

Sistem Monitoring Penetasan Telur Penyu Menggunakan Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan Protokol MQTT dengan Notifikasi Berbasis Telegram Messenger

(Monitoring System of Turtle Eggs Hatching Using NodeMCU ESP8266 Microcontroller and MQTT Protocol with Telegram Messenger Notification)

Putu Ivan Adi Guna, I Made Arsa Suyadnya, I Gusti Agung Pt Raka Agung

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl. Kampus Bukit Jimbaran, Bali, INDONESIA

Email: ivanjtrcrew@gmail.com, arsa.suyadnya@unud.ac.id, rakaagung@unud.ac.id

Abstract—Sea turtle has protected status because of their endangered existence. To prevent turtle extinction is by organizing turtle conservation activities. Moving and monitored the turtle eggs is one of turtle conservation activities. Monitoring of these turtle eggs is manually every day and make it difficult for officers. To help officers, in this research will made an automatic monitoring system. The monitoring system using ultrasonic sensors and NodeMCU ESP8266 which will send data via MQTT. On the server there is a webserver to process data from hardware. There is also a telegram messenger notification that will appear when there is a change on the height of sand. This monitoring system will be tested using simulations that have been made. With this monitoring system, it is expected to help the turtle conservation officer to move the turtles that have been hatched at the right time and monitor the eggs automatically.

Key words: ESP8266, MQTT, telegram, monitoring system.

I. PENDAHULUAN

Penyu merupakan hewan yang hidup di laut serta mampu bermigrasi dalam jarak yang jauh di sepanjang kawasan Samudra Hindia, Samudra Pasifik, dan Asia Tenggara[1]. Penyu mengalami penurunan populasi yang bahkan menyebabkan kepunahan karena penyu diburu oleh banyak manusia dan predator lainnya sehingga penyu memiliki status dilindungi baik secara nasional maupun internasional. Salah satu cara untuk mencegah punahnya penyu adalah dengan membuat konservasi. Salah satu kegiatan konservasi penyu adalah memindahkan telur-telur penyu yang ditinggalkan oleh induk di alam terbuka ke tempat pengeraman telur yang lebih aman sehingga mencegah telur-telur penyu dimangsa oleh hewan-hewan liar[2]. Selanjutnya dipantau selama kurang lebih dua bulan hingga menetas dan dipindahkan ke kolam untuk dipantau lebih lanjut ataupun segera dilepas ke alam. Saat ini, pemantauan telur penyu

dilakukan secara manual oleh petugas konservasi dengan melakukan pengamatan rutin pada tempat penetasan telur penyu. Pengamatan yang dilakukan secara rutin tentu akan menyulitkan petugas konservasi karena harus melakukan pengamatan setiap hari sehingga menghabiskan banyak waktu hanya untuk memeriksa keadaan tempat penetasan.

Untuk mempermudah pekerjaan petugas maka perlu dibangun sebuah sistem *monitoring* yang mengotomasi pengamatan telur penyu. Dalam *monitoring* penetasan telur penyu, salah satu indikator yang dapat digunakan adalah perubahan ketinggian pasir ketika telur menetas pada penangkaran. Pemanfaatan sensor ultrasonik dapat digunakan untuk mengukur jarak ketinggian pasir seperti pada penelitian mengenai Purwarupa Sistem Pendeteksi Tanah Longsor Menggunakan Ultrasonik dan *Infrared* dengan Notifikasi SMS[3]. Pada penelitian tersebut dibangun sebuah sistem *monitoring* yang memanfaatkan penggunaan sensor *infrared* dan sensor ultrasonik. Selain itu, untuk pengiriman data ketinggian pasir dari mikrokontroler ke *server* menggunakan protokol MQTT seperti pada penelitian Sistem *Monitoring* Suhu Jarak Jauh Berbasis Internet Of Things Menggunakan Protokol MQTT[4]. Pada penelitian tersebut dibangun sebuah sistem *monitoring* dengan memanfaatkan protokol MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*) untuk mengunggah data dari mikrokontroler ke server MQTT.

Terkait penelitian sebelumnya, pada penelitian ini akan dibangun *hardware* untuk *monitoring* yang menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi jarak perubahan ketinggian pasir yang disebabkan oleh menetasnya telur penyu. Mikrokontroler yang digunakan alat ini adalah NodeMCU ESP8266 yang akan mengirimkan data melalui protokol MQTT ke MQTT *server* yang telah di install pada raspberry pi sebagai *server*. Pada *server* raspberry pi terdapat *webserver* yang memuat halaman sistem informasi *monitoring* untuk mengolah data dari alat sistem *monitoring*. Sistem

monitoring ini berbasis web yang menampilkan informasi mengenai penangkaran, *hardware*, dan data *monitoring*. Sistem *monitoring* ini terdapat juga notifikasi berbasis telegram *messenger* yang akan dikirimkan kepada petugas penangkaran ketika terjadi perubahan ketinggian pasir. Pada telegram *messenger* juga dapat mengecek data ketinggian pasir terbaru pada penangkaran telur penyu.

Dengan dibangunnya sistem *monitoring* ini, diharapkan dapat membantu petugas konservasi penyu untuk memindahkan penyu yang sudah menetas pada waktu yang tepat dan juga dapat memantau penangkaran penyu secara otomatis.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Monitoring

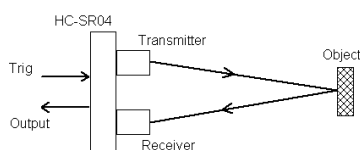
Sistem *monitoring* adalah sistem yang dapat melakukan pemantauan, pengamatan, dan pengawasan. *Monitoring* bertujuan untuk memberikan suatu informasi keberlangsungan proses untuk menetapkan langkah menuju ke arah perbaikan yang berkesinambungan. *Monitoring* dapat didefinisikan siklus kegiatan yang mencakup pengumpulan informasi, peninjauan ulang atau *review*, *report* dan tindakan atas informasi suatu proses yang sedang diimplementasikan[5].

