

Penerapan Protokol *MQTT* pada Sistem Akuakultur Berbasis *Internet of Things*

Teuku Adam Fikri¹, Muhammad Nasir², Fachri Yanuar Rudi F³, Taufik^{4*}

^{1,3} Jurusan Teknologi Informasi dan Komputer Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

¹fikriadam24@gmail.com,

²muhnasir.tmj@pnl.ac.id,

³fachri@pnl.ac.id

⁴Taufikprogram42@gmail.com

Abstrak— Sistem akuakultur digunakan untuk meningkatkan produksi organisme akuatik untuk pemeliharaan, pemanenan, pengolahan dan pemasaran pada budidaya ikan. Akan tetapi saat ini pengawasan sistem akuakultur masih dilakukan secara konvensional dengan melakukan pemantauan dan pengontrolan langsung ke lokasi budidaya sehingga dianggap tidak efektif terutama dari segi waktu. Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah penerapan protokol *MQTT* pada sistem akuakultur dengan mengetahui persentase nilai *error* pada setiap sensor dan rata-rata *delay* waktu yang diperoleh dari hasil pengiriman data. Sistem yang dibuat dapat memonitoring, melakukan pemberian pakan dan memantau kualitas air. Perangkat utama yang diperlukan pada sistem ini terdiri dari *Raspberry Pi* sebagai pengendali sistem, sensor suhu untuk mengukur suhu air, sensor *Turbidity* untuk mengukur tingkat kekeruhan air dan sensor *Ph* untuk mengukur tingkat keasaman pada air. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah protokol *MQTT* dapat diterapkan dengan persentase nilai *error* pada sensor 0,07% sampai 0,67% dan diperoleh rata-rata *delay* waktu adalah 2,43 detik.

Kata kunci— Akuakultur, *MQTT*, Monitoring, Sensor pH, Sensor *Turbidity*, Sensor Suhu, Sensor Ultrasonik, *Raspberry pi*.

Abstract— Aquaculture are used to increase the production of aquatic organisms for rearing, harvesting, processing and marketing in fish farming. However, currently the supervision of the aquaculture system is still carried out conventionally by monitoring and controlling directly to the cultivation location so that it is considered ineffective, especially in terms of time. The goal to be achieved in this study is the application of the *MQTT* protocol to the aquaculture system by knowing the percentage of error values for each sensor and the average time *delay* obtained from the results of data transmission. The system created can monitor, provide feed and monitor water quality. The main devices needed in this system consist of a *Raspberry Pi* as a system controller, a temperature sensor to measure water temperature, a *Turbidity* sensor to measure the level of water turbidity and a *Ph* sensor to measure the acidity level of the water. The results obtained in this study are the *MQTT* protocol can be applied with the percentage error value on the sensor from 0,07% - 0,67% and the average *delay* time is 2,43 seconds.

Keywords— Aquaculture, *MQTT*, Monitoring, pH Sensor, *Turbidity* Sensor, Temperature Sensor, Ultrasonik Sensor, *Raspberry Pi*.

I. PENDAHULUAN

Budidaya perikanan ialah zona yang benar-benar produktif untuk organisasi fundamental dan sampingan. Ikan merupakan makanan yang paling digemari oleh masyarakat Indonesia karena tidak hanya sederhana, ikan juga memiliki kandungan gizi yang sangat besar. Ikan berperan besar dalam pemenuhan sumber gizi dan ketahanan pangan masyarakat Indonesia[1]. Pemerintah Indonesia telah memiliki strategi dalam upaya peningkatan kualitas budidaya ikan di Indonesia, salah satunya adalah dengan bekerja sama dengan penguatan daerah setempat dalam mengembangkan lebih lanjut budidaya ikan air tawar dan laut [2]. Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas budidaya ikan dapat diterapkan sistem akuakultur.

Akuakultur adalah sistem rekayasa ergonomis yang menggunakan energi untuk meningkatkan produksi organisme akuatik, termasuk pemeliharaan, penanganan, pengolahan dan

pemasaran[3]. Namun sistem akuakultur memerlukan pemantauan intensif dalam penerapannya. Pengawasan sistem

akuakultur dengan tujuan budidaya ikan yang berorientasi pada kelestarian lingkungan merupakan hal yang perlu diperhatikan. Ikan akan bertahan hidup dan berkembang biak dengan baik jika memenuhi atau mendekati kondisi lingkungan yang disediakan oleh habitat aslinya [4]. Pengawasan yang perlu dipertimbangkan termasuk pengawasan pada pemberian pakan, pengawasan kualitas air, serta filtrasi air.

