

SISTEM PEMANTAUAN DAN KONTROL OTOMATIS KUALITAS AIR BERBASIS IOT MENGGUNAKAN PLATFORM NODE-RED UNTUK BUDIDAYA UDANG

¹Ahmad Rifa'i, ²M. Udin Harun Al Rasyid, ³Agus Indra Gunawan

^{1,2,3}Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS)

Email: ¹ahmrifai.ar@gmail.com, ²udinharun@pens.ac.id, ³agus_ig@pens.ac.id

Abstrak

Kualitas air dalam budidaya udang adalah faktor penting yang perlu diperhatikan. Sehingga kualitas air yang baik menjadi tolak ukur tingkat keberhasilan budidaya udang. Permasalahan utamanya adalah buruknya kualitas air selama masa pemeliharaan. Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini bertujuan menggunakan perangkat *Internet of things* (IoT) yang dapat memantau kondisi kualitas air dan melakukan tindakan pencegahan berupa pemberitahuan dini dan kontrol otomatis pada tiap-tiap aktuator di kolam budidaya. Beberapa sensor yang digunakan seperti *Dissolved Oxygen* (DO), *Hydrogen Potential* (pH), *Turbidity*, Suhu air dan Ketinggian air (Sensor ultrasonic). Selanjutnya data kualitas air akan dikirimkan ke server (Node-Red Platform) menggunakan komunikasi protokol MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*). Pengolahan data yang dilakukan di Server menggunakan metode IFTTT (*If This Then That*) dan menghasilkan keputusan berupa perintah (*command set*) untuk mengontrol aktuator pada Node kontrol aktuator. Dari hasil pengujian performa, *delay* yang terjadi pada pengiriman data dari *publisher* ke *subscriber* diperoleh rata-rata 260 ms dengan menggunakan publik Broker HIVE MQ. Sedangkan pada pengujian kontrol otomatis, grafik respon menunjukkan adanya aksi yang dilakukan oleh alat kontrol aktuator setelah mendapatkan *command set* yang dihasilkan metode IFTTT pada platform Node-Red.

Kata Kunci: Budidaya udang, IoT, MQTT, IFTTT, Node-Red

Abstract

Water quality in shrimp farming is an important factor that needs attention. Therefore good water quality becomes a measure of the success rate of shrimp cultivation. The main problem is the poor quality of water during the maintenance period. To overcome this problem, this paper proposes to use an Internet of things (IoT) device that can monitor water quality conditions and take preventive measures in the form of early notification and automatic control of each actuator in the cultivation pond. Some of the sensors used are Dissolved Oxygen (DO), Hydrogen Potential (pH), Turbidity, Water temperature and water level (ultrasonic sensor). Furthermore, water quality data will be sent to the server (Node-Red Platform) using the MQTT (Message Queue Telemetry Transport) protocol communication. Data processing carried out on the server uses the IFTTT (If This Then That) method and produces a decision in the form of a command (command set) to control the actuator on the actuator control node. From the performance test results, the delay occurs in sending data from the publisher to the subscriber is an average of 260 ms using the public HIVE MQ Broker. Whereas in automatic control testing, the response graph shows the action taken by the actuator control device after getting the command set generated by the IFTTT method on the Node-Red platform.

Keywords: Shrimp farming, IoT, MQTT, IFTTT, Node-Red

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara maritim. Berdasarkan data yang diperoleh dari kementerian kelautan dan perikanan bahwa 25,74% wilayah Indonesia adalah daratan, 41,61% adalah lautan dan 32,65% adalah wilayah Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) (Rahmantya et al., 2018). Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa Negara Indonesia memiliki luas perairan yang lebih besar dibandingkan luas daratannya, sehingga dari fakta tersebut Indonesia memiliki potensi yang sangat besar dari sisi produktifitas perikanan (Rahmantya et al., 2018).

Produktifitas perikanan di Indonesia terbagi menjadi tiga jenis, diantaranya adalah perikanan tangkap laut, perikanan tangkap PUD (Perairan Umum Daratan) dan perikanan budidaya (Akuakultur). Namun dari ketiga jenis produktifitas perikanan tersebut yang konsisten terus mengalami peningkatan produktifitas setiap tahunnya adalah dari jenis produktifitas akuakultur (Ghufroon et al., 2018). Tercatat pada data statistik dari tahun 2012 hingga tahun 2017 bahwa Akuakultur terus mengalami rata-rata kenaikan sebesar 11,5% pada tiap tahunnya (Rahmantya et al., 2018).