B. Penyu

Penyu merupakan hewan yang hidup di laut serta mampu bermigrasi dalam jarak yang jauh di sepanjang kawasan Samudra Hindia, Samudra Pasifik, dan Asia Tenggara. Penyu termasuk ke dalam phylum Chordata yang memiliki dua famili yaitu *Cheloniidae* dan *Dermochelyidae*[1]. Penyu bernafas melalui paru-paru sehingga penyu kadang sesekali muncul ke permukaan untuk mengambil nafas. Tiap penyu memakan jenis makanan yang berbeda-beda. Tetapi pada umumnya penyu memakan hewan-hewan kecil yang berada dilaut. Penyu hijau pada saat dewasa lebih memilih memakan tumbuhan laut daripada memakan hewan laut. jenis penyu lainnya seperti penyu belimbing lebih suka memakan ubur-ubur. Umur penyu sangat susah diketahui secara pasti. Rata-rata umur penyu yang dapat hidup selama 50-80 tahun di alam liar dengan kondisi yang tepat, dan habitat mereka memiliki makanan yang cukup untuk bertahan hidup[6].

C. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor Ultrasonik HC-SR04 adalah sensor yang digunakan untuk mengukur jarak antara penghalang dan sensor. Sensor ini dapat mengukur jarak benda dari 2 cm-400 cm dengan akurasi 3 mm. Sensor ini bekerja pada tegangan 5V DC dan arus 15 mA[7].



Gambar 1. Cara kerja sensor ultrasonik

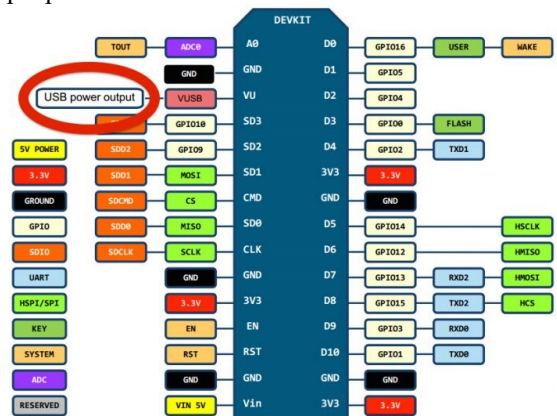
Ilustrasi cara kerja sensor ultrasonik terdapat pada Gambar 1, ketika pulsa trigger diberikan pada sensor, transmitter akan memancarkan gelombang ultarsonik, gelombang yang digunakan adalah 40 kHz. Lalu gelombang tersebut dipancarkan dan merambat sebagai gelombang bunyi dengan kecepatan ± 340 m/s. Ketika gelombang mengenai benda maka gelombang sinyal dipantulkan oleh benda tersebut. setelah gelombang sampai ke reciver, maka gelombang sinyal akan diproses untuk menghitung jarak antara benda tersebut menggunakan Persamaan 1.

$$s = t \times 340/2 \tag{1}$$

Pada persamaan 1, s menunjukkan jarak antara sensor dengan objek dalam m, t menunjukkan waktu tempuh gelombang ultrasonik dari *transmitter* ke *receiver* dalam s.

D. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266

NodeMCU adalah sebuah modul yang biasa digunakan untuk *project* IoT (*Internet of Things*) yang bersifat *opensource*. NodeMCU merupakan mikrokontroler berbasis ESP8266 keluaran dari perusahaan Espressif. NodeMCU dilengkapi dengan *micro* USB *port* yang berfungsi untuk memasukkan program yang akan dibuat dan *power supply*. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Lua. NodeMCU bekerja pada tegangan 5V dan dapat mengeluarkan tegangan 3.3V[8]. Konfigurasi pin NodeMCU ESP8266 terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Konfigurasi Pin NodeMCU ESP8266

E. Raspberry Pi

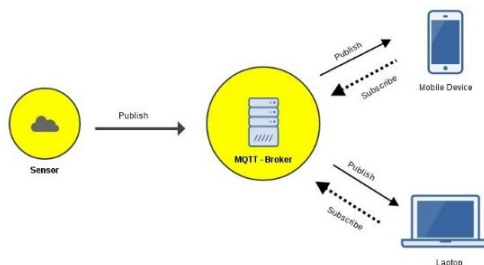
Raspberry Pi atau biasa disebut raspi adalah sebuah papan elektronis seukuran kartu kredit yang memiliki fungsi seperti komputer. Raspberry Pi memiliki 2 model yang berbeda, yaitu model A dan model B. Perbedaan kedua model tersebut terdapat pada port Ethernet dan USB yang lebih banyak pada model B daripada model A. Berbagai spesifikasi perangkat keras pada Raspberry Pi adalah sebagai berikut [9]:

1. ARM CPU/GPU.
2. GPIO (General Purpose Input Output).
3. SDRAM (Synchronous Dynamic Random Access Memory).

4. USB 2.0 Port.
5. HDMI Port.
6. Audio input dan output.
7. Board Storage.
8. Board Network.

F. Protokol MQTT

MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) adalah sebuah protokol komunikasi yang bersifat *client-server*. MQTT bersifat *open source* dan *lightweight message* yang artinya dapat digunakan secara gratis dan berkomunikasi dengan mengirimkan data pesan yang memiliki header berukuran kecil yaitu hanya sebesar 2 bytes, sehingga membuat MQTT hanya memerlukan konsumsi catu daya yang kecil. MQTT banyak digunakan dalam komunikasi *machine-to-machine* (M2M)[10]. Ilustrasi cara kerja protokol MQTT dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Cara kerja protokol MQTT

G. Telegram Bot

Bot telegram adalah aplikasi pihak ketiga yang berjalan pada aplikasi Telegram. Pengguna dapat berinteraksi dengan bot dengan mengirimkan pesan berupa perintah[11]. Cara kerja *bot* secara umum yaitu pertama user mengirimkan pesan kepada *bot*. *Bot* tidak diizinkan untuk mengirim pesan terlebih dahulu untuk mencegah spamming. Setelah menerima pesan, *bot* akan menyimpan data pesan yang sudah dimasukkan oleh *user* dan *bot* akan mengirimkan ke *engine* yang dituju. Setelah itu, *engine* akan memproses pesan yang sudah dikirimkan melalui *bot* dan menyiapkan jawaban yang nantinya akan dikirimkan oleh *bot* tersebut. *Bot* menerima pesan dari *engine* dan akan mengirimkan balasan atau respon kepada *user*[12].

III. METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam membangun sistem monitoring penetasan telur penyu

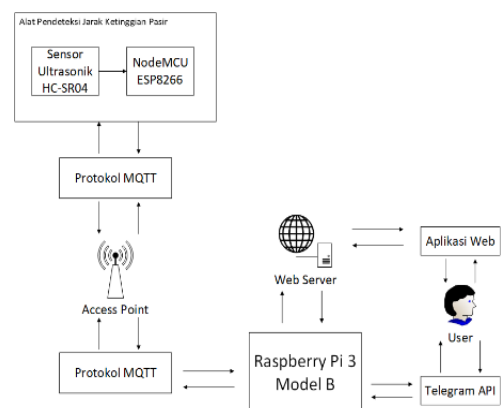
1. Mendefinisikan rumusan masalah berdasarkan permasalahan yang ada.
2. Mengumpulkan data-data yang dibutuhkan.
3. Jika data-data yang dibutuhkan sudah cukup, maka akan dilakukan perancangan alat sistem *monitoring* penetasan telur penyu.

4. Membuat *prototype* alat yang sudah dirancang dan mengujinya, jika alat sudah bekerja dengan baik, maka akan dilakukan *finishing* alat.
5. Mengkonfigurasi MQTT *server*, web *server*, dan telegram API pada Raspberry Pi.
6. Merancang dan membangun aplikasi web sistem *monitoring* penetasan telur penyu.
7. Merancang dan membuat *script* Telegram *bot* sebagai sistem notifikasi.
8. Melakukan pengujian sistem monitoring.
9. Melakukan pembahasan keseluruhan sistem.
10. Pengambilan kesimpulan.

B. Gambaran Umum Sistem

Perancangan sistem *monitoring* penetasan telur penyu menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP2866 dan protokol MQTT terdapat tiga bagian yakni *hardware* sistem *monitoring* penetasan telur penyu, Raspberry Pi sebagai MQTT *server* dan web *server*, serta aplikasi web sistem *monitoring* penetasan telur penyu.

Hardware sistem *monitoring* penetasan telur penyu berfungsi untuk mendeteksi perubahan ketinggian pasir yang diakibatkan oleh menetasnya telur penyu. Data dari *hardware* tersebut akan diunggah ke Raspberry Pi melalui protokol MQTT. Raspberry Pi juga diinstall program MQTT *server* dan program web *server*. Pada web *server* terdapat aplikasi web yang berfungsi sebagai *interface* untuk menampilkan dan memanajemen seluruh data hasil *monitoring* tersebut. Ketika data yang didapatkan dari *hardware* mengalami perubahan nilai yang besar, maka sistem akan otomatis mengirim notifikasi melalui telegram *messenger* melalui telegram *bot* API. Diagram blok sistem *monitoring* penetasan telur penyu dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram blok sistem monitoring

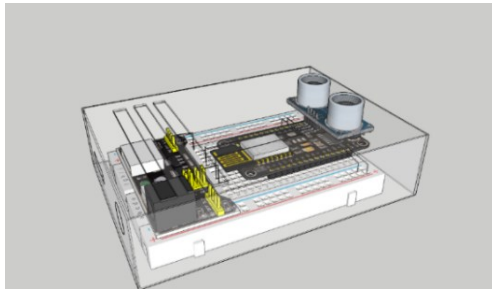
C. Perancangan Hardware

Alat dan bahan yang akan digunakan dalam perancangan *hardware* sistem *monitoring* penetasan telur penyu menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan protokol MQTT adalah sebagai berikut :

1. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebanyak 1 buah
2. Sensor ultrasonik HC-SR04 sebanyak 1 buah
3. Rangkaian *power supply* 5 volt sebanyak 1 buah

4. Breadboard sebanyak 1 buah
5. Komponen elektronika lainnya dan kabel
6. Adapter AC to DC 9 volt sebanyak 1 buah
7. Raspberry Pi 3 Model B untuk dijadikan server sebanyak 1 buah

Gambar 5 merupakan rancangan hardware sistem monitoring penetasan telur penyu.



Gambar 5. Rancangan hardware sistem monitoring

Rancangan hardware sistem monitoring penetasan telur penyu mempunyai ukuran panjang 10 cm, lebar 6,5 cm, dan tinggi 4 cm.

D. Perancangan Aplikasi

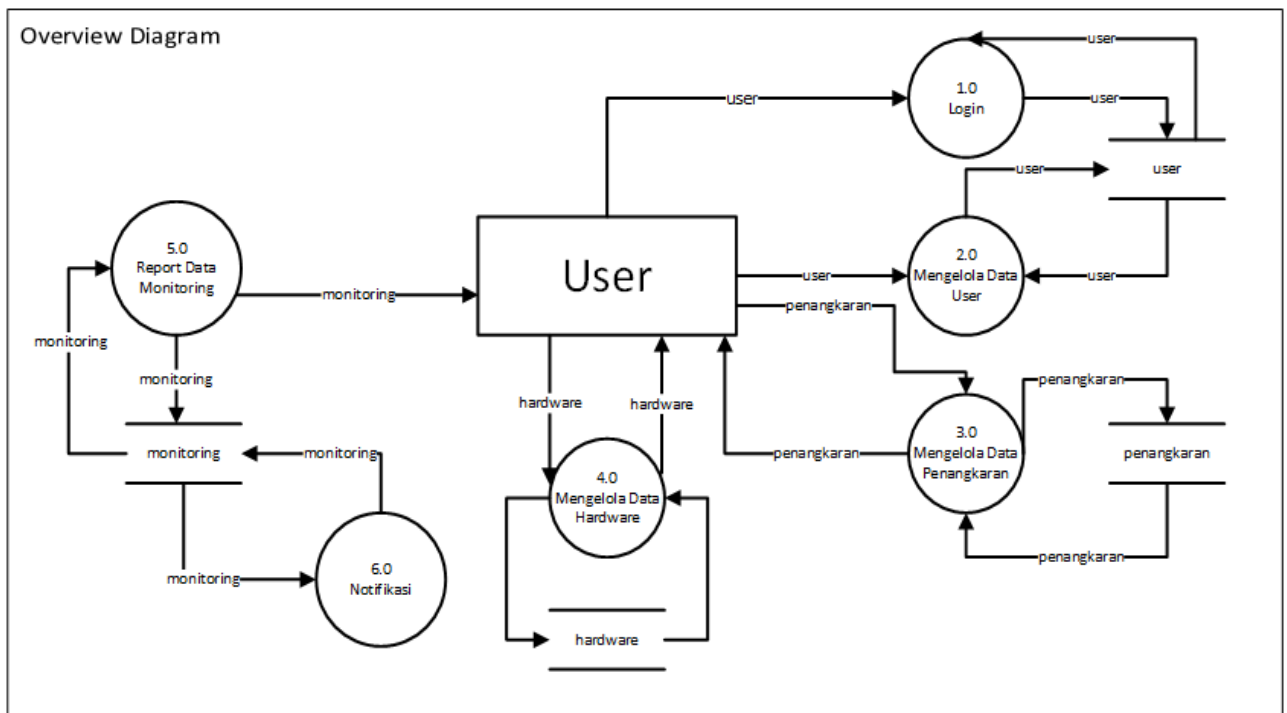
Perancangan perangkat lunak digambarkan dengan bentuk Data Flow Diagram (DFD) yang menjelaskan proses yang terjadi pada perangkat lunak sistem monitoring penetasan telur penyu. Entitas eksternal yang terlibat dalam pengembangan perangkat lunak sistem monitoring penetasan telur penyu menggunakan

mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan protokol MQTT adalah User.

Proses yang terjadi pada perangkat lunak sistem monitoring penetasan telur penyu menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan protokol MQTT mencakup 6 bagian yakni:

1. Login, adalah proses untuk masuk ke dalam aplikasi sistem monitoring penetasan telur penyu menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan protokol MQTT dengan data inputan berupa username dan password.
2. Kelola data user, adalah proses untuk mengelola data user dalam database.
3. Kelola data penangkaran, adalah proses untuk mengelola data penangkaran dalam database.
4. Kelola data hardware, adalah proses untuk mengelola data hardware sistem monitoring dalam database.
5. Report data monitoring, adalah proses untuk mendapatkan data monitoring penetasan telur penyu dalam database.
6. Notifikasi, adalah proses untuk mencocokkan data monitoring dengan kondisi tertentu untuk dapat mengirimkan notifikasi melalui Telegram Messenger.

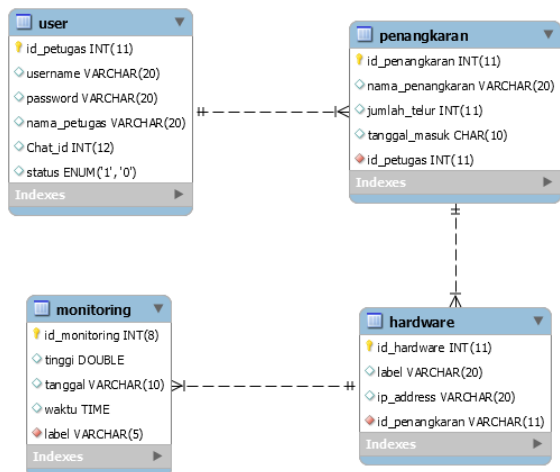
Topologi proses perangkat lunak sistem monitoring penetasan telur penyu dapat dilihat pada Gambar 6 Overview diagram berikut ini.



Gambar 6. Overview Diagram perangkat lunak sistem monitoring penetasan telur penyu

E. Perancangan Database

Perancangan *database* sistem monitoring penetasan telur menggunakan relasi antar tabel yang dapat dilihat pada Gambar 7. Tabel merujuk ke relasi yang ada pada DFD sistem *monitoring* penetasan telur penyu.



Gambar 7. Relasi antar tabel sistem *monitoring* penetasan telur penyu

F. Mekanisme Pengujian

Mekanisme pengujian pada sistem *monitoring* penetasan telur penyu dilakukan untuk menemukan kesalahan-kesalahan pada sistem dan memastikan sistem yang dibangun telah sesuai dengan apa yang direncanakan. Pengujian sistem *monitoring* penetasan telur penyu meliputi pengujian fungsionalitas *hardware* sistem *monitoring* dan pengujian fungsionalitas *software* sistem *monitoring*.

Pengujian fungsionalitas *hardware* sistem *monitoring* meliputi pengujian sensor ultrasonik. Setelah dilakukan pengujian sensor ultrasonik, dilakukan pengujian *hardware* pada tempat penetasan telur penyu di penangkaran penyu. *Hardware* yang sudah dipasang selanjutnya akan dikonfigurasi untuk terkoneksi kedalam sistem *monitoring* melalui aplikasi web konfigurasi *hardware*. Ketika *hardware* sudah berhasil masuk kedalam sistem *monitoring*, selanjutnya dilakukan pengujian pengiriman data hasil *monitoring* dari *hardware* sistem *monitoring* ke aplikasi web sistem *monitoring* yang bertujuan untuk mengetahui waktu *delay* komunikasi antara *hardware* dengan aplikasi web.

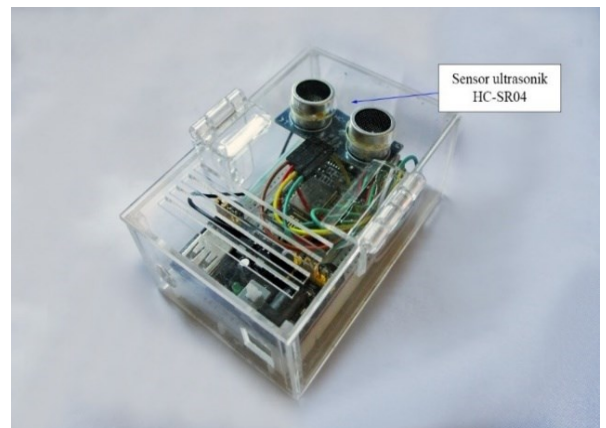
Pengujian fungsionalitas *software* sistem monitoring akan menggunakan metode pengujian *black box*. Metode pengujian *black box* bertujuan untuk mengetahui apakah aplikasi sistem *monitoring* penetasan telur penyu berfungsi dengan baik dan benar[13].

