



TUGAS AKHIR - TJ141502

**PEMANTAUAN DAN PENGATURAN SISTEM
AQUAPONIC NUTRIENT FILM TECHNIQUE (NFT)
BERBASIS *INTERNET OF THINGS (IOT)***

Andre Dwi Herdhiyanto
NRP 0721144000011

Dosen Pembimbing
Arief Kurniawan, ST., MT.
Ahmad Zaini, ST., M.Sc.

DEPATERMEN TEKNIK KOMPUTER
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - TJ141502

**PEMANTAUAN DAN PENGATURAN SISTEM
AQUAPONIC NUTRIENT FILM TECHNIQUE (NFT)
BERBASIS *INTERNET OF THINGS (IOT)***

Andre Dwi Herdhiyanto
NRP 0721144000011

Dosen Pembimbing
Arief Kurniawan, ST., MT.
Ahmad Zaini, ST., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK KOMPUTER
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

[Halaman ini sengaja dikosongkan].



FINAL PROJECT - TJ141502

CONTROLLING AND MONITORING SYSTEM OF AQUAPONIK (NFT) BASED ON INTERNET OF THINGS (IOT)

Andre Dwi Herdhiyanto
NRP 0721144000011

Advisor
Arief Kurniawan, ST., MT.
Ahmad Zaini, ST., M.Sc.

Departement of Computer Engineering
Faculty of Electrical Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2018

[Halaman ini sengaja dikosongkan].

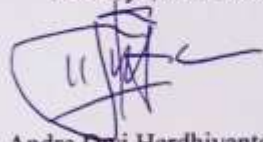
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "**Pemantauan dan Pengaturan Sistem *Aquaponic Nutrient Film Technique (NFT)* Berbasis *Internet Of Things (IOT)***" adalah benar-benar hasil karya intelektual sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya orang lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2018



Andre Dwi Herdhiyanto
NRP. 07211440000101

LEMBAR PENGESAHAN

PEMANTAUAN DAN PENGATURAN SISTEM *AQUAPONIC NUTRIENT FILM TECHNIQUE (NFT) BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)*

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh : Andre Dwi Herdhiyanto (NRP: 07211440000011)

Tanggal Ujian : 29 Juli 2018

Periode Wisuda : September 2018

Disetujui oleh:

Arief Kurniawan, ST., MT.
NIP: 197409072002121001

(Pembimbing I)

Ahmad Zaini, ST., M.Sc.
NIP: 197504192002121003

(Pembimbing II)

Prof. Dr. Ir. Yoyon K. Suprpto, M.Sc.
NIP. 195409251978031001

(Penguji I)

Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT.
NIP: 196806011995121009

(Penguji II)

Muhtadin, ST., MT.
NIP: 198106092009121003

(Penguji III)

Mengetahui
Kepala Departemen Teknik Komputer

Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST., MT.
NIP. 196907301995121001

DEPARTEMEN
TEKNIK KOMPUTER

ABSTRAK

Nama Mahasiswa : Andre Dwi Herdhiyanto
Judul Tugas Akhir : Pemantauan dan Pengaturan Sistem
Akuaponik *Nutrient Film Technique (NFT)* Berbasis *Internet of Things (IOT)*
Pembimbing : 1. Arief Kurniawan, S.T., M.T.
2. Ahmad Zaini, S.T., M.Sc.

Aquaponic NFT system merupakan sistem gabungan antara akua-kultur dan hidroponik NFT. Pada sistem *aquaponic* NFT ini, air akan bersirkulasi terus menerus selama 24 jam. Namun sistem *aquaponic* NFT biasa tidak dilengkapi pengendalian kadar ammonia, kadar keasaman, dan suhu untuk ikan dan tumbuhan. Teknologi *Internet Of Things (IOT)* dapat digunakan untuk pemantauan serta pengaturan sistem *aquaponic* NFT. Sistem pemantauan dan pengaturan yang dikembangkan digunakan untuk menjaga nutrisi dan kondisi air tetap stabil. Pada kondisi yang telah ditentukan, tanaman dapat menyerap kadar alami yang telah disesuaikan unsur hara secara optimal melalui tahap nitrifikasi. Dengan sistem *aquaponic* NFT terpantau pertumbuhan ikan dan tumbuhan lebih optimal dibandingkan dengan sistem Hidroponik NFT tidak terpantau. Pengujian sistem terhadap tanaman dilakukan selama 15 hari. Hasil menunjukkan tanaman yang diletakkan pada sistem *aquaponik NFT* terpantau memiliki jumlah daun sebanyak 14 buah, tinggi tanaman 20.5 Cm, panjang akar 17.5 Cm, dan berat 114.5 gram. Sedangkan tanaman yang diletakkan pada sistem hidroponik tidak terpantau dengan larutan nutrisi *A B mix* memiliki jumlah daun 9 buah, tinggi tanaman 15.8 Cm, panjang akar 30 Cm, dan berat 101.4 gram.

Kata Kunci: Akuaponik NFT, *Internet of Things*, *Wireless Sensor Network*

ABSTRACT

Name : Andre Dwi Herdhiyanto
Title : *Controlling and Monitoring System of Aquaponik (NFT) based on IoT*
Advisors : 1. Arief Kurniawan, S.T., M.T.
2. Ahmad Zaini., S.T., M.Sc.

Aquaponic NFT system is a merging system between aquaculture and hidroponic NFT. In this Aquaponic's system, the water circulation will be circulated in 24 hours. Common Aquaponic's system doesn't have controlling on their level of amonia, pH, and temperature. Internet of Things (IoT) technology can be use to controll and monitor the Aquaponic system. Controll and monitor are developed to keeps the nutrition and stabilize the water condition. In a condition we determined, we want the plant to absorb the nutrients optimally through nitrification process. With monitored Aquaponic NFT system, fish growth of the fishes and plants are growing optimally compared to other common unmonitored aquaponic system. The test of our system to the plants are running for about 15 days. The results show that the plant in monitored aquaponic system have more leafs for about 14 leafs, 20,5 cm heigts, roots 17,5 cm long, and weight 114.5 gram. While the plants in an unmonitored hydroponic with A B mix nutrition have less leaf for about 9 leafs, 15.8 cm heigts, roots 30 cm long, and weight 101.4 gram.

Keywords: NFT Aquaponic , Internet of Things, Wireless Sensor Network

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan berkah, rahmat, serta hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan judul **Pemantauan dan Pengaturan Sistem Aquaponic Nutrient Film Technique (NFT) Berbasis Internet Of Things (IOT)** .

Penelitian ini disusun dalam rangka pemenuhan bidang riset di Departemen Teknik Komputer, serta digunakan sebagai persyaratan menyelesaikan pendidikan S1. Penelitian ini dapat terselesaikan tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Semua keluarga dan kedua orang tua yang telah memberikan dorongan spiritual dan material dalam penyelesaian buku penelitian ini.
2. Bapak Kepala Departemen Teknik Komputer ITS Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T.
3. Bapak Arief Kurniawan, S.T., M.T., dan Bapak Ahmad Zaini, S.T., M.Sc. yang senantiasa memberikan motivasi, bimbingan, dan arahan selama mengerjakan penelitian.
4. Bapak Eko Pramunanto, S.T., M.T., selaku dosen wali yang telah memberikan motivasi dan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini.
5. Bapak-ibu dosen pengajar Departemen Teknik Komputer ITS, atas pengajaran, bimbingan, serta perhatian yang diberikan kepada penulis selama ini.
6. Saudari Alfia Oktriana Syahrani yang senantiasa memberikan dukungan dan motivasi dalam pelaksanaan penelitian ini.
7. Seluruh Staf Departemen Teknik Komputer ITS yang telah membantu penulis dalam hal Administrasi.
8. Teman seperjuangan dalam mengerjakan penelitian (Dian Azmi Habibi, Adrian Kusuma Rahardjo, Fandi Pramono), Serta teman teman angkatan e54 yang selalu motivasi penulis.
9. Seluruh teman-teman *LAB SPR I 12* yang selalu membantu dan menjadi penyemangat dalam penelitian ini.

Kesempurnaan hanya milik Allah SWT, untuk itu penulis memohon segenap kritik dan saran yang membangun. Semoga peneli-

tian ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Surabaya, Juni 2018

Andre Dwi Herdhiyanto

DAFTAR ISI

Abstrak

Abstract

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

NUMENKLATUR

1	PENDAHULUAN	1
1.1	Latar belakang	1
1.2	Permasalahan	2
1.3	Tujuan	3
1.4	Batasan masalah	3
1.5	Sistematika Penulisan	3
2	TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1	Akuaponik NFT	5
2.1.1	pH Larutan	6
2.1.2	Suhu Air	6
2.1.3	Kadar Amonia	7
2.2	<i>Internet of Things</i>	7
2.3	<i>Wireless Sensor Network</i>	8
2.3.1	Topologi <i>Wireless Sensor Network</i>	8
2.3.2	nRF24L01+	9
2.4	Sensor MQ-137	9
2.5	Sensor HC-SR04	11
2.6	Sensor pH	12
2.7	Sensor Suhu DS18B20	15
2.8	Motor <i>Servo</i>	18
2.9	Pompa Peristaltik	19

2.10	Elemen Peltier	20
3	DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM	23
3.1	Desain Sistem	23
3.2	Alur Kerja	26
3.3	Pemrosesan Data di <i>source node</i>	26
3.3.1	Akuisi Data Sensor	26
3.3.2	Pengiriman Data Sensor ke sink	31
3.3.3	Penerimaan Data Paramter Kontrol dari <i>sink</i>	32
3.3.4	Pemrosesan Kontrol	33
3.4	Pemrosesan Data di <i>Sink</i>	37
3.4.1	Pemrosesan Data Sensor oleh <i>Sink</i>	38
3.4.2	Pemrosesan Parameter Kontrol oleh Sink	39
3.5	Pengolahan <i>Database Server</i>	40
3.5.1	Pengolahan Data Sensor	41
3.5.2	Pengolahan Data Parameter Kontrol	41
3.5.3	Pengolahan Data Akuaponik	43
3.6	Pembuatan <i>User Interface</i> Berbasis Aplikasi Android	43
3.6.1	Halaman Awal iKonik	44
3.6.2	Halaman Atur Informasi akuaponik	45
3.6.3	Halaman Pilih akuaponik	46
3.6.4	Menu akuaponik	47
3.6.5	Halaman <i>Monitoring</i> Pada Aplikasi iKonik	48
3.6.6	Halaman Kontrol akuaponik Pada Aplikasi iKonik	50
3.6.7	Halaman History Pada Aplikasi iKonik	53
4	PENGUJIAN DAN ANALISA	55
4.1	Pengujian Proses Pada <i>Source Node</i>	56
4.1.1	Pengujian Proses Kontrol Ketinggian air	57
4.1.2	Pengujian Proses Kontrol Suhu	58
4.1.3	Pengujian Proses Kontrol pH	59
4.1.4	Pengujian Proses Kontrol Gas amonia	62
4.2	Pengujian Proses Pada <i>sink</i>	62
4.3	Pengujian <i>Multi-node</i>	64
4.4	Pengujian <i>Multi-sink</i>	65
4.5	Pengujian Perbandingan Sensor Dengan Alat Yang Umum Digunakan	66

4.5.1	Pengujian Sensor Suhu	66
4.5.2	Pengujian Sensor Ketinggian	67
4.5.3	Pengujian Sensor pH	67
4.5.4	Pengujian Sensor Gas Amonia	69
4.6	Pengujian Aplikasi <i>Android</i>	69
4.6.1	Pengujian Aplikasi Halaman Atur Inforrmasi	69
4.6.2	Pengujian Aplikasi Halaman Kontrol Akua- ponik	70
4.6.3	Pengujian Aplikasi Halaman <i>Monitoring</i> . .	71
4.6.4	Pengujian Aplikasi Halaman <i>History</i>	73
4.6.5	Pengujian <i>Notifikasi Android</i>	73
4.7	Pengujian <i>Maintenance Cost</i> Tanaman	75
4.8	Pengujian Sistem Dengan Tanaman	75
5	PENUTUP	79
5.1	Kesimpulan	79
5.2	Saran	80
	DAFTAR PUSTAKA	81
	LAMPIRAN	85
	Biografi Penulis	91

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

2.1	Aplikasi penggunaan <i>IOT</i>	7
2.2	tipe sensitivitas karakteristik sensor MQ-137 [17] . .	9
2.3	Cara kerja sensor HC-SR04	11
2.4	Skema elektroda kaca pH probe	13
2.5	Konfigurasi pin sensor DS18B20	15
2.6	Peta memori <i>Scratchpad</i> DS18B20	17
2.7	cara kerja motor servo	18
2.8	cara kerja pompa peristaltik	19
2.9	Cara kerja peltier	20
3.1	Blok sirkuit diagram <i>source node</i>	23
3.2	Blok diagram <i>sink</i>	24
3.3	<i>Gambaran umum sistem kerja</i>	25
3.4	Akuisisi data sensor pH	27
3.5	Akuisisi data sensor suhu DS18B20	28
3.6	Akuisisi data sensor gas amonia	29
3.7	Akuisisi data sensor HC-SR04	30
3.8	Alur pengiriman data pada <i>source node</i>	31
3.9	Alur penerimaan data pada <i>source node</i>	32
3.10	Proses kontrol suhu	33
3.11	Proses ketinggian air	34
3.12	Proses kontrol pH	35
3.13	Proses kontrol amonia	36
3.14	Proses kontrol pakan ikan	37
3.15	Alur pengiriman data pada sink ke <i>database server</i> .	38
3.16	Alur pengiriman parameter kontrol oleh <i>sink</i> ke <i>source node</i>	40
3.17	Halaman awal aplikasi iKonik	44
3.18	Halaman atur informasi akuaponik aplikasi iKonik .	45
3.19	Halaman pilih akuaponik pada aplikasi ikonik	46
3.20	Halaman menu akuaponik iKonik	47
3.21	Halaman <i>monitoring</i> akuaponik pada aplikasi iKonik	48
3.22	Pengambilan data sensor dari <i>database server</i>	49
3.23	Halaman kontrol akuaponik	50

3.24	Pengiriman parameter kontrol dari android ke <i>database server</i>	51
3.25	Pengambilan data parameter kontrol dari <i>database server</i>	52
3.26	Halaman history	53
4.1	Spesifikasi sistem secara keseluruhan	55
4.2	Pemasangan sensor	56
4.3	Pemasangan motor <i>peristaltic</i> , motor servo, pemanas, dan pendingin	57
4.4	Grafik penurunan ketinggian air	59
4.5	Grafik penurunan suhu	60
4.6	Grafik penurunan dan peningkatan pH	61
4.7	Grafik peningkatan kadar gas amonia	62
4.8	Halaman Atur Informasi	70
4.9	Halaman kontrol akuaponik	71
4.10	Halaman <i>monitoring</i> akuaponik	72
4.11	Halaman histori akuaponik	73
4.12	Gambar <i>notifikasi</i> perubahan drastis	74
4.13	Grafik pertumbuhan tanaman	76
4.14	Grafik pertumbuhan daun	77
4.15	Grafik pertumbuhan akar	77

DAFTAR TABEL

2.1	Konversi nilai keluaran elektroda pH dalam bentuk milivolt ke nilai pH	14
2.2	Tabel perintah fungsi DS18B20	16
3.1	Format data <i>source node</i> ke sink	31
3.2	Format data sink ke <i>source node</i>	39
3.3	Struktur tabel data_sensor	41
3.4	Struktur tabel data_parameter	42
3.5	Struktur tabel data_posisi	43
4.1	Data <i>source node</i>	58
4.2	Proses kontrol ketinggian air	58
4.3	Proses kontrol suhu	59
4.4	Proses kontrol pH	60
4.5	Proses kontrol pH	62
4.6	Data <i>source node</i> yang diterima <i>sink</i>	63
4.7	Data parameter kontrol	63
4.8	Pengiriman dan penerimaan data dengan Multi-node	64
4.9	Pengiriman dan penerimaan data Multi-sink	65
4.10	Pengujian perbandingan sensor suhu	67
4.11	Pengujian perbandingan sensor ketinggian	67
4.12	Pengujian perbandingan sensor pH	68
4.13	Pengujian tegangan keluaran sensor pH	68
4.14	Pengujian perbandingan sensor gas amonia	69
4.15	Informasi akuaponik	70
4.16	parameter kontrol	71
4.17	Data dari sensor	72
4.18	Hasil pengujian <i>notifikasi</i>	74
4.19	Biaya perawatan akuaponik dalam 1 bulan	75
4.20	Biaya perawatan hidroponik dalam 1 bulan	75

Halaman ini sengaja dikosongkan

NUMENKLATUR

\hat{R}	: Rasio (R_s/R_0)(Tidak ada satuan)
\hat{P}	: Nilai PPM (Mg/L)
x	: Nilai Resistansi gas pada sumbu x (Ω)
y	: Nilai Resistansi gas pada sumbu y (Ω)
m	: Kemiringan garis (Tidak ada satuan)
b	: Titik persimpangan (Tidak ada satuan)
R_1	: Nilai resistansi sensor pada gas (Ω)
R_0	: Nilai resistansi sensor pada udara bersih (Ω)
s	: Jarak antara sensor ultrasonik dengan benda (cm)
t	: selisih waktu pemancaran dan waktu penerimaan gelombang pantul (s)
E	: Beda potensial dinding kaca <i>blub</i> (volt)
R	: Konstanta molar gas (J/kmol)
T	: Temperatur ($^{\circ}C$ /celcius)
F	: Konstanta Faraday (C/mol)
\bar{a} (H_3O^+)	: Aktivitas dari <i>hidronium</i> (Tidak ada satuan)
Y	: Tegangan keluaran sensor (volt)
X	: Nilai pH (Tidak ada satuan)
\bar{d}	: Rata – rata nilai analog (Tidak ada satuan)
\bar{n}	: Nilai VCC (volt)
\hat{D}	: Data yang dibaca sensor DSB20 ($^{\circ}K$)
\hat{T}	: Nilai temperatur suhu ($^{\circ}K$ / Kelvin)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

Penelitian ini di latar belakang oleh berbagai kondisi yang menjadi acuan. Selain itu juga terdapat beberapa permasalahan yang akan dijawab sebagai luaran dari penelitian.