Meskipun Akuakultur memiliki potensi yang besar dan konsisten mengalami kenaikan, pada kenyataannya memiliki banyak resiko dan tidak sedikit pembudidaya mengalami gagal panen (Saragih et al., 2015). Hal tersebut diakibatkan karena kurangnya pemahaman yang dimiliki oleh pembudidaya dan juga cara budidaya yang digunakan masih menggunakan cara-cara yang konvensional (Madhavireddy & Koteswarrao, 2018).

Komoditas udang merupakan salah satu komoditas perikanan budidaya di Indonesia yang memiliki tingkat resiko yang paling tinggi dibandingkan komoditas lainnya (Utojo & Tangko, 2008). Komoditas udang memiliki sifat yang sensitif terhadap perubahan kualitas air, sehingga memerlukan kondisi kualitas air yang stabil untuk dapat bertahan hidup. Kualitas air dalam budidaya udang harus terus dijaga agar selalu dalam kondisi yang baik. Parameter kualitas air yang perlu diperhatikan dalam budidaya udang diantaranya adalah kandungan *Dissolved Oxygen* (DO), *Hydrogen Potential* (pH), *Turbidity*, Suhu dan Ketinggian air (Atmomarsono et al., 2014). Parameter-parameter kualitas air tersebut harus terus dijaga pada nilai standarnya masing-masing yang sudah ditentukan, agar udang terus mengalami pertumbuhan dan terhindar dari penyakit, sehingga

udang akan lebih lama bertahan hidup hingga waktu masa panen tiba (Supono, 2017).

Solusi dari permasalahan tersebut adalah penerapan teknologi IoT untuk mengambil kondisi kualitas air serta penggunaan metode pengolahan data untuk memberikan kontrol secara otomatis pada kualitas air kolam budidaya. Beberapa penelitian sebelumnya yang telah mengimplementasikan teknologi IoT diantaranya adalah pengembangan sistem manajemen kualitas air untuk budidaya ikan lele, dimana data kualitas air yang telah diambil melalui perangkat IoT selanjutnya akan diolah menggunakan Fuzzy logic untuk melakukan kontrol suhu dan amonia dalam air (Rozie et al., 2020). Pengiriman data yang realtime merupakan bagian utama dalam pengembangan teknologi IoT. Beberapa protokol IoT yaitu MQTT, CoAp, AMQP, dan Websocket telah banyak diimplementasikan dalam pengembangan sistem berbasis IoT (Balakrishnan, S; Rani, S. Sheeba; Ramya, 2019; Dzulqornain et al., 2018; Rozie et al., 2020).

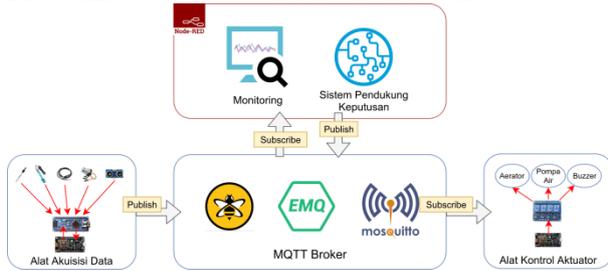
Pemanfaatan teknologi IoT pada bidang akuakultur akan dapat membantu produktifitas pembudidaya dalam hal pemantauan kondisi kualitas air dan rekomendasi tindakan (Balakrishnan, S; Rani, S. Sheeba; Ramya, 2019). Penelitian ini mengajukan suatu sistem yang dapat digunakan untuk memantau kondisi kualitas air serta dapat mengontrol aktuator pengkondisian air kolam budidaya dan memberikan *early warning notification* dengan metode IFTTT (*If This Then That*) secara *realtime* menggunakan protokol MQTT. Data kualitas air akan diambil oleh alat akuisisi data. Selanjutnya data kualitas air akan dikirimkan dan diolah disisi Server (Node-Red) sehingga menghasilkan keputusan berupa *command set* yang digunakan untuk mengontrol aktuator dan memberikan *early warning notification*.

II. METODE

Desain Sistem

Penelitian ini mengajukan suatu sistem yang dapat digunakan oleh para pembudidaya untuk memantau kondisi kualitas air dan memberikan rekomendasi aksi menggunakan platform Node-Red dan metode IFTTT. Platform Node-Red digunakan untuk melakukan pemantauan dengan mengimplementasikan beberapa komponen antarmuka yang telah disediakan (Mulyono et al., 2018; Wiguna & Subari, 2017). Sedangkan metode IFTTT digunakan untuk memberikan keputusan dengan input parameter kualitas air yang dikirimkan oleh alat akuisisi data (Dzulqornain et al., 2018). Pada desain sistem penelitian ini yang dapat dilihat

pada Gambar 1 terdiri atas empat blok komponen utama yaitu Alat akuisisi data, MQTT Broker, Platform Node-Red dan Alat kontrol aktuator.