Saat ini pengawasan sistem akuakultur umumnya dilakukan secara konvensional, yaitu dengan mendatangi lokasi budidaya untuk melakukan pemantauan dan kontrol secara manual. Metode ini memiliki banyak kekurangan, yaitu waktu pemantauan yang lama dan membutuhkan waktu untuk mendapatkan data yang diperlukan sebagai acuan dalam

melakukan pemeliharaan air. Sehingga diperlukan suatu cara untuk mengatasi masalah dalam hal monitoring pada sistem akuakultur.

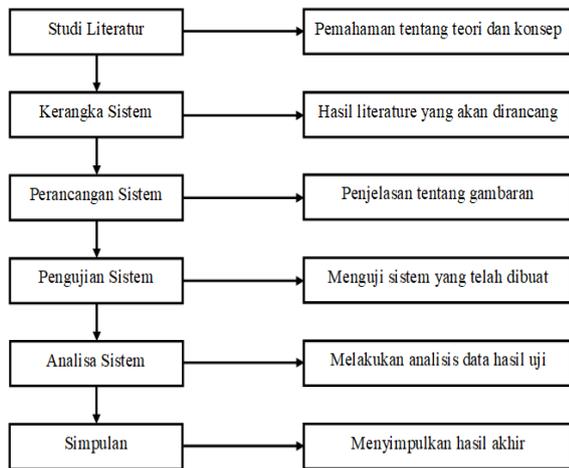
Untuk mengatasi permasalahan berdasarkan uraian masalah diatas, maka terciptalah suatu pemikiran perancangan sistem akuakultur berbasis *Internet of Things* dengan protokol *Message Queuing Telemetry Transport* atau disingkat *MQTT*. Teknologi ini dirancang untuk bekerja dengan melakukan pemberian pakan, memantau kekeruhan air dan memantau tingkat pH air. Seluruh sistem berjalan secara berkala sesuai dengan kondisi dan waktu yang telah ditentukan guna memberikan laporan kepada pelaku industri budidaya perikanan untuk membantu mengerjakan kualitas dan jumlah hasil panen. Penelitian ini menerapkan proses linierisasi pada pengujian untuk dapat menghasilkan data yang lebih akurat[5]. Seluruh sistem akan dimonitoring melalui website.

Dengan dilakukan eksplorasi penelitian ini diharapkan dapat memberikan kemajuan mekanis baru, mempermudah pekerjaan secara adaptif yang dapat dimonitoring untuk dapat mempresentasikan kondisi dari akuakultur.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Dalam penyusunan penelitian ini diperlukan susunan tahapan penelitian untuk membantu dalam penyusunan penelitian. Tahapan menggambarkan tahapan yang akan dilakukan untuk menyelesaikan masalah yang diteliti. Adapun tahapan penelitian yang digunakan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Tahapan Penelitian

B. Teknik Pengumpulan Data

Pada bagian ini, pengumpulan data dilakukan untuk mencari referensi dari berbagai jenis, seperti buku perpustakaan, jurnal, web, dan berbagai sumber yang relevan dengan eksplorasi yang akan dilakukan. Ketika masalah muncul dalam perencanaan, informasi yang dikumpulkan berfungsi sebagai perspektif untuk digunakan dengan tahapan perencanaan yang akan dikembangkan menggunakan data yang berbeda.

C. Analisis Data

Tahapan analisis data dikerjakan setelah data dikumpulkan pada saat alat diuji. Tahapan analisis data yang dilakukan yaitu:

1. Menganalisis respon terhadap perintah pengguna.

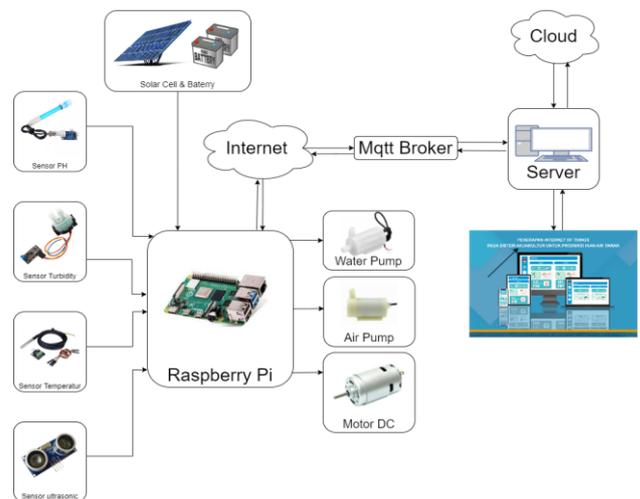
2. Menganalisis kecepatan Raspberry Pi dalam memproses data dari sensor menjadi informasi yang dikirim ke pengguna.
3. Menganalisis semua data yang telah didapatkan dari hasil pengujian.