1.1 Latar belakang

Berawal dari masyarakat di perkotaan yang mulai kehilangan lahan sebagai media tanam dan kekurangan air bersih. Hal tersebut bisa terjadi karena banyak kota – kota besar yang berlomba untuk membangun gedung – gedung perkantoran, serta di daerah perkotaan sudah tercemar polutan sehingga sulit mendapatkan air bersih yang sesuai untuk budidaya sayuran dan pembesaran ikan. Namun permasalahan tersebut tidak menjadi masalah setelah ditemukannya sistem *Aquaponic* yang pada dasarnya memanfaatkan sistem resirkulasi. Sistem *Aquaponic* memiliki banyak jenis, salah satu yang sering digunakan adalah sistem *Nutrient Film Technique (NFT)*. Pada sistem akuaponik tertutup, tanaman memanfaatkan unsur hara dari kotoran ikan. Jika kotoran ikan dibiarkan didalam kolam, maka akan menjadi racun bagi ikan[1]. Tanaman disini berfungsi sebagai biofilter yang akan mengurai zat racun tersebut menjadi zat yang tidak berbahaya bagi ikan sekaligus menyuplai oksigen pada air yang digunakan untuk pemeliharaan ikan. Oleh karena itu terjadilah simbiosis mutualisme dalam sistem akuaponik NFT[1].

Petani *Aquaponic NFT* harus mengontrol air yang tersisa pada bak penampungan setiap saat agar tetap bersirkulasi. Selain harus mengontrol kondisi air, petani *Aquaponic* juga harus melakukan kontrol terhadap kondisi nutrisi alami dari sisa pakan dan kotoran ikan terurai dengan bantuan biofilter yang digunakan, serta pemberian pakan ikan disesuaikan jadwal agar tidak berlebihan dan menimbulkan racun. Tentu hal ini menjadi permasalahan apabila sistem *Aquaponic* ingin digunakan oleh orang kantoran yang notabene nya sangat sibuk. Sehingga mereka tidak dapat melakukan kontrol terhadap kondisi air, kondisi nutrisi , dan pemberian pakan ikan. Serta pada akuaponik konvensional tidak dilengkapi pengendalian

kadar keasaman yang dapat menjaga pH dan suhu air. Dimana pH ideal pada sayuran dan ikan secara umum antara 5.5 – 7.5[1]. Sedangkan suhu normal sayuran dan ikan berada di antara 25° – 33° Celcius [1].

Oleh karena itu dibutuhkan suatu alat dimana petani *Aquaponic* dapat memantau dan melakukan pengaturan jarak jauh terhadap kondisi air, kondisi nutrisi, serta pemberian akan ikan pada sistem *Aquaponic* yang mereka miliki. Hal ini diterapkan dengan menggunakan sistem *Internet Of Things (IOT)* merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus[2]. Data – data yang diambil oleh sensor akan di proses oleh *mikrokontroler board* Arduino Uno. Komunikasi yang digunakan antara *mikrokontroler* dan *server* menggunakan *wireless* NRF24L01. Pada akhirnya *server* akan mengirim data pada *smartphone* android petani *Aquaponic*. Sehingga petani *Aquaponic* dapat melakukan pemantauan serta pengaturan terhadap *Aquaponic* mereka.

1.2 Permasalahan

Berdasarkan karakteristik dan prinsip kerja dari sistem akuaponik *Nutrient Film Technique (NFT)*, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Air sebagai media tanam utama dapat mengalami kekurangan.
2. Kadar pH air yang tidak terkontrol dengan baik dapat menyebabkan kadar nutrisi berkurang sehingga berdampak buruk pada kualitas tanaman.
3. Temperatur air yang terkena pancaran sinar Matahari langsung akan tinggi.
4. Kadar Ammonia yang tidak terkontrol dengan baik jika terlalu tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan ikan terganggu.
5. Penjadwalan pemberian pakan ikan yang tidak terkontrol dengan baik akan mengakibatkan peningkatan kadar ammonia.

Permasalahan tersebut dapat menyebabkan nutrisi pada tanaman dan ikan berkurang serta pertumbuhan tanaman dan ikan menjadi tidak optimal.

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah pembuatan sistem akuaponik *Nutrient Film Technique (NFT)* terpantau yang dapat dipantau terhadap kondisi ketinggian air, kondisi suhu air, kondisi pH air, kondisi kadar amonia, dan penjadwalan pemberian pakan ikan serta dapat diatur secara jarak jauh berbasis Android . Sehingga tanaman sayuran memiliki tingkat hasil tanaman yang lebih optimal dibandingkan dengan hidroponik tidak terpantau dengan larutan sama.

1.4 Batasan masalah

Untuk memfokuskan permasalahan yang diangkat maka dilakukan pembatasan masalah. Batasan-batasan masalah tersebut diantaranya adalah:

1. Menggunakan sistem akuaponik *Nutrient Film Technique* dengan ukuran 1,5 meter X 1 meter X 1,8 meter dan media tanam sebanyak 40 buah serta kapasitas kolam ikan 300 L .
2. Pemantauan yang dijalankan adalah pemantauan terhadap kondisi suhu air kolam ikan, ketinggian air bak nutrisi, kondisi pH air kolam ikan, kondisi kadar ammonia di kolam ikan, dan penjadwalan pemberian pakan ikan.
3. Kontrol yang dijalankan adalah kontrol terhadap pendingin dan kontrol terhadap motor pengontrol pH sedangkan untuk ketinggian air hanya mengirimkan pesan aman atau tambah air, begitu juga dengan kadar ammonia hanya mengirimkan pesan aman atau berbahaya.
4. Tidak mempertimbangkan delay pengiriman data.
5. Menggunakan *smart phone* berbasis Android.
6. Komunikasi antara *source node* dan *sink* menggunakan nrf24 + PA + LNA.
7. Tanaman yang digunakan adalah tanaman jenis sayuran sedangkan ikan yang digunakan adalah ikan Nila

1.5 Sistematika Penulisan

Laporan penelitian Tugas akhir ini tersusun dalam sistematika dan terstruktur sehingga mudah dipahami dan dipelajari oleh pembaca maupun seseorang yang ingin melanjutkan penelitian ini. Alur

sistematika penulisan laporan penelitian ini yaitu :

1. BAB I Pendahuluan

Bab ini berisi uraian tentang latar belakang permasalahan, penegasan dan alasan pemilihan judul, sistematika laporan, tujuan dan metodologi penelitian.

2. BAB II Dasar Teori

Pada bab ini berisi tentang uraian secara sistematis teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas pada penelitian ini. Teori-teori ini digunakan sebagai dasar dalam penelitian, yaitu informasi terkait sistem akuaponik *NFT*, teknik - teknik komunikasi *wireless* berbasis NRF24L01 + PA + LNA , dan teori-teori penunjang lainnya.

3. BAB III Perancangan Sistem dan Impementasi

Bab ini berisi tentang penjelasan-penjelasan terkait eksperimen yang akan dilakukan dan langkah-langkah pengambilan data sensor dan proses kontrol hingga ditampilkan pada *smart phone* Android. Guna mendukung itu digunakanlah blok diagram atau *work flow* agar sistem yang akan dibuat dapat terlihat dan mudah dibaca untuk implentasi pada pelaksanaan tugas akhir.

4. BAB IV Pengujian dan Analisa

Bab ini menjelaskan tentang pengujian eksperimen yang dilakukan terhadap proses pengambilan data dari sensor, komunikasi *wireless* berbasis NRF24L01, proses kontrol dan analisa-nya.

5. BAB V Penutup

Bab ini merupakan penutup yang berisi kesimpulan yang diambil dari penelitian dan pengujian yang telah dilakukan. Saran dan kritik yang membangun untuk pengembangan lebih lanjut juga dituliskan pada bab ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Demi mendukung penelitian ini, dibutuhkan beberapa teori penunjang sebagai bahan acuan dan referensi. Dengan demikian penelitian ini menjadi lebih terarah.

2.1 Akuaponik NFT

Teknik budidaya akuaponik merupakan salah satu teknik alternatif budidaya tanaman dan ikan dalam satu tempat di tengah keterbatasan lahan. Teknik ini mengintegrasikan budidaya ikan secara tertutup (*recirculating aquaculture*) yang dipadukan dengan tanaman [1]. Dalam proses ini, tanaman memanfaatkan unsur hara dari kotoran ikan dan sisa pakan ikan yang melalui 2 tahapan proses filtrasi yaitu filter mekanik dan filter biologis.

Sistem akuaponik *NFT* sendiri telah ada sejak dulu pada peradaban Aztek yang telah memiliki sistem pertanian "chinampa". Mereka menumbuhkan tanaman di pulau buatan dan di danau dangkal dengan material organik[1]. Penelitian tentang akuaponik dimulai oleh Universitas Virgin Island sejak tahun 1971. Penelitian berawal dari sulitnya memelihara ikan air tawar dan sayuran di pulau Semiarid, Australia. Namun upaya tersebut mengalami banyak kendala. Barulah pada tahun 1980-an sistem akuaponik mulai berkembang luas, berbagai inovasi yang dilakukan telah mengubah teknologi akuaponik menjadi salah satu sistem memproduksi bahan pangan[1]. Hal itu karena akuaponik hemat energi, mencegah keluarnya limbah ke lingkungan, menghasilkan pupuk organik untuk tanaman, menggunakan kembali air limbah melalui biofiltrasi, dan menjamin produksi bahan pangan melalui multikultur.

Kombinasi antara akuakultur dan hidroponik mampu mendaur ulang air bernutrisi dan juga hemat air untuk pertumbuhan ikan dan tanaman secara terpadu. Jadi pada sistem akuaponik (*NFT*) terjadi simbiosis mutualisme dimana air dalam kolam ikan yang seharusnya diganti secara berkala karena banyak mengandung amonia yang berasal dari sisa pakan ikan serta feses ikan, dapat menjadi nutrisi atau pupuk tanaman dengan bantuan filter biologi untuk memecah

amonia menjadi nitrit dan nitrat[1]. Dengan demikian tanaman mendapat nutrisi dari sisa pakan ikan dan kotoran ikan, sebaliknya air di kolam ikan tidak perlu dilakukan proses penggantian air karena kadar amonia berkurang dengan adanya proses resirkulasi air dimana dijadikan pupuk alami oleh tanaman.

2.1.1 pH Larutan

pH adalah ukuran keasaman atau kebasahan suatu larutan. pH merupakan ukuran + ion hydronium H_3O . Hal ini didasarkan pada skala logaritmik dari 0 sampai dengan 14. pH memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap ketersediaan dan penyerapan beberapa unsur atom 16 yang diperlukan dalam pertumbuhan tanaman. Rentang PH ideal untuk tanaman hidroponik khususnya sayuran adalah 5.5 - 7.5 [1]. Ketika pH berada di bawah kisaran 5.5 - 7.5 maka akan banyak unsur makro (N,P,K, dll) memiliki ketersediaan yang kurang sehingga dapat menyebabkan nutrisi mikro dapat mencapai tingkat beracun. Untuk menyesuaikan konsentrasi pH dengan menggunakan asam untuk menurunkan konsentrasi pH tersebut. Sedangkan untuk meningkat konstentrasi pH digunakan alkali. Jika konstentrasi pH lebih besar dari 7.5 keasaman harus diturunkan dengan menggunakan asam sulfat (H_3PO_4) sebesar 10%. Sementara apabila konsentrasi pH kurang dari 5.5 keasaman dapat dinaikkan dengan larutan KOH sebesar 10%[1].

2.1.2 Suhu Air

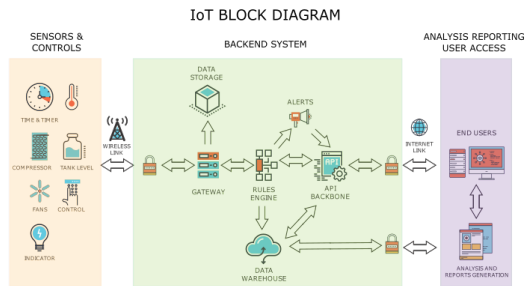
Dalam proses pertumbuhan sayuran, suhu sangat berperan penting dalam proses kimiawi tubuh sayuran. Proses kimiawi tersebut melibatkan peran enzim, garam, dan membrane sel yang akan bekerja secara optimal pada suhu ideal. Di atas atau di bawah suhu ideal proses kimiawi berlangsung lambat atau dapat terhenti sama sekali dalam perbedaan suhu yang ekstrim. Dalam kasus tersebut tanaman menjadi stres dan pertumbuhan akan terhambat. Selain itu penyerapan beberapa unsur hara oleh akar memang dipengaruhi oleh suhu, seperti fosfor. Jika suhu rendah, kemungkinan besar muncul gejala kekurangan unsur fosfor akibat terhambatnya proses penyerapan oleh akar [1]. Pada media tanam hidroponik sayuran suhu ideal yang diperlukan pada dataran rendah berkisar antara $21^{\circ} - 33^{\circ}Celsius$ [1].

2.1.3 Kadar Amonia

Dalam akuaponik kadar amonia sangat perlu diperhatikan karena kadar zat amonia dapat berperan sebagai nutrisi yang dibutuhkan tanaman melalui beberapa proses. Tahapan amonia menjadi nitrat melalui proses filter mekanik terlebih dahulu, proses yang terjadi di filter mekanik yaitu penggumpalan kotoran ikan serta sisa-sisa pakan ikan. Selanjutnya air yang telah melewati filter mekanik akan diproses melalui filter biologis, disini terjadi proses kimiawi yaitu penguraian amonia menjadi nitrit dan selanjutnya nitrit diurai menjadi nitrat dengan bantuan bakteri *Nitrosomonas SP* yang dikenal sebagai proses oksidasi biologi[1]. Nitrit inilah nutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman, akan tetapi bila kadar amonia melebihi batas aman yaitu 3 mg/l akan menghambat pertumbuhan ikan bahkan ikan bisa mati[1]. Oleh karena itu perlu pemantauan secara berkala agar kadar gas amonia tidak melebihi batas aman.

2.2 Internet of Things

Internet of Things (IOT) merupakan objek jaringan fisik yang terdiri dari komponen elektronik, *software*, sensor, dan terhubung dalam satu jaringan internet, sehingga objek tersebut dapat saling bertukar data [3]. Dari Gambar 2.1 salah satu contoh penerapan *IOT* disektor perkebunan dapat digunakan untuk penyiraman otomatis, cek kesuburan tanah, kelembaban tanah dsb. Penerapan *IOT* juga dapat digunakan untuk meningkat produksi perkebunan.



Gambar 2.1: Aplikasi penggunaan IOT[2]

IOT dapat mengontrol semua objek-objek yang dikehendaki oleh suatu *remote* yang terhubung dengan infrastruktur jaringan yang sama, sehingga menjadikan adanya integrasi untuk meningkatkan keuntungan efisiensi, akurasi, dan ekonomi. Batasan *IOT* sangat luas, salah satunya adalah untuk mempermudah proses bekerja bagi para manusia, seperti halnya mengontrol temperatur dan kelembaban udara suatu ruangan dari belahan dunia lain maupun digunakan untuk pemantauan kesuburan tanah untuk pertanian. Semua hal tersebut dapat dilakukan ketika komponen tersebut terhubung pada jaringan internet.

2.3 *Wireless Sensor Network*

Wireless Sensor Network (WSN) didefinisikan sebagai salah satu jenis jaringan *wireless* (nirkabel) terdistribusi yang memanfaatkan teknologi *Embedded System* (sistem tertanam) dan seperangkat *source node*, untuk melakukan proses sensor, pemantauan dan pengiriman data, serta penyajian informasi ke pengguna, melalui komunikasi internet [4] .

2.3.1 Topologi *Wireless Sensor Network*

Pemilihan topologi *WSN* bergantung pada penerapannya [5], sehingga desain dan penyebaran *WSN* harus mempertimbangkan lingkungan dan penerapannya. Sejumlah *slave* dapat diletakkan secara berdekatan untuk meningkatkan akurasi data dan mencapai konektivitas sistem yang lebih baik. Namun, penyebaran *source node* secara berdekatan memiliki beberapa kelemahan, yaitu: konsumsi energi yang tinggi, tabrakan data, gangguan, dll [6]. Pada *source node WSN* terdapat tiga jenis topologi jaringan yang biasa digunakan , yaitu: topologi *star*, topologi *tree* dan topologi *mesh*.

Pemilihan topologi jaringan yang tepat bergantung pada jumlah dan frekuensi data yang akan dikirim, jarak transmisi, daya tahan baterai dan mobilitas *source node* [7]. Topologi fisik *WSN* dapat berubah karena energi yang tersedia, posisi variasi *source node*, kerusakan, reachability (karena kebisingan, cuaca parah, hambatan bergerak, dll), dan rincian tugas *source node* [8].

2.3.2 nRF24L01+

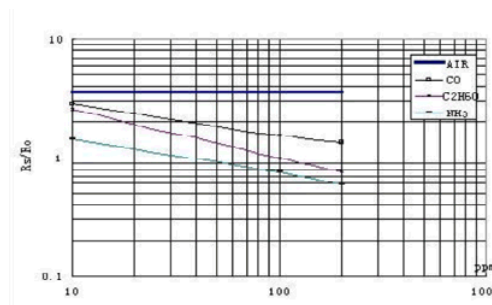
Module Wireless nRF24L01 merupakan *module* yang mempunyai fungsi untuk komunikasi jarak jauh atau *nirkabel* yang memanfaatkan gelombang RF 2.4 GHz yang biasanya diaplikasikan untuk *Scientific*, *Industrial*, maupun *Medical*[9]. Pada modul ini menggunakan antarmuka SPI (Serial Parallel Interface) untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler dalam hal ini Arduino uno. Tegangan operasional normal untuk mengakses module ini yaitu 3.3Vdc, yang biasanya dibantu dengan regulator AMS1117[9].

Module nRF24L01 memiliki perangkat keras yang berupa *baseband logic Enhanced ShockBurst* dan protocol *accelerator* yang memungkinkan untuk berkomunikasi dalam kecepatan tinggi. Selain itu, module ini juga memiliki fitur *true ULP solution*, yang berfungsi sebagai penghemat konsumsi daya sehingga hemat energi. Dan bisa digunakan juga sebagai pembuatan perangkat fitness dan olahraga, pendukung PC, mainan anak-anak, piranti perangkat untuk permainan, dan lainnya.

Beberapa fitur yang dimiliki module nRF24L01 diantaranya data rate yang mencapai 2 Mbps, penanganan transaksi paket otomatis, beroperasi pada pita ISM 2.4 GHz, konsumsi daya yang rendah, serta penanganan paket data otomatis[9].

2.4 Sensor MQ-137

Gambar 2.2 berisi beberapa tipe sensitivitas karakteristik sensor MQ-137 dari beberapa gas di udara.