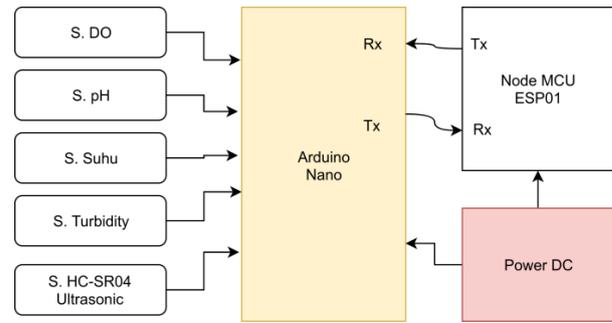


Gambar 1. Desain Sistem

Alat Akuisisi Data

Alat akuisisi data terdiri dari sensor-sensor, mikrokontroler Arduino Nano, NodeMCU dan adaptor 5V. Arduino Nano berfungsi sebagai pengolah sinyal dari sensor-sensor. Sedangkan NodeMCU berfungsi sebagai *gateway* untuk berkomunikasi dengan server sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 2. Sensor yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- *Sensor Dissolved Oxygen (DO)* digunakan untuk mengambil data kandungan oksigen terlarut dalam air (Balakrishnan, S; Rani, S. Sheeba; Ramya, 2019; Lin & Tseng, 2019). Rentang data DO untuk budidaya udang yang baik adalah lebih dari 4 mg/l (ppm) (>4 ppm) (Supono, 2017).
- *Sensor Hydrogen Potential (pH)* digunakan untuk mengetahui tingkat keasaman air. Kandungan pH yang baik untuk budidaya udang adalah berada antara 7,5 sampai 8,5 (Supono, 2017).
- *Sensor Temperature* digunakan untuk mengambil data suhu air. Sensor yang digunakan adalah jenis DS18B20 dengan pelindung luar terbuat dari besi *stainless*. Suhu yang bagus untuk pertumbuhan udang berkisar antara 26-33 °C (Supono, 2017).
- *Sensor Turbidity* digunakan untuk mengambil data tingkat kekeruhan air. Tingkat kekeruhan air yang optimal untuk budidaya udang adalah 30-50 cm (Supono, 2017) atau setara dengan 11-24 NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*). Semakin dalam tingkat kekeruhan menandakan bahwa air tersebut jernih, namun sebaliknya apabila nilai NTU semakin besar menandakan air tersebut keruh (Myre & Shaw, 2006).
- *Sensor Water Level* menggunakan jenis sensor ultrasonic tipe HCSR-04. Sensor tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat ketinggian air kolam.



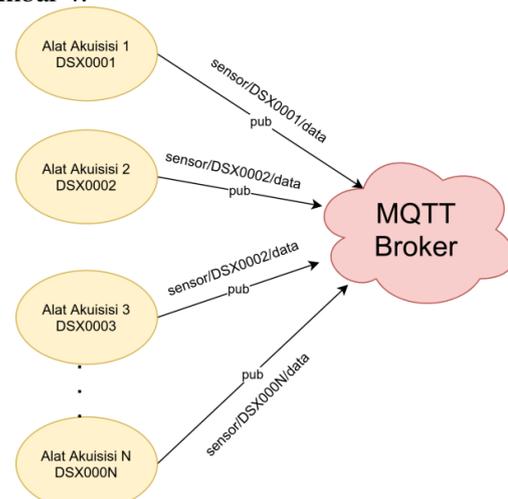
Gambar 2. Diagram blok alat akuisisi data

Data kualitas air yang telah diperoleh dari tiap-tiap sensor, selanjutnya akan dikumpulkan oleh Arduino nano dan dikirimkan ke NodeMCU melalui komunikasi serial.

Data 1 Waktu	#	Data 2 DO	#	Data 3 pH	#	Data 4 Suhu	#	Data 5 Turbidity	#	Data 6 Water Level	#	Data Karakter
23	1	4	1	4	1	2	1	3	1	3		Satuan Byte

Gambar 3. Paket data kualitas air

Metode yang digunakan untuk mengirimkan data ke server yaitu dengan metode publish dan subscribe menggunakan protokol MQTT. NodeMCU akan melakukan publish data dengan topik: **sensor/{id_alat}/data**, serta payload-nya berupa format data yang ditunjukkan pada Gambar 3. Ilustrasi pengiriman data ke MQTT Broker yang dilakukan oleh tiap-tiap alat akuisisi data dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Publish data oleh tiap-tiap alat akuisisi

MQTT Broker

MQTT Broker berfungsi sebagai media yang menghubungkan antara node *publisher* dan node *subscriber* (Abadi et al., 2020) dimana pada penelitian ini yang memiliki peran sebagai *publisher* adalah alat akuisisi data. Sedangkan yang berfungsi sebagai *subscriber* adalah alat kontrol aktuator. Namun yang memiliki peran ganda yaitu sebagai

publisher sekaligus *subscriber* adalah Server atau Aplikasi Node-Red.