D. Perancangan Sistem

Perancangan sistem digunakan untuk memaknai penggambaran kerangka rencana yang akan dibuat. Pada blok diagram secara umum menjelaskan tentang bagaimana penggunaan protokol *MQTT* untuk sistem akuakultur dapat bekerja. Blok diagram atau gambaran perancangan sistem dapat dilihat pada gambar 2 dan 3.



Gambar 2 Diagram Koneksi Sistem

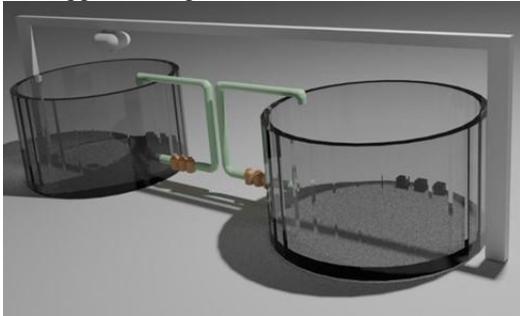


Gambar 3 Diagram Blok Sistem

Berdasarkan dari Gambar 2 dan 3 sistem yang akan dibuat adalah penerapan *protokol MQTT* pada sistem akuakultur berdasarkan *Internet of Things*. Tahap ini membuat diagram alir dari sistem dan blok diagram dari bagian-bagian yang akan digunakan. Sistem tersebut akan menyampaikan rencana yang dapat dilakukan sebagai pengumpulan peralatan dan pemrograman untuk ditanamkan dalam sistem. Perangkat keras yang digunakan adalah *Raspberry Pi*, sensor *pH*, sensor *temperature*, sensor *turbidity*, sensor *ultrasonic*, water pump, air pump, motor *DC* dan baterai. Proses berjalannya sistem diawali dengan menginisialisasikan *port* dan sensor. Setelah itu akan dilakukan pengecekan masing-masing sensor, jika semua sensor bernilai true maka akan dilanjut ke proses pengecekan data masing masing sensor. Data digunakan sebagai parameter untuk pengecekan kondisi air, yaitu suhu, kekeruhan dan pH air. Pengecekan dilakukan terhadap ketiga sensor, jika kondisi masing masing data tidak normal maka akan dikirimkan alert ke admin dan dilanjutkan dengan mempublish data ke *MQTT broker*. Jika nilai bernilai normal maka sistem tetap mempublish data ke *MQTT broker*. Sistem akan terus mendapatkan data dari sensor secara realtime sampai dengan sistem dihentikan. Seluruh sistem akan dimonitoring dengan menggunakan website.

E. Rancangan Desain Akuakultur

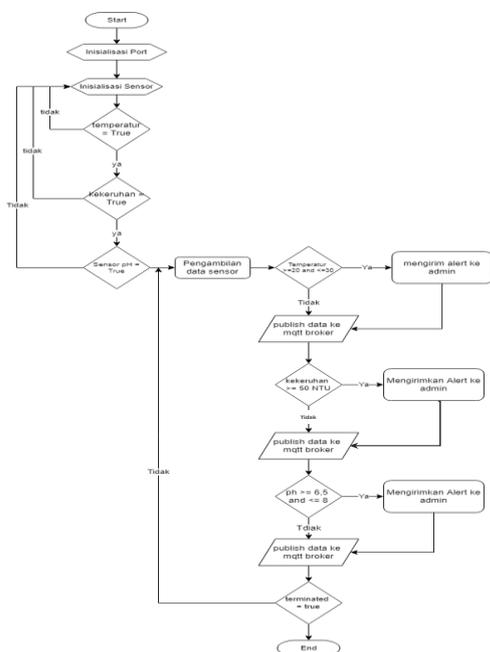
Perancangan desain akuakultur yang dibuat dalam penelitian ini seperti pada Gambar 4. Terdapat 3 sensor yang berada didalam bak yaitu sensor suhu, sensor turbidity, dan sensor pH. Pada bagian atas kolam terdapat alat yang dapat memberikan pakan otomatis. Alat berupa wadah pakan dengan katup yang dapat dibuka tutup pada bagian bawahnya dan untuk mengetahui sisa pakan terdapat sensor ultrasonik. Alat yang dirangkai memiliki ukuran panjang 170 cm, lebar 60 cm, dan tinggi kandang 75 cm.