Gambar 2.2: tipe sensitivitas karakteristik sensor MQ-137 [17]

Sensor MQ-137 adalah salah satu jenis sensor untuk membaca kadar gas MQ-series yang lebih dikhususkan untuk mengukur kadar gas amonia. Nilai *output* yang dibaca dalam satuan PPM atau bisa dinyatakan sebagai miligram per liter (*mg/L*) [17]. *R1/R0* dihitung terlebih dahulu untuk menemukan nilai PPM menggunakan grafik gambar 2.2. Pada persamaan 2.1 dimana R1 adalah resistensi sensor pada konsentrasi gas dan R0 adalah resistansi sensor dalam udara bersih. Dalam nilai pada grafik nilai *R1/R0* konstan untuk udara bersih menjadi 3.6.

$$\log(\hat{R}) = m * \log(\hat{P}) + b \quad (2.1)$$

dimana :

$$\hat{R} = \text{ratio (R1/R0)}$$

$$\hat{P} = \text{PPM}$$

$$m = \text{kemiringan garis}$$

$$b = \text{titik persimpangan}$$

Untuk mendapatkan nilai dari *m*, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.2) :

$$m = \frac{[\log(y2) - \log(y1)]}{[\log(x2) - \log(x1)]} \quad (2.2)$$

$$m = \log(0.8/1) / \log(100/40)$$

$$m = -0.243$$

dimana :

$$y2 = \text{nilai akhir resistansi gas pada sumbu y}$$

$$y1 = \text{nilai awal resistansi gas pada sumbu y}$$

$$x2 = \text{nilai akhir resistansi gas pada sumbu x}$$

$$x1 = \text{nilai awal resistansi gas pada sumbu x}$$

Setelah *m* diketahui, untuk mencari nilai PPM perlu untuk mencari nilai *b* dengan persamaan (2.3)

$$b = \log(y) - m * \log(x) \quad (2.3)$$

$$b = \log(0.75) - (-0.243) * \log(70)$$

$$b = 0.323$$

dimana :

x = nilai resistansi gas pada sumbu x

y = nilai resistansi gas pada sumbu y

Setelah nilai m dan b diketahui maka dapat diketahui nilai PPM dari gas amonia dengan persamaan (2.4).

$$\hat{R} = 10^{[\log(\hat{P}) - b]/m} \quad (2.4)$$

dimana :

$$\hat{R} = R1 / R0$$

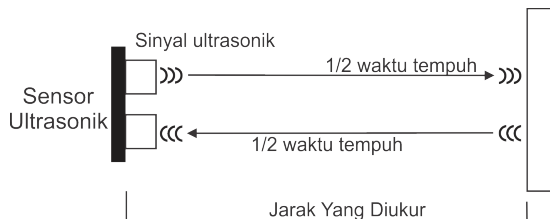
$$b = 0.324$$

$$m = -0.243$$

Selanjutnya persamaan tersebut dapat diterapkan pada pemrograman sensor MQ-137 , R0 pada setiap daerah berbeda-beda tergantung suhu dan daerah tersebut[17].

2.5 Sensor HC-SR04

Sensor HC-SR04 adalah sensor pengukur jarak berbasis gelombang ultrasonik. Prinsip kerja sensor HC-SR04 mirip dengan radar ultrasonik pada kalelawar. Sensor HC-SR04 memiliki 2 komponen utama sebagai penyusunnya yaitu ultrasonic transmitter (pin *trig*) dan ultrasonic *receiver* (pin *echo*). Fungsi dari *ultrasonic transmitter* adalah memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 KHz kemudian *ultrasonic receiver* berfungsi menangkap hasil pantulan gelombang ultrasonik yang mengenai suatu objek, proses ini digambarkan pada gambar 2.3. Sensor HC-SR04 mempunyai kisar-



Gambar 2.3: Cara kerja sensor HC-SR04

an jangkauan maksimal 400-500cm [10].

Sinyal ultrasonik dipancarkan oleh pemancar ultrasonik dengan frekuensi yang umum digunakan adalah 40kHz [10]. Ketika ada pulsa trigger dari mikrokontroler. Sinyal yang dipancarkan dapat merambat sebagai gelombang bunyi dengan kecepatan sekitar 340 m/s. Ketika menumbuk suatu benda, maka sinyal tersebut akan dipantulkan oleh benda tersebut. Selama menunggu sensor ultrasonik akan menghasilkan sebuah pulsa. Ketika gelombang pantulan sampai di sensor ultrasonik (*echo*), pulsa akan berhenti dan pulsa dalam keadaan mati. Oleh karena itu, lebar pulsa tersebut dapat merepresentasikan jarak antara sensor dengan objek. Selanjutnya mikrokontroler mengukur lebar pulsa tersebut dan mengkonversinya kedalam jarak dengan persamaan 2.5 [10] :

$$S = \frac{0,034 \times t}{2} \quad (2.5)$$

dengan :

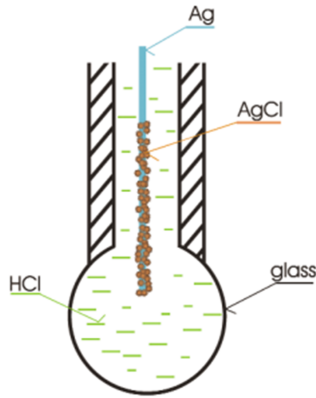
S = jarak antara sensor ultrasonik dengan benda (bidang pantul)

t = selisih antara waktu pemancaran gelombang oleh transmitter dan waktu ketika gelombang pantul diterima receiver.

2.6 Sensor pH

Pada penelitian sensor pemantauan derajat keasaman (pH), sensor pH yang digunakan adalah jenis *Electroda* dari DF Robot. Sensor pH DF Robot merupakan sensor analog yang dirancang khusus untuk *mikrokontroler*. Sensor pH DF Robot dapat mengukur pH pada rentang 0 = 14 pH dengan tingkat akurasi +- 0.1 pada suhu 25° C.

Prinsip kerja utama pH meter adalah terletak pada sensor probe berupa elektrode kaca (*glass electrode*) dengan mengukur jumlah ion H_3O^+ di dalam larutan. Gambar 2.4 merupakan ilustrasi dari elektrode kaca. Ujung elektrode kaca adalah lapisan kaca dengan tebal 0,1 mm yang berbentuk bulat (*bulb*). *Bulb* dipasangkan dengan silinder kaca *non*-konduktor atau plastik memanjang, yang selanjutnya diisi dengan larutan $HCl(0,1mol/dm^3)$. Di dalam larutan HCl, terendam sebuah kawat elektrode panjang berbahan perak yang



Gambar 2.4: Skema elektroda kaca pH probe[11]

pada permukaannya terbentuk senyawa setimbang AgCl . Dengan konstantanya jumlah larutan HCl pada sistem ini membuat elektrode Ag/AgCl memiliki nilai potensial stabil. Inti sensor pH terdapat pada permukaan *bulb* kaca yang memiliki kemampuan untuk bertukar ion positif (H^+) dengan larutan terukur. Kaca tersusun atas molekul silikon dioksida dengan sejumlah ikatan logam alkali.

Inti sensor pH terdapat pada permukaan *bulb* kaca yang memiliki kemampuan untuk bertukar ion positif (H^+) dengan larutan terukur. Kaca tersusun atas molekul silikon dioksida dengan sejumlah ikatan logam alkali. Pada saat *bulb* kaca ini terekspos air, ikatan SiO terprotonasi membentuk membran tipis HSiO^+ .

Pada permukaan *bulb* terbentuk semacam lapisan gel sebagai tempat pertukaran ion H^+ . Jika larutan bersifat asam, maka ion H^+ terikat ke permukaan *bulb*. Maka menghasilkan muatan positif terakumulasi pada lapisan gel. Sedangkan jika larutan bersifat basa, maka ion H^+ dari dinding *bulb* terlepas untuk bereaksi dengan larutan tadi. Hal ini menghasilkan muatan negatif pada dinding *bulb*.

Pertukaran ion hidronium (H^+) yang terjadi antara permukaan *bulb* kaca dengan larutan sekitarnya inilah yang menjadi kunci pengukuran jumlah ion H_3O^+ didalam larutan. Kesetimbangan

pertukaran ion yang terjadi diantara dua fase dinding kaca bulb dengan larutan, menghasilkan beda potensial diantara keduanya. Beda potensial didapat dengan persamaan 2.6 [12].

$$E \approx \left| \frac{RT}{2,303F \log \bar{a} (H_3PO^+)} \right| \quad (2.6)$$

dengan E adalah beda potensial dinding kaca *blub*, R adalah konstanta molar gas yaitu 8,314 J/mol K, T merupakan temperatur dengan satuan Kelvin, F adalah konstanta Faraday sebesar 96.485,3 C/mol, 2,303 adalah angka konversi antara logaritma alami dengan umum, dan $\bar{a} (H_3O^+)$ adalah aktivitas dari hidronium yang mana dapat bernilai rendah ketika konsentrasinya rendah [12]. Pada temperatur 25°C nilai yang didapat dari RT/2,303F mendekati angka 59,16 mV. 59,16 mV menjadi acuan setiap terjadi perubahan 1 satuan pH pada suhu konstan larutan 25°C [12]. Sehingga, keluaran dari sensor pH merupakan milivolt dan perlu dikonversi menjadi nilai pH sesuai dengan yang ditampilkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1: Konfersi nilai keluaran elektroda pH dalam bentuk milivolt ke nilai pH [12]

Voltage (mV)	pH Value	Voltage (mV)	pH Value
414.12	0.00	-414.12	14.00
354.96	1.00	-354.96	13.00
295.80	2.00	-295.80	12.00
236.64	3.00	-236.64	11.00
177.48	4.00	-177.48	10.00
118.32	5.00	-118.32	9.00
59.16	6.00	-59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

Hubungan antara nilai pH dengan tegangan keluaran sensor pH dapat ditentukan dengan menggunakan metode regresi orde 3. Dari metode regresi yang digunakan didapat persamaan 2.7, dari persamaan 2.7 disederhanakan menjadi persamaan 2.8.

$$Y = 0X^3 + 0X^2 - 59.16 \times X + 414.1 \quad (2.7)$$

$$Y = -59.16 \times X + 414.1 \quad (2.8)$$

dengan Y adalah tegangan keluaran sensor pH dan X adalah nilai pH. Pada mikrokontroller sensor pH dapat melakukan pembacaan analog yang selanjutnya dikonversi menjadi tegangan. Nilai tegangan pada mikrokontroller didapat dengan persamaan 2.9.

$$E = \bar{d} \times \bar{n} \times 1023 \quad (2.9)$$

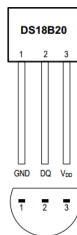
dengan \bar{d} adalah data rata – rata analog, \bar{n} adalah nilai VCC yang dimiliki arduino yaitu 5V. Setelah mendapat nilai pembacaan sensor dalam bentuk tegangan selanjutnya dikonversi menjadi nilai pH dengan persamaan 2.10.

$$pH = E \times 3.5 \quad (2.10)$$

dimana maksimal beda potensial yang dimiliki pH probe adalah 3.5V

2.7 Sensor Suhu DS18B20

Sensor DS18B20 merupakan sensor suhu yang dikeluarkan oleh *Dallas semiconductor*. Pada gambar 2.5 DS18B20 memiliki tiga pin yang terdiri dari VDD(merah), GND(hitam), dan data *input/output* (kuning). GND terhubung dengan ground, VDD terhubung dengan 5V dan data *input/output* terhubung dengan pin Arduino, namun ditambahkan resistor *pull-up* sebesar 4,7 k.



Gambar 2.5: Konfigurasi pin sensor DS18B20 [13]

Sensor DS18B20 merupakan sensor digital sehingga tidak diperlukan rangkaian ADC dan juga termasuk salah satu sensor yang praktis karena hanya membutuhkan satu pin I/O untuk bekerja dengan *mikrontroller*. Sensor DS18B20 memiliki nilai akurasi yang lebih baik daripada sensor LM35. Selain hal itu DS18B20 memiliki sifat *waterproof*. Untuk pembacaan sensor menggunakan protokol *one wire communication*.

Cara kerja sensor DS18B20 adalah konsep *direct-to-digital-temperature-sensor* untuk mendapatkan data konversi sensor maka master dalam hal ini mikrokontroler melakukan fungsi perintah untuk DS18B20. Perintah ini untuk menulis dan membaca memori pada DS18B20. Perintah fungsi DS18B20 seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.2. Fungsi dari perintah tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2: Tabel perintah fungsi DS18B20 [13]

Perintah	Deskripsi	Protokol	Aktifitas jalur 1 wire setelah diberi perintah
Perintah pengkonversian temperatur			
konversi T	Inisialisasi pengkonversian temperatur	44h	DS18B20 mengirimkan status pengkonversian kepada <i>master</i>
Perintah memori			
Membaca <i>Scratchpad</i>	Membaca semua yang ada di <i>Scratchpad</i>	Beh	DS18B20 mengirimkan data sampai 9 <i>byte</i> kepada <i>master</i>
Menulis <i>Scratchpad</i>	Menulis kedalam <i>Scratchpad</i> pada <i>bytes</i> 2, 3, dan 4	4Eh	<i>Master</i> mengirimkan 3 <i>byte</i> data kepada DS18B20
Menyalin <i>Scratchpad</i>	Menyalin data TH, TL, dan <i>register</i> konfigurasi dari <i>Scratchpad</i> ke EEPROM	48h	
Memanggil kembali E^2	Memanggil kembali data TH, TL, dan <i>register</i> konfigurasi dari EEPROM ke <i>Scratchpad</i>	B8h	DS18B20 mengirim status <i>recall</i> pada <i>master</i>
Membaca <i>power supply</i>	Membaca mode <i>power supply</i>	B4h	DS18B20 mengirim status <i>power supply</i> pada <i>master</i>

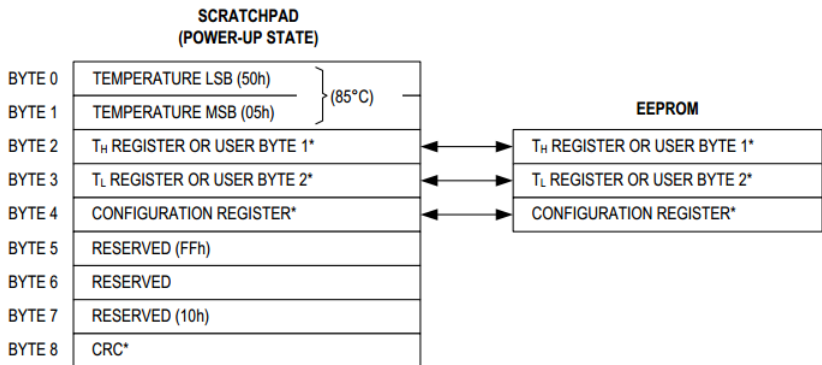
1. Konversi T[44h]

Perintah ini merupakan penginisialisasian untuk proses pengkonversian temperatur. Hasil data temperatur disimpan dalam 2 *byte* register dalam memori *Scratchpad*. Setelah mikrokontroler melakukan perintah Konversi T[44h] maka DS18B20

merespon dengan mengirimkan bit 0 saat pengkonversian temperatur dalam proses dan mengirimkan bit 1 saat pengkonversian telah selesai [13].

2. Membaca *Scratchpad* [4Eh]
 Dengan perintah ini memungkinkan mikrokontroler untuk membaca konten pada *Scratchpad* [13].
3. Menulis *Scratchpad*
 Perintah ini memungkinkan mikrokontroler untuk menulis 3 *byte* data ke memori *Scratchpad* dimana 2 *byte* diisi oleh register TH, *byte* 3 oleh register TL, dan *byte* 4 oleh register konfigurasi [13].
4. Menyalin *Scratchpad*[48h]
 Perintah ini digunakan untuk menyalin konten pada *Scratchpad* yaitu register TH, TL, dan konfigurasi *byte* 2,3, dan 4 pada EEPROM [13].
5. Memanggil Kembali E^2
 Perintah ini untuk memanggil kembali nilai TH dan TL serta data konfigurasi dari EEPROM [13].
6. Membaca *power supply* Perintah ini diberikan agar mikrokontroler melakukan perintah *time slot* [13].

Setelah menerima 9 *byte* data seperti pada Gambar 2.6.



*POWER-UP STATE DEPENDS ON VALUE(S) STORED IN EEPROM.

Gambar 2.6: Peta memori *Scratchpad* DS18B20 [13]

Data tersebut dikonversi menjadi *Raw* data dengan persamaan 2.11 [13].

$$\hat{D} = ((HighByte \ll 8) + LowByte) \quad (2.11)$$

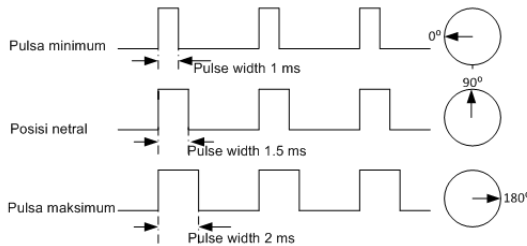
untuk menghasilkan nilai keluaran suhu dengan standart Celcius maka dikonversi dengan persamaan 2.12 [13].

$$\hat{T} = \hat{D} \times 0,0625 \quad (2.12)$$

dimana 0,0625 adalah koefisien konversi antara nilai internal sensor dan suhu sebenarnya - sesuai dengan resolusi 12 bit.

2.8 Motor *Servo*

Motor *servo* adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik *loop* tertutup (*servo*), sehingga dapat di set-up atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros *output* motor. motor *servo* merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian *gear*, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian *gear* yang melekat pada poros motor DC dapat memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor *servo*, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor *servo* seperti pada gambar 2.7. Motor *servo* dikendalikan dengan membe-



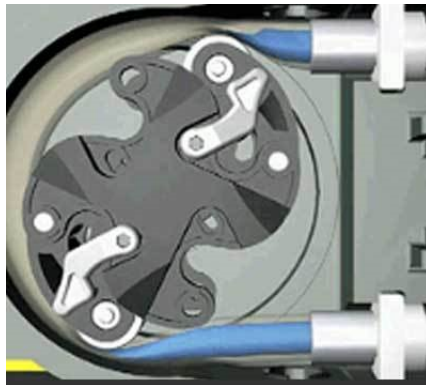
Gambar 2.7: cara kerja motor servo
[15]

rikan sinyal modulasi lebar pulsa (*Pulse Wide Modulation / PWM*)

melalui kabel kontrol. Lebar pulsa sinyal kontrol yang diberikan dapat menentukan posisi sudut putaran dari poros motor *servo*. Sebagai contoh, lebar pulsa dengan waktu 1,5 ms (mili detik) dapat memutar poros motor *servo* ke posisi sudut 90° . Bila pulsa lebih pendek dari 1,5 ms maka dapat berputar ke arah posisi 0° atau ke kiri (berlawanan dengan arah jarum jam), sedangkan bila pulsa yang diberikan lebih lama dari 1,5 ms maka poros motor servo berputar ke arah posisi 180° atau ke kanan (searah jarum jam)[15].