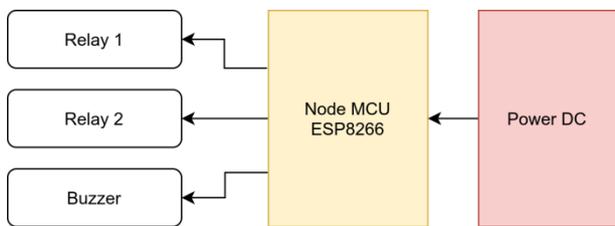
Pada penelitian ini digunakan beberapa publik MQTT Broker yang telah tersedia dan dapat diakses secara umum. Berikut adalah daftar publik MQTT Broker yang digunakan dapat dilihat pada Tabel I.

Table I Publik MQTT Broker

Nama	Host	Port			
		TCP	TLS	WS	WSS
EMQX	broker.emqx.io	1883	8883	8083	8084
HIVEMQ	broker.hivemq.com	1883	x	8000	x
MOSQUITTO	test.mosquitto.org	1883	8883	8080	8081

Alat Kontrol Aktuator

Alat kontrol aktuator berfungsi untuk mengontrol aktuator yang ada dikolam budidaya. Aktuator yang ada dikolam budidaya diantaranya adalah pompa air dan aerator. Sedangkan untuk memberikan peringatan di area kolam budidaya disediakan juga *buzzer*. Alat kontrol aktuator dalam penelitian ini terdiri atas NodeMCU, Relay dan *Buzzer*.



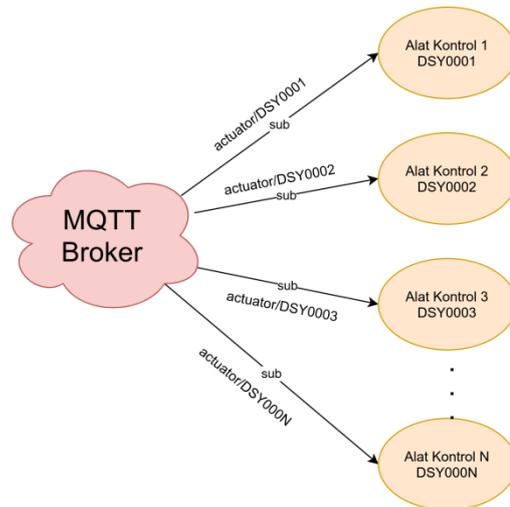
Gambar 5. Diagram blok alat kontrol aktuator

Alat kontrol aktuator akan melakukan subscribe ke MQTT Broker untuk mendapatkan perintah yang telah ditentukan oleh sistem pendukung keputusan. NodeMCU yang telah terkoneksi ke internet melakukan *subscribe* ke MQTT Broker dengan topik *subscribe: actuator/{id_alat}*, sedangkan data *payload*-nya memiliki format yang dapat dilihat pada Gambar 6, dimana Data 1 merupakan identitas dari relay yang akan dikontrol. Dalam penelitian ini, identitas relay diberikan nama R1, R2 dan R3. Selanjutnya untuk Data 2 yang berisikan nilai State yaitu ON atau OFF.

Data 1 Relay	#	Data 2 State	Data Karakter
2	1	3	Satuan Byte

Gambar 6. Format data kontrol aktuator

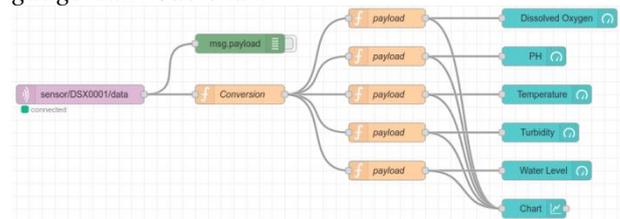
Diagram blok proses *subscribe* yang dilakukan oleh alat kontrol aktuator ke MQTT Broker dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. *Subscribe* topik oleh tiap-tiap alat kontrol aktuator

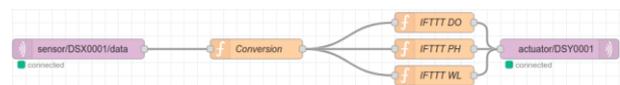
Flow Sistem Pada Platform Node-Red

Node-Red merupakan sebuah platform yang menyediakan beberapa *tools* yang dapat digunakan untuk membuat suatu sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) (Wiguna & Subari, 2017). Sistem yang dibangun pada platform Node-Red menggunakan beberapa komponen node yang membentuk *flow*. *Flow* untuk melakukan *monitoring* pada Gambar 8 terdiri atas *node subscriber*, *node function*, *node gauge* dan *node chart*.