Gambar 4 Rancangan Desain Akuakultur

F. Flowchart Sistem

Penerapan IoT pada sistem akuakultur untuk produksi ikan air tawar menggunakan Raspberry Pi. Proses berjalannya sistem diawali dengan menginisialisasikan port dan sensor. Setelah itu akan dilakukan pengecekan masing-masing sensor, jika semua sensor bernilai true maka akan dilanjut ke proses pengecekan data masing masing sensor. Data digunakan sebagai parameter untuk pengecekan kondisi air, yaitu suhu, kekeruhan dan pH air. Pengecekan dilakukan terhadap ketiga sensor, jika kondisi masing masing data tidak normal maka akan dikirimkan alert ke admin dan dilanjutkan dengan mempublish data ke MQTT broker, Jika nilai bernilai normal maka sistem tetap mempublish data ke MQTT broker. Sistem akan terus mendapatkan data dari sensor secara realtime sampai dengan system dihentikan. Seluruh sistem akan dimonitoring dengan menggunakan website. Flowchart yang menunjukkan alur kerja sistem yang dibangun dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5 Alur Kerja Sistem

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan dan pembuatan tugas akhir Penerapan Protokol MQTT pada Sistem Akuakultur berbasis Internet of Things sebagai prototipe sistem akuakultur, dalam tahap pengujiannya ini dipisahkan menjadi dua bidang, pengujian fungsional dari setiap bagian dari perangkat atau pemrograman dalam tugas akhir ini dan pengujian kinerja pada tugas akhir ini. Hasil eksperimen disajikan dalam tabel dan grafik.

A. Pengujian Sensor Suhu

Korelasi data dari pengukur suhu analog dan sensor suhu pada modul. Sensor suhu yang dipakai pada modul tugas akhir ini yaitu sensor suhu DS18B20. Sensor suhu bertanggung jawab untuk membaca dan mengumpulkan data tentang perubahan suhu air. Pengujian sensor dilakukan dengan mengambil sampel setiap 15 menit. Pada Tabel I menunjukkan pengujian suhu air dengan sensor DS18B20 dan termometer sebagai pembanding.

TABEL I
DATA DS18B20 DAN TERMOMETER ANALOG

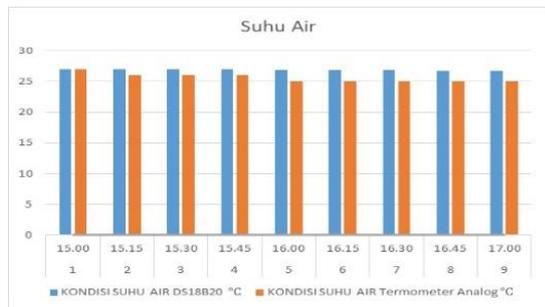
KONDISI SUHU AIR				
No	Jam	DS18B20 °C	Termometer Analog °C	Keterangan Error
1	15.00	27,0	27	0%
2	15.15	27,0	26	0,03%
3	15.30	26,93	26	0,03%
4	15.45	26,93	26	0,03%
5	16.00	26,87	25	0,07%
6	16.15	26,87	25	0,07%
7	16.30	26,87	25	0,07%
8	16.45	26,75	25	0,07%
9	17.00	26,75	25	0,07%

Informasi suhu paling minimal pada Tabel I terjadi pada pukul 17.00 yaitu 26.75°C. Informasi suhu paling tinggi terjadi pada pukul 15.00-15.15, tepatnya 27,0°C, kondisi ini disebabkan oleh suhu siang hari yang panas. Keadaan suhu air dari awal pengujian sampai batas terjauh pengujian berubah sebesar 0,25°C, kondisi ini disebabkan menjelang awal pengujian pompa air baru dihidupkan.

