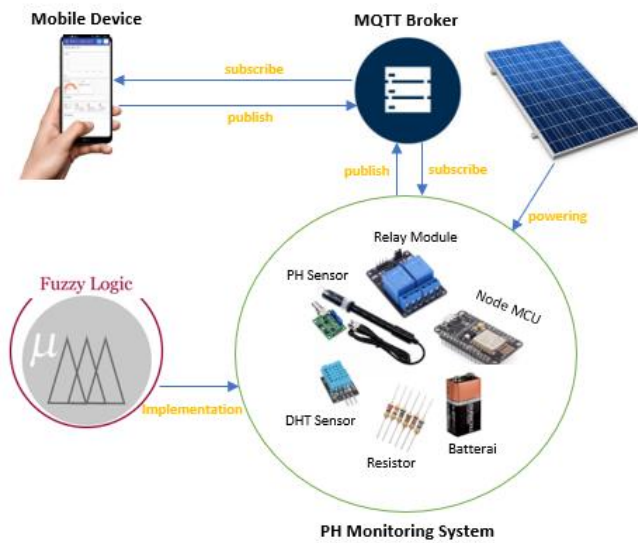
A. Analisis Kebutuhan Sistem

Pada tahapan ini bertujuan untuk menjelaskan apa saja kebutuhan yang diperlukan dalam penelitian ini. Sistem ini dibuat berdasarkan permasalahan yang dihadapi oleh petani tambak udang yang sering mengalami kematian mendadak pada udang yang dipelihara dikarenakan adanya perubahan cuaca yang cukup cepat. Perubahan cuaca yang cukup cepat ini dapat menyebabkan perubahan kadar PH dalam air secara signifikan. Kadar PH yang terlalu tinggi atau terlalu rendah bisa menyebabkan keadaan udang menjadi tidak stress dan tidak stabil, sehingga bisa menyebabkan kematian.

Berdasarkan dari permasalahan itu peneliti mengusulkan sebuah sistem yang bisa melakukan monitoring pada PH didalam air tambak agar bisa memberikan tindakan lebih dini terhadap udang. Oleh karena itu pada sistem yang diusulkan terdapat sensor PH yang dikombinasikan dengan algoritma logika fuzzy untuk memberikan klasifikasi apakah kondisi PH air pada saat ini dalam keadaan basa, netral, ataupun asam. Sistem ini akan dibangun dengan menggunakan teknologi IoT sehingga bisa dilakukan monitoring juga melalui perangkat

mobile agar dapat memudahkan para petani tambak dalam memantau darimanapun lokasinya.

B. Pembuatan Rancangan Sistem Pemupukan



Gambar. 2. Rancangan Sistem Penelitian

Pada tahapan rancangan sistem ini akan dijelaskan secara rinci tahapan-tahapan dari pembuatan sistem penjadwalan pemupukan dengan menggunakan teknologi IoT dan algoritma *fuzzy logic*. Tahapan-tahapan tersebut diantaranya adalah pembuatan sistem monitoring PH, implementasi *fuzzy logic* pada sistem monitoring PH, dan pembuatan monitoring sistem melalui perangkat mobile. Gambar 2 menunjukkan rancangan dari detail pembuatan sistem pada penelitian ini.

1. Pembuatan Sistem Monitoring PH



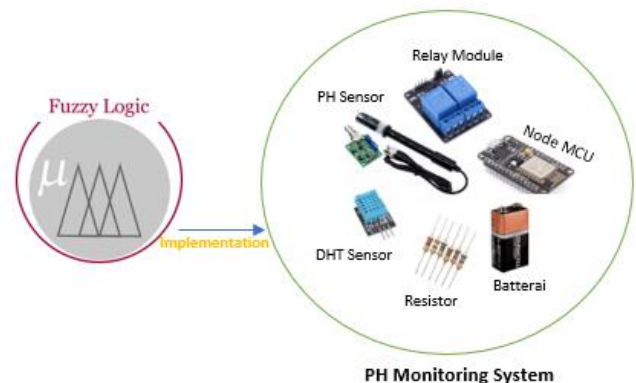
Gambar. 3. Pembuatan Perangkat Sistem Monitoring PH

Gambar 3 menunjukkan gambaran dari perangkat yang dibutuhkan untuk membuat sistem monitoring PH. Didalam pembuatan sistem monitoring PH ini terdapat beberapa perangkat diantaranya adalah PH Sensor, Node MCU, Baterai, Resistor, Relay Module, DHT Sensor, Module MIFI, Solar Panel dan beberapa perangkat lain. Tabel 1 menunjukkan detail fungsi dari masing-masing perangkat.