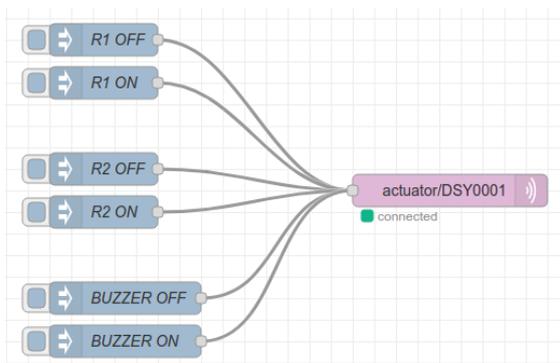


Gambar 8. Flow Node-Red untuk sistem *monitoring*

Sedangkan untuk melakukan kontrol aktuator telah dirancang juga flow kontrol otomatis dan kontrol manual. Flow kontrol otomatis pada Gambar 9 terdiri atas *node subscriber*, *node function* konversi data, *node function* IFTTT dan *node publisher*. Flow kontrol manual pada Gambar 10 terdiri dari *node inject* dan *node publisher*.



Gambar 9. Flow Node-Red untuk sistem pendukung keputusan



Gambar 10. Flow Node-Red untuk kontrol aktuator secara manual

Sistem Kontrol Otomatis dan Notifikasi

Sistem kontrol otomatis dan notifikasi berfungsi sebagai *early action* atau tindakan dan *early warning* untuk pencegahan dan pemberitahuan apabila terjadi suatu kondisi yang tidak normal. Tindakan yang dihasilkan oleh sistem kontrol otomatis ini berdasarkan *rule* yang telah ditentukan pada metode IFTTT (Dzulqornain et al., 2018). Rule metode IFTTT yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel II.

Table II IFTTT Rule

Parameter	IF This	THEN Aerator	THEN Pump	THEN Buzzer
DO (ppm)	> 4	OFF	-	-
	> 3	ON	-	-
	<= 3	ON	-	ON
PH	6 <= && <= 8	-	-	OFF
	> 8	-	-	ON
	< 6	-	-	ON
Water Level (cm)	> 500	-	OFF	ON
	< 400	-	ON	-
	400 <= && <= 500	-	OFF	-

Formula Pengujian Performa

Skenario pengujian performa dilakukan dengan mengukur *delay* pengiriman data dengan formula (1).

$$Delay = Waktu_{terima} - Waktu_{kirim} \quad (1)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Performa Publik MQTT Broker

Pengujian performa pada publik MQTT Broker dilakukan dengan melakukan pengiriman *dummy* data dengan paket data yang konsisten yang telah ditentukan sebelumnya seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3. Besaran payload yang dikirimkan adalah 44 byte, dapat dilihat pada Gambar 11.



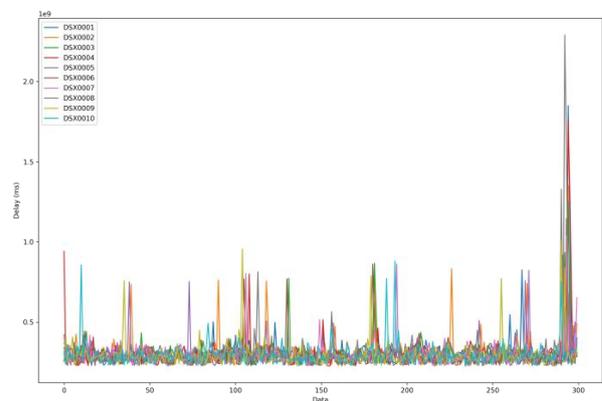
Gambar 11. Paket data yang di-publish oleh publisher

Setelah data berhasil di-publish maka dari sisi *subscriber* akan menerima data tersebut. Data yang berhasil diterima akan disimpan dalam bentuk file *logger* seperti yang terlihat pada Gambar 12.

