

RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* DAN *CONTROLLING* TAMBAK UDANG WINDU DENGAN KONSEP *INTERNET OF THINGS* MENGUNAKAN PROTOKOL *MESSAGE QUEUING TELEMETRY* *TRANSPORT*

Page | 137

Dania Eridani¹, Eko Didik Widiyanto², Nur Kholid³

^{1,2,3} Departemen Teknik Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
¹ danial@ce.undip.ac.id, ² didik@live.undip.ac.id, ³ nrkholid1@gmail.com

Abstrak — Udang windu merupakan salah satu jenis udang asli dari Indonesia. Pembudidayaan udang windu sangat dipengaruhi oleh kualitas air pada tambak udang windu. Berdasarkan faktor tersebut, maka dibuatlah sistem yang mampu memantau dan mengontrol kualitas air pada tambak udang windu secara kontinyu dan *real-time* menggunakan konsep *Internet of Things* dengan protokol *Message Queuing Telemetry Transport*. Sistem yang dibangun terdiri dari 2 bagian, yang pertama adalah NodeMCU sebagai *primary node* yang terhubung dengan sensor (HC-SR04, SEN0161, dan DS18B20) untuk pemantauan kualitas air dan aktuator (motor DC sebagai kincir air). Bagian kedua adalah Raspberry Pi 3 Model B sebagai *MQTT broker* dan berfungsi untuk mengirim hasil pembacaan sensor menuju *database*. Hasil dari penelitian ini adalah sistem dapat memantau kualitas air dan juga melakukan kontrol terhadap kincir air melalui aplikasi berbasis *website*. *Primary node* juga bisa berkomunikasi dengan *broker* melalui protokol *MQTT*.

Kata Kunci — Aktuator, *Internet of Things*, Kualitas Air, *Message Queuing Telemetry Transport*, NodeMCU, Raspberry Pi, Sensor, Udang Windu

Abstract — The tiger shrimp is one type of the Indonesian shrimp. The cultivation of tiger shrimp is strongly influenced by water quality in tiger shrimp ponds. Based on that factor, the system that can monitor and control water quality in tiger shrimp ponds continuously and *real-time* based on *Internet of Things* using *Message Queuing Telemetry Transport* protocol. The system consists of 2 parts, the first one is NodeMCU as the *primary node* that connected to the sensor (HC-SR04, SEN0161, and DS18B20) for monitoring water quality and actuator (motor dc as water wheel). The second part is Raspberry Pi 3 Model B as *MQTT broker* and serves to send the sensor readings to local database. The result of this research is that the system can monitor water quality and also control motor DC through web based application. *Primary node* can also communicate with *broker* through *MQTT* protocol.

Keywords — Actuator, *Internet of Things*, *Message Queuing Telemetry Transport*, NodeMCU, Raspberry Pi, Sensor, Tiger Shrimp, Water Quality

I. PENDAHULUAN

Internet of Things (IoT) adalah sebuah konsep dalam pemanfaatan konektivitas internet yang selalu terhubung setiap saat [1]. Tujuan dari penggunaan konsep *Internet of Things* (IoT) di antaranya adalah untuk menghubungkan satu perangkat elektronik dengan perangkat lainnya melalui internet dengan tujuan sistem yang dibuat dapat membantu masyarakat dalam melakukan suatu tugas atau pekerjaan.

Pada implementasinya, *Internet of Things* (IoT) membutuhkan sebuah protokol untuk peredaran datanya agar dapat diakses secara cepat dan mudah, salah satunya adalah protokol *Message Queuing Telemetry Transport*. *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) adalah sebuah protokol yang

menggunakan *publish* dan *subscribe* dalam mekanismenya [2] sehingga dapat mengatur pengiriman dan penerimaan pesan sesuai dengan keinginan pengguna atau admin untuk proses peredaran datanya.

Penggunaan protokol MQTT sebagai protokol juga dinyatakan bekerja lebih baik daripada protokol HTTP dalam hal *round trip*, sumber daya *server* dan *payload size* [3] sehingga sangat cocok untuk perangkat yang memiliki sumber daya terbatas dan pembuatan sistem dengan *payload size* yang kecil.

Udang windu (*Penaeus monodon*) [4] merupakan salah satu jenis udang asli dari Indonesia. Selain itu, udang windu pun menjadi salah satu komoditas perikanan unggulan di Indonesia dikarenakan harga jualnya yang cukup tinggi. Namun, pada tahun 2015 terjadi penurunan jumlah produksi udang windu [5]

dikarenakan permasalahan lingkungan yang terjadi sehingga mengancam keberlanjutan usaha pembudidaya, salah satu di antaranya adalah kualitas air.

Kualitas air menjadi salah satu faktor dalam keberhasilan budidaya perikanan. Suhu, derajat keasaman (pH) air, dan kadar oksigen terlarut di dalam air adalah salah satu contoh indikator untuk menentukan kualitas air [6]. Pada prakteknya, para pembudidaya masih melakukan pengukuran kualitas air secara manual, yaitu dengan mendatangi tambak atau kolam dan menggunakan alat ukur sederhana sehingga dapat memengaruhi efektivitas dalam pembudidayaan perikanan.

Penelitian yang sudah pernah dilakukan untuk memantau kualitas air dalam budidaya perikanan, salah satu di antaranya adalah sistem *monitoring* budidaya ikan lele [7]. Pada penelitian tersebut, penulis menggunakan protokol komunikasi HTTP untuk peredaran datanya dalam melakukan *monitoring* kualitas air. Indikator kualitas air yang dimonitor adalah suhu dan pH air. Lalu, penelitian yang lain adalah sistem *monitoring* kualitas air dan suhu pada kolam ikan [8]. Pada penelitian tersebut, penulis menggunakan *ethernet shield* sebagai media komunikasi dengan protokol komunikasi HTTP untuk melakukan *monitoring* terhadap kualitas air. Pada sistem yang dibangun juga belum terdapat sistem kendali. Pada penelitian lain yang menggunakan protokol MQTT, yaitu rancang bangun sistem pertanian lahan sawah pada tanaman padi sawah (*Oryza Sativa L.*) berbasis IoT [9]. Penulis menggunakan protokol MQTT sebagai peredaran datanya dengan objek penelitian, yaitu pertanian lahan sawah dan tidak melakukan uji coba terhadap QoS (*Quality of Service*) dari protokol MQTT.