Dari penggunaan termometer analog cenderung terlihat perbedaan suhu dengan sensor suhu DS18B20. Perbedaan (error) suhu dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut.

$$error = \frac{(Suhu DS18B20 - Suhu Th Analog)}{Suhu Th Analog} \times 100\% \dots (1)$$

Berdasarkan hasil pengujian suhu air didapatkan selisih kecil perbedaan suhu jika dibandingkan dengan termometer analog. Selisih (error) suhu dari awal pengujian hingga selesai tidak lebih dari 0,07%. Perubahan suhu bisa dipengaruhi dari kondisi cuaca, namun selama sistem tetap berjalan suhu air hanya akan mengalami sedikit perubahan. Pengujian suhu pada tabel 1 jika dijadikan kedalam bentuk grafik pada Gambar 6.



Gambar 6 Grafik Kondisi Suhu Air

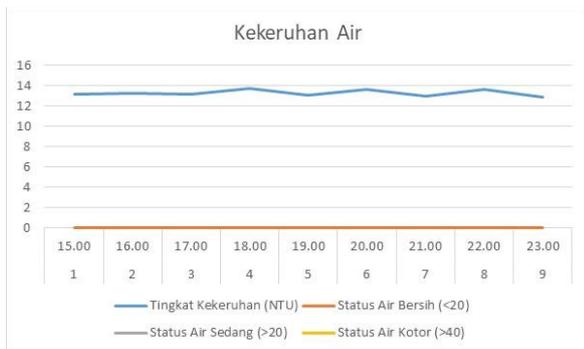
B. Pengujian Sensor Turbidity

Turbidity yang digunakan dalam penelitian ini digunakan untuk mengukur kekeruhan air. Sensor kekeruhan diuji dengan cara merendam sensor didalam air. Pengujian dilakukan selama 9 jam dengan mengambil data setiap 60 menit. Pada Tabel II menunjukkan pengujian kekeruhan air dengan sensor *turbidity*.

TABEL II
DATA KEKERUHAN AIR

No	Waktu	Tingkat Kekeruhan (NTU)	Status Air		
			Bersih (<20)	Sedang (>20)	Kotor (>40)
1	15.00	13,18	✓		
2	16.00	13,25	✓		
3	17.00	13,18	✓		
4	18.00	13,78	✓		
5	19.00	13,11	✓		
6	20.00	13,65	✓		
7	21.00	12,98	✓		
8	22.00	13,65	✓		
9	23.00	12,85	✓		

Pada Tabel II menunjukkan pengujian kekeruhan air dengan sensor turbidity. Pengujian dilakukan dengan mengambil 9 sampel data dengan interval 1 jam. Tingkat kekeruhan air diawal pengujian hingga akhir pengujian mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena sistem terus berjalan dan air yang difiltrasi. Pengujian kekeruhan air pada Tabel 2 jika digambarkan dalam bentuk grafik pada Gambar 7.



Gambar 7 Grafik Kekeruhan Air

C. Pengujian Sensor PH

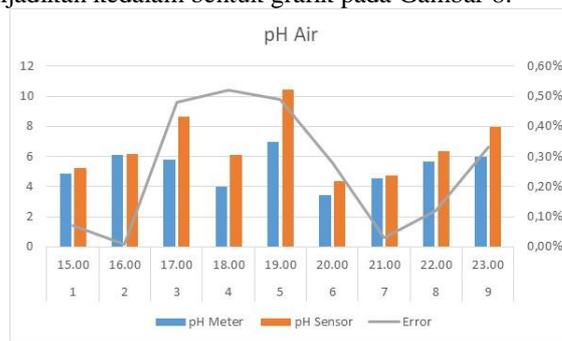
Pengambilan data pengujian tingkat *pH* air atau tingkat keasaman menggunakan sensor *pH* dilakukan selama 9 jam sebagaimana pada tingkat kekeruhan air yang dilakukan pengujian secara bersamaan. Pada pengujian sensor ini, tingkat keasaman pada rentang keasaman 4-8. Hasil

pengukuran tingkat keasaman dengan sensor *pH* ditunjukkan pada Tabel III.