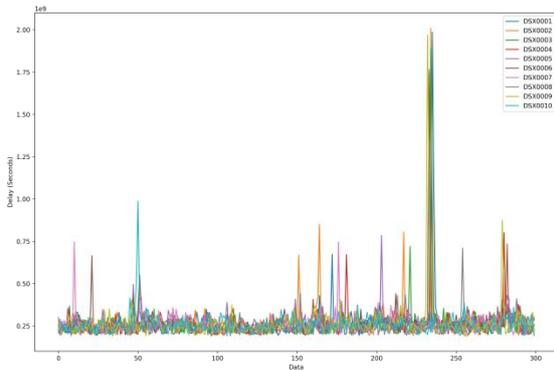
DEVICE	DATA	TIME_SEND	TIME_ARRIVED	DELTA_TIME
0 DSX0100	6.98,6.90,35.210,405	2021-01-25 20:19:07.813	2021-01-25 20:19:08.367	0 days 00:00:00.554000
1 DSX0100	6.40,6.90,34.209,410	2021-01-25 20:19:08.814	2021-01-25 20:19:09.321	0 days 00:00:00.507000
2 DSX0100	6.67,7.01,36.207,417	2021-01-25 20:19:09.815	2021-01-25 20:19:11.975	0 days 00:00:02.160000
3 DSX0100	6.32,7.07,35.219,406	2021-01-25 20:19:10.815	2021-01-25 20:19:11.975	0 days 00:00:01.160000
4 DSX0100	5.41,7.38,36.213,406	2021-01-25 20:19:11.815	2021-01-25 20:19:12.586	0 days 00:00:00.771000

Gambar 12. Data logger uji performa MQTT Broker

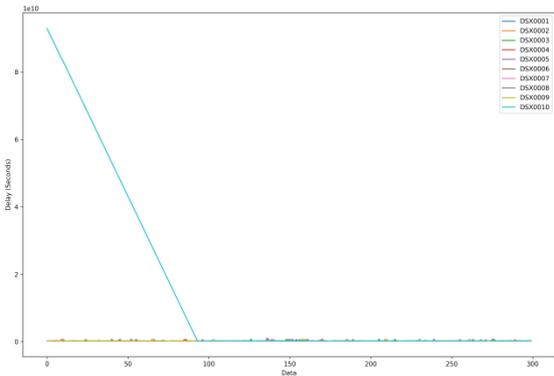
Berdasarkan data logger tersebut dapat dihitung lama waktu pengiriman data (*delay*) dari *publisher* hingga sampai ke *subscriber* dengan perhitungan seperti yang ditunjukkan pada formula (1).



Gambar 13. Grafik *delay* pengiriman data dari 10 *publisher* ke *subscriber* menggunakan Broker EMQX



Gambar 14. Grafik delay pengiriman data dari 10 publisher ke subscriber menggunakan Broker Hivemq



Gambar 15. Grafik delay pengiriman data dari 10 publisher ke subscriber menggunakan Broker Mosquitto

Berdasarkan hasil beberapa percobaan yang telah dilakukan dengan beberapa MQTT Broker yang ditunjukkan pada Tabel I didapatkan hasil seperti yang dapat dilihat pada Tabel III.

Table III Tabel Perbandingan Delay Antar Publik MQTT Broker

Jumlah Node	Besaran Delay			Keterangan Gambar
	Minimal	Maksimal	Rata-Rata	
Broker EMQX				
10 Publisher	0,2272 ms	1,3394 ms	0,3014 ms	Gambar 13
20 Publisher	0,2276 ms	1,0932 ms	0,3147 ms	
30 Publisher	0,2274 ms	1,1538 ms	0,3008 ms	
Broker Hivemq				
10 Publisher	0,1931 ms	1,53 ms	0,2635 ms	Gambar 14
20 Publisher	0,1925 ms	0,6273 ms	0,2489 ms	
30 Publisher	0,1943 ms	1,0173 ms	0,2672 ms	
Broker Mosquitto				
10 Publisher	0,1978 ms	10,0019 ms	1,7079 ms	Gambar 15

20 Publisher	173,821 ms	278,73 ms	226,05 ms	
30 Publisher	127,03 ms	196,55 ms	266,12 ms	

Sistem Monitoring

Sistem monitoring ditampilkan dalam bentuk dua jenis tampilan yaitu *Gauge chart* dan *Line chart* secara *realtime*. Data yang dikirimkan oleh alat akuisisi akan diolah oleh *function* konversi data dan kemudian disajikan dalam masing-masing parameter kualitas air. Berikut adalah tampilan monitoring dapat dilihat pada Gambar 16 dan Gambar 17.



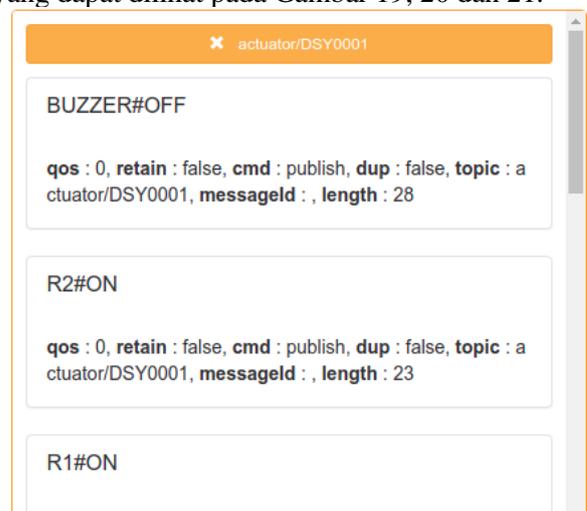
Gambar 16. Gauge chart pembacaan data sensor dari alat akuisisi data secara realtime



