

MANAJEMEN JARINGAN WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN) PADA BUDIDAYA LOBSTER AIR TAWAR

Raffi Wiguna¹, Nina Hendrarini², Rini Handayani³

^{1,2,3}Fakultas Ilmu Terapan – Universitas Telkom

¹piw.rw88@gmail.com, ²ninahendrarini@tass.telkomuniversity.ac.id, ³rini.handayani@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Seiring dengan perkembangan dunia teknologi, melakukan pemantauan suatu objek telah dapat dikembangkan dengan berbagai variasi. Wireless Sensor Network (WSN) adalah suatu sistem jaringan nirkabel yang dapat memonitoring kondisi suatu objek dengan meletakkan beberapa sensor di tempat yang berbeda. Dalam hal ini percobaan WSN dilakukan pada masalah kehidupan di lingkungan tambak lobster air tawar. Dalam percobaan ini, menggunakan beberapa sensor yaitu sensor suhu, sensor kadar garam, dan sensor pH. Ketiga sensor tersebut diletakkan di berbagai sudut tambak dan mengkonfigurasi jaringan wireless antar sensor agar dapat terhubung ke server sehingga user dapat memantau keadaan tambak dengan menggunakan monitor. Dengan percobaan ini, keadaan sekitar tambak dapat terkendali dengan waktu yang real time sehingga kehidupan lobster air tawar terpelihara dengan baik.

Kata kunci : Wireless Sensor Network, Sensor, User, Real Time

Abstract

Along with the development of the world technology, monitoring an object can be developed with various of variation. A wireless sensor network (WSN) is a wireless network system that can monitor the condition of an object by putting some of the sensor in different places .In this WSN experiment done on the matter of life in the farms of fresh-water lobster. In this experiment, use some a sensor namely temperature sensor, salinity sensor, and pH sensor. The three sensors placed at various angles ponds and configure a wireless network between sensors to be connected to the server so that the user can monitor the state of the pond by using by monitor. In this experiment, the circumstances surrounding the pond can be controlled with real time so that the life of freshwater crayfish well maintained.

Keywords: Wireless Sensor Network, Sensor, User, Real Time

1. Pendahuluan

Saat ini teknologi komputer sudah berkembang dengan sangat pesat. Salah satunya adalah jaringan wireless yang sudah banyak dijumpai di kehidupan masyarakat dan terpasang di setiap titik daerah. Dalam kehidupan peternakan, seperti lobster air tawar harus dipelihara baik-baik dengan mengukur suhu, kadar garam dan pH yang dibutuhkan oleh lobster. Pekerjaan itu sangat tidak mudah untuk dipantau secara baik jika memiliki jumlah tambak yang banyak.

Wireless Sensor Network (WSN) adalah suatu jaringan nirkabel yang memiliki beberapa node, salah satunya sensor node yang diletakkan di berbagai tempat yang berbeda untuk memonitoring kondisi suatu obyek. Dengan memasang sistem WSN di setiap titik tambak dan membangun sebuah aplikasi yang menggunakan Gambah sebagai user interface dalam bentuk tampilan di monitor, akan memudahkan pekerja untuk melihat dan mengukur suhu, kadar garam dan pH agar tetap dalam kondisi sebagaimana mestinya. Jika terjadi hal-hal yang tidak diinginkan, sensor akan mendeteksi dan mengirimkan sinyal peringatan yang diterima oleh ponsel pemilik tambak.

Oleh karena itu, dengan memasang sistem WSN dan membangun aplikasi Gambah di setiap titik tambak akan memudahkan pekerjaan dalam memelihara lobster air tawar agar tetap hidup dan berkembang biak dengan keadaan sehat.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Lobster Air Tawar

Lobster air tawar adalah udang berukuran besar yang memiliki capit di kedua lengannya seperti kepiting dan bisa hidup di tempat yang dingin maupun panas sesuai jenis spesiesnya. Pada jenis lobster yang sering banyak dibudidayakan adalah jenis *Cherax quadricarinatus* yang dapat hidup dengan suhu air berkisar antara 20-31 derajat celcius, kadar garam 0-4 per-mil, dan pH air antara 6-8. [1]