TABEL II. IDENTIFIKASI KEBUTUHAN PERANGKAT

Perangkat	Fungsi
PH Sensor	Untuk memantau kadar PH dalam air
Node MCU	Sebagai perangkat mikrocontroller
Baterai	Untuk kebutuhan energi
Resistor	Untuk mengatur arus dan tegangan listrik
Relay Module	Sebagai switch untuk menjalankan perangkat
DHT Sensor	Untuk memantau suhu sistem
Module MIFI	Untuk penyedia internet
Solar Panel	Sebagai pengisi daya untuk baterai

2. Implementasi Fuzzy Logic pada Sistem Monitoring PH

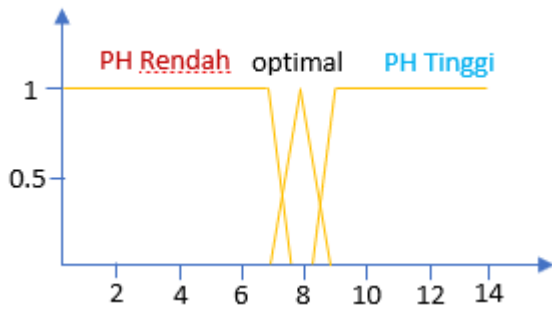


Gambar. 4. Pembuatan Perangkat Sistem Monitoring PH

Gambar 2 menjelaskan mengenai bagaimana algoritma fuzzy logic diimplementasikan pada sistem monitoring PH. Jenis fuzzy yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan fuzzy Tsukamoto. Untuk melakukan implementasi fuzzy logic pada sistem akan dibagi menjadi beberapa tahapan. Tahapan tersebut diantaranya adalah proses fuzzyfication, implication of rule, defuzzyfication, dan output [15].

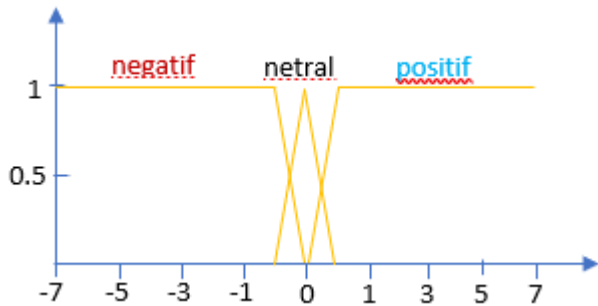
a. Proses Fuzzyfication

Tahapan *fuzzification* merupakan tahapan untuk mengubah dari himpunan non fuzzy kedalam himpunan fuzzy. Pada tahapan ini akan dilakukan pembuatan himpunan fuzzy untuk data monitoring PH. Dimana data himpunan PH akan dibagi menjadi 3 kategori yaitu PH rendah, optimal, dan PH tinggi. Gambar 5 menunjukkan fungsi keanggotaan dari inputan PH. Dimana untuk himpunan anggotanya sendiri untuk trapmf PH rendah = [0 0 7 7,5], trimf optimal = [7 8 8,5], dan untuk trapmf PH tinggi = [7,5 9 14 14].



Gambar. 5. Rancangan fuzzy set PH

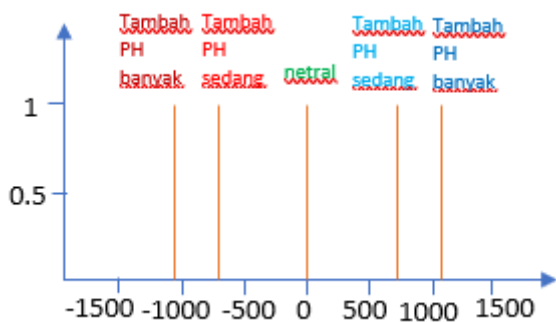
Selain inputan PH, disini juga terdapat inputan lain yaitu deltaPH. Dimana deltaPH digunakan untuk mengetahui seberapa besar selisih antara pengukuran PH pertama dengan pengukuran berikutnya. Gambar 6 menunjukkan fungsi keanggotaan dari inputan deltaPH. Dimana untuk himpunan keanggotaannya sendiri adalah untuk trapmf netral = [-14 -14 0,5 0], untuk trimf netral = [-0,5 0 0,5], dan untuk trapmf positif = [0 0.5 14 14].