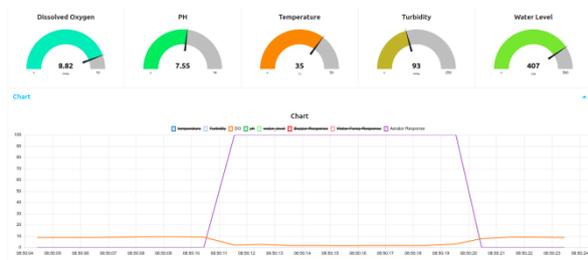
Gambar 17. Line chart pembacaan data sensor dari alat akuisisi data secara realtime

Pengujian Kontrol Otomatis dan Notifikasi

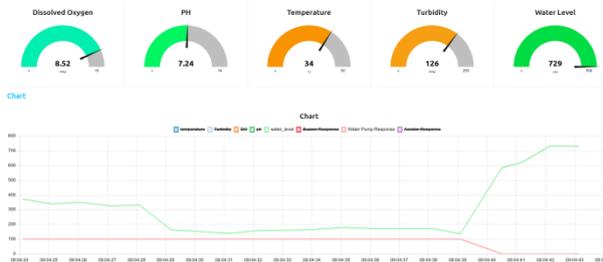
Skenario pengujian kontrol otomatis dilakukan dengan melihat respon data yang dihasilkan oleh metode IFTTT. Respon yang dikirimkan dapat dilihat pada *logger* MQTT Gambar 18 dan divisualisasikan dalam bentuk grafik respon seperti yang dapat dilihat pada Gambar 19, 20 dan 21.



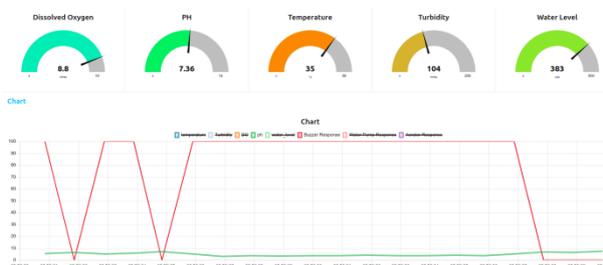
Gambar 18. Command set untuk kontrol aktuator



Gambar 19. Respon kontrol aktuator untuk mengontrol aerator



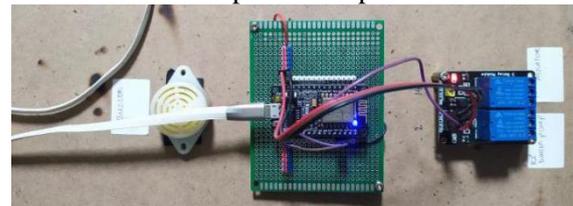
Gambar 20. Respon kontrol aktuator untuk mengontrol water pump



Gambar 21. Respon kontrol aktuator untuk mengontrol buzzer

Pada skenario percobaan kontrol aktuator secara otomatis, Gambar 19 menunjukkan respon kontrol aerator aktif (menunjukkan nilai 100) terjadi setelah terdeteksi kandungan nilai DO air berada dibawah 3 ppm. Kemudian setelah itu aerator tidak aktif (menunjukkan nilai 0) setelah kondisi DO air berada pada nilai 8,85 ppm. Selanjutnya pada Gambar 26 merupakan respon dari kontrol *water pump*. Berdasarkan grafik respon tersebut dapat dilihat bahwa *water pump* akan selalu aktif jika ketinggian air masih berada dibawah 400 cm. Kemudian setelah ketinggian air berada diatas 400 cm maka *water pump* akan dimatikan. Selain melakukan kontrol otomatis pada aktuator-aktuator yang ada dikolam budidaya, diperlukan juga suatu alat alarm sebagai media pemberitahuan atau notifikasi apabila terjadi kondisi-kondisi yang tidak dapat langsung memberikan aksi pada aktuator-aktuator yang ada di kolam budidaya. Gambar 21 merupakan grafik respon dari *buzzer* sebagai media alarm. Pada grafik tersebut, alarm aktif setelah terdeteksi kandungan pH air berada dibawah 6 dan berada diatas angka 8. Apabila terdeteksi kandungan pH berada pada angka 6 dan 8 maka *buzzer* akan mati dan menunjukkan bahwa kandungan pH berada pada

angka yang optimal. Berikut adalah respon yang pada alat aktuator dapat dilihat pada Gambar 22.