2.2 Contiki OS

Contiki OS adalah sebuah aplikasi untuk simulasi sebuah jaringan nirkabel yang open source dan sangat portabel serta multi-tasking untuk jaringan embedded system dan jaringan Wireless Sensor

Network. Contiki dirancang untuk mikrokontroler dengan memori yang sangat kecil. [2]

2.3 Gamas

Gamas adalah sebuah bahasa pemrograman Open Source yang memiliki fitur lengkap dan ada pada sistem operasi Linux. Gamas merupakan IDE yang dirancang oleh Benoit Minisini pada Februari 2002 dan juga berarti udang pada bahasa Spanyol. [3]

2.4 ICmsat

ICmsat adalah GSM/GPRS Shield untuk Arduino yang berdasarkan atas modul SIM900 Quad-band GSM/GPRS. Dikendalikan menggunakan AT commands dan cocok dengan board Arduino. [4]

2.5 APC220 Radio Communication Module

APC220 radio module adalah alat yang digunakan untuk komunikasi data nirkabel atau bisa disebut sebagai alat yang dipakai untuk Wireless Sensor Network. Alat ini mengintegrasikan kecepatan tinggi mikroprosesor dan kinerja tinggi IC yang menciptakan antarmuka UART/ TTL yang transparan. Komunikasi data APC220 yang dilakukan antara mikrokontroler dengan server menggunakan protokol, yang berfungsi sebagai penghubung antara dua perangkat yang berbeda. [5]

2.6 Protokol

Protokol adalah sebuah aturan atau standar yang mengatur atau mengijinkan terjadinya hubungan, komunikasi, dan perpindahan data antara dua atau lebih titik komputer. Protokol dapat diartikan juga untuk mendefinisikan koneksi perangkat keras. Dalam sebuah protokol terdapat tiga aspek yang harus diketahui, yaitu Header, Data dan Checksum. Header merupakan data yang terdapat pada awal pesan yang berisi tentang informasi yang digunakan untuk mengidentifikasi pesan, sumber dan tujuan serta informasi lain yang diperlukan untuk memecahkan kode dan memahaminya. Data merupakan isi pesan yang diambil dari obyek yang digunakan. Checksum digunakan untuk mendeteksi apakah sebuah data yang diambil dari sebuah obyek telah berubah pada saat proses transmisi dan dilakukan dengan cara membagi semua data menjadi angka yang kemudian semuanya dijumlahkan dengan rumus tertentu sesuai obyek yang digunakan. [6]

2.7 GPRS (General Packet Radio Service)

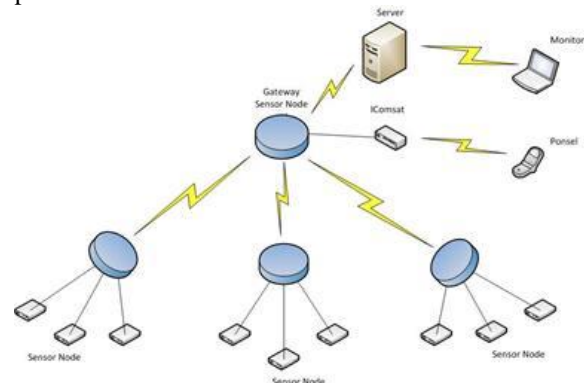
General Packet Radio Service (GPRS) adalah suatu layanan komunikasi berbasis paket yang dapat digunakan untuk transfer data untuk perangkat mobile yang memungkinkan pengiriman dan penerimaan data melalui jaringan telepon seluler.

Dalam implementasinya, sistem GPRS memiliki kecepatan yang tinggi mulai dari 56 kbps sampai 115 kbps, serta biaya penggunaannya berdasarkan besar data yang ditransaksikan. [7]

3. Analisis dan Perancangan

3.1 Perancangan Topologi Awal

Pada rancangan topologi dibawah dijelaskan bahwa sensor-sensor yang diposisikan di berbagai tambak mengirimkan data mentah ke gatewaynya masing-masing, kemudian tiap gateway mengirimkan data yang dikirim oleh sensor ke gateway pusat untuk dianalisis datanya. Selanjutnya data tersebut dikirimkan ke server untuk diolah menjadi sebuah informasi yang akan di tampilkan ke monitor. Jika data yang diterima melebihi batas atau treshold maka ICmsat akan mengirimkan notifikasi berupa SMS ke ponsel.