Gambar. 6. Rancangan fuzzy set deltaPH

b. Implication of Rule

Pada tahapan ini adalah untuk membuat suatu aturan berdasarkan pengalaman yang biasanya terjadi. Untuk rancangan output pada sistem ini akan dibuat menjadi 5 klasifikasi yaitu tambah asam banyak yang memiliki himpunan [-1023], tambah asam sedang yang memiliki himpunan [-700], netral yang memiliki himpunan [0], tambah basa sedang yang memiliki himpunan [700], dan tambah basa banyak yang memiliki himpunan [1023]. Gambar 7 merupakan rancang output dari kadar pemberian pupuk pada tambak udang vannamei.



Gambar. 7. Rancangan output kadar pemberian pupuk

Tabel 2 merupakan rancangan dari implication rule yang diterapkan pada sistem ini. Dimana antara inputan PH dan inputan deltaPH akan mempengaruhi kadar pemberian pupuk untuk menaikkan PH atau menurunkan PH.

TABEL III. IMPLIKASI ATURAN FUZZY YANG DIGUNAKAN

PH \ deltaPH	Rendah	Optimal	Tinggi
Positif	Tambah PH sedang	Turun PH sedang	Turun PH banyak
Netral	Tambah PH sedang	Netral	Turun PH sedang
Negatif	Tambah PH banyak	Tambah PH sedang	Turun PH sedang

Karena solusi dari penanganan antara PH rendah dan PH tinggi berbeda, maka berikut ini akan dijelaskan langkah apa yang sebaiknya dilakukan jika output menghasilkan :

1. Tambah PH

Jika PH dalam air tambak terindikasi rendah, maka hal itu menunjukkan bahwa kandungan ion hydrogen pada air juga rendah. Oleh karena itu kita perlu menaikkan kandungan ion hydrogen dengan cara menambahkan magnesium atau kalsium (kapur) agar dapat mengikat ion hydrogen. Jenis kapur yang biasa digunakan oleh petani tambak udang diantaranya adalah Kaptan (CaCO<sub>3</sub>) atau Dolomit (CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>). Pemberian kapur ini bisa dilakukan bersamaan dengan pemberian pakan, dimana untuk kapur Dolomit biasanya dosis aplikasinya 10 – 15 ppm, atau sekitar 3 – 5 gram / kg pakan.

2. Netral

Jika PH dalam keadaan optimal, maka petani tidak perlu menaikkan atau menurunkan PH. Petani cukup memberikan makan udang secara teratur agar kebutuhan nutrisinya terpenuhi.

3. Turun PH

Jika PH terindikasi tinggi, maka petani harus segera menurunkan kondisi PH. Karena jika dibiarkan maka bisa menyebabkan kondisi udang stres dan terkena penyakit. Untuk menurunkan PH dapat dilakukan dengan cara memberikan sulfur atau belerang. Dimana hal ini bisa juga didapat dari pemberian pupuk seperti pupuk ZA yang mempunyai Nitrogen minimal 20,8%, dan belerang minimal 23,8%. Atau pupuk Petrocas yang mengandung Kadar Sulfur Trioksida (SO<sub>3</sub>) sekitar 42%. Untuk kadar pemberian pupuk Petrocas adalah sekitar 5 kwintal per hektar, yang dilakukan pada saat pengolahan tanah.

c. Proses Defuzzification

Langkah berikutnya ini adalah tahapan defuzzification yang digunakan untuk mendapatkan solusi crisp yang diambil dari nilai rata-rata secara terpusat. Proses defuzzification ini dapat dilakukan dengan menggunakan rumus (1). Dimana z\* merupakan output dari