2.9 Pompa Peristaltik

Pompa peristaltik adalah jenis pompa perpindahan positif yang digunakan untuk memompa berbagai cairan. Tabung fleksibel yang dipasang melingkar di dalam casing pompa mengandung fluida. Seperti pada gambar 2.8 sebuah baling-baling dengan sejumlah kawat penggulung, penyeka, atau lekukan melekat pada lingkaran luar baling-baling tabung fleksibel. Ketika baling-baling bergerak, bagian bawah tabung tertekan dan terjepit sehingga menjadi tertutup, dan akhirnya memaksa cairan yang dipompa untuk bergerak melalui tabung[18].



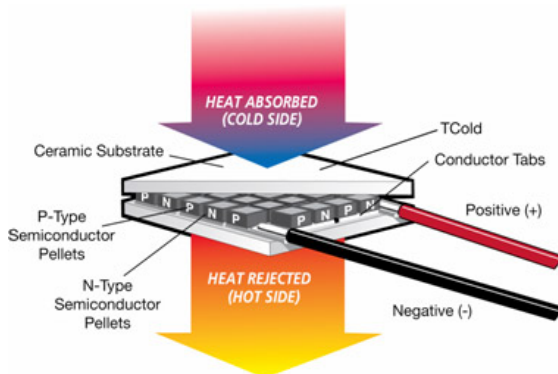
Gambar 2.8: cara kerja pompa peristaltik [18]

Setelah itu, tabung terbuka seperti keadaan semula. setelah meninggalkan roda, aliran fluida diinduksi ke pompa. Proses ini di-

sebut peristaltis dan banyak digunakan dalam sistem biologis seperti saluran pencernaan. Biasanya, ada dua atau lebih kawat pengguling atau lekukan yang menutup tabung, yang juga mengikat tubuh cairan. Tubuh cairan ini kemudian diangkat, pada tekanan lingkungan menuju outlet pompa. Pompa peristaltik dapat terus berjalan, atau dapat diindeks melalui revolusi parsial untuk memberikan jumlah yang lebih kecil dari cairan.

2.10 Elemen Peltier

Peltier merupakan sebuah komponen yang tergolong *thermoelectric*, dimana ketika terjadi perbedaan suhu diantara kedua sisinya maka komponen ini mengubahnya menjadi besaran listrik, begtu juga sebaliknya , ketika suatu tegangan listrik diberikan kepada komponen ini, maka peltier dapat mengubah tegangan listrik menjadi dua suhu yang berbeda. TEC menggunakan beberapa termokopel yang disusun secara seri untuk memudahkan perpindahan panas. Pada umumnya bagian luar peltier di lapiasi dengan sejenis keramik tipis. Seperti yang ditunjukkan Gambar 2.9 material tersebut merupakan semikonduktor yang didalamnya ditambahkan suatu zat tambahan. Zat tambahan tersebut bertujuan untuk memberikan kelebihan elektron bebas (*N-type semiconductor* atau memberikan kekurangan elektron bebas (*P-type semiconductor* [14]. Elemen



Gambar 2.9: Cara kerja peltier [16]

peltier memiliki dua sisi dimana satu sisi bertindak sebagai bagian

panas dan sisi lainnya sebagai bagian dingin. Elektron dari material yang kekurangan elektron (*P-type material*) bergerak ke material yang kelebihan elektron (*N-type material*) [14]. Dalam keadaan ini maka konektor dapat menyerap energi sehingga sisi ini menjadi sisi dingin dari peltier. Disisi lainnya, ketika elektron bergerak dari *N-type* menuju *P-type*, maka pada konektor dapat melepas energi sehingga sisi ini menjadi sisi panas dari peltier. Semakin besar arus yang diberikan dan semakin besar sisi panas dari peltier yang dibuang maka sisi dingin bertambah dingin [14].

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3

DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

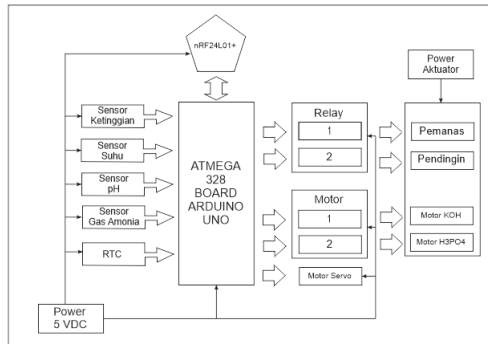
3.1 Desain Sistem

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemantauan dan pengaturan pada sistem Akuaponik NFT dengan prinsip *Internet of Things (IoT)* dan berbasis *Wireless Sensor Network* yang selanjutnya divisualisasikan menggunakan *mobile application* berbasis *Android*.

Untuk memenuhi persyaratan arsitektur perangkat keras dari *Wireless Sensor Network* dan *Internet of Things (IoT)*, sistem ini terdiri dari tiga bagian dasar, yaitu *source node*, *sink* dan *database server*.

1. *Source node*

Pada gambar 3.1 *source node* terdiri dari beberapa komponen yaitu : sensor suhu, sensor pH, sensor ultrasonik (untuk mengukur kedalaman air), sensor gas amonia , mikrokontroller Atmega 328 dengan board Arduino Uno yang di integrasikan dengan nrf24l01, *relay*, *motor peristaltic*, *motor servo*, serta pendingin dan pemanas (*elemen peltier*).

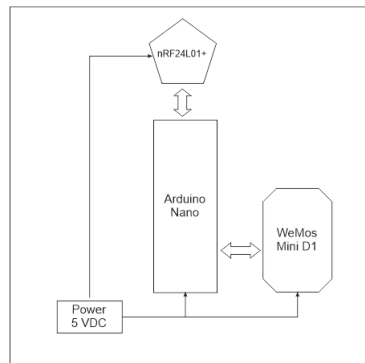


Gambar 3.1: Blok sirkuit diagram *source node*

Mikrokontroler ini di bangun dengan *digital/analog input/output ports*. Gambar 3.1 memperlihatkan *layout hardware source node* yang terdiri dari sensor ketinggian air, sensor suhu, sensor pH, sensor kadar gas amonia, *motor peristaltic*, *motor servo*, serta pendingin dan pemanas (*elemen peltier*) akuaponik. Mikrokontroler akan membaca dan mengumpulkan data mulai dari kondisi suhu, kondisi pH, kondisi amonia dan kedalaman air, serta mengoperasikan *motor peristaltic* larutan H₃PO₄, *motor peristaltic* larutan KOH, *motor servo* pakan ikan, pemanas dan pendingin (*elemen peltier*). Mikrokontroler mengumpulkan dan mengirimkan data sensor serta menerima parameter kontrol menggunakan jaringan *Serial Peripheral Interface(SPI)*.

2. Sink

Pada blok diagram *sink* gambar 3.2, *sink* atau *gateway* terdiri dari *mikrokontroler* Atmega 328 dengan board Arduino nano terhubung secara serial dengan nrf24l01. *Sink* dapat terhubung dengan beberapa *source node*. *Sink* berfungsi untuk memberikan perintah pada *source node* untuk memulai membaca data sensor, memproses data yang didapat dari *source node* untuk selanjutnya diupload ke *database server* menggunakan internet serta mengambil data parameter kontrol dari database server yang kemudian dikirim kepada *source node*.

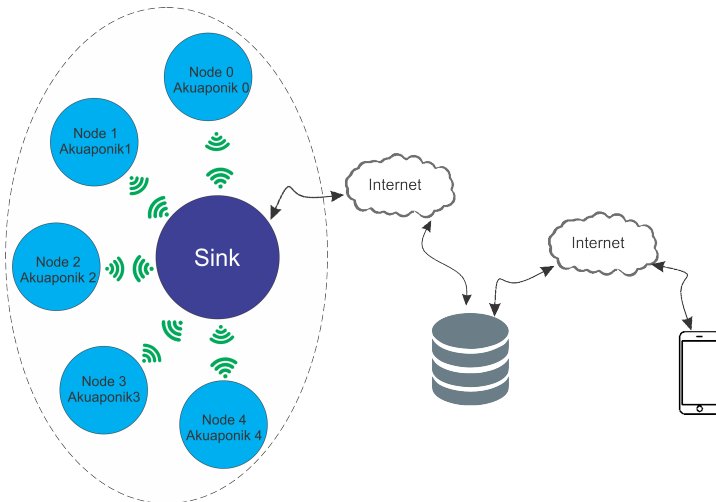


Gambar 3.2: Blok diagram *sink*

Sink akan menerima semua data sensor secara bergantian dari setiap *source node* yang terhubung untuk selanjutnya dikirim ke server. Selain itu *sink* akan mengirimkan parameter kontrol dari server kepada setiap *source node*.

3. *Database Server*

Database Server merupakan tempat penyimpanan data atau susunan *record* setiap data sensor dari *source node* serta data parameter kontrol dan data informasi akuaponik yang dikirim oleh *user*. Gambar 3.3 merupakan gambaran umum keseluruhan sistem. Data sensor yang terdapat pada *database server* selanjutnya akan diakses oleh *user* melalui *smartphone* berbasis *Android* yang dimilikinya. *Database server* juga menerima masukan parameter kontrol yang dikirimkan oleh *user* untuk selanjutnya diteruskan ke *sink* yang akan dikirimkan kesetiap *source node*.



Gambar 3.3: *Gambaran umum sistem kerja*

3.2 Alur Kerja

Pada tahap ini memberikan penjelasan mengenai rancangan sistem secara rinci. Rancangan sistem perangkat lunak menggunakan pustaka Arduino untuk pembacaan sensor dan kontrol pada *source node*, struktur data php pada *gateway* dan pustaka *Android* untuk pembuatan aplikasi *android*. Secara keseluruhan gambaran umum sistem kerja ditunjukkan dengan Gambar 3.3 yang meliputi:

1. **Pemrosesan pada *source node***
 - (a) Pengambilan data sensor
 - (b) Pengiriman data sensor ke *sink*
 - (c) Penerimaan parameter kontrol dari *sink*
 - (d) Proses kontrol
2. **Pemrosesan data di *Sink***
 - (a) Penerimaan data sensor dari *source node* dan pengiriman data sensor ke *database server*
 - (b) Pengambilan parameter kontrol dari *database server* dan pengiriman data parameter kontrol ke *source node*
3. **Pengolahan Data di *Database server***
 - (a) Pengolahan data sensor
 - (b) Pengiriman data parameter kontrol
4. **Visuliasasi Data di *Smartphone Android***
 - (a) Pengambilan data sensor dari server
 - (b) Pengiriman data parameter kontrol ke server

3.3 Pemrosesan Data di *source node*

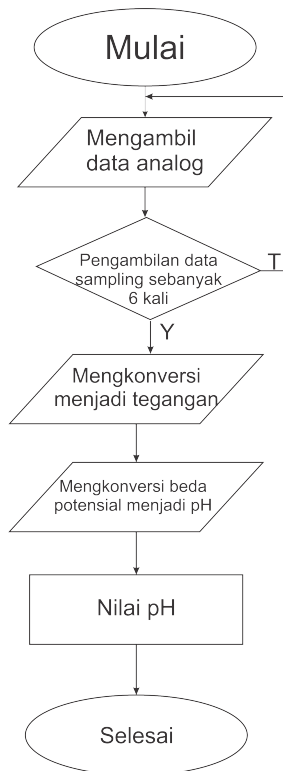
Pada tahapan pemrosesan data di *source node* bertujuan untuk mendapatkan data sensor dari setiap sensor yang selanjutnya dikirimkan ke *sink* dan kemudian *source node* mendapatkan data parameter kontrol dari *sink* yang berasal dari *database server*. Berikut ini adalah berbagai proses yang dilakukan pada *source node*:

3.3.1 Akuisi Data Sensor

Data masukan yang digunakan adalah hasil perekaman sensor – sensor yang diletakkan pada bak kolam ikan sistem akuaponik *NFT*. *Source node* yang diletakkan pada setiap bak kolam ikan akuaponik membaca kondisi pH air, kondisi suhu air, kondisi kadar gas amonia dan ketinggian air melalui sensor pH , sensor suhu, sensor gas amonia, dan sensor ultrasonik.

3.3.1.1 Akuisi Data Sensor pH

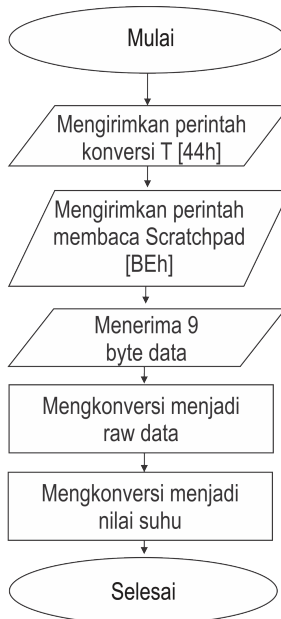
Sensor pH melakukan pembacaan analog. Data analog yang diperoleh dikonversi menjadi tegangan dengan mengambil pembacaan *sampling* data sebanyak 6 kali dan di rata – rata. Dari rata – rata *sampling* data yang di dapat akan dikonversi menjadi nilai tegangan dengan persamaan 2.9. Setelah mendapatkan data tegangan dengan nilai milivolt, data tegangan dikonversi menjadi nilai pH dengan persamaan 2.10. Diagram alir proses akuisisi data sensor pH seperti yang digambarkan Gambar 3.4.



Gambar 3.4: Akuisisi data sensor pH

3.3.1.2 Akuisi Data Sensor Suhu

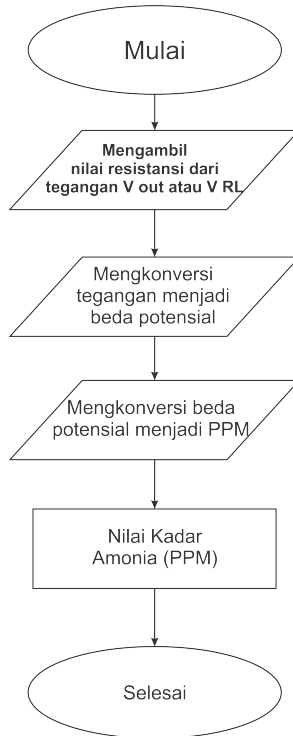
Nilai pengukuran suhu didapatkan dengan cara mikrokontroler mengirimkan perintah konversi T[44h] kepada sensor DS18B20. Ketika sensor menerima perintah tersebut, sensor akan memulai mengambil data pengukuran dengan menghasilkan 2 byte data. Proses ini butuh waktu kurang lebih 750 milidetik. Hasil dari pengukuran tersebut disimpan dalam *Scratchpad*. Setelah data tersimpan dalam *Scratchpad*, mikrokontroler akan mengirimkan perintah membaca *Scratchpad* [BEh] dan akan menghasilkan 9 byte data seperti pada Gambar 2.6. Data tersebut akan diubah menjadi *Raw* data menggunakan persamaan 2.11. Selanjutnya data yang dihasilkan oleh *Raw* data akan dikonversi menjadi nilai suhu Celcius menggunakan persamaan 2.12. Diagram alir akuisi data sensor suhu DS18B20 seperti yang digambarkan Gambar 3.5.



Gambar 3.5: Akuisi data sensor suhu DS18B20

3.3.1.3 Akuisi Data Sensor Gas amonia

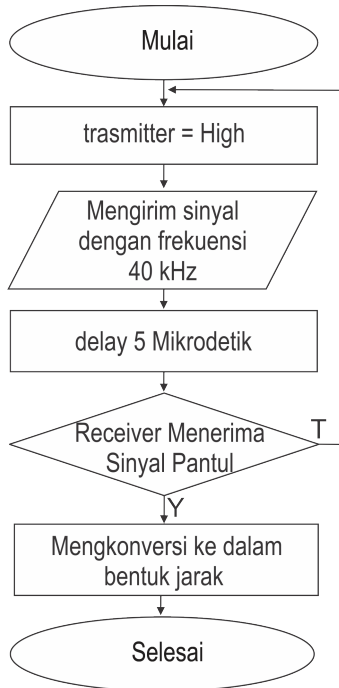
Sensor gas amonia melakukan pembacaan nilai resistansi apabila terdapat gas amonia disekitar sensor. Nilai resistansi diperoleh dari tegangan V_{out} atau tegangan pada RL. Dari data yang didapat akan dikonversi menjadi beda potensial dengan persamaan 2.1. Setelah mendapatkan data tegangan, beda potensial dan nilai resistansi, data dikonversi menjadi nilai PPM dengan persamaan 2.4. Diagram akuisi data sensor gas amonia seperti yang digambarkan Gambar 3.6.



Gambar 3.6: Akuisi data sensor gas amonia

3.3.1.4 Akusisi Data Sensor HCSR04

Sensor akan mendapatkan pulsa *trigger* (*High Pulse*) selama 5 mikro detik. Ketika sinyal mengenai objek maka sinyal akan dipantulkan kembali. Sinyal akan ditangkap oleh *receiver* pada sensor. Jika *receiver* pada sensor menerima sinyal pantulan dari objek maka waktu antara pengiriman sinyal dan penerimaan sinyal akan dikonversikan kedalam satuan jarak sesuai dengan persamaan 2.5. Apabila *receiver* pada sensor tidak menerima sinyal pantul maka sensor tetap akan mengirimkan sinyal kepada objek. Diagram alir akusisi data sensor HCSR04 seperti yang digambarkan Gambar 3.7.