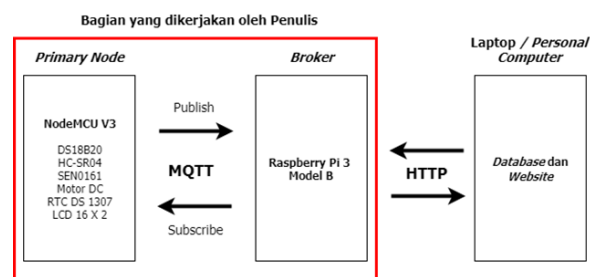
Berdasarkan penelitian terdahulu yang sudah dilakukan dan juga permasalahan yang terjadi pada udang windu, maka dibuatlah sebuah sistem *monitoring* dan juga *controlling* yang menggunakan konsep *Internet of Things* dengan protokol MQTT untuk melakukan *monitoring* kualitas air secara kontinyu dan juga *real-time* dengan menggunakan *board* NodeMCU V3 sebagai *primary node* dan Raspberry Pi sebagai *MQTT broker*. Pengembangan konsep *Internet of Things* pada sistem ini juga diharapkan dapat membantu pembudidaya dalam melakukan *controlling* terhadap kincir air secara terkendali dari jarak jauh sehingga dapat membantu dalam menjaga kadar oksigen terlarut di dalam air bagi udang windu.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Sistem *monitoring* dan *controlling* tambak udang windu dengan konsep *Internet of Things* menggunakan protokol MQTT dirancang untuk membantu pengguna yaitu penambak udang windu agar dapat mengatasi permasalahan kualitas air pada tambak udang windu.

Sistem dapat melakukan monitor terhadap suhu, pH, dan jarak ketinggian air. Selain itu, sistem juga dapat melakukan kontrol terhadap kincir air yang dapat terintegrasi dengan aplikasi berbasis website.

Sistem *monitoring* dan *controlling* tambak udang windu diimplementasikan dengan menggunakan papan NodeMCU V3 [10] dengan *chip* ESP8266-12E yang digunakan sebagai *primary node* dan menggunakan lingkungan pengembang Arduino IDE 1.8.5 yang berjalan pada sistem operasi Windows 10. Selain itu, sistem juga menggunakan *single-board computer* jenis Raspberry Pi 3 Model B [11] yang digunakan sebagai *MQTT broker* dan melakukan pengolahan data yang diterima dari *primary node* untuk disimpan ke *local database*. Sistem dilengkapi dengan sensor DS18B20 [12] yang digunakan sebagai pemantau keadaan suhu air. Sistem juga dilengkapi dengan sensor jarak HC-SR04 [13] yang digunakan sebagai pemantau ketinggian air dan juga terdapat sensor SEN0161 [14] yang digunakan sebagai pemantau keadaan pH air. Selain ketiga sensor tersebut, sistem juga dilengkapi dengan aktuator motor DC [15] yang dihubungkan dengan balin-baling agar dapat berfungsi sebagai kincir air dan membantu dalam mengontrol kadar oksigen terlarut di dalam air. Pemantauan dari suhu air, ketinggian air, pH air, dan pewaktuan dari RTC DS1307 [16] terintegrasi dengan LCD 16X2 [17] sebagai penampil data hasil pembacaan dari ketiga sensor dan RTC pada layar LCD. Selain itu, data hasil pembacaan sensor dan aktuator motor DC juga terintegrasi dengan *broker* dan aplikasi berbasis *website*. *Primary node* dan *broker* juga dapat saling berkomunikasi dengan menggunakan protokol MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*). Gambar 1 menunjukkan blok diagram cara kerja sistem secara umum.

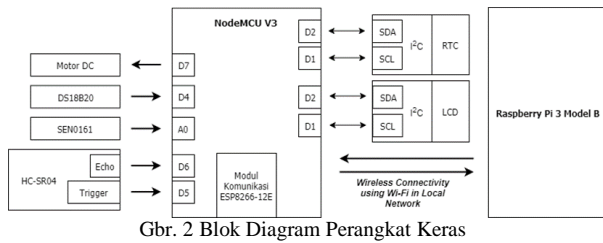


Gbr. 1 Blok Diagram Cara Kerja Sistem

Pengujian dan analisa sistem bertujuan untuk melakukan pengambilan data sebagai uji coba perangkat keras maupun perangkat lunak. Analisa sistem dilakukan pada data hasil pengamatan yang diperoleh dari pengujian dan implementasi sistem. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian perangkat masukan, pengujian perangkat luaran, pengujian koneksi dan komunikasi, pengujian QoS (*Quality of Service*) level 0 MQTT dan pengujian sistem secara keseluruhan.

A. Perancangan Perangkat Keras

Pada penelitian ini, perancangan perangkat keras dilakukan dengan membentuk gambaran sebuah desain dari sistem yang dibangun. Dimulai dari perangkat keras utama hingga perangkat elektronik pendukung sistem. Gambar 2 menunjukkan gambaran blok diagram dari perangkat keras sistem dan Tabel 1 menunjukkan antarmuka pin mikrokontroler dengan komponen.



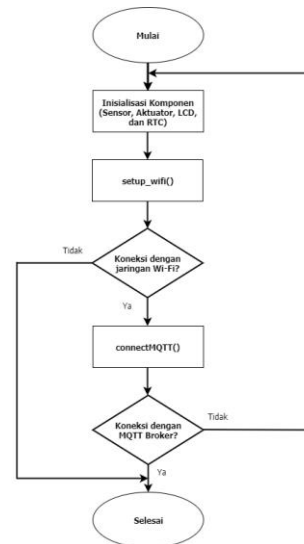
Gbr. 2 Blok Diagram Perangkat Keras

TABEL I
ANTARMUKA PIN MIKROKONTROLER DENGAN KOMPONEN

No	Antarmuka Pin NodeMCU V3	Antarmuka Pin Komponen
1	D1	SCL RTC DS1307 dan SCL LCD
2	D2	SDA RTC DS1307 dan SDA LCD
3	D4	Keluaran DS18B20
4	D5	Trigger HC-SR04
5	D6	Echo HC-SR04
6	D7	Motor DC
7	AO	Keluaran SEN0161