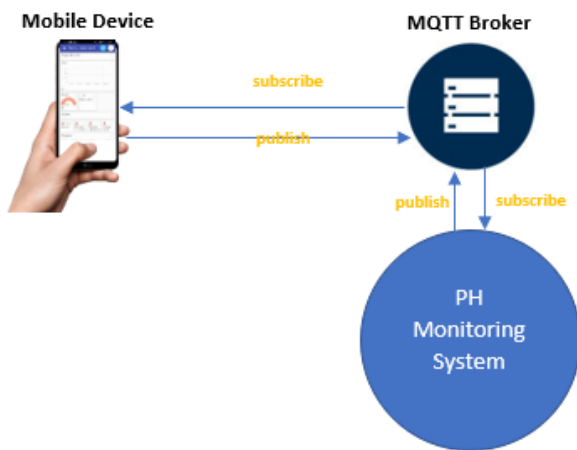


defuzzification, sedangkan  $a_i$  adalah nilai dari  $\alpha$  predikat, dan  $z_i$  adalah nilai dari variable output.

$$z^* = \frac{\sum a_i z_i}{\sum a_i} \quad (1)$$

### 3. Pembuatan Monitoring Sistem Melalui Perangkat Mobile

Pada tahapan ini adalah untuk membuat sistem aplikasi di sisi mobile device. Dimana untuk pembuatan disisi mobile ini semua data diambil dari MQTT Broker. MQTT Broker bertugas untuk menampung semua data yang didapat dari inputan data sensor didalam PH Monitoring System. Didalam MQTT Broker ini data diolah berdasarkan topik-topik tertentu. Proses komunikasi didalam MQTT ini dilakukan dengan publish dan subscribe. Dimana untuk publish digunakan untuk mengupload data ke server, sedang untuk subscribe digunakan untuk mengambil atau menampilkan data [16]. Gambar 8 menunjukkan rancangan dari komunikasi dari sistem monitoring PH yang melakukan komunikasi publish dan subscribe ke MQTT Broker, dan mobile device ke MQTT Broker yang juga melakukan komunikasi publish dan subscribe.



Gambar. 8. Pembuatan Perangkat Sistem Monitoring PH

### C. Implementasi Sistem Pemupukan

Pada tahapan ini adalah tahapan untuk melakukan implementasi dari rancangan yang sudah dibuat sebelumnya. Untuk implementasi sistem ini akan dibuat menjadi beberapa tahapan, diantaranya adalah tahapan untuk membuat perangkat hardware dari sistem monitoring PH dengan mengimplementasikan fuzzy logic pada kodingan nodeMCU, dan tahapan untuk mengimplementasikan rancangan dari aplikasi end usernya. Sistem ini juga dibangun dengan menggunakan solar cell sebagai sumber energinya, sehingga tidak kesulitan ketika diimplementasikan dipersawahan atau pertambakan. Untuk lebih jelasnya dari proses implementasi dari sistem ini akan dijelaskan pada bagian hasil dan pembahasan.

### D. Pengujian Sistem Pemupukan

Pada tahapan ini akan dilakukan proses pengujian pada sistem yang dibuat dengan menggunakan beberapa scenario. Diantaranya adalah scenario pengujian pada alat yang dibuat, apakah bisa berjalan dengan baik atau tidak. Dan scenario yang kedua adalah pengujian pada validasi implementasi

algoritma logika fuzzy pada sistem. Dengan adanya beberapa scenario pengujian yang dilakukan ini, maka diharapkan sistem bisa berjalan dengan sebaik mungkin dan bisa diimplementasikan pada tambak udang vannamei. Sehingga para petani bisa lebih siap siaga jika suatu saat terjadi perubahan kondisi PH pada tambak udang yang dimilikinya. Untuk lebih memahankan bagaimana proses pengujian dilakukan bisa dilihat pada bab hasil dan pembahasan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian hasil dan pembahasan ini akan dijelaskan mengenai bagaimana sistem diimplementasikan dan bagaimana sistem dilakukan pengujian. Sistem akan diimplementasikan melalui dua tahapan yaitu pembuatan sistem perangkat hardware pemupukan, dan yang kedua adalah pembuatan perangkat end user. Sedangkan untuk pengujian juga dilakukan dengan dua tahapan, yaitu pengujian pada sistem monitoring PH, dan pengujian pada implementasi algoritma logika fuzzy.

### A. Pembuatan sistem perangkat hardware pemupukan

Didalam pembuatan sistem ini, hal yang paling utama diselesaikan terlebih dahulu adalah pembuatan perangkat hardware pemupukan. Dimana untuk membuat perangkat hardware pemupukan dibutuhkan beberapa komponen, diantaranya adalah nodeMCU sebagai microcontroller, baterai sebagai daya, PH Sensor untuk memonitoring PH, solar cell sebagai sumber energi, dan beberapa perangkat komponen yang lainnya seperti kabel, resistor, relay, dan sebagainya. Gambar 9 menunjukkan beberapa perangkat komponen yang digunakan pada sistem monitoring PH.