Gambar 3.7: Akusisi data sensor HC-SR04

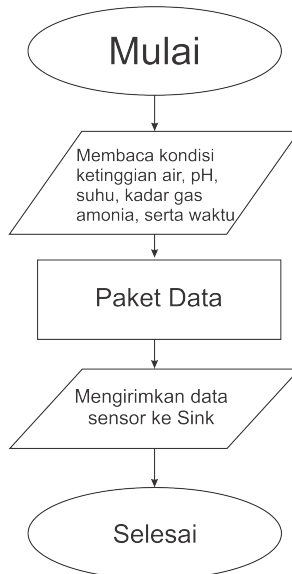
3.3.2 Pengiriman Data Sensor ke sink

Dengan modul nRF2401, data sensor yang didapat dikemas dalam satu *frame* paket data. Format pengiriman data sensor ke sink seperti yang ditampilkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Format data *source node* ke sink

0	1	2	3	4	5
Id source node	ketinggian air	suhu	pH	amonia	jam

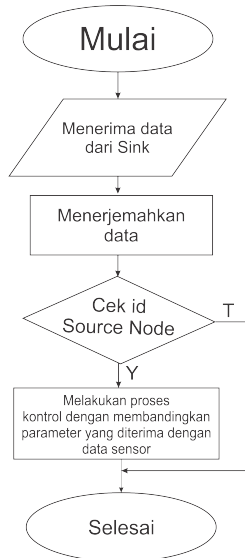
Pada *array* nomor 0 berisi id *source node*, *array* nomor 1 sampai dengan nomor 4 berisi hasil akuisisi data sensor, sedangkan *array* nomor 5 berisi kondisi waktu saat ini. Proses pengiriman data di *source node* digambarkan pada Gambar 3.8



Gambar 3.8: Alur pengiriman data pada *source node*

3.3.3 Penerimaan Data Paramter Kontrol dari *sink*

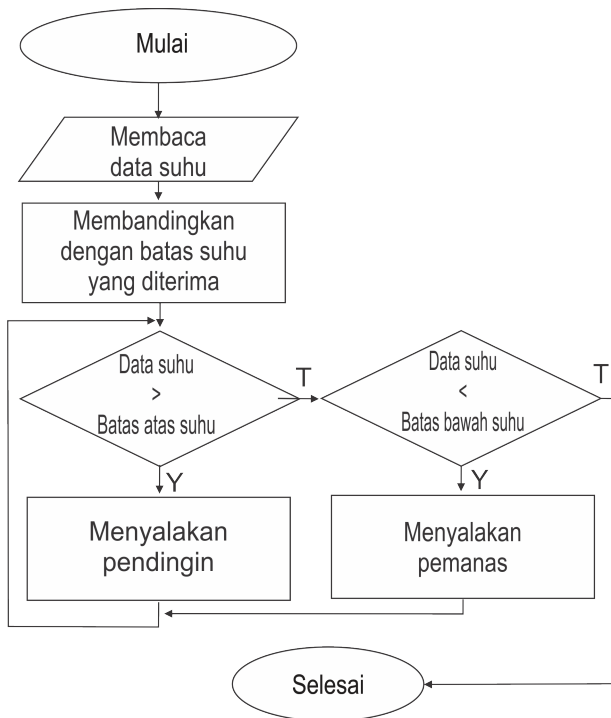
source node menerima paket data parameter kontrol hasil kiriman balik dari *sink* atau *gateway* yang berisikan data parameter kontrol dari hasil masukan pengguna melalui *smartphone*. Panjang data parameter kontrol yang diterima *source node* sama dengan panjang banyaknya karakter pada data yang dikirimkan oleh *gateway*. Setelah menerima paket data *source node* akan menerjemahkan paket data yang diterima. Data *array* pertama pada paket data yang diterima berisi *id source node*. *source node* akan melakukan pengecekan terhadap *id source node* yang diterima. Jika *id source node* sesuai dengan *id* yang dimiliki *source node* maka data akan diterima dan dibandingkan dengan data sensor untuk perlakuan proses kontrol. Namun jika *id source node* yang diterima tidak sesuai dengan *id* yang dimiliki *source node* maka *source node* akan mengabaikan paket data yang diterima. Diagram alir dari penerimaan data pada *source node* dapat diamati pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9: Alur penerimaan data pada *source node*

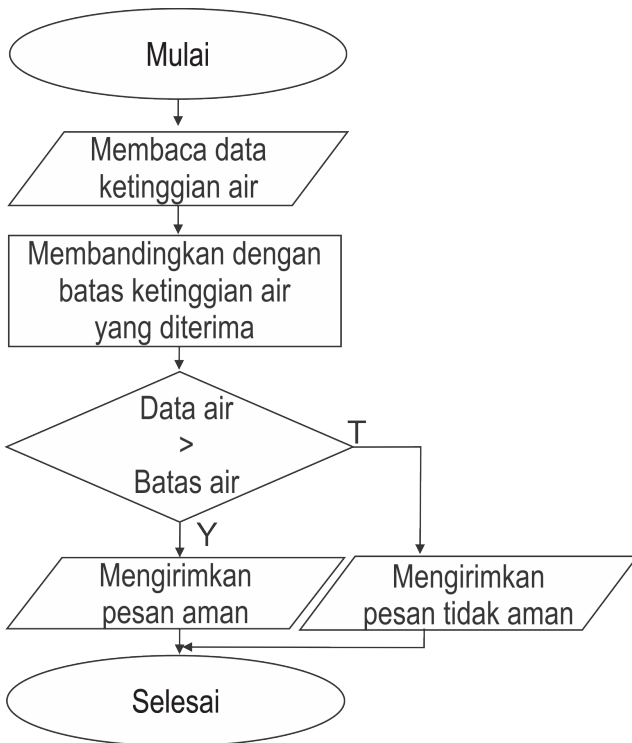
3.3.4 Pemrosesan Kontrol

Data parameter kontrol yang dikirimkan oleh sink akan digunakan untuk proses kontrol. Jika data suhu yang dibaca oleh sensor lebih dari batas suhu maksimal yang dikirimkan *sink*, maka sistem akan menyalakan pendingin sampai suhu kurang dari batas suhu maksimal. Sedangkan, jika data suhu yang dibaca oleh sensor kurang dari batas suhu minimal yang dikirimkan oleh sink maka pemanas akan menyala sampai suhu berada diatas batas suhu minimal, dan jika data suhu yang dibaca oleh sensor berada diantara batas suhu maksimal dan batas suhu minimal maka pendingin dan pemanas dalam kondisi tidak menyala seperti yang digambarkan Gambar 3.10.



Gambar 3.10: Proses kontrol suhu

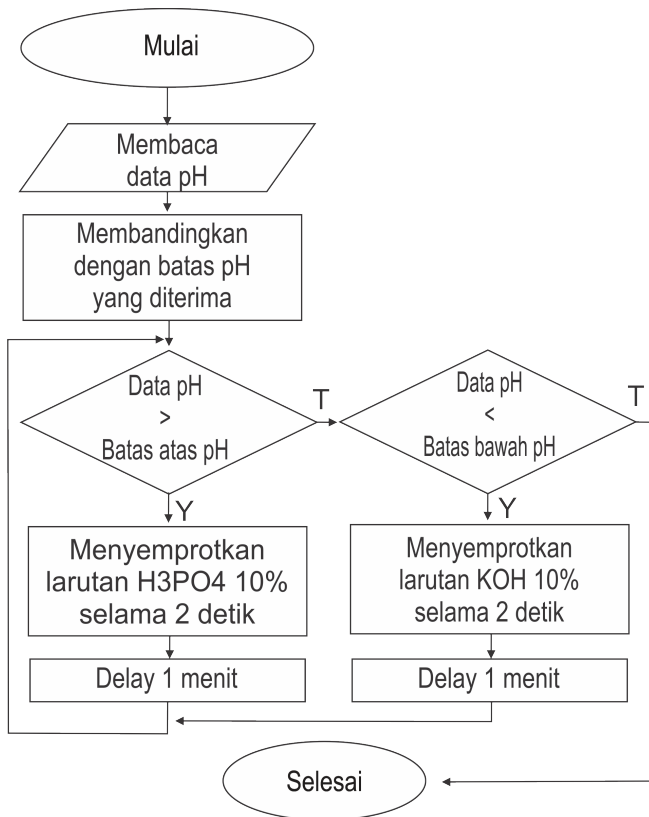
Jika data ketinggian air pada bak nutrisi yang dibaca oleh sensor kurang dari batas ketinggian air *minimal* yang dikirimkan *sink*, maka sistem akan mengirimkan dan menampilkan pesan bahaya ke pengguna melalui aplikasi *smartphone* berbasis *android*. Sedangkan, jika data ketinggian air pada bak nutrisi yang dibaca oleh sensor lebih dari batas ketinggian air *minimal* yang dikirimkan *sink*, maka sistem akan mengirimkan dan menampilkan pesan aman ke pengguna melalui aplikasi *smartphone* berbasis *android* seperti yang digambarkan Gambar 3.11.



Gambar 3.11: Proses ketinggian air

Jika data pH yang dibaca oleh sensor lebih dari data batas atas pH yang dikirimkan sink, maka motor peristaltik pengontrol asam

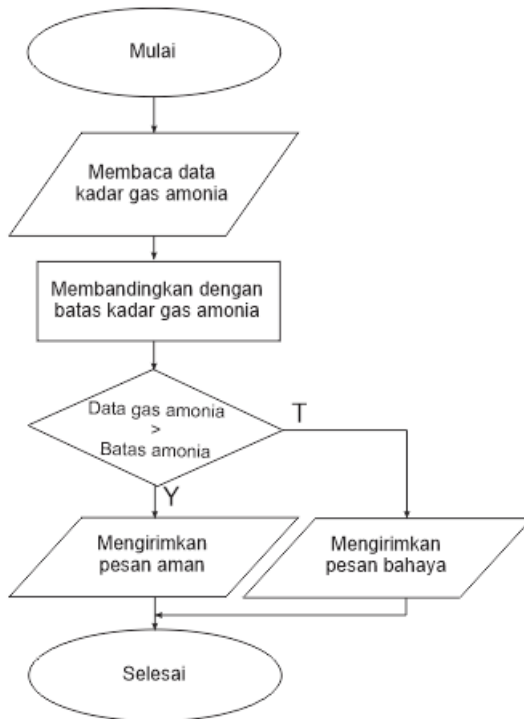
menyala dan menyemprotkan larutan H_3PO_4 ke dalam tandon selama 2 detik sampai mencapai rentan pH yang diinginkan pengguna. Sedangkan, jika data pH yang dibaca oleh sensor kurang dari data batas bawah pH yang dikirimkan sink, maka motor peristaltik pengontrol basa menyala dan menyemprotkan larutan KOH ke dalam tandon sampai mencapai rentan pH yang diinginkan pengguna seperti yang digambarkan Gambar 3.12.



Gambar 3.12: Proses kontrol pH

Jika data kadar gas amonia yang dibaca oleh sensor kurang dari batas kadar gas amonia *maksimal* yang dikirimkan *sink*, maka

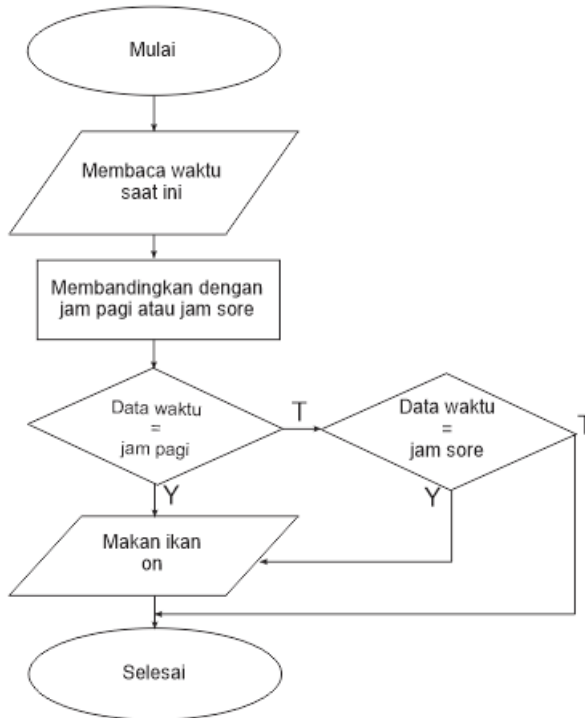
sistem akan mengirimkan dan menampilkan pesan aman ke pengguna melalui aplikasi *smartphone* berbasis *android*. Sedangkan, jika data kadar gas amonia yang dibaca oleh sensor lebih dari batas kadar gas amonia *maksimal* yang dikirimkan *sink*, maka sistem akan mengirimkan dan menampilkan pesan bahaya ke pengguna melalui aplikasi *smartphone* berbasis *android* seperti yang digambarkan Gambar 3.13.



Gambar 3.13: Proses kontrol amonia

Sedangkan jika data waktu yang dibaca sistem sama dengan data jam pagi ataupun jam sore sesuai dengan data yang dikirimkan *sink*, maka pakan ikan (motor *servo*) dalam keadaan menyala. Sedangkan, jika data waktu yang dibaca sistem tidak sama dengan

data jam pagi ataupun data jam sore yang dikirimkan *sink*, maka pakan ikan (motor *servo*) dalam keadaan tidak menyala seperti yang digambarkan Gambar 3.14



Gambar 3.14: Proses kontrol pakan ikan

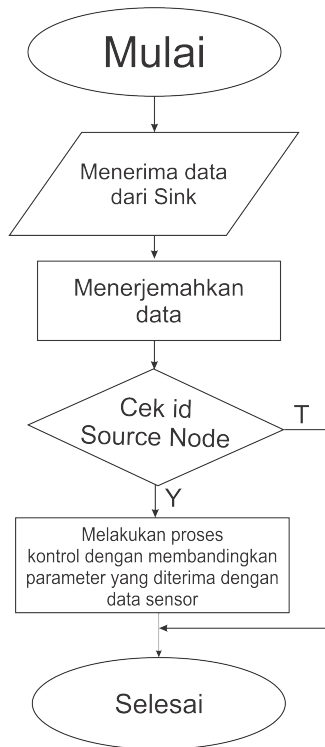
3.4 Pemrosesan Data di *Sink*

Sink memproses data sensor yang diterima dari *source node* untuk memastikan data – data dari sensor dapat diolah. Sink melakukan pemecahan paket data dari keseluruhan paket data yang diterima. Selanjutnya data sensor dimasukkan ke variabel untuk dikirimkan ke *database server*. Setelah itu gateway mendapatkan balasan berupa data parameter kontrol dari *database server* dan

dikirimkan ke setiap *source node*.

3.4.1 Pemrosesan Data Sensor oleh *Sink*

Frame yang telah diterima oleh sink tersebut berisi *id source node*, data sensor pH, data sensor suhu, kondisi ketinggian air, kondisi kadar gas amonia, serta data waktu sekarang diproses dan diterjemahkan kedalam bentuk variabel string agar dapat dikirimkan ke server. Diagram alir untuk proses pengiriman data ke server dari gateway dapat diamati pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15: Alur pengiriman data pada sink ke *database server*

Setelah pemrosesan data dilakukan, maka pengiriman data ke server dilakukan. Data yang dikirimkan adalah pH, suhu, ketinggi-

an air, kadar gas amonia, data waktu sekarang dan identitas *source node* yang mengirim data. Identitas tersebut berguna pada saat pengambilan data oleh *Smart phone* pengguna dan pengiriman parameter kontrol. Pengiriman data dari gateway ke server dilakukan dengan menggunakan *method GET*, *method GET* mengirimkan pesan request untuk mengirimkan data sensor ke *URL* tertentu. *URL* yang dituju adalah alamat program *PHP script* yang tersimpan pada server untuk diakses. Dalam program tersebut terdapat perintah-perintah yang dibutuhkan dalam memasukan data ke *database server*.

3.4.2 Pemrosesan Parameter Kontrol oleh Sink

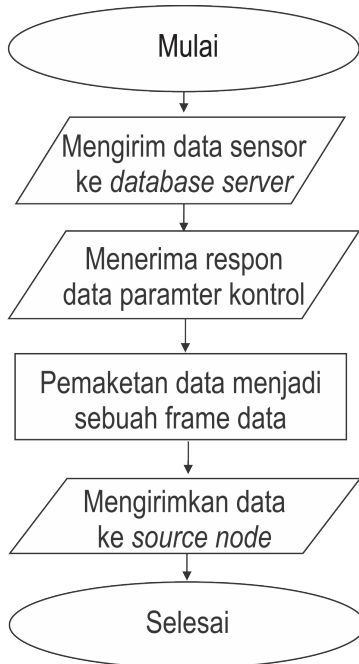
Setelah pengguna mengisi parameter kontrol melalui *smartphone* selanjutnya data tersebut akan diteruskan ke database server, berikutnya data parameter kontrol diambil oleh sink dari database server untuk dikirim ke *source node*. Proses pengambilan data tabel data_parameter di *database server* oleh sink merupakan respon yang diterima oleh sink pada saat sink mengirimkan data sensor yang didapat dari *source node*. Data yang diambil dari *database server* merupakan data yang memiliki *id source node* sama dengan *source node* serta merupakan data parameter kontrol terakhir yang diisi oleh pengguna. Data yang diambil selanjutnya dijadikan sebuah data dalam satu *frame* dengan format seperti pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2: Format data sink ke *source node*

0	1	2	3	4	5	6	7	8
Id source node	Batas ketinggian Air	Batas suhu atas	Batas suhu bawah	Batas pH atas	Batas pH bawah	Batas amonia	Jam pagi	Jam sore

Pada *array* nomor 0 berisi *id source node* dan *array* nomor 1 sampai dengan *array* nomor 4 masing masing berisi batas maksimal ketinggian air, batas suhu atas, batas suhu bawah, batas pH atas, serta batas pH bawah.

Paket data tersebut dikirimkan kesemua *source node* dengan metode *broadcast*. Diagram alir pengiriman parameter kontrol oleh sink ke *source node* pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16: Alur pengiriman parameter kontrol oleh *sink* ke *source node*

3.5 Pengolahan *Database Server*

Database server yang digunakan berbasis *cloud* dengan *url* : *computer-its.com*. Pada *database server* disiapkan sebuah database yang berisi dua buah tabel yaitu tabel *data_sensor* dan tabel *data_parameter*. Tabel *data_sensor* berfungsi untuk menerima data sensor dari setiap *source node*. Sedangkan, tabel *data_parameter* berfungsi menerima data parameter kontrol dari pengguna.

3.5.1 Pengolahan Data Sensor

Pada tabel `data_sensor` terdapat tujuh kolom seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 3.3. Kolom pertama berisi *id* data diatur *Auto_Increment* sehingga secara otomatis akan bertambah apabila terdapat data baru. Kolom kedua berisi *id source node* setiap *source node*. Kolom ketiga berisi data sensor kedalaman air dengan tipe data *decimal 8,2*. Kolom keempat berisi pembacaan data sensor kondisi suhu dengan tipe data *decimal 8,2*. Kolom kelima berisi data sensor pH dengan tipe data *decimal 8,2*. Kolom keenam berisi data sensor kadar gas amonia dengan tipe data *decimal 8,2*. Serta kolom ketujuh berisi waktu yang secara otomatis diperbaruhi sesuai waktu yang terdapat pada *database server*.