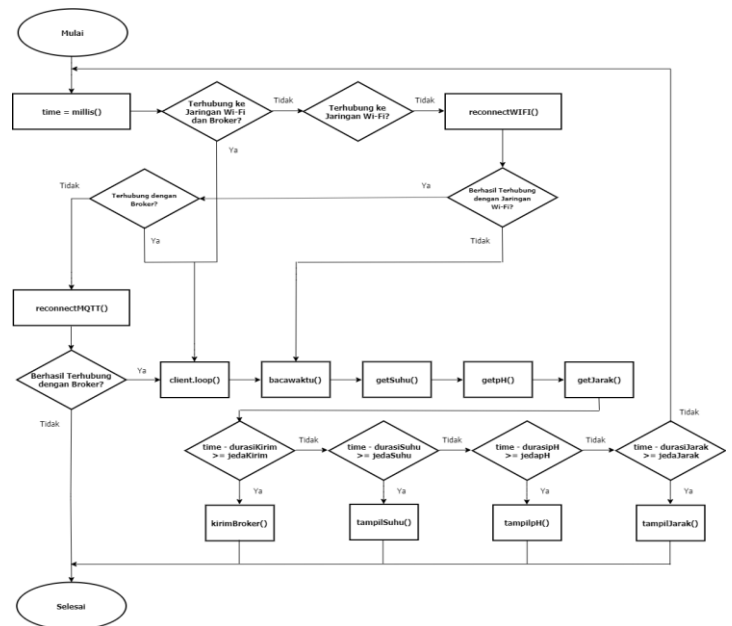
B. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak sistem monitoring dan controlling tambak udang windu meliputi perancangan perangkat lunak pada mikrokontroler NodeMCU V3 dan juga perancangan perangkat lunak pada single-board computer Raspberry Pi 3 Model B. Perancangan perangkat lunak pada mikrokontroler digunakan untuk membaca keluaran sensor, menggerakkan aktuator, membaca pewaktuan RTC, menampilkan nilai sensor dan waktu pada LCD, menghubungkan sistem dengan jaringan Wi-Fi dan MQTT broker. Perancangan perangkat lunak pada mikrokontroler menghasilkan 2 diagram alir utama, yaitu void setup() dan void loop() yang sebelumnya sudah dilakukan pemanggilan pustaka yang dibutuhkan seperti ESP8266, pubsubclient, LCD 16X2, RTCLib, DS18B20, dan HC-SR04. Pada void setup() berisikan konfigurasi pin, inisialisasi komponen, inisialisasi komunikasi Wi-Fi dengan menggunakan SSID dan password yang diberikan, dan inisialisasi protokol MQTT untuk menghubungkan node dengan broker. Apabila node gagal terhubung ke jaringan Wi-Fi, maka sistem akan berjalan tanpa terhubung ke jaringan Wi-Fi dan broker. Namun, apabila node berhasil terhubung ke jaringan Wi-Fi, maka dilakukan fungsi connectMQTT() untuk melakukan koneksi dengan broker. Apabila gagal, maka sistem melakukan restart hingga terhubung dengan broker. Gambar 3 menunjukkan diagram alir dari void setup().



Gbr. 3 Diagram Alir void setup()

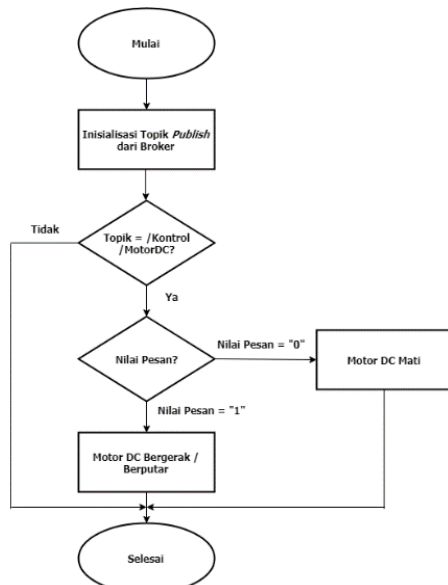
Selanjutnya adalah fungsi void loop() yang berfungsi untuk menjalankan perintah pada node secara kontinyu. Fungsi ini berisikan perintah untuk melakukan reconnect pada jaringan Wi-Fi apabila node belum terhubung dengan jaringan Wi-Fi atau terputus, perintah untuk reconnect dengan MQTT broker apabila terputus, dan melaksanakan perintah pembacaan nilai dari sensor yang terpasang dan mengirimkannya ke broker dan juga menampilkannya pada LCD secara berkala. Selain itu, ada juga perintah untuk menerima masukan dari aplikasi berbasis website atau broker untuk mengontrol motor DC. Gambar 4 menunjukkan diagram alir dari void loop().



Gbr. 4 Diagram Alir void loop()

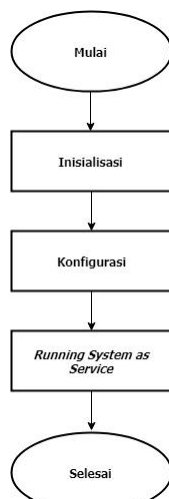
Pada fungsi void loop() terdapat fungsi client.loop() yang berfungsi untuk menerima dan

menjalankan *method* `callback()`. Gambar 5 menunjukkan diagram alir dari fungsi `callback()`



Gbr. 5 Diagram Alir `callback()`

Selanjutnya adalah perancangan perangkat lunak untuk *single-board computer* Raspberry Pi 3 Model B yang bertujuan untuk membuat Raspberry Pi bekerja sebagai *MQTT broker* yang menerima data masukan dari sensor-sensor dan juga memberikan keluaran berupa perintah untuk menyalakan aktuator motor DC yang berada pada *primary node*. Selain itu, Raspberry Pi pun dikonfigurasi untuk bisa mengirimkan data masukan dari sensor yang diterima ke *local database* untuk selanjutnya data sensor tersebut ditampilkan pada aplikasi berbasis *website*. Maka dari itu, Raspberry Pi dikonfigurasi untuk dapat menjalankan *file PHP* sebagai *daemon service*. Gambar 6 menunjukkan diagram alir program secara umum yang dilakukan pada Raspberry Pi.