Gambar 22. Alat kontrol aktuator

IV. PENUTUP

Kesimpulan

Dalam makalah ini, Data kualitas air yang telah dikumpulkan oleh sensor-sensor parameter kualitas air akan dikirimkan ke Server (Node-Red) menggunakan protocol MQTT dan selanjutnya dilakukan pengolahan data menggunakan metode IFTTT untuk menghasilkan keputusan guna mengontrol aktuator dan memberikan *early warning notification* melalui buzzer. Berdasarkan hasil pengujian, sistem ini telah dapat memantau kualitas air secara *realtime* dengan rata-rata *delay* pengiriman paling kecil yaitu 260 ms diperoleh dengan menggunakan publik MQTT Broker HIVEMQ. Sedangkan rata-rata *delay* pengiriman paling besar yaitu 141.44 ms diperoleh dengan menggunakan publik MQTT Broker Test Mosquitto Broker.

V. DAFTAR PUSTAKA

Abadi, S. C., Prafanto, A., Eriyadi, M., Suryadi, A., & Ramadi, G. D. (2020). Penerapan Protokol Publish / Subscribe Messaging System Pada Sistem Wireless Building Network Berbasis Nrf24L01. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 6(2), 172.

Atmomarsono, M., Supito, Mangampa, M., Pitoyo, H., Lideman, S, H. T., Akhdiat, I., Wibowo, H., Ishak, M., Basori, A., Wahyono, N. T., Latief, S. S., & Akmal. (2014). *Budidaya Udang Vannamei* (Badrudin (ed.)). WWF-Indonesia.

Balakrishnan, S; Rani, S. Sheeba; Ramya, K. C. (2019). Design and Development of IoT Based Smart Aquaculture System in a Cloud Environment. *International Journal of Oceans and Oceanography*, January.

Dzulqornain, M. I., Harun Al Rasyid, M. U., & Sukaridhoto, S. (2018). Design and Development of Smart Aquaculture System Based on IFTTT Model and Cloud Integration. *MATEC Web of Conferences*, 164(May).

Ghufron, M., Lamid, M., Sari, P. D. W., & Suprpto,

- H. (2018). Teknik Pembesaran Udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*) Pada Tambak Pendampingan Pt Central Proteina Prima Tbk Di Desa Randutatah, Kecamatan Paiton, Probolinggo, Jawa Timur. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 7(2), 70.
- Lin, Y. B., & Tseng, H. C. (2019). FishTalk: An IoT-Based Mini Aquarium System. *IEEE Access*, 7, 35457–35469.
- Madhavireddy, V., & Koteswarrao, B. (2018). Smart Water Quality Monitoring System Using Iot Technology. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.36), 636.
- Mulyono, S., Qomaruddin, M., & Syaiful Anwar, M. (2018). Penggunaan Node-RED pada Sistem Monitoring dan Kontrol Green House berbasis Protokol MQTT. *Jurnal Transistor Elektro Dan Informatika (TRANSISTOR EI)*, 3(1), 31–44.
- Myre, E., & Shaw, R. (2006). The Turbidity Tube : Simple and Accurate Measurement of Turbidity in the Field. *Michigan Technological University, April*, 1–15.
- Rahmantya, K. F., Asianto, A. D., Wahyuni, T., Wibowo, D., & Zuniyanto, A. K. (2018). *Buku Pintar Kelautan dan Perikanan* (Ismayanti, D. Arriyana, R. R. Damanti, & R. Rahadian (eds.)). Pusat Data, Statistik, dan Informasi.
- Rozie, F., Syarif, I., & Rasyid, M. U. H. Al. (2020). Design and Implementation of Intelligent Aquaponics Monitoring System based on IoT. *International Electronics Symposium (IES)*.
- Saragih, N. S., Sukiyono, K., & Cahyadinata, I. (2015). Risk Analysis of Production and Income the Shrimp Cultivation of the People in Urban Village Labuhan Deli , Sub District Medan Marelan , Medan City. *Agrisepe*, 14, 39–52.
- Supono. (2017). *Teknologi Produksi Udang*. Plantaxia.
- Utojo, U., & Tangko, A. M. (2008). Status, Masalah, dan Alternatif Pemecahan Masalah pada Pengembangan Budidaya Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*) di Sulawesi Selatan. *Media Akuakultur*, 3(2), 118.
- Wiguna, E. H., & Subari, A. (2017). Rancang Bangun Sistem Monitoring Ketinggian Air Dan Kelembaban Tanah Pada Penyiram Tanaman Otomatis Dengan Hmi (Human Machine Interface) Berbasis Raspberry Pi Menggunakan Software Node-Red. *Gema Teknologi*, 19(3), 1.