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

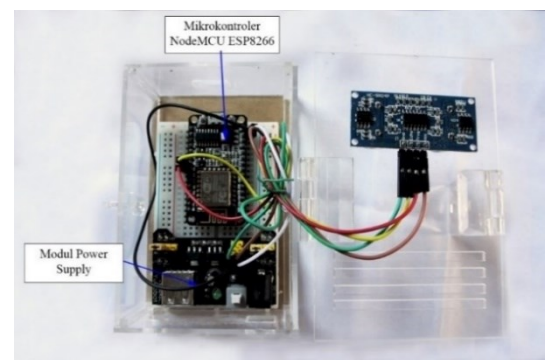
A. Realisasi Hardware

Realisasi hasil perancangan *hardware* sistem *monitoring* penetasan telur penyu menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan protokol MQTT dapat dilihat pada Gambar 8 sampai Gambar 10 dan

spesifikasi dari *hardware* sistem *monitoring* dapat dilihat pada Tabel I.



Gambar 8. Tampak depan *hardware* sistem *monitoring*



Gambar 9. Tampak dalam *hardware* sistem *monitoring*



Gambar 10. Penempatan *hardware* sistem *monitoring* pada simulasi

TABEL I. SPESIFIKASI *HARDWARE* SISTEM *MONITORING*

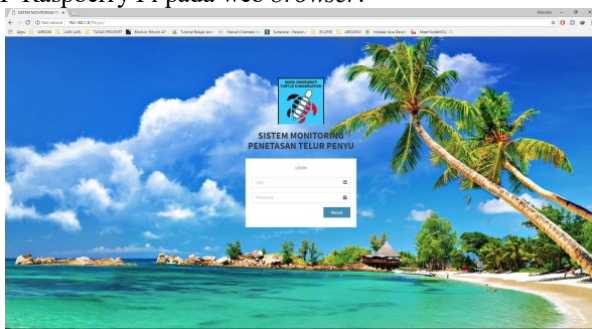
Spesifikasi	<i>Hardware</i> Sistem <i>Monitoring</i>
Panjang <i>Hardware</i>	10,5cm
Lebar <i>Hardware</i>	7cm
Tinggi <i>Hardware</i>	4cm
Berat	104 g
Mikrokontroler	NodeMCU ESP8266 Ver. 1.0
Sensor	Ultrasonik HC-SR04
Sumber Daya	Adapter AC 9V/1A

Cara kerja *hardware* sistem *monitoring* adalah pertama sensor ultrasonik HC-SR04 mengukur ketinggian pasir pada penangkaran telur penyu, setelah

data didapatkan kemudian data ketinggian pasir masuk ke dalam mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 mengirimkan data ke *server* melalui protokol MQTT yang sudah terhubung didalam satu jaringan. *Server* MQTT menerima data dari mikrokontroler yang kemudian dapat diolah ke dalam sistem informasi *monitoring* penetasan telur penyu. Dalam sistem informasi *monitoring* penetasan telur penyu, sistem dapat memberikan perintah berupa *delay* waktu pengambilan data pada *hardware* sistem *monitoring*. Perintah tersebut dikirimkan oleh *server* melalui protokol MQTT untuk diterima oleh *hardware* sistem *monitoring*.

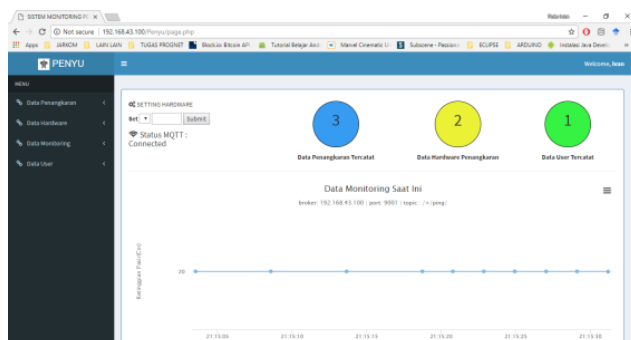
B. Realisasi Aplikasi Monitoring dan Notifikasi

Aplikasi web sistem informasi *monitoring* penetasan telur penyu memiliki halaman menu utama yaitu “Home”, “Data Penangkaran”, “Data Hardware”, “Data Monitoring”, dan “Data User”. Web sistem informasi *monitoring* penetasan telur penyu dibangun menggunakan *framework* CSS Bootstrap dan sistem manajemen basis data MySQL dengan nama *database* db_penyu. *Database* db_penyu berisi lima tabel yaitu data_user, hardware, monitoring, penangkaran, dan telegram_user. Web sistem informasi *monitoring* diakses dengan mengetikkan alamat IP Raspberry Pi pada web *browser*.



Gambar 11. Tampilan halaman login

Gambar 11 merupakan tampilan halaman *login* yang pertama kali muncul saat mengakses web sistem informasi *monitoring* penetasan telur penyu.

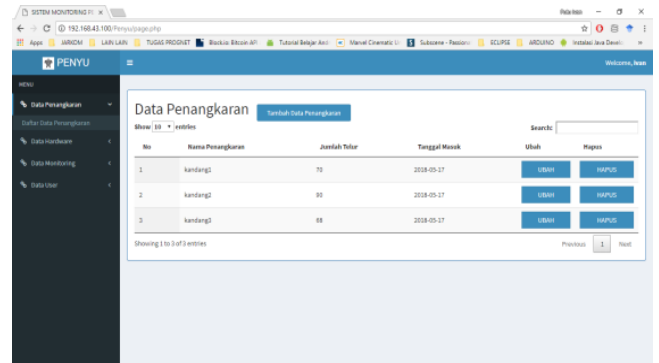


Gambar 12. Tampilan halaman home

Gambar 12 merupakan tampilan halaman *home*. Tampilan *home* terdapat empat modul pada sisi kiri layar, yaitu: Data Penangkaran, Data Hardware, Data Monitoring, dan Data User. Pada bagian tengah halaman, terdapat statistik tiap data yang tercatat pada *database*