Tabel 3.3: Struktur tabel `data_sensor`

No	Nama kolom	Type data
1	id	int(11)
2	idnode	int(11)
3	air	decimal(8,2)
4	suhu	decimal(8,2)
5	ph	decimal(8,2)
6	amonia	decimal(8,2)
7	waktu	timestamp

Data sensor yang diterima pada server berupa sebuah string yang dititipkan pada pesan *request* menggunakan *method GET*. Data sensor tersebut didefinisikan kesebuah variabel masing-masing yang berisikan data sensor yang dimaksud.

Data pada tabel `data_sensor` selanjutnya diakses oleh *Smart phone* pengguna dengan menggunakan *method GET*.

3.5.2 Pengolahan Data Parameter Kontrol

Terdapat 10 buah kolom pada tabel `data_parameter`. Kolom pertama merupakan id data, id diatur *Auto_Increment* sehingga secara otomatis akan bertambah apabila terdapat masukan data parameter kontrol baru dari pengguna. Kolom kedua berisi waktu yang secara otomatis diperbaruhi sesuai waktu yang terdapat pada *database server*. Kolom ketiga merupakan *id source node* sehingga

data paramater kontrol yang dikirim oleh pengguna akan dikirimkan ke *source node* yang memiliki id sama dengan *id source node*. Kolom keempat berisi batas ketinggian air yang dikirimkan pengguna. Kolom kelima berisi data masukan berupa batas *maksimal* suhu air yang diinginkan pengguna. Kolom keenam berisi data masukan berupa batas *minimal* suhu air. Kolom keenam berisi data masukan berupa batas atas pH air yang diinginkan pengguna. Kolom ketujuh berisi data masukan berupa batas bawah pH air yang diinginkan pengguna. Kolom kedelapan berisi data masukan berupa batas *maksimal* kadar gas amonia yang diinginkan pengguna. Kolom kesembilan dan kesepuluh berisi data masukan berupa waktu untuk penjadwalan pakan ikan yang diinginkan pengguna seperti yang ditampilkan oleh Tabel 3.4.

Tabel 3.4: Struktur tabel data_parameter

No	Nama kolom	Type data
1	id	int(11)
2	waktu	timestamp
3	idnode	int(11)
4	bataspHatas	decimal(8,2)
5	bataspHbawah	decimal(8,2)
6	batassuhuatas	decimal(8,2)
7	batassuhubawah	decimal(8,2)
8	batasamonia	decimal(8,2)
9	jam pagi	timestamp
10	jam sore	timestamp

Sama halnya dengan tabel data_sensor data yang diterima pada tabel data_parameter berupa sebuah string yang dititipkan pada pesan *request* dengan menggunakan *method GET*. Data parameter kontrol tersebut didefinisikan kesebuah variabel masing-masing yang berisikan data yang dimaksud. Data parameter kontrol pada tabel data_parameter selanjutnya akan diambil oleh *sink* yang dititipkan pada pesan *response* dengan menggunakan *method GET*. Data diambil saat *sink* mengirimkan *request* data pembacaan pada *source node*.

3.5.3 Pengolahan Data Akuaponik

Pada tabel data_akua terdapat enam buah kolom seperti yang ditampilkan oleh Tabel 3.5. Kolom pertama merupakan *id source node*, *id node* diatur sebagai *primary key* dan bersifat sehingga *id source node* berbeda antara baris satu dengan baris lainnya. Apabila *id source node* sudah ada maka data yang ada akan di perbarui dengan data masukan pengguna yang terbaru. Apabila *id source node* belum ada maka data masukan pengguna akan ditambahkan ke dalam baris baru. Kolom kedua merupakan nama akuaponik . Kolom ketiga merupakan jenis tanaman. Kolom keempat merupakan waktu mulai menanam akuaponik. Kolom kelima dan keenam berisi *latitude* dan *longitude*.

Tabel 3.5: Struktur tabel data_posisi

No	Nama kolom	Type data
1	idnode	int(3)
2	nama	varchar(255)
3	jenis	varchar(255)
4	waktutanam	date
5	latitude	double
6	longitude	double

Data yang diterima pada tabel data_akua merupakan data yang dikirimkan oleh pengguna yang dititipkan pada pesan *request* menggunakan *method GET*. Data yang terdapat pada tabel data_akua akan digunakan untuk menunjukkan posisi akuaponik serta informasi akuaponik kepada pengguna melalui Aplikasi.

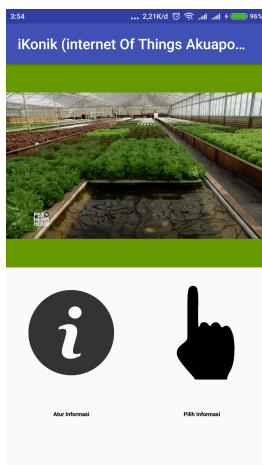
3.6 Pembuatan *User Interface* Berbasis Aplikasi Android

User-interface digunakan sebagai media interaksi antara *source node* dengan pengguna. *User-interface* ini diberi nama iKonik(*internet of things Aquaponic*) dan diimplementasikan di dalam piranti Android. Sehingga dibutuhkan beberapa fungsi yang dapat menyajikan data yang dapat dimengerti oleh pengguna dan dapat berinteraksi agar *source node* dapat bekerja sesuai dengan keinginan dari pengguna. iKonik berfungsi sebagai pemberi informasi dan

mengirimkan data parameter kontrol sesuai keinginan pengguna. iKonik dibagi menjadi beberapa *scene* yaitu halaman awal, halaman atur informasi akuaponik, halaman pilih akuaponik, halaman menu, halaman *monitoring* akuaponik, halaman kontrol akuaponik, dan halaman history akuaponik.

3.6.1 Halaman Awal iKonik

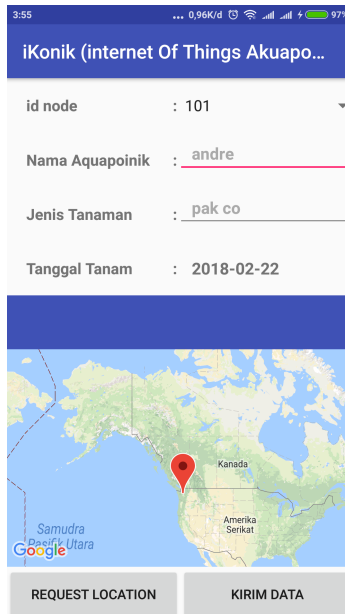
Halaman awal aplikasi *iKonik* adalah Main Menu, yang didalamnya terdapat dua buah tombol yaitu Atur Informasi akuaponik dan Pilih akuaponik seperti yang ditampilkan Gambar 3.17. Kedua buah tombol ini berfungsi sebagai penghubung antara Main Menu dengan *scene* lainnya. Ketika menekan tombol Atur Informasi Akuaponik pengguna aplikasi akan dihubungkan langsung ke *scene* Atur Informasi Akuaponik, dengan demikian pengunjung dapat mengatur informasi terhadap Akuaponik yang dimilikinya sesuai dengan *id source node* yang tersedia. Tombol Pilih akuaponik berfungsi untuk menghubungkan Main Menu dengan *scene* Pilih Akuaponik.



Gambar 3.17: Halaman awal aplikasi iKonik

3.6.2 Halaman Atur Informasi akuaponik

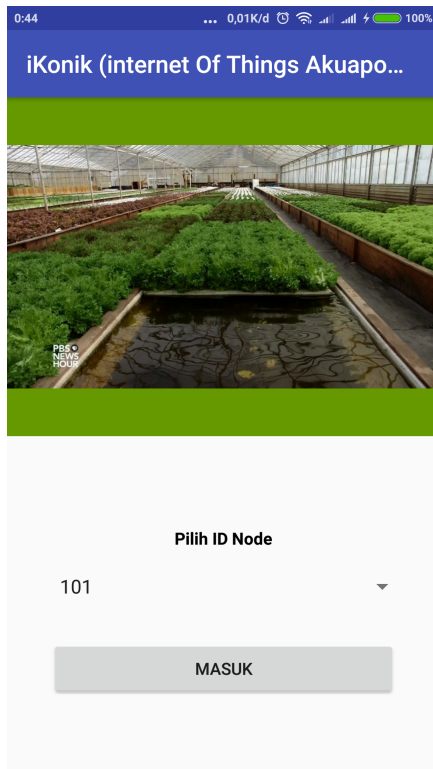
Pada halaman Atur Informasi akuaponik pengguna untuk melakukan masukan beberapa informasi. Halaman Atur Informasi akuaponik seperti yang ditampilkan Gambar 3.18. Pengguna akan diminta melakukan pemilihan *id source node* yang tersedia. Selain itu pengguna juga diminta untuk melakukan masukan informasi diantaranya nama akuaponik, jenis tanaman yang di tanam, dan tanggal tanam serta posisi dimana akuaponik ditempatkan. Pengguna akan disajikan peta untuk menentukan posisi akuaponik. Dengan menekan tombol *Request Location* pengguna akan mendapatkan *latitude* dan *longitude* posisi akuaponik. Ketika semua informasi diisikan pengguna dapat melakukan pengiriman informasi akuaponik ke *database server* dengan menekan tombol Kirim Data. Apabila data informasi tidak terisi semua maka pengguna tidak dapat melakukan pengiriman informasi ke *database server*.



Gambar 3.18: Halaman atur informasi akuaponik aplikasi iKonik

3.6.3 Halaman Pilih akuaponik

Halaman Pilih akuaponik akan muncul setelah pengguna menekan tombol Pilih akuaponik pada Halaman Awal. Pada Halaman Pilih akuaponik akan disajikan tombol *scroll* seperti Gambar 3.19. pada halaman tersebut berisi beberapa pilihan *id node* setiap akuaponik. *Id node* sesuai dengan *id source node* akuaponik yang diatur oleh pengguna pada halaman Atur Informasi akuaponik. Hal ini bertujuan untuk memudahkan pengguna dalam memilih akuaponik yang akan dipantau dan dikontrol.



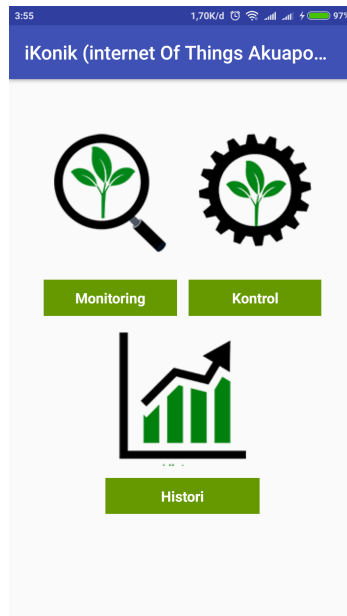
Gambar 3.19: Halaman pilih akuaponik pada aplikasi ikonik

Halaman Pilih akuaponik akan mengirimkan pesan *request* ke

database server untuk mendapatkan semua informasi akuaponik diantaranya *id source node*, nama akuaponik, serta posisi akuaponik yang meliputi *latitude* dan *longitude*.

3.6.4 Menu akuaponik

Menu akuaponik akan muncul setelah pengguna memilih akuaponik yang akan dipantau dan dikontrol pada halaman Pilih akuaponik. Pada menu akuaponik terdapat tiga tombol yaitu tombol monitoring akuaponik, kontrol akuaponik, dan *history*. Tampilah menu akuaponik seperti yang ditampilkan Gambar 3.20.



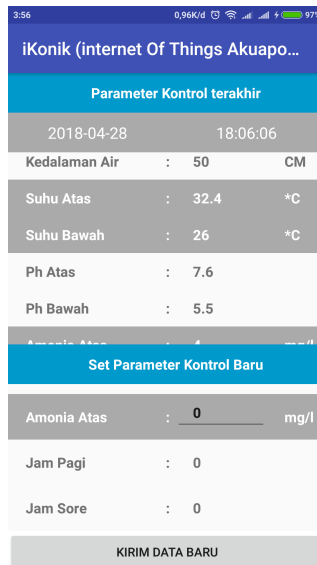
Gambar 3.20: Halaman menu akuaponik iKonik

Apabila pengguna menekan tombol monitoring akuaponik maka pengguna akan ditampilkan halaman monitoring akuaponik sehingga pengguna dapat melakukan pemantau terhadap pH air, suhu, ketinggian air, kadar zat amonia, jam pagi, dan jam sore penjadwalan pakan ikan pada akuaponik. Apabila pengguna menekan

tombol kontrol akuaponik maka pengguna akan ditampilkan halaman kontrol akuaponik. Pada halaman kontrol akuaponik, pengguna dapat melakukan pengiriman data parameter kontrol ke *database server*. Sedangkan apabila pengguna menekan tombol *history*, pengguna akan ditampilkan history data sensor yang disimpan di *database server*.

3.6.5 Halaman *Monitoring* Pada Aplikasi iKonik

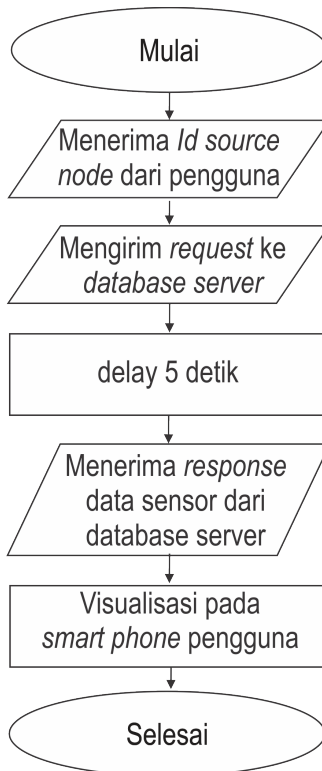
User interface monitoring merupakan salah satu menu yang ada pada aplikasi Android. Pada halaman ini akan menyajikan data sensor dari *database server*. Tampilan halaman *monitoring* seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.21



Gambar 3.21: Halaman *monitoring* akuaponik pada aplikasi iKonik

Proses pengambilan data sensor dari *database server* menggunakan *id source node* yang telah dipilih oleh pengguna. *Smart phone* pengguna akan mengirimkan pesan *request* ke database server yang berisi *id source node*. Selanjutnya *Smart phone* pengguna akan mendapatkan pesan *response* berubah data sensor, kondisi

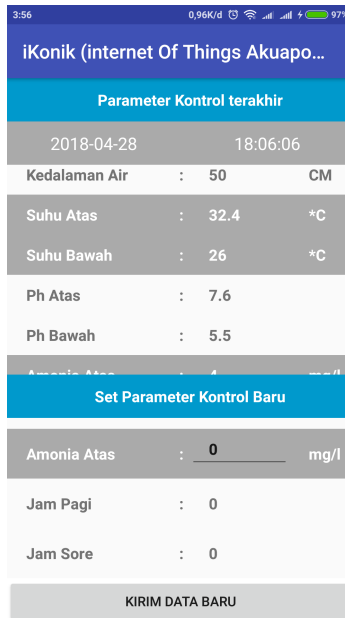
motor pH, pakan ikan, dan kondisi pendingin dan pemanas sesuai dengan *id source node* yang dipilih serta data sensor yang terakhir yang diterima *database server*. *Smart phone* pengguna akan melakukan pengiriman pesan *request* ke *database server* setiap 5 detik. Diagram alir untuk proses pengambilan data dari *Database Server* serta visualisasi data dapat diamati pada Gambar 3.22



Gambar 3.22: Pengambilan data sensor dari *database server*

3.6.6 Halaman Kontrol akuaponik Pada Aplikasi iKonik

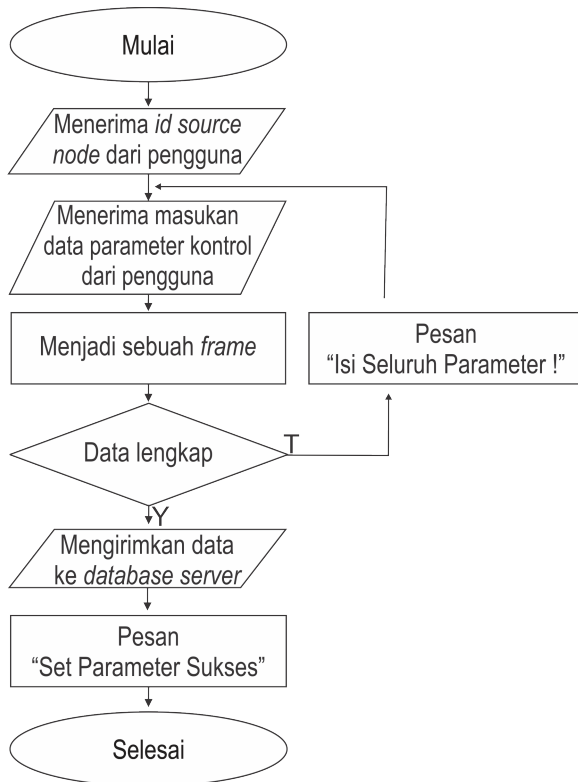
Pada menu kontrol akuaponik pengguna akan dapat mengirimkan data parameter kontrol ke setiap akuaponik yang dimilikinya. Pada proses pengiriman data parameter kontrol sama dengan konsep pengambilan data sensor dari *database server* . Tampilan halaman kontrol akuaponik seperti yang digambarkan Gambar 3.23.



Gambar 3.23: Halaman kontrol akuaponik

Pengguna akan melakukan masukan untuk batas ketinggian air minimal, batas *maksimal* dan *minimal* suhu, batas pH bawah serta batas pH atas, batas *maksimal* kadar zat amonia, serta jam pagi dan sore pemberian pakan ikan. Semua data akan dijadikan satu dalam satu *frame* yang berisi *id source node* serta data parameter kontrol masukan pengguna. Sebelum data parameter kontrol dikirim akan dilakukan pengecekan. Apabila data parameter kon-

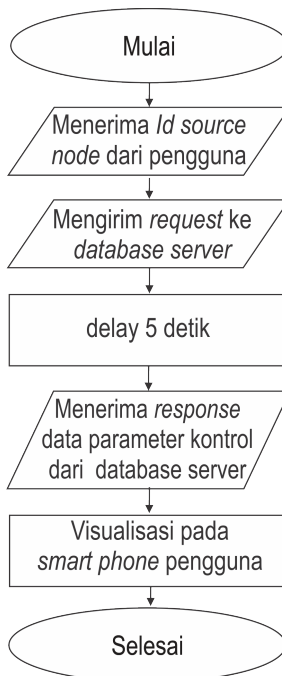
trol yang dikirim tidak lengkap maka data tidak dapat dikirim dan sistem akan memberikan pesan. Sedangkan apabila data parameter kontrol yang dikirim lengkap maka sistem akan memberikan pesan. diagram alir untuk proses pengiriman parameter kontrol dari *smart phone* Android pengguna ke *database server* dapat diamati pada Gambar 3.24



Gambar 3.24: Pengiriman parameter kontrol dari android ke *database server*

Data parameter kontrol terakhir yang telah dikirimkan oleh pengguna juga akan ditampilkan dengan tujuan pengguna dapat mengetahui data parameter kontrol terakhir yang dikirimkannya.