TABEL III
DATA PH AIR

No	KONDISI PH AIR			Keterangan Error
	Jam	pH Meter	pH Sensor	
1	15.00	4,87	5,25	0,07%
2	16.00	6,11	6,18	0,01%
3	17.00	5,80	8,64	0,48%
4	18.00	4,00	6,10	0,52%
5	19.00	7,20	10,41	0,44%
6	20.00	3,41	4,39	0,28%
7	21.00	4,57	4,74	0,03%
8	22.00	5,64	6,34	0,12%
9	23.00	6,00	7,98	0,33%

Pada Tabel III menunjukkan pengujian tingkat keasaman air dengan sensor *pH* dan *pH* meter sebagai korelasi yang dilakukan beberapa kali dengan rentang waktu 1 jam. Kedua nilai *pH* yang diperoleh dari *pH* meter dan sensor *pH* tidak mencapai nilai jangkauan dan beberapa melampaui jangkauan nilai. Bagaimanapun, perbedaan nilai sensor *pH* dan *pH* meter tidak jauh berbeda. Kesalahan umum yang diperoleh adalah 0,26%, dan itu berarti sensor dapat berfungsi dengan baik. Rata-rata *error* yang didapat yaitu 0,26% yang berarti sensor dapat bekerja dengan baik. Keasaman air tidak sulit untuk diubah dengan asumsi ada zat yang berbeda yang masuk ke dalam air, misalnya pakan ikan. Pengujian *pH* pada Tabel 3 jika dijadikan kedalam bentuk grafik pada Gambar 8.



Gambar 8 Grafik Pengujian pH Air

D. Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor *ultrasonik HC-SR04* berfungsi untuk memantau kondisi pakan ikan dimana jarak sensor ke batas bawah tempat pakan (pakan kosong) yaitu 7 cm. Hasil pengujian sensor jarak *HC-SR04* ditunjukkan pada Tabel IV.

TABEL IV
DATA SENSOR ULTRASONIK

No	KONDISI PAKAN		
	HC-SR04	Meteran	Status Pakan
1	1,4 cm	2 cm	Penuh
2	4,7	5,1 cm	Setengah
3	6,9	7,2	Kosong

Hasil pengukuran kondisi pakan menggunakan sensor *HC-SR04* yang dibandingkan dengan meteran menghasilkan data yang hampir sama. Saat sensor mendeteksi jarak 1,4 cm pakan baru saja diisi. Pada data kedua pakan sudah sebesar 2 kali dan sensor mendeteksi jarak pakan 4,7 dengan kondisi pakan setengah. Lalu Saat pakan habis sensor mendeteksi jarak 6,9. Selisih rata-rata pengukuran jarak antara sensor dan meteran adalah 0,43%.

E. Pengujian Delay

Pada pengujian ini dilakukan perhitungan untuk mengetahui durasi waktu (*delay*) yang didapat selama pengiriman data sensor menggunakan *protokol MQTT*. Pada Gambar 9 ini dilakukan pengujian menggunakan *wireshark* dan didapatkan *delay* sebagai berikut.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Delay	Info
18.	33.56885	54.184.34.50	192.168.1.181	MQTT	70	0.222037985	Connect Ack
18.	33.57114	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	79	0.002288584	Subscribe Request [id=1] [/6720/]
18.	33.79151	54.184.34.50	192.168.1.181	MQTT	71	0.22839346	Subscribe Ack [id=1]
20.	37.20923	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	99	3.417721902	Publish Message [/6720/PH]
20.	39.92776	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	104	2.718525735	Publish Message [/6720/TEMP]
21.	42.95294	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	103	3.02512421	Publish Message [/6720/TURB]
21.	43.95009	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	104	1.006155085	Publish Message [/6720/SP]
22.	47.73459	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	100	3.775496108	Publish Message [/6720/PH]
23.	50.48048	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	103	2.753818568	Publish Message [/6720/TEMP]
23.	53.51428	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	103	3.025002179	Publish Message [/6720/TURB]
23.	54.51908	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	102	1.004879091	Publish Message [/6720/SP]
24.	58.30172	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	100	3.782639997	Publish Message [/6720/PH]
25.	61.05273	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	103	2.751085648	Publish Message [/6720/TEMP]
25.	64.07845	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	103	3.02527461	Publish Message [/6720/TURB]
26.	65.08727	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	104	1.008812502	Publish Message [/6720/SP]
29.	68.87288	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	100	3.785612395	Publish Message [/6720/PH]
35.	71.60772	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	103	2.734838834	Publish Message [/6720/TEMP]
36.	74.63284	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	103	3.025124276	Publish Message [/6720/TURB]
37.	75.64184	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	104	1.008999834	Publish Message [/6720/SP]
44.	79.43756	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	100	3.795720337	Publish Message [/6720/PH]
46.	82.17398	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	104	2.736494909	Publish Message [/6720/TEMP]
47.	85.28433	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	103	3.038353476	Publish Message [/6720/TURB]
48.	86.21467	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	104	1.018338101	Publish Message [/6720/SP]
55.	89.87942	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	100	3.764748555	Publish Message [/6720/PH]
56.	92.73393	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	104	2.754565657	Publish Message [/6720/TEMP]
58.	93.73631	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	68	1.002387503	Ping Request
58.	93.95723	54.184.34.50	192.168.1.181	MQTT	68	0.228911622	Ping Response
62.	95.76986	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	103	1.005837898	Publish Message [/6720/TURB]
65.	96.76941	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	104	1.008558338	Publish Message [/6720/SP]
68.	100.5200	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	100	3.758676705	Publish Message [/6720/PH]
75.	103.2933	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	103	2.773251125	Publish Message [/6720/TEMP]
82.	106.3242	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	103	3.038913990	Publish Message [/6720/TURB]
84.	107.3295	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	105	1.005273312	Publish Message [/6720/SP]
87.	111.1218	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	100	3.792274254	Publish Message [/6720/PH]
88.	113.8476	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	104	2.725287814	Publish Message [/6720/TEMP]
93.	116.8727	192.168.1.181	54.184.34.50	MQTT	103	3.02542213	Publish Message [/6720/TURB]