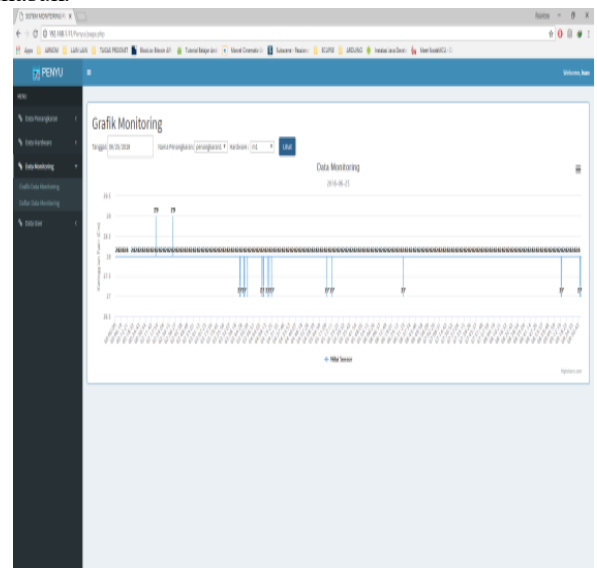
sistem informasi *monitoring* dan juga terdapat grafik dari alat sistem *monitoring* yang sudah terhubung melalui protokol MQTT.

Halaman menu *home* terdapat *form* sederhana untuk mengatur *delay* dari pengambilan data sistem *monitoring*. Cara mengubah besar *delay hardware* dengan mengisi angka pada *form* “SETTING HARDWARE”. Ketika sudah mengisi *form* maka sistem akan memberikan perintah ke *hardware* sistem *monitoring* untuk mengatur *delay* pengambilan data.



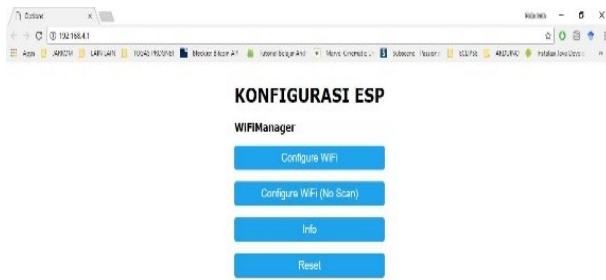
Gambar 13. Tampilan halaman data penangkaran

Gambar 13 merupakan halaman menu data penangkaran berisi tentang informasi penangkaran penyu yaitu kolom nama penangkaran, jumlah telur, dan tanggal masuk.



Gambar 14. Tampilan halaman data monitoring

Gambar 14 merupakan halaman menu data *monitoring* berisi tentang informasi data *monitoring* yang tercatat di *database*.



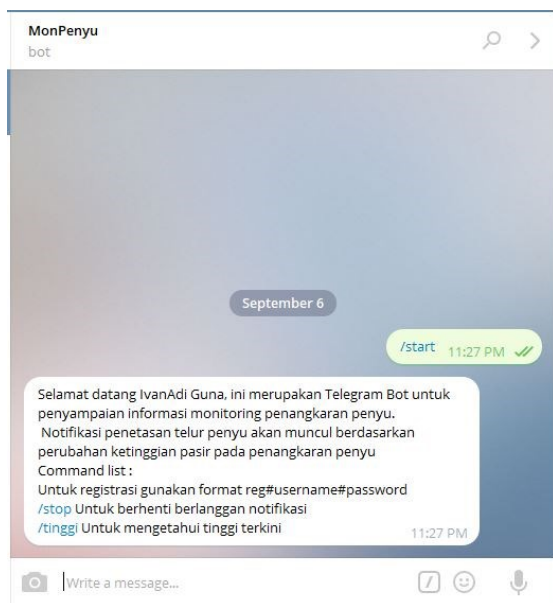
Gambar 15. Tampilan halaman konfigurasi *hardware*

Gambar 15 merupakan halaman konfigurasi *hardware* merupakan halaman yang akan secara otomatis terakses apabila alat sistem *monitoring* penetasan telur penyu tidak menemukan *access point* terakhir yang terkoneksi dengan alat tersebut.

B.1. Realisasi Bot Telegram Messenger

Bot telegram messenger sistem informasi *monitoring* penetasan telur penyu dibangun menggunakan bahasa pemrograman Python dan menggunakan *library* telepot. Bot telegram ini memiliki empat perintah yaitu

1. `/start` adalah perintah yang berfungsi untuk menjalankan program telegram *bot* pertama kali.
2. `/stop` adalah perintah yang berfungsi untuk berhenti berlangganan dalam mendapatkan notifikasi.
3. `/tinggi` adalah perintah yang berfungsi untuk mengetahui ketinggian pasir yang terbaru pada penangkaran telur penyu.
4. Untuk registrasi menggunakan format “`reg#username#password`” tanpa tanda petik yang berfungsi untuk pengguna yang ingin mendaftarkan id telegramnya untuk mendapatkan notifikasi jika terjadi indikasi telur penyu yang menetas.



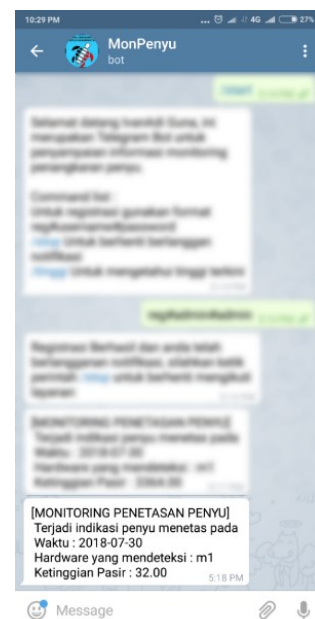
Gambar 16. Tampilan awal sistem notifikasi

Gambar 16 merupakan tampilan awal ketika masuk ke dalam sistem notifikasi.



Gambar 17. Tampilan registrasi sistem notifikasi

Gambar 17 merupakan cara registrasi berlangganan notifikasi sistem *monitoring* penetasan telur penyu.



Gambar 18. Tampilan notifikasi telegram *messenger*

Gambar 18 merupakan notifikasi yang berhasil masuk ke dalam telegram *messenger* yang telah terdaftar pada sistem *monitoring*.