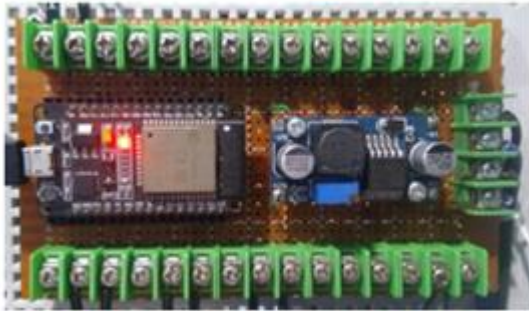


Gambar. 9. Perangkat hardware sistem monitoring PH

Gambar 10 menunjukkan komponen microcontroller yang dibangun dengan menggunakan nodeMCU ESP8266. Pada nodeMCU ESP8266 sudah dibangun agar bisa menjalankan fungsi koneksi internet (WIFI) sehingga kita tidak perlu menambahkan modul tambahan. Pemilihan nodeMCU ini juga dikarenakan didalamnya sudah tersedia beberapa pin input output untuk monitoring maupun controlling sehingga cocok digunakan didalam perangkat IoT.

Didalam nodeMCU ini nanti juga akan diimplementasikan algoritma logika fuzzy. Proses logika

fuzzy ini akan menghasilkan kumpulan output, yang nantinya akan dikirimkan dengan sensing data-data sensor melalui jaringan WIFI ke MQTT Broker. Didalam MQTT Broker semua data dioalah dan akan dikirim atau ditampilkan didalam aplikasi end user.



Gambar. 10. Mikro Kontroler NodeMCU

Gambar 11 merupakan komponen VRLA Battery yang digunakan pada sistem ini. Sistem ini menggunakan baterai VRLA (Valve Regulated Lead Acid), yang cocok untuk proses pelepasan beban tinggi. Data tegangan 12V 100 AH. Saat baterai terisi penuh, baterai habis dalam 1 jam dengan beban 100 ampere. Dengan kata lain, habis dalam 100 jam jika bebannya 1 amp.



Gambar. 11. Battery yang digunakan pada sistem

Sedangkan gambar 12 merupakan solar charge controller (Pengontrol muatan) yang digunakan pada sistem ini. Pengontrol muatan mengatur proses pengisian baterai dan meminimalkan kerusakan aliran balik baterai ke panel surya. Pengontrol muatan juga memiliki tugas untuk mengatur energi yang dikonsumsi oleh konsumen. Saat baterai kosong, suplai ke konsumen otomatis terputus. Pengisian baterai diatur ke setidaknya 13V dan akan berhenti saat mencapai 14,3V. Sementara itu, pengoperasian baterai akan dilepas saat voltase baterai 9,9V.



Gambar. 12. Charger controller yang digunakan pada sistem

Gambar 13 merupakan solar panel untuk sistem ini dengan kapasitas 20 WP. Solar panel digunakan sebagai sumber energi utama, karena ditambah akan sangat sulit untuk

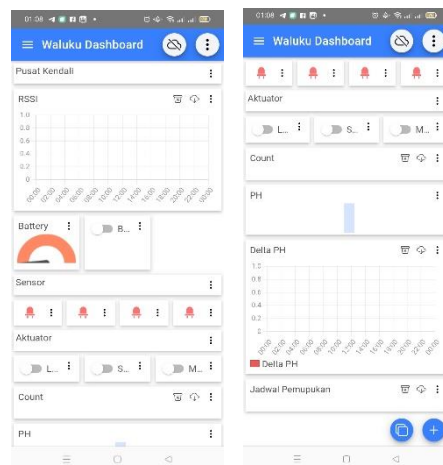
mendapat sumber listrik lain. Dengan output kisaran dapat energi matahari sekitar 4 jam per hari, maka  $20 \times 4 = 80$  watt jam energi dapat disimpan per hari, jumlah ini cukup untuk menyuplai sistem pemantauan PH.