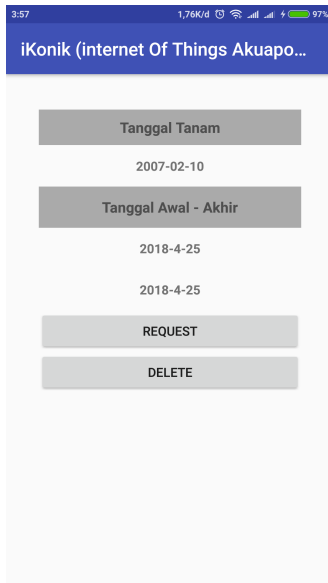
Proses visualisasi data parameter kontrol sama dengan proses visualisasi data sensor. *Smart phone* pengguna akan mengirimkan pesan request ke database server yang berisi *id source node*. Selanjutnya *smart phone* pengguna akan mendapatkan pesan *response* berubah data waktu melakukan pengiriman parameter kontrol, batas ketinggian air minimal, batas suhu atas, batas suhu bawah, batas pH atas, batas pH bawah, batas *maksimal* kadar zat amonia,serta jam pagi dan sore pemberian pakan ikan sesuai dengan *id source node* yang dipilih serta data parameter kontrol yang terakhir yang dikirim pengguna. *Smart phone* pengguna akan melakukan pengiriman pesan *request* ke *database server* setiap 5 detik. Diagram alir untuk proses pengambilan data dari *database server* serta visualisasi data dapat diamati pada Gambar 3.25.



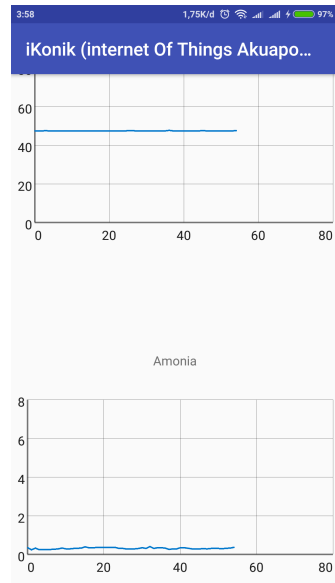
Gambar 3.25: Pengambilan data parameter kontrol dari *database server*

3.6.7 Halaman History Pada Aplikasi iKonik

Halaman History akan muncul ketika pengguna menekan tombol History pada halaman Menu. Halaman *history* berfungsi untuk melihat data hasil pembacaan sensor sesuai tanggal. Tampilan halaman *history* seperti yang digambarkan Gambar 3.26. Pada halaman history terdapat dua bagian. Bagian pertama merupakan halaman masukan pengguna seperti yang digambarkan 3.26a. Pengguna diminta melakukan masukan berupa tanggal untuk melihat data hasil pembacaan sensor. Setelah mendapatkan data masukan pengguna berupa tanggal, Aplikasi akan mengirimkan *id source node* dan data masukan tanggal ke database server melalui pesan *request*. Aplikasi akan mendapatkan *response* data hasil pembacaan sensor perhari sesuai tanggal masukan pengguna. Data yang didapat akan divisualisasikan dalam bentuk grafik seperti yang ditampilkan Gambar 3.26b.



(a) Masukan pengguna



(b) Visualisasi data History

Gambar 3.26: Halaman history

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada penelitian ini, dilakukan beberapa pengujian terhadap sistem akuaponik yang sudah dibuat. Terdapat 8 buah pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pengujian proses pada *source node*, pengujian proses pada *sink*, pengujian *multi-node*, pengujian *multi-sink* pengujian aplikasi pada *Smartphone*, pengujian perbandingan sensor dengan alat yang umum digunakan, Pengujian *maintenance cost* dan pengujian hasil tanaman menggunakan sistem. Sebelum dilakukan pengujian, perlu dilakukan pemasangan sensor, *motor peristaltic*, motor servo, serta pendingin dan pemanas pada kolam akuaponik agar sistem dapat mengambil data sensor dan dapat melakukan kontrol. Secara keseluruhan sistem pada penelitian ini memiliki spesifikasi seperti pada Gambar 4.1.

			
Dimensi Keseluruhan Dimensi Hidroponik Dimensi sistem Kapasitas Air Daya Voltase Jumlah media tanam Pompa air Mikrokontroler Device Komunikasi Rentan pH	150 Cm X 100 Cm X 180 Cm 100 Cm X 70 Cm X 180 Cm 40 Cm X 30 Cm X 30 Cm 360 Liter 170 Watt 220 Volt 40 buah Halico At105 Arduino Uno nRF24I01+ 0-14	Pendingin Pemanas Motor Peristaltik Motor Servo Sensor Ketinggian Sensor pH Sensor Gas Amonia Kondisi Terpanfan Kondisi Terkontrol Penurunan Suhu Kenaikan Suhu	Peltier TEC-12706 Peltier TEC-12706 <i>peristaltic pump</i> inTLab SG90 HC-SR04 DF Robot MQ-137 Air, Suhu,ph,gas amonia, makan ikan Suhu, pH, Makan ikan 2 derajat C dari batas suhu atas 3 derajat C dari C batas bawah

Gambar 4.1: Spesifikasi sistem secara keseluruhan

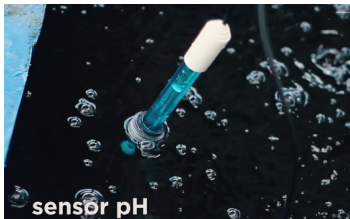
Pemasangan beberapa sensor kedalam sistem akuaponik seperti sensor ultrasonik, sensor suhu DS18B20, sensor pH DF Robot,



(a) Pemasangan sensor HCSR-04



(b) Pemasangan sensor DS18B20



(c) Pemasangan sensor pH Probe



(d) Pemasangan sensor MQ-137

Gambar 4.2: Pemasangan sensor

dan sensor kadar gas ammonia MQ-137 digambarkan pada gambar 4.2 Pemasangan motor *peristaltic* sebagai pengontrol pH, motor *servo* sebagai pengontrol pakan ikan, pemanas dan pendingin sebagai pengontrol suhu digambarkan pada gambar 4.3.

4.1 Pengujian Proses Pada *Source Node*

Pada bagian ini, dilakukan pengujian untuk memastikan *source node* melakukan pengambilan data sensor, pengiriman data sensor ke *sink*, menerima data parameter kontrol juga pemrosesan kontrol. *Source node* melakukan pengambilan dan pengiriman data sensor. Pada saat mengirimkan data sensor ke *sink*, *source node* menerima data parameter kontrol dari *sink*. Seperti yang ditampilkan oleh Tabel 4.1 merupakan data pada *source node* yang selanjutnya dikirim ke *sink*. *Array* pertama pada tampilan tersebut merupakan *id source node*. *Array* kedua merupakan hasil pembacaan sensor ketinggian air. *Array* ketiga merupakan hasil pembacaan sensor suhu Ds18b20. *Array* keempat merupakan hasil pembacaan sensor pH Probe. Se-



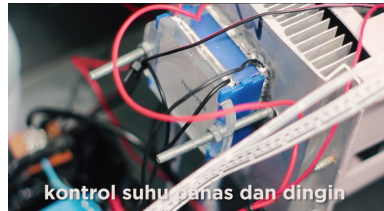
(a) Pemasangan motor *peristaltic* basa



(b) Pemasangan motor *peristaltic* asam



(c) Pemasangan motor *servo*



(d) Pemasangan pemanas dan pendingin

Gambar 4.3: Pemasangan motor *peristaltic*, motor *servo*, pemanas, dan pendingin

dangkan *array* kelima hasil pembacaan sensor Gas amonia, serta *array* keenam berisi waktu saat ini. Data yang dikirimkan ke *sink* seperti data sensor pada kolom satu hingga kolom keenam. Setelah melakukan pengiriman data sensor ke *sink*, *source node* mendapatkan data parameter kontrol dari *sink* yang digunakan untuk proses kontrol.

4.1.1 Pengujian Proses Kontrol Ketinggian air

Pada proses kontrol pada ketinggian air aplikasi membandingkan data hasil pembacaan sensor ultrasonik dengan data parameter yang diterima. Dimana ketika data sensor ultrasonik menunjukkan 34.4 cm dan data batas ketinggian air yang diinginkan pengguna sebesar 40 cm maka muncul status bertuliskan "bahaya". Sedangkan saat data sensor ketinggian air menunjukkan 51.2 cm dan 46.5 cm maka muncul status bertuliskan "aman". Sitem setiap saat memperbarui status berdasarkan data terakhir yang disimpan di *database*.

Tabel 4.1: Data *source node*

0	1	2	3	4	5
Id source node	Ketinggian air	Suhu	Ph	Gas Amonia	Waktu
101	47.31	29.31	7.02	0.43	10:00
101	47.3	29.40	7.01	0.62	10:01
101	47.35	29.31	7	0.72	10:02
101	47.45	29.50	6.98	0.77	10:03
101	47.35	29.43	6.98	0.63	10:04
101	47.35	29.42	7	0.59	10:05
101	47.31	29.41	7	0.60	10:06

Tabel 4.2 merupakan proses kontrol ketinggian air. Untuk grafik penurunan ketinggian air seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.4.

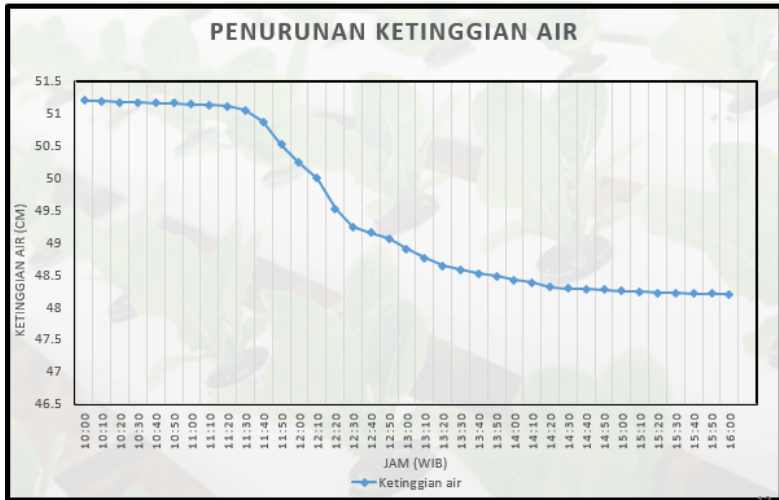
Tabel 4.2: Proses kontrol ketinggian air

<i>Id</i> <i>source node</i>	Data sensor ketinggian air	Data parameter kontrol	Kondisi ketinggian air
		Batas aman ketinggian air	
101	34.4	40	Bahaya
101	51.2		Aman
101	46.5		Aman

4.1.2 Pengujian Proses Kontrol Suhu

Source node melakukan kontrol suhu dengan membandingkan data hasil pembacaan sensor suhu dengan data parameter kontrol yang diterima.

Tabel 4.3 merupakan proses kontrol suhu dimana ketika data sensor suhu menunjukkan $33.2^{\circ}C$ dan data batas atas suhu yang di inginkan pengguna sebesar $30^{\circ}C$ maka pendingin dalam keadaan *on* serta pemanas dalam keadaan *off* . Sedangkan saat data sensor suhu menunjukkan $28.3^{\circ}C$ maka pendingin dan pemanas dalam keadaan *off*. Data sensor suhu tidak pernah menunjukkan angka di-



Gambar 4.4: Grafik penurunan ketinggian air

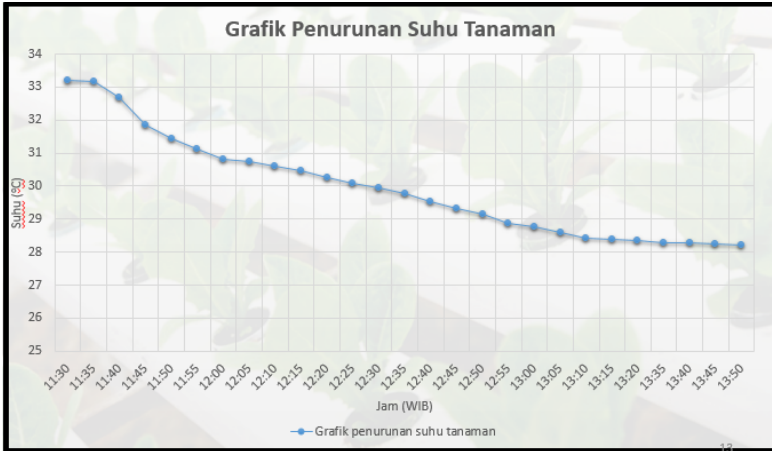
bawah batas bawah suhu yaitu $21^{\circ}C$ sehingga pemanas selalu dalam keadaan *off*. Sistem membutuhkan waktu yang sangat lama untuk menurunkan suhu dimana dibutuhkan waktu sekitar satu jam untuk menurunkan waktu dari $33.2^{\circ}C$ hingga berada dibawah batas suhu atas yang diterima *source node*. Hal ini seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.5. Dimana pada jam 11.30 nilai suhu menunjukkan $33.2^{\circ}C$ sedangkan pada jam 13.50 kondisi suhu air berada dibawah $30^{\circ}C$. Penurunan suhu diakibatkan karena adanya pendingin yang menyala.

Tabel 4.3: Proses kontrol suhu

Id <i>source node</i>	Data sensor suhu	Data paramter kontrol		Kondisi pendingin / pemanas
		Suhu atas	Suhu bawah	
101	33.2	30.00	21.00	Pendingin <i>On</i>
101	28.3			<i>Off</i>

4.1.3 Pengujian Proses Kontrol pH

Seperti halnya pada proses kontrol suhu proses kontrol ph dengan membandingkan hasil pembacaan data sensor ph dengan data



Gambar 4.5: Grafik penurunan suhu

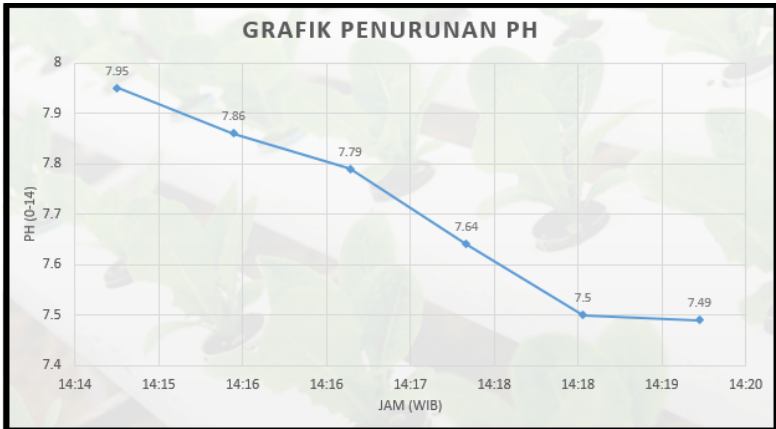
parameter kontrol yang diterima oleh *source node*. Tabel 4.4 menunjukkan hasil proses kontrol pH. Dimana ketika data hasil pembacaan sensor pH bernilai 7.95 sedangkan batas ph atas yang diterima oleh *source node* bernilai 7.5 maka katup H3PO4 dalam keadaan *on* sedangkan katup KOH dalam keadaan *off* . Ketika data hasil pembacaan sensor pH bernilai 5.3 sedangkan batas pH bawah yang diterima oleh *source node* bernilai 5.5 maka katup KOH dalam keadaan *on* sedangkan katup H3PO4 dalam keadaan *off* .

Tabel 4.4: Proses kontrol pH

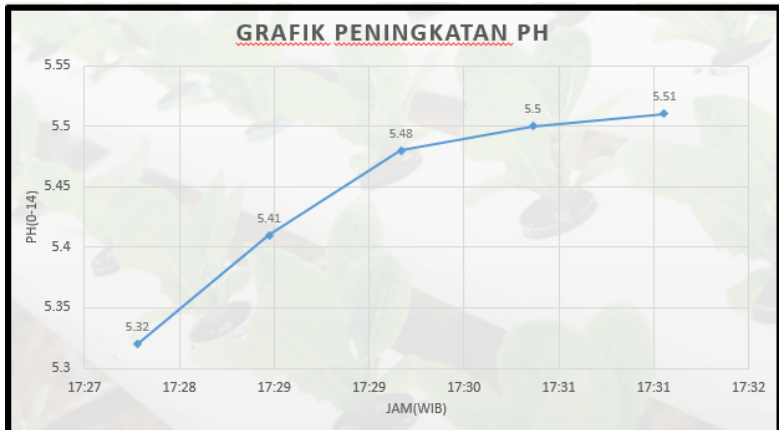
Id <i>source node</i>	Data sensor pH	Data paramter kontrol		Kondisi motor peristaltik asam / basa
		pH atas	pH bawah	
101	7.95	7.5	5.5	Asam <i>On</i>
101	5.3			Basa <i>On</i>

Waktu yang dibutuhkan untuk menuruhkan ph dari 7.95 ke-kondisi yang diinginkan yaitu 7.5 memerlukan waktu 4 menit seperti yang ada pada Gambar 4.6a. Dimana pada jam 14.15 nilai pH menunjukkan 7.95 pada jam 14.19 nilai pH menunjukkan 7.5. Proses penurunan pH disebabkan oleh pemberian larutan H3PO4 dengan konsentrasi 10%. Pada Gambar 4.6b waktu yang dibutuhkan untuk

menaikkan pH dari 5.3 ke kondisi batas bawah yang diinginkan yaitu 5.5 memerlukan waktu 3 menit. Dimana pada jam 17.28 nilai pH menunjukkan 5.32 pada jam 17.31 nilai pH menunjukkan 5.5. Proses peningkatan pH disebabkan oleh pemberian larutan KOH dengan konsentrasi 10%.