C. Pengujian Fungsionalitas Hardware

Untuk memastikan fungsi keseluruhan *hardware* sistem *monitoring* telah sesuai rancangan, diperlukan pengujian *hardware* fungsi masing-masing *hardware* secara bertahap. Pengujian *hardware* sistem *monitoring* meliputi:

1. Pengujian sensor ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik bertujuan untuk kalibrasi atau meminimalisir kesalahan pembacaan sensor ultrasonik. Pengujian sensor ultrasonik menggunakan penggaris sebagai alat ukur. Metode pengujian sensor ultrasonik adalah dengan membandingkan nilai hasil yang tampil pada *serial monitor* pada program Arduino IDE dengan nilai hasil pengukuran menggunakan penggaris. Gambar 19 merupakan pengujian sensor ultrasonik dan hasil pengujian terdapat pada Tabel II.



Gambar 19. Pengujian sensor ultrasonik

TABEL II. HASIL PENGUJIAN SENSOR ULTRASONIK

Ketinggian	Hasil serial monitor (cm)	Alat ukur (cm)
20 cm	20,10	20,00
21 cm	21,10	25,00
22 cm	22,47	30,00
23 cm	23,20	23,00
24 cm	24,12	24,00
25 cm	25,33	25,00
26 cm	26,19	26,00
27 cm	27,11	27,00
28 cm	28,63	28,00
29 cm	29,59	29,00
30 cm	30,21	30,00

2. Pengujian konfigurasi *hardware*

Pengujian konfigurasi *hardware* sistem *monitoring* penetasan telur penyul dilakukan untuk mengetahui konektivitas *hardware* ke *server web* sistem informasi *monitoring*. Skenario pengujian konfigurasi *hardware* sistem *monitoring* dimulai dari menghubungkan raspberry pi dengan jaringan. Dilanjutkan dengan menghubungkan *hardware* sistem *monitoring* ke dalam jaringan. Ketika *hardware* tidak terkoneksi dengan jaringan yang sama dengan *server*, maka *hardware* akan membuat *access point* tersendiri. Gambar 20 merupakan tampilan pada *serial monitor*

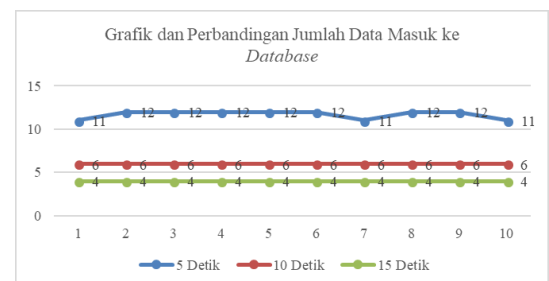
Arduino IDE ketika *hardware* sistem *monitoring* membuat jaringan otomatis.



Gambar 20. Tampilan *serial monitor* membuat jaringan otomatis

3. Pengujian pengiriman data

Setelah pengujian sensor dan konfigurasi *hardware* sistem *monitoring* selesai dilakukan. Proses selanjutnya adalah pengujian pengiriman data *monitoring* ke komputer *server web* sistem informasi *monitoring*. Jarak antara *hardware* sistem *monitoring* sampai ke *smartphone* sejauh 5 meter tanpa adanya penghalang. Pengujian pengiriman data *hardware* berlangsung selama 10 menit dengan menggunakan *delay* pengambilan data yang berbeda-beda yaitu selama 5 detik, 10 detik, dan 15 detik per data. Grafik dan perbandingan jumlah data yang masuk dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Grafik perbandingan jumlah data yang masuk dalam 10 menit

D. Pengujian Fungsionalitas Software dan Sistem Notifikasi

Pengujian fungsionalitas sistem informasi *monitoring* dan sistem notifikasi yang diujikan menggunakan metode *black box* adalah sebagai berikut:

1. Pengujian fungsionalitas halaman "login", halaman "home", halaman "ubah password", dan "logout"

Pengujian terdiri dari empat butir uji dengan hasil yang dapat dilihat pada Tabel III.

TABEL III. PENGUJIAN FUNGSIONALITAS HALAMAN LOGIN, HALAMAN HOME, HALAMAN UBAH PASSWORD DAN HALAMAN LOGOUT

No.	Nama Pengujian	Butir Uji	Hasil
1.	Login	Login dengan username dan password yang terdaftar	Berhasil
2.	Delay Hardware	Memberi delay ke hardware monitoring	Berhasil
3.	Ubah password user	Mengubah password user	Berhasil
4.	Logout	Keluar dari sistem informasi monitoring	Berhasil

2. Pengujian Fungsionalitas Halaman Menu “Data Penangkalan”

Pengujian fungsionalitas halaman menu “Data Penangkalan” terdiri dari empat butir uji dengan hasil yang dapat dilihat pada Tabel IV.

TABEL IV. PENGUJIAN FUNGSIONALITAS HALAMAN MENU DATA PENANGKARAN

No.	Nama Pengujian	Butir Uji	Hasil
1.	Tampil data penangkalan	Menampilkan data penangkalan	Berhasil
2.	Tambah data penangkalan	Menampilkan halaman tambah data penangkalan dan menambahkan data	Berhasil
3.	Edit data penangkalan	Menampilkan halaman edit data penangkalan dan mengubah data	Berhasil
4.	Hapus data penangkalan	Menghapus data penangkalan	Berhasil

3. Pengujian Fungsionalitas Halaman Menu “Data Hardware”

Pengujian fungsionalitas halaman menu “Data Hardware” terdiri dari empat butir uji dengan hasil yang dapat dilihat pada Tabel V.

TABEL V. PENGUJIAN FUNGSIONALITAS HALAMAN MENU DATA HARDWARE

No.	Nama Pengujian	Butir Uji	Hasil
1.	Tampil data hardware	Menampilkan data hardware	Berhasil
2.	Tambah data hardware	Menampilkan halaman tambah data hardware dan menambahkan data	Berhasil
3.	Edit data hardware	Menampilkan halaman edit data hardware dan mengubah data	Berhasil
4.	Hapus data hardware	Menghapus data hardware	Berhasil

4. Pengujian Fungsionalitas Halaman Menu “Data Monitoring” Submenu “Grafik Data Monitoring” dan Submenu “Daftar Data Monitoring”

Pengujian fungsionalitas halaman menu “Data Monitoring” Submenu “Grafik Data Monitoring” dan Submenu “Daftar Data Monitoring” terdiri dari dua butir uji dengan hasil yang dapat dilihat pada Tabel VI.