Gambar. 13. Solar Panel untuk sistem

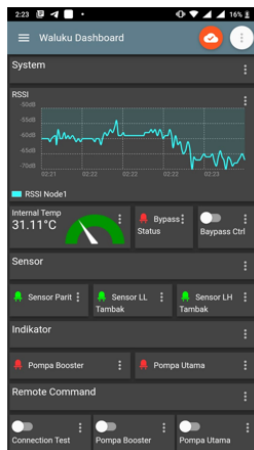
### B. Pembuatan perangkat end user

Tahapan implementasi yang kedua adalah tahapan untuk membuat aplikasi di end user. Aplikasi end user ini dibangun dengan menggunakan aplikasi IoT MQTT Panel yang bisa didownload di play store. Aplikasi ini merupakan aplikasi client yang digunakan untuk aplikasi IoT berdasarkan protokol MQTT. Cara kerja dari aplikasi ini adalah menggunakan komunikasi dua arah yaitu publish and subscribe mengenai topik-topik tertentu yang didapat dari web broker MQTT yaitu [mqtt.eclipse.org](http://mqtt.eclipse.org). Dengan menggunakan aplikasi ini user sangat dimudahkan dalam membuat tampilan dashboard sistem karena sudah banyak sekali fitur yang disediakan. Gambar 14 merupakan tampilan dari dashboard sistem. Dimana pada tampilan dashboard ini sudah terdapat beberapa panel monitoring, diantaranya adalah monitoring sensor on/off, grafik RSSI, data monitoring PH, data monitoring delta PH, dan lain sebagainya.



Gambar. 14. Dashboard Sistem

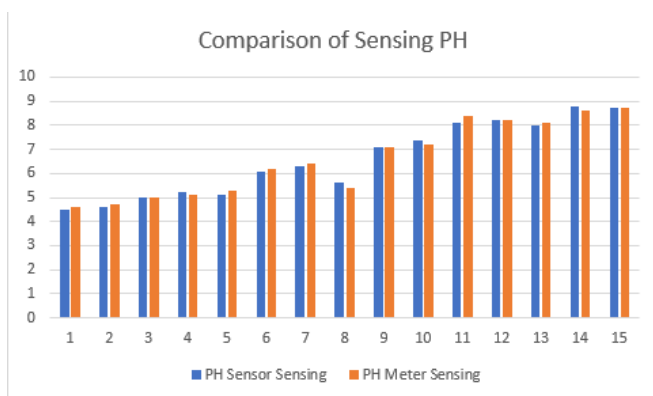
Gambar 15 menunjukkan tampilan dashboard ketika sistem dinyalakan dan sudah terkoneksi dengan sistem perangkat hardware.



Gambar. 15. Dashboard system ketika on

C. Pengujian pada sistem monitoring PH

Tahapan pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem monitoring PH sudah berjalan baik atau belum. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan antara sensor PH yang dibuat pada sistem dibandingkan dengan PH meter yang dibeli dari toko. Gambar 16 merupakan grafik dari perbandingan sensing antara PH meter dan PH sensor. Dimana dari grafik dapat dilihat bahwa nilai sensing masing-masing perangkat tidak jauh berbeda.



Gambar. 16. Perbandingan PH meter dan PH Sensor

Tabel 3 menunjukkan mengenai ratio error dari masing-masing pengukuran sensing PH. Perhitungan ratio error bisa didapatkan dari rumus (2). Dimana didapatkan rata-rata ratio errornya adalah 0,018. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat ketelitian sensing PH dari masing-masing perangkat tidak jauh berbeda.

$$ErrorRatio = (|PH\ sensor - PH\ meter| / PH\ Meter) * 100\% \quad (2)$$

TABEL IV. DATA RATIO ERROR SENSING PH

Experiment	PH Sensor Sensing	PH Meter Sensing	Error
1	4,5	4,6	0,022
2	4,6	4,7	0,021
3	5	5	0,000

4	5,2	5,1	0,020
5	5,1	5,3	0,038
6	6,1	6,2	0,016
7	6,3	6,4	0,016
8	5,6	5,4	0,037
9	7,1	7,1	0,000
10	7,4	7,2	0,028
11	8,1	8,4	0,036
12	8,2	8,2	0,000
13	8	8,1	0,012
14	8,8	8,6	0,023
15	8,7	8,7	0,000
Average			0,018

D. Perbandingan dengan Penelitian Lain

Skenario pengujian berikutnya adalah dibandingkan dengan penelitian lain, dimana data ini kami ambil dari penelitian D. Aztisyah [17] yang melakukan pengukuran PH Sensor dengan PH meter juga, dimana rata-rata error yang didapat adalah 0,007. Dimana hasil ini mempunyai selisih sebesar 0.011 dibandingkan dengan uji coba yang kami lakukan. Hal ini dikarenakan salah satu penyebabnya adalah perbedaan jenis sensor PH yang digunakan.