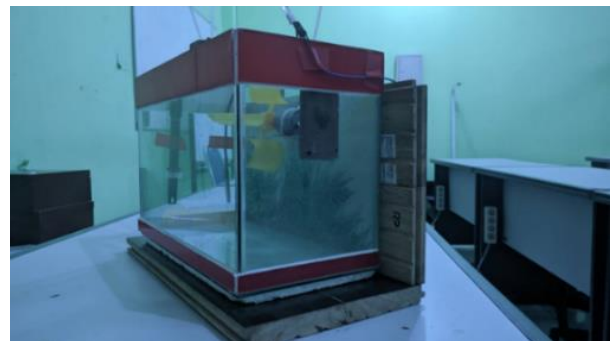
Gbr. 6 Diagram Alir *Single-Board Computer*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

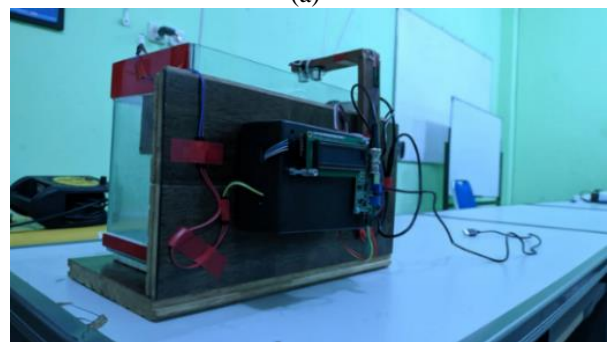
Pengujian sistem dilakukan untuk memeriksa teknis kerja sistem yang diimplementasikan. Tujuan utama dari pengujian sistem adalah untuk memastikan bahwa komponen-komponen dari sistem telah berfungsi sesuai dengan yang dibutuhkan.

A. Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan dengan mengintegrasikan setiap komponen yang digunakan menjadi satu-kesatuan dengan purwarupa yang digunakan sebagai *prototype* dari tambak udang windu. Parameter-parameter yang dipantau adalah indikator pada kualitas air, yaitu suhu, derajat keasaman dan jarak dari ketinggian air. Lalu, data dari sensor dikirimkan menuju *MQTT broker* untuk selanjutnya disimpan pada *local database* dan data pun ditampilkan juga pada LCD yang terpasang pada sistem beserta dengan pembacaan waktu dari RTC. Gambar 7 menunjukkan implementasi sistem dengan purwarupa untuk tambak udang windu.



(a)

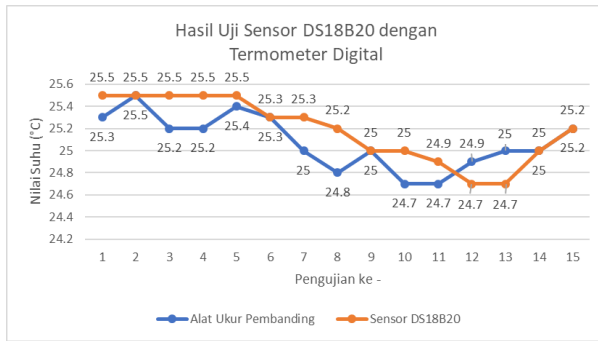


(b)

Gbr. 7 Implementasi Sistem dengan Purwarupa (a) Tampak Samping (b) Tampak Belakang

B. Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Sensor DS18B20 merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur suhu air. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan nilai keluaran sensor dengan alat ukur pembanding yaitu termometer digital tahan air. Pengujian dilakukan sebanyak 15 kali pembacaan. Gambar 8 menunjukkan gambar grafik representasi data hasil pengujian sensor dan alat ukur pembanding terhadap perubahan suhu air

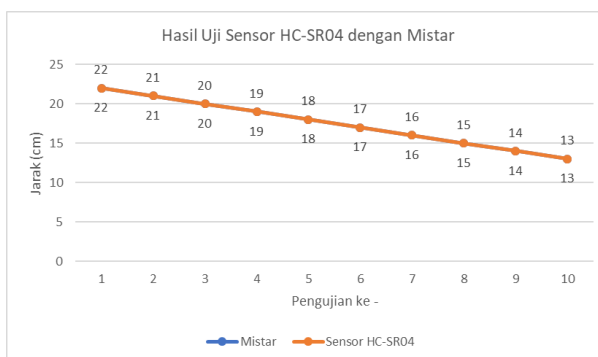


Gbr. 8 Grafik Hasil Pengujian Suhu Sensor DS18B20 dengan Termometer Digital

Berdasarkan hasil pengujian pada gambar di atas, dapat disimpulkan bahwa hasil pembacaan yang dilakukan oleh sensor DS18B20 dan termometer digital terhadap perubahan suhu air tidak memiliki selisih pembacaan nilai yang terlalu jauh. Selisih yang dihasilkan dari hasil pembacaan sensor DS18B20 dengan termometer digital tidak lebih dari 0.5 °Celsius dan menghasilkan selisih rata-rata pembacaan nilai suhu sebesar ± 0.15 °Celsius dari termometer digital. Hal tersebut menggambarkan bahwa sensor DS18B20 memiliki tingkat akurasi yang cukup baik pada rentang suhu -10 °C hingga +85 °C [18].

C. Pengujian Sensor Jarak HC-SR04

Sensor HC-SR04 merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur jarak. Pengujian sensor dilakukan dengan membandingkan nilai keluaran sensor dengan alat ukur pembanding yaitu mistar. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali pembacaan. Jarak yang dihitung adalah dari titik sensor hingga permukaan air. Gambar 9 menunjukkan gambar grafik representasi data hasil pengujian sensor HC-SR04 dan alat ukur pembanding terhadap perubahan ketinggian air.



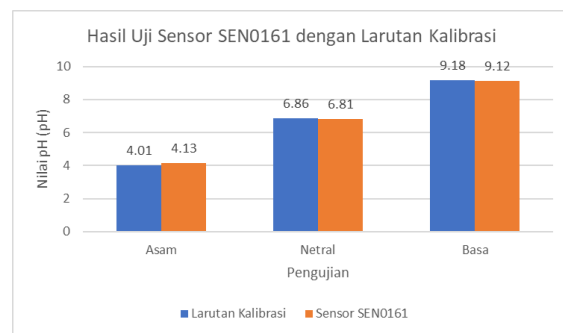
Gbr. 9 Grafik Hasil Pengujian Jarak Sensor HC-SR04 dengan Mistar

Berdasarkan hasil pengujian pada gambar di atas, dapat disimpulkan bahwa hasil pembacaan yang dilakukan oleh sensor HC-SR04 dengan mistar terhadap perubahan ketinggian air tidak memiliki selisih nilai. Hasil pembacaan ketinggian air yang dilakukan oleh sensor HC-SR04 memiliki nilai yang sama dengan pengukuran yang dilakukan oleh mistar. Hal tersebut menggambarkan bahwa sensor HC-SR04

memiliki tingkat akurasi yang sangat baik untuk mengukur ketinggian air.