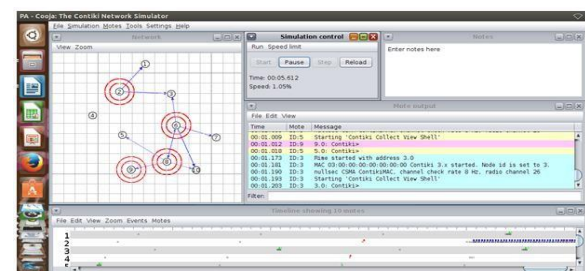


Gambar 3.1 Topologi Jaringan

3.2 Implementasi Sistem

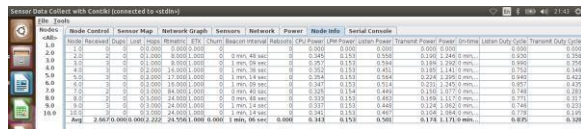
Perancangan sistem jaringan Wireless Sensor Network untuk budidaya lobster ini diperlukan beberapa perhitungan dalam setiap pengerjaannya agar tidak terjadi kesalahan dalam sistem yang digunakan seperti jumlah sensor yang akan dipakai, jenis routing protocol yang digunakan, serta hal-hal yang termasuk kedalam performansi sistem jaringan nirkabel.

Dalam memperoleh gambaran performansi jaringan Wireless Sensor Network yang akan dibangun, penulis menggunakan simulator Contiki yang berguna untuk menguji performansi jaringan pada node sensor.



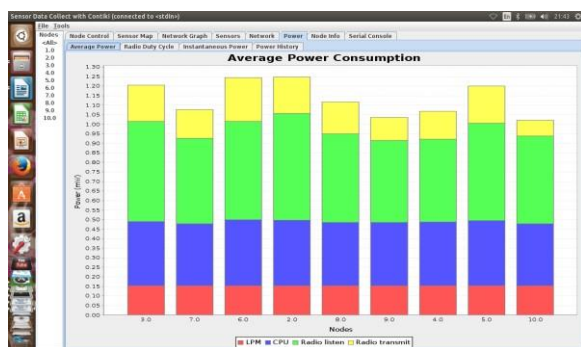
Gambar 3.2 Topologi Contiki

Pada Gambar 3.2 menjelaskan sensor yang terpasang saling terhubung guna untuk mengirimkan paket data agar sampai ke sink node untuk di analisis datanya. Dalam simulasi ini kita bisa mengatur posisi sensor, kecepatan pengiriman data dan melihat output pada setiap sensor.



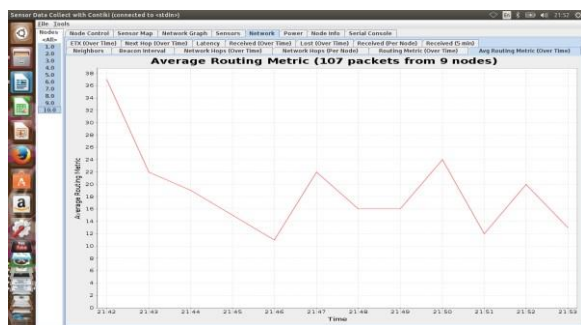
Gambar 3.3 Node Info

Pada Gambar 3.3 dapat terlihat informasi apa saja yang berada pada node sensor tersebut seperti node id, data yang diterima, waktu pengiriman dan penerimaan data, dan sebagainya.



Gambar 3.4 Power Consumption

Pada Gambar 3.4 menjelaskan kebutuhan power untuk setiap sensor yang terpasang. Kolom yang berwarna merah menunjukkan LPM (Low Power Mode) yaitu pemakaian daya rendah untuk setiap sensor yang menggunakan daya rendah. Pada kolom yang berwarna biru menunjukkan kebutuhan daya untuk mikrokontroller pada saat dinyalakan. Kolom berwarna hijau dan kuning menunjukkan kebutuhan daya pada saat sensor mengirim dan menerima data. Satuan daya yang digunakan adalah miliwatt (mW).