TABEL V. PENGUKURAN PH OLEH D. AZTISYAH [17]

Pengujian dari D. Aztisyah [17]		
PH Sensor Sensing	PH Meter Sensing	Error
7,26	7,3	0,005
6,96	6,9	0,009
4,27	4,2	0,017
10,15	10,3	0,015
7,52	7,5	0,003
7,45	7,5	0,007
4,23	4,2	0,007
6,59	6,6	0,002
6,31	6,3	0,002
12,16	12,2	0,003
Average		0,007

E. Pengujian pada implementasi algoritma logika fuzzy

Skenario pengujian yang selanjutnya adalah untuk menguji implementasi dari logika fuzzy untuk monitoring data PH. Tabel 4 menunjukkan mengenai hasil dari pengujian output fuzzy yang dibandingkan antara perhitungan manual dengan perhitungan otomatis dari sistem yang sudah diterapkan logika fuzzy. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem antara perhitungan sistem dan perhitungan manual sudah sesuai outputnya.



TABEL VI. PENGUJIAN OUTPUT FUZZY

No.	Data Inputan		Keputusan		Keterangan
	PH	deltaPH	Sistem	Manual	
1	4,8	-0,1	Tambah PH banyak	Tambah PH banyak	sesuai
2	5,1	0,2	Tambah PH sedang	Tambah PH sedang	sesuai
3	5,3	-0,3	Tambah PH banyak	Tambah PH banyak	sesuai
4	7,1	0,2	Turun PH sedang	Turun PH sedang	sesuai
5	8,7	0,1	Turun PH banyak	Turun PH banyak	sesuai

KESIMPULAN

Jenis tambak yang paling sering ditemui di wilayah Lamongan adalah tambak udang vannamei. Permasalahan yang sering terjadi pada tambak udang vannamei adalah sering dijumpai udang yang mati secara mendadak. Kematian ini sering disebabkan karena adanya perubahan PH yang cepat dalam air dikarenakan kondisi cuaca. Kondisi PH yang terlalu tinggi atau rendah ini tidak bagus untuk tambak udang. Oleh karena itu pada penelitian ini diusulkan sebuah sistem monitoring PH untuk menentukan kapan petani harus melakukan pemupukan. Sistem ini dibangun dengan menggunakan sensor PH dan teknologi IoT. Sistem juga mengimplementasikan logika fuzzy untuk menentukan kapan dibutuhkannya pemupukan atau pengapuran. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa sistem monitoring PH yang dibuat sudah berjalan sesuai dengan kebutuhan dengan tingkat eror 0,018. Selain itu untuk pengujian logika fuzzy pada sistem juga sudah memenuhi harapan karena hasil perhitungannya sudah sesuai antara manual dan dari sistem. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan sistem ini bisa dikembangkan untuk otomatisasi pemupukan, sehingga petani tidak perlu melakukan pemupukan secara manual.

PENGHARGAAN

Ucapan terima kasih peneliti sampaikan kepada institusi Politeknik Elektronika Negeri Surabaya telah menjadi sponsor dari penelitian lokal ini melalui pusat penelitian dan pengabdian masyarakat Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.

REFERENSI

[1] W. Abbas, A. Muhtarom, N. Badriyah, A. R. Kadir, "Economic determination in increasing agricultural production in Lamongan district," In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 575, no. 1, p. 012045. IOP Publishing, 2020.

[2] A. Irwansah, "Analysis Of Critical Land Using Forest Canopy Density Method In The Agropolitan Development Area Of Lamongan Regency," JURNAL GEOGRAFI Geografi dan Pengajarannya, vol. 19, no. 2, pp. 19-26, 2021.

[3] G. Prayitno, A. Hayat, A. Efendi, H. Tarno, S. H. Fauziah, "Structural Model of Social Capital and Quality of Life of Farmers in Supporting

Sustainable Agriculture (Evidence: Sedayulawas Village, Lamongan Regency-Indonesia)," Sustainability, vol. 14, no. 19, pp. 12487, 2022.