D. Pengujian Sensor pH SEN0161

Sensor pH merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau pH. Pengujian dilakukan dengan menggunakan bubuk kalibrasi pH yang dilarutkan dengan aquades sebanyak 250 mL. Larutan pH yang digunakan di antaranya adalah larutan dengan pH 4.01, pH 6.86, dan pH 9.18. Pengambilan nilai pH diambil berdasarkan pembacaan sensor sebanyak 20 kali pembacaan pada suhu ruangan 25 °Celsius dan hasil yang didapat selanjutnya dirata-rata. Gambar 10 menunjukkan gambar grafik representasi data hasil pembacaan nilai pH yang telah dirata-rata dengan larutan kalibrasi.



Gbr. 10 Grafik Hasil Pengujian pH Sensor SEN0161 dengan Larutan Kalibrasi

Berdasarkan hasil pengujian pada gambar di atas, dapat disimpulkan bahwa hasil pembacaan pH yang dilakukan oleh sensor SEN0161 dengan larutan kalibrasi tidak memiliki selisih nilai yang terlalu jauh. Selisih yang dihasilkan untuk masing-masing pembacaan adalah 0.12 pH untuk asam, 0.05 pH untuk netral, dan 0.06 pH untuk basa dari larutan kalibrasi. Hal tersebut menggambarkan bahwa ketelitian sensor SEN0161 sangat baik seperti yang ditunjukkan pada datasheet bahwa tingkat akurasi dari sensor SEN0161 adalah ± 0.1 pH pada suhu 25 °Celsius [19].

E. Pengujian RTC DS1307

Pengujian dilakukan dengan membandingkan pembacaan waktu pada RTC DS1307 dengan waktu pada laptop. Pengujian dilakukan sebanyak 15 kali pembacaan dan diambil secara acak. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian pembacaan waktu pada RTC DS1307 dengan laptop.

TABEL II
PENGUNJIAN PEMBACAAN WAKTU RTC DENGAN LAPTOP

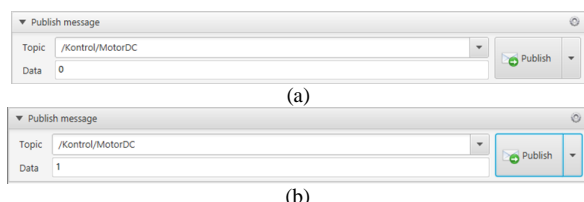
No	RTC		Laptop		Δt (s)
	Tanggal	Waktu	Tanggal	Waktu	
1	06/08/2019	20:05:01	06/08/2019	20:05:31	00:00:30
2	06/08/2019	20:08:15	06/08/2019	20:08:45	00:00:30
3	06/08/2019	20:15:43	06/08/2019	20:16:13	00:00:30
4	06/08/2019	20:25:03	06/08/2019	20:25:33	00:00:30
5	06/08/2019	20:40:27	06/08/2019	20:40:57	00:00:30
6	07/08/2019	20:15:17	07/08/2019	20:15:47	00:00:30
7	07/08/2019	20:23:34	07/08/2019	20:24:04	00:00:30

8	07/08/2019	20:42:53	07/08/2019	20:43:23	00:00:30
9	07/08/2019	20:51:08	07/08/2019	20:51:38	00:00:30
10	07/08/2019	21:03:43	07/08/2019	21:04:13	00:00:30
11	08/08/2019	20:03:31	08/08/2019	20:04:00	00:00:29
12	08/08/2019	20:17:04	08/08/2019	20:17:33	00:00:29
13	08/08/2019	20:27:47	08/08/2019	20:28:16	00:00:29
14	08/08/2019	20:38:41	08/08/2019	20:39:10	00:00:29
15	08/08/2019	20:48:22	08/08/2019	20:48:51	00:00:29

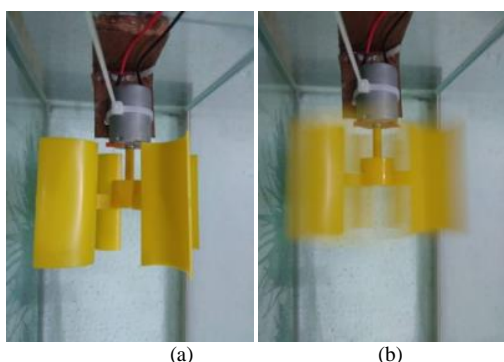
Berdasarkan hasil pengujian waktu pada tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa selisih waktu rata-rata yang dihasilkan sebesar ± 29.6 detik dengan rincian pada pengujian hari ke-1 dihasilkan selisih waktu sebesar 30 detik dan pada pengujian hari ke-3 dihasilkan selisih waktu sebesar 29 detik. Hasil tersebut menunjukkan adanya perubahan hasil pembacaan waktu yang terjadi sebesar 1 detik pada pengujian hari ke-3.

F. Pengujian Motor DC

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengirimkan perintah dari *MQTT broker* menuju *node* untuk mengontrol motor DC. Aplikasi yang digunakan adalah *MQTT Spy*. Gambar 11 menunjukkan perintah masukan dari *broker* untuk mengontrol motor DC dan Gambar 12 menunjukkan luaran yang dihasilkan dari masukan yang diberikan



Gbr. 11 Pemberian Masukan dari *Broker* (a) Masukan bernilai '0' (b) Masukan bernilai '1'



Gbr. 12 Keadaan Aktuator Motor DC setelah menerima masukan (a) Motor DC mati saat nilai masukan '0' (b) Motor DC nyala saat nilai masukan '1'

Berdasarkan hasil pengujian pada gambar di atas, dapat disimpulkan bahwa ketika *broker* mengirimkan nilai pesan ke *primary node* sesuai dengan topik yang di-*subscribe*, maka *primary node* melakukan aksi pada motor DC. Motor DC melakukan aksi sesuai dengan nilai pesan yang diterima berdasarkan topik dengan rincian apabila pesan bernilai '0', maka motor DC mati dan apabila pesan bernilai '1', maka motor DC berputar.