Gambar 3.5 Average Routing Metric

Pengiriman paket data yang dilakukan oleh semua sensor yang terpasang dapat terlihat pada Gambar 3.5. Dalam grafik diatas, pengiriman data sensor mengalami naik turun atau fluktuatif. Satuan waktu yang digunakan adalah per-detik.

3.3 Perancangan Perangkat Keras

3.3.1 Icomsat

Alat yang digunakan sebagai modul pengirim data SMS (Short Message Service) berupa notifikasi ke ponsel yang menggunakan sistem GPRS (General Packet Radio Service).

3.3.2 APC220

Alat yang digunakan sebagai protokol untuk dapat terintegrasi antara mikrokontroller dengan server yang menggunakan sistem operasi linux.

3.4 Perancangan Perangkat Lunak

3.4.1 Linux Ubuntu

Sistem operasi yang dapat digunakan secara gratis atau open source juga sebagai kebutuhan dasar untuk instalasi beberapa aplikasi dukungan dalam sistem komunikasi data.

3.4.2 Gmbas

Aplikasi yang diterapkan di linux dan digunakan sebagai perangkat lunak yang memiliki kemampuan yang cukup baik dan mudah dimengerti oleh pengguna. Sehingga pemilihan penggunaan gmbas ini sangat cocok untuk membuat tampilan hasil keluaran dari sensor.

3.5 Skenario Pengujian

3.5.1 Sensor Suhu

Pengujian sensor suhu dilakukan untuk mengukur suhu di dalam air dan dipantau lewat monitor. Suhu yang dijadikan patokan adalah 20 - 31 derajat celcius. Jika sensor suhu mendeteksi suhu air lebih dari 30 derajat celcius, maka sistem akan mengirimkan notifikasi berupa pesan yang diterima oleh ponsel bahwa suhu air melebihi ambang batas atau threshold.

3.5.2 Sensor Kadar Garam

Pengujian sensor kadar garam atau salinity dilakukan untuk mengukur kandungan garam yang terlarut dalam air. Kandungan garam air yang digunakan oleh obyek berkisar dari 0 sampai 4 per-mil. Pemantauan dilakukan menggunakan monitor dan jika sensor mendeteksi kandungan garam lebih dari ambang batas atau treshold maka sistem akan mengirimkan notifikasi pesan yang diterima oleh ponsel.

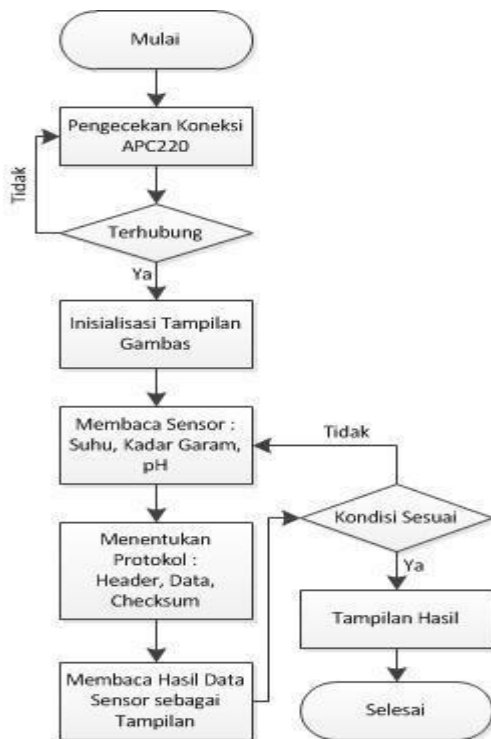
3.5.3 Sensor pH

Pengujian sensor pH dilakukan untuk mengetahui pH air murni sebelum tercampur dengan zat lain. Kandungan pH yang terkandung dalam air harus berkisar antara 6 sampai 8 dan dipantau terus menggunakan monitor agar obyek tidak mengalami gangguan kesehatan dalam kelangsungan hidupnya. Jika kandungan pH tidak sesuai dengan kebutuhan obyek, maka akan terdapat notifikasi pesan yang diterima dari sistem.