[4] E. A. Hendrajat, E. Ratnawati, A. Mustafa, "Determination of Effect of Soil and Water Quality To Total Production of Polyculture White Shrimp and Milk Fish Ponds in Lamongan Regency, East Java Province Through Path Analysis Application," Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, vol. 10, no. 1, pp. 179-195, 2018.

[5] G. Bardera, N. Usman, M. Owen, D. Pountney, K. A. Sloman, M. E. Alexander, "The importance of behaviour in improving the production of shrimp in aquaculture," Reviews in Aquaculture, vol. 11, no. 4, pp. 1104-1132, 2019.

[6] T. W. Flegel, "A future vision for disease control in shrimp aquaculture," Journal of the World Aquaculture Society, vol 50, no. 2, pp. 249-266, 2019.

[7] S. Supriatna, M. Mahmudi, M. Musa, K. Kusriani, "Hubungan Ph Dengan Parameter Kualitas Air Pada Tambak Intensif Udang Vannamei (Litopenaeus vannamei)," Journal of Fisheries and Marine Research, vol. 4, no. 3, pp. 368-374, 2020.

[8] Z. Ma, X. Song, R. Wan, L. Gao, "A modified water quality index for intensive shrimp ponds of Litopenaeus vannamei," Ecological Indicators, vol. 24, pp. 287-293, 2013.

[9] V. Alday - Sanz, J. Brock, T. W. Flegel, R. McIntosh, M. G. Bondad - Reantaso, M. Salazar, R. Subasinghe, "Facts, truths and myths about SPF shrimp in Aquaculture," Reviews in Aquaculture, vol. 12, no. 1, pp. 76-84, 2020.

[10] Z. Zainuddin, R. Idris, A. Azis, "Water Quality Monitoring System for Vannamae Shrimp Cultivation Based on Wireless Sensor Network In Taipa, Mappakasungu District, Takalar," In First International Conference on Materials Engineering and Management-Engineering Section (ICMEMe 2018), pp. 89-92. Atlantis Press, 2019.

[11] C. S. Goud, S. Das, R. Kumar, C. V. Mahamuni, S. Khedkar, "Wireless Sensor Network (WSN) Model for Shrimp Culture Monitoring using Open Source IoT," In 2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA), pp. 764-767. IEEE, 2020.

[12] R. Prabha, E. Sinitambirivoutin, F. Passelaigue, M. V. Ramesh, "Design and development of an IoT based smart irrigation and fertilization system for chilli farming," In 2018 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET), pp. 1-7. IEEE, 2018.

[13] N. S. Pezoli, R. Adnan, M. Tajjudin, "Design of an internet of things (iot) based smart irrigation and fertilization system using fuzzy logic for chili plant," In 2020 IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS), pp. 69-73. IEEE, 2020.

[14] H. Cui, M. Hanafi, W. F. F. Ilahi, M. A. S. Zamri, S. M. Shafie, S. Mashohor, "The effect of smart fertigation systems on chilli grown in a greenhouse for urban farming," Irrigation and Drainage (2022).

[15] M. R. Mufid, N. R. K. S. Putri, A. Fariza. "Fuzzy Logic and Exponential Smoothing for Mapping Implementation of Dengue Haemorrhagic Fever in Surabaya." In 2018 International Electronics Symposium on Knowledge Creation and Intelligent Computing (IES-KCIC), pp. 372-377. IEEE, 2018.

[16] M. R. Mufid, S. Mawaddah, D. Aditama, A. Basofi, M. J. U. Albab, & N. Islamiyah, "Rancang Bangun Sistem Otomasi Mesin Pompa Air Tambak Menggunakan Protocol MQTT untuk Antisipasi Kelangkaan Air di Lamongan Saat Musim Kemarau," Jurnal Teknologi Informasi dan Terapan, vol. 8, no. 2, pp. 76-85, 2021.

[17] D. Aztisyah. "Implementasi Logika Fuzzy Mamdani Pada pH Air dalam Sistem Otomatisasi Suhu dan pH Air Aquascape Ikan Guppy." INISTA: Journal of Informatics, Information System, Software Engineering and Applications 4, no. 1, pp. 58-70, 2021.