G. Pengujian LCD

Pengujian LCD dilakukan dengan melakukan pemrograman untuk mencetak data yang ingin ditampilkan dengan menyesuaikannya pada tampilan LCD. Pengujian LCD ini menampilkan data pewaktuan dari RTC dan juga nilai dari sensor-sensor yang digunakan seperti sensor suhu DS18B20, sensor jarak HC-SR04, dan sensor pH SEN0161. Gambar 13 menunjukkan hasil pengujian LCD.



Gbr. 13 Hasil Pengujian LCD (a) Mencetak Hasil Pembacaan Nilai Suhu dan RTC (b) Mencetak Hasil Pembacaan Nilai pH dan RTC (c) Mencetak Hasil Pembacaan Nilai Jarak dan RTC

Berdasarkan hasil pengujian pada gambar di atas, dapat disimpulkan bahwa LCD dapat mencetak hasil pembacaan yang telah dilakukan oleh sensor dan juga RTC. Pada layar LCD ditampilkan hasil pembacaan dengan rincian urutan adalah hasil pembacaan waktu dan nilai suhu, hasil pembacaan waktu dan nilai pH, dan hasil pembacaan waktu dan nilai jarak.

H. Pengujian Jarak Koneksi

Pengujian dilakukan dengan menggunakan 2 jaringan yang berbeda, yaitu jaringan A dan jaringan B dengan kondisi jaringan A memiliki *bandwidth* yang lebih kecil dari jaringan B. Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian jarak koneksi dari sistem menuju *access point*,

TABEL III
PENGUJIAN JARAK KONEKSI DARI SISTEM

No	Jarak Access Point Jaringan A koneksi WiFi (m)	Status	Jarak Access Point Jaringan B koneksi WiFi (m)	Status
1	1	Terhubung	1	Terhubung
2	2	Terhubung	2	Terhubung
3	3	Terhubung	3	Terhubung
4	4	Terhubung	4	Terhubung
5	5	Terhubung	5	Terhubung
6	6	Terhubung	6	Terhubung
7	7	Terkadang	7	Terhubung

		Terhubung Terkadang Tidak		
8	8	Terkadang Tehubunga Trkadang Tidak	8	Terhubung
9	9	Tidak Terhubung	9	Terhubung
10	10	Tidak Terhubung	10	Terkadang Terhubung Terkadang Tidak

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa *node* dapat terkoneksi dengan jaringan Wi-Fi sampai dengan jarak 6 meter pada jaringan A, sedangkan pada jarak 7 hingga 8 meter, *node* kadang terhubung dan kadang tidak ke jaringan A, dan pada jarak 9 hingga 10 meter, *node* tidak terhubung ke jaringan A. Pada jaringan B, *node* dapat terhubung dengan jaringan Wi-Fi sampai dengan jarak 9 meter dan pada jarak 10 meter, *node* kadang terhubung dan kadang tidak. Hasil pengujian pada kedua jaringan tersebut menunjukkan bahwa *node* lebih memiliki konektivitas yang lebih baik pada jaringan B dibanding dengan jaringan A. Hal tersebut dapat dikarenakan faktor halangan yang ada karena adanya suatu penghalang juga dapat mempengaruhi jangkauan dari suatu jaringan.

I. Pengujian Pengiriman Karakter dari Node ke Broker

Pengujian dilakukan dengan mengirimkan jumlah karakter yang dapat dikirimkan dari *node* menuju *broker* untuk mengetahui jumlah maksimal jumlah karakter yang dapat diterima oleh *broker*. Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian pengiriman karakter dari *node* menuju *broker*.

TABEL IV
HASIL PENGUJIAN PENGIRIMAN KARAKTER DARI NODE MENUJU BROKER

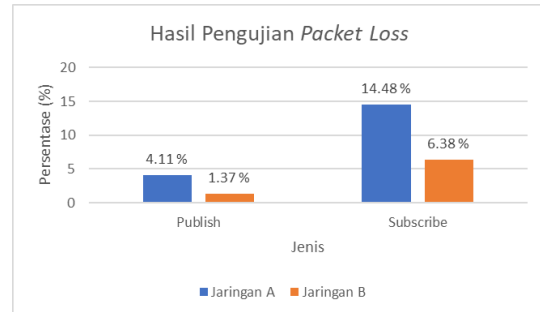
No	Jumlah Karakter yang Dikirim	Status
1	10	Diterima
2	20	Diterima
3	30	Diterima
4	40	Diterima
5	50	Diterima
6	60	Diterima
7	70	Diterima
8	80	Diterima
9	90	Diterima
10	100	Diterima
11	105	Diterima
12	106	Tidak diterima
13	107	Tidak diterima
14	110	Tidak diterima
15	115	Tidak diterima

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa maksimal jumlah karakter yang dapat diterima oleh *MQTT broker* adalah 105 karakter atau setara dengan 840 bit per pengiriman. Lalu, saat jumlah karakter yang dikirimkan lebih dari

105 karakter, maka pesan atau nilai yang dikirim tidak dapat diterima oleh *MQTT broker*.

J. Pengujian Packet Loss

Packet loss adalah persentase paket yang hilang selama mentransmisikan data. Pengujian ini dilakukan dengan mengirimkan pesan ke *broker (publish)* dan menerima pesan dari *broker (subscribe)* dengan interval waktu 600 detik untuk *publish* dan 60 detik untuk *subscribe*. Gambar 14 adalah gambar grafik representasi data hasil pengujian *packet loss*.

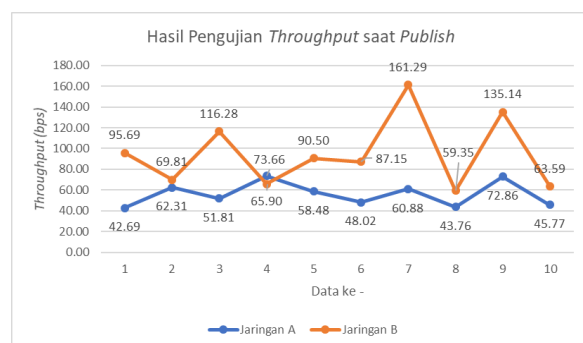


Gbr. 14 Grafik Hasil Pengujian Packet Loss

Berdasarkan hasil pengujian pada gambar di atas, dapat disimpulkan bahwa persentase *packet loss* pada jaringan B lebih kecil dari jaringan A, baik saat *publish* dan juga saat *subscribe* dengan rincian hasil persentase adalah 4.11% saat *publish* dan 14.48% saat *subscribe* di jaringan A dan 1.37% saat *publish* dan 6.38% saat *subscribe* di jaringan B. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jaringan B memiliki performa yang lebih baik dari jaringan A sehingga data yang dibutuhkan oleh pengguna dapat diterima dengan lebih baik.