3.5.4 Sistem Otomasi Pemantauan Lobster Air Tawar

Pengujian pada sistem, dilakukan dengan cara pengimplementasian langsung pada obyek yang dituju yaitu lobster air tawar, namun dengan dibantu pengaruh kondisi buatan yang menggunakan sensor suhu, kadar garam dan pH, untuk menciptakan kondisi suhu dalam air yang meningkat dan tingkat kadar garam yang berubah-ubah serta kadar pH yang naik tingkat keasamannya. Pelaksanaan pengujian dilakukan dengan cara memantau data dari sensor yang dilihat di monitor dengan tampilan yang dibuat oleh aplikasi Gambas untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada keadaan sekitar peternakan. Tujuan dari skenario pengujian ini adalah untuk mengetahui hasil dari perancangan sistem telah berjalan dengan baik dan telah tercapai sesuai rencana.

3.6 Diagram Alur Kerja Sistem



Gambar 3.6 Flow Chart

4. Implementasi dan Pengujian

4.1 Implementasi

Implementasi sistem monitoring Wireless Sensor Network ini menggunakan aplikasi pemrograman BASIC yaitu Gambas. Sistem monitoring ini akan memantau keadaan lingkungan sekitar tambak dengan memasang beberapa sensor dan menggunakan APC sebagai media penghubung dengan server.

4.2 Pengujian

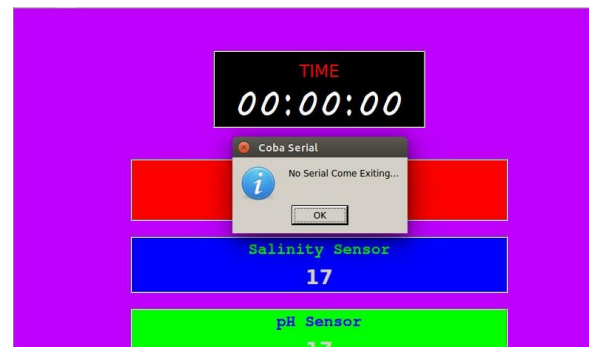
4.2.1 Pengujian Port USB

Pengujian port USB dilakukan untuk mengecek ketersediaan port mana yang digunakan oleh APC220.



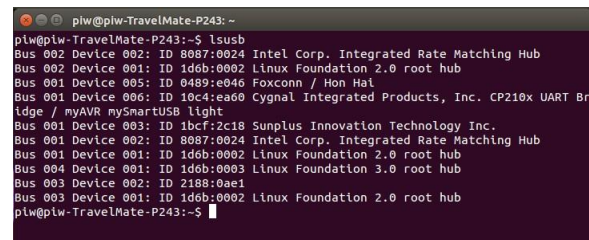
Gambar 4.1 Mengecek Perangkat di terminal

Pada Gambar 4.1 menampilkan dari hasil perintah “lsusb” dan terlihat perangkat APC220 belum terhubung dengan sistem server yang menggunakan sistem operasi linux.



Gambar 4.2 Notifikasi Perangkat Belum Terpasang Pada Gambas

Tampilan pada Gambas ketika perangkat APC220 belum terpasang pada sistem terlihat pada Gambar 4.2. Sehingga muncul sebuah notifikasi pada layar monitor.



Gambar 4.3 Mengecek Perangkat Yang Sudah Terpasang di Terminal

```

piw@piw-TravelMate-P243: ~
[ 237.570593] Input: USB OPTICAL MOUSE as /devices/pci0000:00/0000:00:14.0/usb
3/3-2/3-2:1.1-0/0003:2108:0A01:0002/input/input21
[ 237.571205] hid-generic 0003:2108:0A01.0002: input,hidraw0: USB HID v1.11 Mou
se [ USB OPTICAL MOUSE ] on usb-0000:00:14.0-2/input0
[ 339.062861] ERROR @wl_inform_single_bss : cfg80211_inform_bss_frame error
[ 371.868401] systemd-hostnamed[2567]: Warning: nss-myhostname is not installed
. Changing the local hostname might make it unresolvable. Please install nss-my
hostname!
[ 424.274747] usb 1-1.2: new full-speed USB device number 6 using ehci-pci
[ 424.369081] usb 1-1.2: New USB device found, idVendor=10c4, idProduct=ea60
[ 424.369092] usb 1-1.2: New USB device strings: Mfr=1, Product=2, SerialNumber
=3
[ 424.369097] usb 1-1.2: Product: CP2102 USB to UART Bridge Controller
[ 424.369102] usb 1-1.2: Manufacturer: Silicon Labs
[ 424.369106] usb 1-1.2: SerialNumber: 0001
[ 424.392406] usbcore: registered new interface driver usbserial
[ 424.392432] usbcore: registered new interface driver usbserial_generic
[ 424.392452] usbserial: USB Serial support registered for generic
[ 424.424231] usbcore: registered new interface driver cp210x
[ 424.424260] usbserial: USB Serial support registered for cp210x
[ 424.424319] cp210x 1-1.2:1.0: cp210x converter detected
[ 424.494921] usb 1-1.2: reset full-speed USB device number 6 using ehci-pci
[ 424.588310] usb 1-1.2: cp210x converter now attached to ttyUSB0
piw@piw-TravelMate-P243:~$
    
```