Gambar 9 Traffic Protokol MQTT pada Wireshark

Pada gambar 9 diatas, *traffic* data yang berjalan direkam dan didapatkan statistik data yang diperlukan. Berdasarkan data tersebut, dihitung rata-rata *delay* yang didapat selama proses pengiriman data. Setiap data yang dikirimkan terdapat *delay* yang ditampilkan pada kolom *wireshark*, setiap *delay* tersebut dijumlahkan hingga didapatkan total *delay*, lalu total *delay* tersebut dibagi total paket yang diterima.

Adapun rata-rata *delay* didapatkan adalah 2,43 detik. Lama *delay* yang didapatkan disebabkan pembacaan data sensor yang dilakukan satu persatu, selain itu penggunaan jaringan juga mempengaruhi proses pengiriman data. Pada penelitian ini juga *broker* yang digunakan merupakan *broker* pihak ketiga yang mana dapat diakses oleh banyak orang, sehingga penggunaannya tidak maksimal.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini telah menghasilkan analisis dan pengujian peneliti yang berjudul “penerapan protokol *mqtt* pada sistem akuakultur berbasis *internet of things*”, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Pengujian setiap sensor berhasil dilakukan. Persentase *error* yang diperoleh dari setiap pengujian yaitu 0,07%-0,67%
2. Penerapan *protokol MQTT* pada sistem berhasil diterapkan dan selama proses pengiriman data rata-rata *delay* waktu yang diperoleh adalah 2,43 detik.

REFERENSI

- [1] K. Indartono, B. A. Kusuma, dan A. P. Putra, “Perancangan Sistem Pemantau Kualitas Air Pada Budidaya Ikan Air Tawar,” *J. Inf. Syst. Manag.*, vol. 1, no. 2, pp. 11–17, 2020, doi: 10.24076/joism.2020v1i2.23.
- [2] Admin. Dkpp, “Potensi Produksi Perikanan di Indonesia,” 2018, [Online] <https://dkpp.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/potensi-produksi-perikanan-di-indonesia-26> (diakses 9 Agustus 2022).
- [3] M. S. Dr. Ir. Sri Rejeki, M. S. Restiana Wisnu Aryati, S.Pi, dan M. P. Lestari Laksmi Widowati, S.Pi, Pengantar Akuakultur. Semarang: *Undip Press Semarang*, 2019, ISBN: 978-979-097-517-0.
- [4] W. DEWANTORO dan M. B. Ulum, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Budidaya Ikan Hias Air Tawar Berbasis Iot (Internet of Things),” *J. Komputasi*, vol. 9, no. 2, pp. 67–75, 2021.
- [5] Husna. R, Nasir. M, dan Hidayat. H. T., “Rancang Bangun Prototype Jemuran Berbasis Iot (Internet Of Things),” *J. Teknol. Rekayasa Inf. dan Komput.*, vol. 3, no. 2, 2020, ISSN: 2581–2882