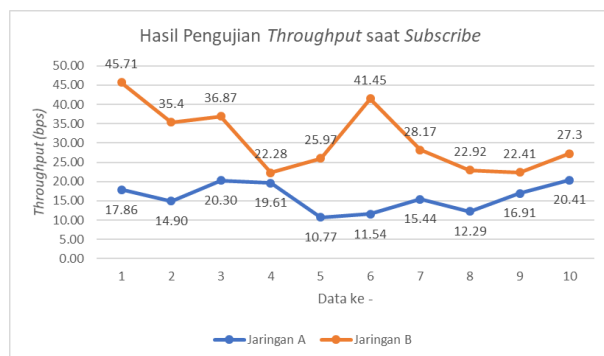
K. Pengujian Throughput

Throughput adalah kecepatan rata-rata yang diterima oleh suatu *node* dalam selang waktu pengamatan tertentu. Pengujian ini dilakukan pada saat pengiriman dan penerimaan data. Pengujian pengiriman pesan (*publish*) dilakukan dengan pengiriman 5 karakter atau 40 bit pesan dan penerimaan pesan (*subscribe*) dilakukan dengan penerimaan 1 karakter atau 8 bit pesan. Gambar 15 adalah gambar grafik representasi data hasil pengujian *throughput* saat *publish* pada jaringan A dan B.



Gbr. 15 Grafik Hasil Pengujian Throughput saat Publish

Berdasarkan gambar grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa *throughput* yang dihasilkan pada jaringan B lebih baik jika dibandingkan dengan *throughput* yang dihasilkan pada jaringan A saat *publish* dengan rincian rata-rata *throughput* sebesar 56.02 bps pada jaringan A dan 94.47 bps pada jaringan B. Hasil tersebut menggambarkan bahwa kecepatan pengiriman pada jaringan B jauh lebih baik dari jaringan A sehingga data yang dibutuhkan dengan cepat dapat diterima oleh pengguna. Selanjutnya, Gambar 16 menunjukkan gambar grafik representasi data hasil pengujian *throughput* saat *subscribe* pada jaringan A dan B.



Gbr. 16 Grafik Hasil Pengujian *Throughput* saat *Subscribe*

Berdasarkan hasil pengujian pada gambar di atas, dapat disimpulkan bahwa *throughput* yang dihasilkan pada jaringan B lebih baik dari jaringan A saat *subscribe* dengan rincian rata-rata *throughput* sebesar 16.00 bps pada jaringan A dan 23.58 bps pada jaringan B. Hasil tersebut menggambarkan bahwa kecepatan pengiriman dari jaringan B lebih baik dari jaringan A bukan hanya saat *publish*, tetapi juga saat *subscribe* sehingga saat pengguna ingin mengirimkan pesan menuju *node*, maka *node* dapat dengan segera menerima dan mengeksekusi pesan yang masuk tersebut.

L. Pengujian Delay

Delay adalah waktu yang dibutuhkan untuk sebuah paket yang dikirimkan dari suatu *device* ke *device* lain. Pengujian ini dilakukan pada saat melakukan pengiriman pesan (*publish*) dari *node* menuju *broker* dan juga penerimaan pesan (*subscribe*) oleh *node*. Pada jaringan A dihasilkan jumlah paket yang diterima sebanyak 419 paket dalam jangka waktu 10 menit saat *publish* dan 42 paket dalam jangka waktu 1 menit saat *subscribe* sehingga hasil *delay* yang didapatkan pada jaringan A adalah sebesar 1.43 detik saat *publish* dan 1.42 detik saat *subscribe*. Pada jaringan B dihasilkan jumlah paket yang diterima sebanyak 429 dalam jangka waktu 10 menit dan 44 paket dalam jangka waktu 1 menit saat *subscribe* sehingga hasil *delay* yang didapatkan pada jaringan B adalah sebesar 1.39 detik saat *publish* dan 1.36 detik saat *subscribe*. Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian *delay* sistem pada jaringan A dan jaringan B.

TABEL V
HASIL PENGUJIAN DELAY SISTEM PADA JARINGAN A DAN JARINGAN B

No	Jaringan A			Jaringan B		
	Paket Diterima	Durasi (s)	Delay (s)	Paket Diterima	Durasi (s)	Delay (s)
1	419	600	1.43	429	600	1.39
2	42	60	1.42	44	60	1.36

M. Pengujian Keseluruhan Sistem

Setelah dilakukan pengujian pada masing-masing perangkat masukan dan luaran, koneksi dan komunikasi, maka dilakukan pengujian keseluruhan sistem, yaitu pengujian dengan menggabungkan seluruh perangkat masukan dan luaran menjadi suatu sistem yang dapat melakukan monitor, kontrol, dan juga dapat berkomunikasi. Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian keseluruhan sistem

TABEL VI
HASIL PENGUJIAN KESELURUHAN SISTEM

No	Parameter	Hasil Pengujian
1	Sistem memantau suhu air berdasarkan masukan dari sensor suhu DS18B20	Berhasil
2	Sistem memantau jarak berdasarkan masukan dari sensor jarak HC-SR04	Berhasil
3	Sistem memantau pH berdasarkan masukan dari sensor pH SEN0161	Berhasil
4	Sistem mampu menerima pembacaan waktu dari RTC DS1307	Berhasil
5	Sistem mampu terhubung dengan jaringan Wi-Fi	Berhasil
6	Sistem berkomunikasi dengan broker menggunakan protokol MQTT	Berhasil
7	Sistem menampilkan hasil pembacaan sensor suhu, jarak, pH, dan waktu pada LCD	Berhasil
8	Sistem mampu membaca masukan dari broker untuk mengontrol motor DC	Berhasil
9	Sistem mampu mengirimkan hasil pembacaan sensor ke MQTT broker	Berhasil
10	Sistem mampu melakukan reconnect ketika terputus dari jaringan Wi-Fi dan broker	Berhasil

IV. PENUTUP

Sistem *monitoring* dan *controlling* tambak udang windu dengan konsep *Internet Of Things* (IoT) menggunakan protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) terdiri dari *primary node* dan juga *broker* yang dapat saling berkomunikasi dengan baik menggunakan protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT). Data sensor juga dapat dikirimkan menuju *broker* dan selanjutnya disimpan di dalam *database* lokal. *Primary node* juga dapat menerima perintah masukan dari *broker* atau aplikasi berbasis *website* untuk mengontrol motor DC.

Penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan di antaranya adalah pembacaan suhu dari sensor DS18B20 memiliki nilai rata-rata sebesar ± 0.15 °Celsius dari alat ukur pembanding dan pembacaan

pH dari sensor SEN0161 memiliki hasil pembacaan dengan selisih 0.12 pH untuk asam, 0.05 untuk netral, dan 0.06 untuk basa. Lalu, jumlah maksimal karakter yang dapat diterima oleh *MQTT broker* adalah sebanyak 105 karakter atau setara dengan 840 bit per pengiriman. Selain itu, untuk pengujian parameter QoS level 0 pada MQTT dihasilkan *packet loss* rata-rata sebesar 4.11% pada saat *publish* di jaringan A dan 1.37% pada saat *publish* di jaringan B. Pada saat *subscribe* dihasilkan *packet loss* rata-rata sebesar 14.48% di jaringan A dan 6.38% di jaringan B. Pada pengujian *throughput* dihasilkan *throughput* rata-rata sebesar 56.02 bps pada jaringan A dan *throughput* rata-rata sebesar 94.47 bps pada jaringan B saat *publish*. Lalu, pada saat *subscribe* dihasilkan *throughput* rata-rata sebesar 16.00 bps pada jaringan A dan *throughput* rata-rata sebesar 23.58 bps pada jaringan B. Pada pengujian *delay* dihasilkan *delay* sebesar 1.43 detik pada jaringan A dan 1.39 detik pada jaringan B saat *publish* dan saat *subscribe* dihasilkan *delay* sebesar 1.42 detik pada jaringan A dan 1.36 detik pada jaringan B.

REFERENSI

- [1] F. Rohman and M. Iqbal, "Implementasi IoT dalam Rancang Bangun Sistem Monitoring Panel Surya berbasis Arduino," Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus, 2016.
- [2] E. Pr., "Mengenal MQTT," 2015. [Online]. Available: <https://jsiot.pw/mengenal-mqtt-998b6271f585>. [Accessed: 15 Mei 2019].
- [3] T. Yokotani and Y. Sasaki, "Comparison with HTTP and MQTT on Required Network Resources for IoT," The 2016 International Conference on Control, Electronics, Renewable Energy and Communications (ICCEREC), 13-15 September, Bandung, Indonesia, Hal. 1-6, 2016
- [4] B. Rosenberry, "World Shrimp Farming. Annual Report San Diego: Shrimp News International," 1995.
- [5] Direktorat Produksi dan Usaha Budidaya KKP, "Peta Sentra Produksi Perikanan Budidaya," Indonesia, Hal. 1, 2016.
- [6] W. N. MUHAMMAD and S. ANDRIYANTO, "Manajemen Budidaya Ikan Lele (*Clarias gariepinus*)," Media Akuakultur, pp. 63-69, 2013.
- [7] E. Rohadi, D. W. Adhitama, Ekojono, R. A. Asmara, R. Ariyanto, I. Siradjuddin, F. Ronilaya, and A. Setiawan, "Sistem Monitoring Budidaya Ikan Lele berbasis Internet of Things menggunakan Raspberry Pi," Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Malang, Malang, 2018.
- [8] A. H. Ardiansyah, "Sistem Monitoring Kualitas Air dan Suhu Pada Kolam Ikan Berbasis Android," Program Studi Teknik Informatika, Universitas Islam Majapahit (UNIM), 2018.
- [9] I. A. A. Budiman, "Rancang Bangun Sistem Pertanian Lahan Sawah pada Tanaman Padi Sawah (*Oryza Sativa L.*) Berbasis Internet of Things (IoT)," Teknik Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, 2017.
- [10] V. Rahmawati, "NodeMCU V3," 2017. [Online]. Available: eprints.akakom.ac.id/4914/3/3_143310009_BAB_II.pdf [Accessed: 17 Mei 2019]
- [11] RASPBERRY PI FOUNDATION, "Raspberry Pi 3 Model B Datasheet," 2016. [Online]. Available: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Dev/RaspberryPi/2020826.pdf> [Accessed: 17 Mei 2019]
- [12] Maxim Integrated, "DS18B20 Datasheet," 2019. [Online]. Available: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>. [Accessed: 18 Mei 2019]
- [13] ElecFreaks, "HC-SR04 Datasheet," 2015. [Online]. Available: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HC-SR04.pdf>. [Accessed: 17 Mei 2019]
- [14] DFRobot, "SEN0161 Datasheet," 2014. [Online]. Available: https://www.openhacks.com/uploads/productos/ph_meter_sku_sen0161_-_robot_wiki.pdf. [Accessed: 18 Mei 2019]
- [15] E. Pr. Unikom, "Motor DC," 2016. [Online]. Available: https://elib.unikom.ac.id/files/disk1/710/jbptunikompp-gdl-hendrahern-35492-7-unikom_h-i.pdf [Accessed: 18 Mei 2019]
- [16] I. Maxim, "RTC DS1307 64 x 8, Serial, I C Real-Time Clock," California, United States of America, 2015.
- [17] Xiamen Amotec Display, "LCD 16 X 2 Datasheet," 2008. [Online]. Available: <https://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/ADM1602K-NSW-FBS-3.3v.pdf> [Accessed: 18 Mei 2019]
- [18] Maxim Integrated, "DS18B20 Datasheet," 2019. [Online]. Available: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>. [Accessed: 29 Agustus 2019]
- [19] DFRobot, "SEN0161 Datasheet," 2014. [Online]. Available: https://www.openhacks.com/uploads/productos/ph_meter_sku_sen0161_-_robot_wiki.pdf. [Accessed: 29 Agustus 2019]