Gambar 4.4 Port Yang Digunakan Oleh APC220

Ini adalah tampilan saat pemasangan APC220 pada server. Pada Gambar 4.3 APC220 sudah terpasang dan terhubung dengan server serta menggunakan port TTYUSB0 pada sistem yang terlihat pada Gambar 4.4.

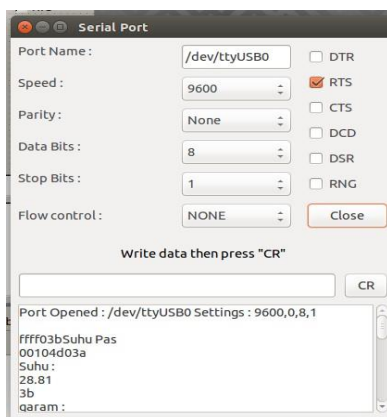


Gambar 4.5 Notifikasi Perangkat Sudah Terpasang Pada Gambah

Selanjutnya pada Gambar 4.5 adalah hasil jika perangkat APC220 sudah terpasang dengan server dan di uji dengan menggunakan Gambah, maka akan muncul notifikasi untuk masuk dan menjalankan sistem monitoring.

4.2.2 Pengujian Protokol APC220

Sebelum melakukan monitoring, dilakukan pengujian protokol APC220 agar mikrokontroller dapat saling berhubungan dengan server yang berbasis linux.



Gambar 4.6 Protokol

Pada Gambar 4.6 menampilkan proses pengambilan data yang menggunakan Serial Port pada Gambah. Pada menu Port Name dapat diatur dengan port yang sebelumnya terdeteksi yang terlihat pada Gambar 4.4, maka akan terlihat protokol yang sudah dibangun untuk menghubungkan antara mikrokontroller dengan server.

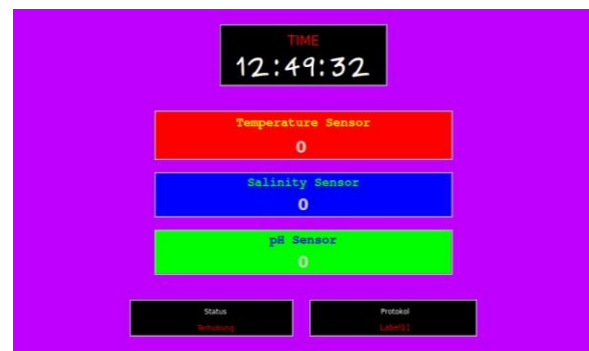
4.2.3 Pengujian Sistem Monitoring

Pengujian sistem monitoring menggunakan aplikasi Gambah yang telah di install di server dengan menggunakan sistem operasi Linux Ubuntu 14.04. pengujian ini memantau keadaan lingkungan sekitar tambak dengan melihat data yang diterima dari sensor lewat tampilan di monitor.