TABEL VI. PENGUJIAN FUNGSIONALITAS HALAMAN MENU DATA MONITORING SUBMENU GRAFIK DATA MONITORING DAN SUBMENU DAFTAR DATA MONITORING

No.	Nama Pengujian	Butir Uji	Hasil
1.	Menampilkan grafik data monitoring	Mencari data dan menampilkan dalam bentuk grafik	Berhasil
2.	Menampilkan tabel data monitoring	Mencari data dan menampilkan dalam bentuk tabel	Berhasil

5. Pengujian Fungsionalitas Halaman Menu “Data User”
 Pengujian fungsionalitas halaman menu “Data User” terdiri dari empat butir uji dengan hasil yang dapat dilihat pada Tabel VII.

TABEL VII. PENGUJIAN FUNGSIONALITAS HALAMAN MENU DATA USER

No.	Nama Pengujian	Butir Uji	Hasil
1.	Tampil data user	Menampilkan data user	Berhasil
2.	Tambah data user	Menampilkan halaman tambah data user dan menambahkan data	Berhasil
3.	Edit data user	Menampilkan halaman edit data user dan mengubah data	Berhasil
4.	Hapus data user	Menghapus data user	Berhasil

6. Pengujian Fungsionalitas Sistem Notifikasi Bot Telegram Messenger

Pengujian fungsionalitas sistem notifikasi bot Telegram Messenger terdiri dari lima butir uji dengan hasil yang dapat dilihat pada Tabel VIII.

TABEL VIII. PENGUJIAN FUNGSIONALITAS SISTEM NOTIFIKASI BOT TELEGRAM MESSENGER

No.	Nama Pengujian	Butir Uji	Hasil
1.	Mulai Telegram bot	Memulai sistem notifikasi dengan perintah /start	Berhasil
2.	Registrasi pengguna	Registrasi id telegram ke sistem notifikasi dengan reg#username#password	Berhasil
3.	Mengetahui ketinggian pasir terbaru	Memasukkan perintah /tinggi	Berhasil
4.	Berhenti berlangganan notifikasi	Memasukkan perintah /stop	Berhasil
5.	Notifikasi	Memberikan notifikasi ke pengguna yang berlangganan	

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, maka simpulan yang dapat diambil dari penelitian Rancang Bangun Sistem Monitoring Penetasan Telur Penyus menggunakan Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan Protokol MQTT dengan Notifikasi Berbasis Telegram Messenger adalah:

1. Sistem *monitoring* penetasan telur penyu menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 berhasil mengukur ketinggian pasir pada penangkaran telur penyu.
2. Sistem *monitoring* penetasan telur penyu berhasil mengirim data ke MQTT *server* yang sudah terinstall pada Raspberry Pi dan *hardware* sistem *monitoring* dapat menerima perintah dari sistem informasi *monitoring* melalui protokol MQTT.
3. Sistem notifikasi *monitoring* penetasan telur penyu memanfaatkan *instant messaging* Telegram, dengan memanfaatkan fitur *bot*. Sistem notifikasi ini memberikan pesan secara otomatis kepada petugas konservasi penyu jika terjadi indikasi penetasan telur penyu.
4. Pada pengujian *black box*, sistem informasi *monitoring* dan sistem notifikasi memiliki fungsi-fungsi yang telah dinyatakan berhasil dijalankan sesuai dengan fungsinya masing-masing.

B. Saran

Adapun saran untuk pengembangan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem monitoring dapat dibuat menjadi portable dengan menggunakan baterai atau panel surya sebagai sumber daya
2. Sistem notifikasi pada sistem *monitoring* ini dapat dibuat menggunakan *Instant Messenger* lainnya seperti: Whatsapp, LINE, Messenger Facebook. *Hardware* sistem *monitoring* dapat dibuat menjadi *portable* dengan menggunakan baterai sebagai sumber daya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Carr, "Great reptile, great enigmas," 1972. [Online]. Available: <http://www.seaturtle.org/pdf/?v=6803>.

- [2] A. Dermawan, *Pedoman Teknis Pengelolaan Konservasi Penyu*. Jakarta: Direktorat Konservasi dan Taman Nasional Laut, dan Departemen Kelautan dan Perikanan RI, 2009.
- [3] D. Widhiantoro, "Purwarupa Sistem Pendeteksi Tanah Longsor Menggunakan Ultrasonik Dan Infrared Dengan Notifikasi SMS," *J. Kaji. Tek. Elektro Vol. 1*, 2016.
- [4] T. Budioko, "Sistem Monitoring Suhu Jarak Jauh Berbasis Internet of Things Menggunakan Protokol MQTT," *Semin. Ris. Teknol. Inf.*, 2016.
- [5] M. Corps, *Design, monitoring, and evaluation guidebook*. 2005.
- [6] L. Fauzia, "Fakta-Fakta Seputar Penyu yang Harus Anda Ketahui," 2016. [Online]. Available: <http://nationalgeographic.co.id/berita/2016/05/fakta-fakta-seputar-penyu-yang-harus-anda-ketahui/1>.
- [7] Accudiy, "HC-SR04 Ultrasonic Range Finder," 2011. [Online]. Available: http://www.accudiy.com/download/HC-SR04_Manual.pdf.
- [8] Anonim, "Tutorial NodeMCU," 2017. [Online]. Available: <https://embeddednesia.com/v1/?p=2050>.
- [9] E. Rakhman, F. Candrasyah, and F. D. Sutera, *Raspberry Pi mikrokontroler mungil yang serba bisa*. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2014.
- [10] D. Obermaier, "Getting Started With MQTT," 2015. [Online]. Available: <https://dzone.com/refcardz/getting-started-with-mqtt>.
- [11] Telegram, "Telegram Bots." [Online]. Available: <https://core.telegram.org/bots>.
- [12] Hasan, *Bot Telegram Membuat Sendiri Menggunakan PHP*. 2016.
- [13] R. F. Firdaus, H. Rahmadi, dan M. S. Mustaqbal, "Pengujian Aplikasi Menggunakan Black Box," *J. Ilmiah, I.*, 2015.