Tabel 4.1 Rumus Konfigurasi Untuk Sensor

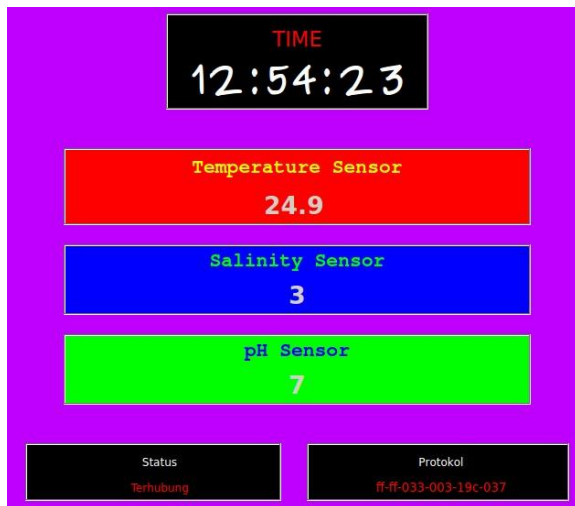
No	Sensor	Rumus Konfigurasi di Gambah
1	Suhu	*0.48828125
2	Kadar Garam/ Salinity	Tidak ada rumus/ sesuai default
3	pH	*3.5 *5 /1024

Letakkan beberapa rumus konfigurasi di aplikasi monitoring Gambah untuk menampilkan data sensor sesuai pada Tabel 4.1.



Gambar 4.7 Tampilan Awal Gambah

Tampilan awal saat menjalankan sistem monitoring yang dilakukan dengan menggunakan aplikasi Gambah terlihat pada Gambar 4.7.

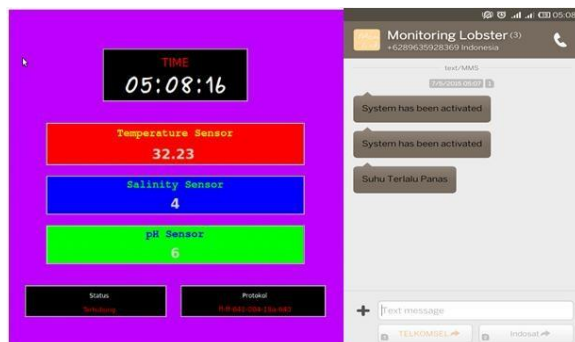


Gambar 4.8 Pengujian Data Sensor

```
ffff03300319a037
Suhu :
24.90
33
garam :
3
3
pH :
7
19a
55
```

Gambar 4.9 Serial Port Arduino

Pada gambar 4.8 data sensor diuji dengan konfigurasi protokol yang sama, lalu hasil data sensor dicocokkan dengan serial arduino pada Gambar 4.9.



Gambar 4.10 Sistem Monitoring Real Time

Pada Gambar 4.10 menampilkan sistem real time pada saat kondisi tambak mengalami perubahan. Perubahan yang terjadi akan terlihat pada layar monitoring, kemudian sistem akan mengirimkan notifikasi pesan peringatan ke ponsel user sesuai dengan waktu kejadian.

Berikut adalah tabel pengujian sistem monitoring yang dilakukan sebanyak 10 kali pengujian :

Tabel 4.2 Tabel Pengujian Sistem Monitoring

No	Protokol	Sensor Suhu °C	Sensor Salinity ‰	Sensor pH	Notifikasi SMS
1	ff-ff-033-003-19c-037	24.9	3	7	Tidak
2	ff-ff-03d-006-19b-039	29.79	6	7	Ya
3	ff-ff-042-003-19b-032	32.22	3	7	Ya
4	ff-ff-032-004-150-034	24.41	4	6	Tidak
5	ff-ff-03d-003-151-03b	29.79	3	6	Tidak
6	ff-ff-03b-004-140-03f	28.81	4	5	Ya
7	ff-ff-040-004-157-039	31.25	4	6	Ya
8	ff-ff-03c-003-155-03a	29.3	3	6	Tidak
9	ff-ff-035-004-0b3-033	25.88	4	3	Ya
10	ff-ff-031-003-19c-037	23.93	3	7	Tidak

Dalam hasil pencapaian yang dilakukan sebanyak 10 kali pengujian, kondisi sekitar tambak lobster air tawar mengalami perubahan yang terlihat pada Tabel 4.2. Perubahan yang terjadi antara lain, suhu air menjadi panas yang seharusnya berada pada batas antara 20 – 31 derajat celcius yang terjadi pada saat siang hari. Selain mengalami perubahan suhu air, kadar garam yang terlarut dalam air juga mengalami peningkatan yang seharusnya berada pada nilai 0 – 4 per-mil yang terjadi karena makanan yang sudah hancur dan bercampur dengan air. pH air juga mengalami perubahan yang terjadi karena kualitas air yang sudah keruh dan asam, sehingga terdeteksi oleh sistem dengan nilai pH kurang dari 6 yang seharusnya berada pada nilai 6 sampai 8. Pada saat terjadi perubahan, sistem akan mengirimkan notifikasi berupa pesan peringatan yang dikirimkan ke ponsel user yang menggunakan sistem SMS Gateway.

4.2.4 Pengujian jarak Jaringan Nirkabel

Tabel 4.3 tabel Pengukuran Jarak Jaringan Nirkabel

No	Jarak Ukur (Meter)	Pengiriman Data Sensor
1	5	Berhasil
2	10	Berhasil
3	15	Berhasil
4	20	Berhasil

5	25	Berhasil
6	30	Berhasil
7	35	Berhasil
8	40	Berhasil
9	45	Berhasil
10	50	Berhasil
11	52	Berhasil
12	54	Tidak Berhasil

Pada pengujian jarak yang dilakukan pada sistem jaringan nirkabel yang dibangun menggunakan APC220 diukur dengan jarak per 5 meter. Setelah 50 meter jarak ukur diperpendek menjadi per 2 meter. Jarak ukur maksimal adalah \pm 52 meter dan jika dilakukan lebih dari ukuran jarak yang disebutkan, maka sistem pengiriman data dari mikrokontroller ke server akan mengalami gangguan atau berhenti.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari pengimplementasian Proyek Akhir ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Wireless Sensor Network dapat diimplementasikan pada budidaya lobster air tawar dengan menggunakan jaringan nirkabel sebagai media komunikasinya.
2. Jaringan Wireless Sensor Network yang digunakan melalui media APC220 dengan jarak maksimal \pm 52 m.
3. Sistem pemantauan otomatis dapat menggunakan aplikasi Gambas dan sistem SMS Gateway.

5.2 Saran

Dalam Proyek Akhir ini memiliki beberapa saran yang bisa dikembangkan agar lebih kompleks dan efisien, antara lain :

1. Membangun satu buah mikrokontroller untuk satu sensor agar lebih efisien dalam menerapkan protokol *routing*-nya.
2. Membangun sistem *routing* dengan mengutamakan konsumsi *power* yang digunakan agar terlihat sensor mana yang paling banyak bekerja.
3. Menambahkan sistem *auto switch* yaitu mengganti sensor yang kehabisan daya dengan sensor yang baru secara otomatis.
4. Membangun sebuah *history* berupa *log* dari data sensor yang diterima dengan membuat database.

Daftar Pustaka

- [1] Lukito, Agung., Surip, Prayugo. 2007. Panduan Lengkap Lobster Air Tawar. [Online]. Available at <https://books.google.co.id/books?id=CAteXX->

15j8C&printsec=frontcover&hl=id/

- [2] Doxygen. 2012. The Contiki Operating System. [Online]. Available at <http://contiki.sourceforge.net/docs/2.6/>
- [3] Sourceforge. 2015. Gambas Almost Means BASIC. [Online]. Available at <http://gambas.sourceforge.net/en/main.html/>
- [4] Indoware. 2015. IComSat v1.0 - SIM900 GSM/GPRS Shield for Arduino. [Online]. Available at <http://indo-ware.com/produk-2337-icomsat-v10--sim900-gsmgprs-shield-for-arduino.html/>
- [5] Dfrobot. 2015. APC220 Radio Communication Module. [Online]. Available at www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&product_id=57#.VX8Qrvmqkqo/
- [6] Khilmy, Zulfa. 2013. Jenis – jenis Protokol dan Fungsinya Pada Jaringan Komputer. [Online]. Available at http://www.kompasiana.com/zulfakhilmy/jenis-jenis-protokol-dan-fungsinya-pada-jaringan-komputer_553009d36ea8344f0f8b45ca/
- [7] Zikrillah. 2011. Pengertian GSM, GPRS, EDGE, UMTS, HSDPA, HSUPA dan HSPA. [Online]. Available at <http://www.zikrillah.com/2011/03/pengertian-gsm-gprs-edge-umts-hsdpa.html>