(a) Grafik penurunan pH



(b) Grafik peningkatan pH

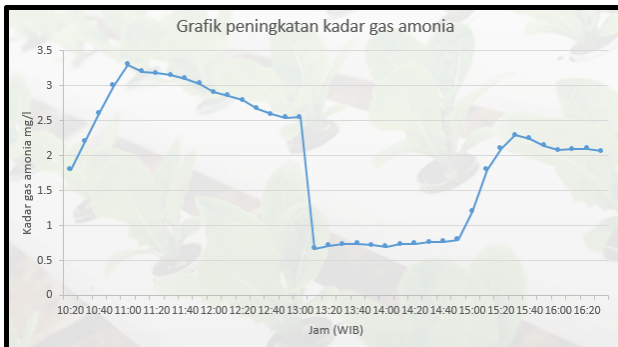
Gambar 4.6: Grafik penurunan dan peningkatan pH

4.1.4 Pengujian Proses Kontrol Gas amonia

Seperti halnya pada proses kontrol pada ketinggian air, proses kontrol gas amonia aplikasi membandingkan data hasil pembacaan sensor gas amonia dengan data parameter yang diterima . Tabel 4.5 menunjukkan hasil proses kontrol gas amonia. Dimana ketika data hasil pembacaan sensor gas amonia bernilai 3.3 mg/l sedangkan batas gas amonia yang diinginkan pengguna bernilai 3 mg/l maka muncul status bertuliskam "bahaya". Sedangkan ketika data hasil pembacaan sensor gas amonia bernilai 0.8 mg/ maka muncul status bertuliskan "aman". untuk grafik peningkatan gas amonia seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4.7.

Tabel 4.5: Proses kontrol pH

<i>Id source node</i>	Data sensor kadar gas amonia	Data parameter kontrol	Kondisi kadar gas amonia
		Batas aman kadar gas amonia	
101	3.3	3	Bahaya
101	0.8		Aman



Gambar 4.7: Grafik peningkatan kadar gas amonia

4.2 Pengujian Proses Pada *sink*

Pada bagian ini, dilakukan pengujian untuk memastikan apakah proses pada *sink* dapat berjalan dengan baik. Pengujian dimulai

dari penerimaan data sensor, pengiriman data sensor ke *database server*, penerimaan data parameter kontrol dari *database server* serta pengiriman data parameter kontrol ke *source node*.

Pengujian pada *sink* dalam prosesnya *sink* melakukan penerimaan data sensor yang berisi paket data dari *source node*. Selanjutnya paket data tersebut dipecah menjadi variabel variabel tertentu. Tabel 4.6 merupakan data sensor dari *source node* yang telah diterima oleh *sink*. Pada pengujian ini *sink* berhasil menerima data sensor dari dua *source node* yang terhubung dengan *sink*.

Tabel 4.6: Data *source node* yang diterima *sink*

0	1	2	3	4	5
Id source node	Ketinggian air	Suhu	pH	Kadar gas amonia	Waktu
101	47.5	30	7.55	0.31	13:26
102	51.08	29.62	7.15	0	13:27
101	47.49	29.87	7.43	0.32	13:28
102	51.07	29.56	7.22	0	13:29
101	47.47	29.85	7.34	0.33	13:30
102	51.05	29.48	7.18	0	13:31

Pengiriman data ke server dilakukan secara langsung setelah proses penerjemahan data sensor. Ketika *sink* sudah berhasil mengirim data sensor ke *database server* maka keterangan yang muncul pada terminal adalah *send to server*. Setiap sukses melakukan pengiriman data sensor ke *database server*. *sink* mendapatkan respon berupa *data parameter* kontrol sesuai dengan *id source node* yang diterima oleh *database server*. Hal ini seperti yang terlihat pada Tabel 4.7, merupakan *data parameter* kontrol yang di dapat dari *database server* yang nantinya dikirim ke *source node* sesuai dengan *id source node* .

Tabel 4.7: Data parameter kontrol

0	1	2	3	4	5	6	7	8
Id source node	Batas ketinggian air	Batas suhu atas	Batas suhu bawah	Batas pH atas	Batas pH bawah	Batas gas amonia	Jam pagi	Jam sore
101	15	30	21	6.5	5.5	0.32	10:00	15:30
102	15	30	21	6.5	5.5	0	0	0

Setelah mendapatkan *data parameter* kontrol dari *database server*, *sink* mengubah data tersebut menjadi sebuah paket data untuk selanjutnya dikirim kesetiap *source node*.

4.3 Pengujian *Multi-node*

Pada bagian ini, pengujian dilakukan untuk mengetahui jumlah *node* yang paling optimal dalam 1 *sink* dengan perbandingan persentase jumlah data terkirim dari *node* dan jumlah data diterima *database server*. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan 10 data dari setiap *node* yang ditambahkan dan melihat perbandingan jumlah data terkirim, jumlah data diterima, serta jumlah *node* yang digunakan. Dapat dilihat pada tabel 4.8 dari jumlah data pengiriman *node* 1. Data yang diterima *database server* berjumlah sama. Dari pengiriman data setelah ditambahkan *node* 2, data yang diterima *database server* berjumlah selisih 2 dari data yang dikirim. Sedangkan dari pengiriman data setelah ditambahkan *node* 3, data yang diterima *database server* berjumlah selisih 3 dari data yang diterima. Begitu juga setelah ditambahkan pengiriman data dari *node* 4, data yang diterima *database server* berjumlah selisih 5 dari data yang dikirimkan. Selanjutnya setelah ditambahkan pengiriman data dari *node* 5, data yang diterima *database server* berjumlah hanya 3 data. Sedangkan setelah ditambahkan pengiriman data *node* 6, tidak ada data yang diterima *database server*.

Tabel 4.8: Pengiriman dan penerimaan data dengan Multi-node

Jumlah Node	Jumlah pengiriman	Jumlah yang diterima
1	10	10
2	20	18
3	30	25
4	40	30
5	50	33
6	60	33

Dari 6 *node* yang diuji, persentase jumlah rata-rata keberhasilan pengiriman data dari 1 *node* 100% data berhasil diterima *database server*, untuk persentase jumlah rata-rata keberhasilan pengiriman data dari 2 *node* 80% data berhasil diterima *database server*,

sedangkan persentase jumlah rata-rata keberhasilan pengiriman data dari 3 *node* 70% data berhasil diterima *database server*, sedangkan persentase jumlah rata-rata keberhasilan pengiriman data dari 4 *node* 50% data berhasil diterima *database server*, sedangkan untuk persentase jumlah rata-rata keberhasilan pengiriman data dari 5 *node* hanya 30% data berhasil diterima *database server*, namun untuk persentase jumlah rata-rata keberhasilan pengiriman data dari 6 *node* 0% data berhasil diterima *database server*.

4.4 Pengujian *Multi-sink*

Pada bagian ini, pengujian dilakukan untuk mengetahui rata-rata persentase keberhasilan pengiriman dan penerimaan data dari 2 *sink* dengan masing-masing *sink* terdapat beberapa *node* yang dikirimkan ke *database server*. Dapat dilihat pada tabel 4.9 data yang dikirim *sink* 1 dan 2 dengan masing-masing *sink* terdapat 1 *node*, data dari *node* 101 dan 111, jumlah data yang dikirim berselisih 2 dengan data yang diterima *database server*. Sedangkan data yang dikirim *sink* 1 dan 2 dengan masing-masing *sink* terdapat 2 *node*, data dari *node* 101,102,111 dan 112, jumlah data yang dikirim berselisih 6 dengan data yang diterima *database server*. Sedangkan data yang dikirim *sink* 1 dan 2 dengan masing-masing *sink* terdapat 3 *node*, data dari *node* 101,102,103,111,112 dan 113, jumlah data yang dikirim berselisih 10 dengan data yang diterima *database server*. Sedangkan data yang dikirim *sink* 1 dan 2 dengan terdapat 4 *node* dari *sink* 1 dan 3 *node* dari *sink* 2, data dari *node* 101,102,103,104,111,112 dan 113, jumlah data yang dikirim berselisih 14 dengan data yang diterima *database server*.

Tabel 4.9: Pengiriman dan penerimaan data *Multi-sink*

Id source node	Sink	Jumlah pengiriman	Jumlah yang diterima
101 dan 111	Sink 1 dan 2	20	18
101,102, 111, 112	Sink 1 dan 2	40	32
101, 102, 103, 111, 112, 113	Sink 1 dan 2	60	42
101, 102, 103, 104, 111, 112, 113	Sink 1 dan 2	70	48

Dari 2 *sink* yang diuji dengan masing-masing *sink* beberapa *node* yang mengirimkan 10 data tiap *node* yang ditambahkan. Persentase rata-rata keberhasilan pengiriman dari *sink* 1 dan 2 dengan masing-masing terdapat 1 *node* 90%. Sedangkan Persentase

rata-rata keberhasilan pengiriman dari *sink* 1 dan 2 dengan masing-masing terdapat 2 *node* 70%. Sedangkan persentase rata-rata keberhasilan pengiriman dari *sink* 1 dan 2 dengan masing-masing terdapat 3 *node* 50%. Sedangkan persentase rata-rata keberhasilan pengiriman dari *sink* 1 dan 2 dengan *sink* 1 terdapat 4 *node* dan *sink* 2 terdapat 3 *node* 30%.

4.5 Pengujian Perbandingan Sensor Dengan Alat Yang Umum Digunakan

Pengujian ini dilakukan guna mengetahui ketepatan pengukuran dari sensor yang digunakan. Pengujian dilakukan dengan membandingkan data yang diambil oleh sensor-sensor yang digunakan dengan alat yang sudah memiliki standarisasi. Terdapat empat buah sensor yang digunakan yaitu:

1. Sensor suhu yang dilakukan perbandingan dengan termometer inframerah.
2. Sensor ketinggian yang dilakukan perbandingan dengan penggaris.
3. Sensor pH yang dilakukan perbandingan dengan pH meter *Electric*.
4. Sensor kadar gas amonia yang dilakukan perbandingan dengan tetra test kit.

Dari pengujian yang dilakukan pada masing-masing sensor, didapat hasil sebagai berikut :

4.5.1 Pengujian Sensor Suhu

Pada pengujian ini dilakukan perbandingan sensor suhu DS18B20 dengan termometer inframerah. Pengujian dilakukan dalam tiga waktu berbeda. Dari pengujian didapat hasil berikut Dari tabel 4.10 didapat hasil bahwa galat terkecil terjadi pada pengujian pertama dengan nilai galat sebesar 1.30% sementara galat terbesar terjadi pada pengujian ketiga dengan nilai galat sebesar 2.64%. Galat rata-rata dari pengujian yang sudah dilakukan adalah 2.05%. Pembacaan data pada sensor suhu DS18B20 selalu menghasilkan nilai pembacaan yang lebih rendah dibandingkan dengan termometer inframerah. Dari hasil pengujian ini, sensor suhu DS18B20 dapat digunakan untuk mengambil data suhu air pada kolam akuaponik.

Tabel 4.10: Pengujian perbandingan sensor suhu

Pengujian ke -	Sensor suhu DS18B20	Termometer inframerah	galat
1	30.4	30.8	1.30%
2	30.8	31.5	2.22%
3	29.5	30.3	2.64%
Rata - rata			2.05%

4.5.2 Pengujian Sensor Ketinggian

Pada pengujian ini dilakukan perbandingan sensor ketinggian dengan jarak sebenarnya. Pengujian dilakukan dalam tiga waktu yang berbeda. Dari pengujian didapat hasil seperti pada Tabel 4.11

Tabel 4.11: Pengujian perbandingan sensor ketinggian

Pengujian ke -	Sensor ketinggian	Jarak sebenarnya	Galat
1	43.42	43.3	0.27%
2	42.57	42.4	0.40%
3	43.55	43.4	0.34%
Rata - rata			0.33%

Dari tabel 4.11 didapat hasil bahwa galat terkecil terjadi pada pengujian pertama dengan nilai galat sebesar 0.27% sementara galat terbesar terjadi pada pengujian kedua dengan nilai galat sebesar 0.40%. Galat rata-rata dari pengujian yang sudah dilakukan adalah 0.33%. Pembacaan data pada sensor suhu ketinggian selalu menghasilkan nilai pembacaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengukuran jarak sebenarnya menggunakan penggaris. Dari hasil pengujian ini, sensor ketinggian dapat digunakan untuk mengambil data ketinggian air pada kolam akuaponik.

4.5.3 Pengujian Sensor pH

Pada pengujian ini dilakukan perbandingan sensor pH untuk mengetahui ketepatan pengambilan data pH air pada kolam akuaponik. Pengujian dilakukan dengan membandingkan data hasil pembacaan sensor pH dengan pH meter *electric*. Pengujian dilakukan dalam tiga waktu berbeda. Dari pengujian didapat hasil seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.12.

Dari tabel 4.12 didapat hasil bahwa galat terkecil terjadi pada pengujian pertama dengan nilai galat sebesar 0.26% sementara galat terbesar terjadi pada pengujian kedua dengan nilai galat sebesar 0.57%. Galat rata-rata dari pengujian yang sudah dilakukan adalah 0.42%. Pembacaan data pada sensor pH selalu menghasilkan nilai pembacaan yang lebih rendah dibandingkan dengan pH meter *electric*. Dari hasil pengujian ini, sensor pH dapat digunakan untuk mengambil data pH air pada kolam akuaponik.

Tabel 4.12: Pengujian perbandingan sensor pH

Pengujian ke -	Sensor pH	pH Meter	Galat
1	7.58	7.6	0.26%
2	6.96	7.0	0.57%
3	6.77	6.8	0.44%
Rata - rata			0.42%

Selain melakukan pengujian sensor pH dengan pH meter *electric* juga dilakukan pengujian tegangan keluaran hasil sensor pH dengan tegangan keluaran pada *data sheet* menggunakan beberapa larutan. Hasil pendekatan nilai tegangan keluaran data sheet di dapat dengan menggunakan persamaan 2.7.

Dari hasil pengujian perbandingan tegangan keluaran sensor pH dengan tegangan keluaran pada *data sheet* yang terdapat pada Tabel 2.1 seperti yang ditampilkan Tabel 4.13. Menunjukkan bahwa keluaran tegangan sensor pH memiliki galat rata - rata sebesar 1.58% .

Tabel 4.13: Pengujian tegangan keluaran sensor pH

No	Nama larutan	Ph out	Vout	Vout data sheet	Galat
1	Air akuaponik	6.96	4.23	4.2411	0.26%
2	Aquades	6.94	4.62	4.8328	4.40%
3	pH buffer 4	4.02	175.28	175.1136	0.09%
4	pH buffer 7	7.04	-3.85	-4.0412	4.73%
Rata - Rata					2.37%

4.5.4 Pengujian Sensor Gas Amonia

Pada pengujian ini dilakukan perbandingan kadar gas amonia oleh sensor MQ-137(gas amonia) dengan amonia *tetra test kit*. Pengujian dilakukan dalam tiga waktu yang berbeda. Dari pengujian didapat hasil seperti pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14: Pengujian perbandingan sensor gas amonia

Pengujian ke -	Sensor gas amonia	amonia <i>tetra test kit</i>	Galat
1	1.63	1.5	8.66%
2	3.32	3	10.66%
3	0.3	0.25	20%
Rata - rata			13.10%

Dari tabel 4.14 didapat hasil bahwa galat terkecil terjadi pada pengujian pertama dengan nilai galat sebesar 8.66% sementara galat terbesar terjadi pada pengujian ketiga dengan nilai galat sebesar 20%. Galat rata-rata dari pengujian yang sudah dilakukan adalah 13.10%. Pembacaan data pada sensor MQ-137(gas amonia) selalu menghasilkan nilai pembacaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengukuran menggunakan amonia *tetra test kit*. Dari hasil pengujian ini, sensor gas amonia dapat digunakan untuk mengambil data kadar gas amonia pada kolam akuaponik.

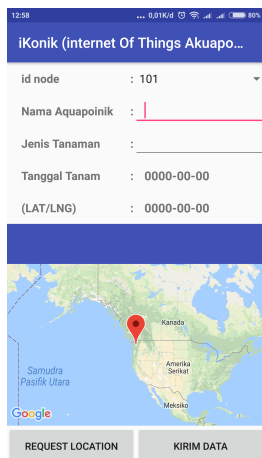
4.6 Pengujian Aplikasi *Android*

Pada bagian ini, dilakukan pengujian untuk memastikan apakah sistem yang dibuat dapat berjalan dengan sesuai. Bagian sistem yang diuji adalah pengujian kesesuaian fungsi aplikasi IKonik.

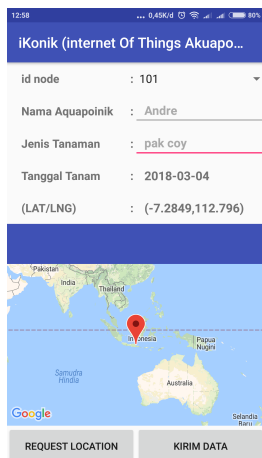
4.6.1 Pengujian Aplikasi Halaman Atur Informasi

Pada bagian ini, dilakukan pengujian pada aplikasi IKonik dengan masuk ke halaman atur informasi, ketika kita menekan tombol *request* maka muncul informasi akuaponik yang telah kita atur sebelumnya. Saat kita ingin mengubahnya, cukup dengan merubah informasi sesuai yang kita inginkan. Begitu juga dengan posisi akuaponik kita bisa merubah dengan menekan posisi yang kita inginkan pada peta. Setelah selesai mengatur ulang informasi kita tekan tom-

bol kirim data yang ada di tombol kiri bawah seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.8a dan gambar 4.8b dapat diketahui bahwa informasi pada halaman tersebut sesuai dengan informasi akhir yang terdapat di database server ditunjukkan pada tabel 4.15.



(a) Halaman atur informasi awal



(b) Halaman atur informasi baru

Gambar 4.8: Halaman Atur Informasi

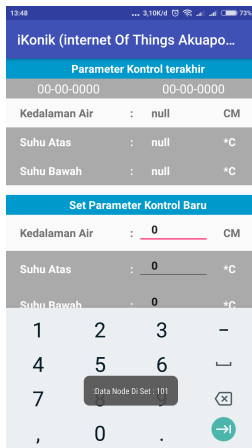
Tabel 4.15: Informasi akuaponik

Id node	Nama	Jenis tanaman	Tanggal	Latitude	Longitude
101	Andre	Pakcoy	2018-03-04	-7.28487	112.796
102	Aku	Sawi	2018-03-06	12.2333	-7.25556

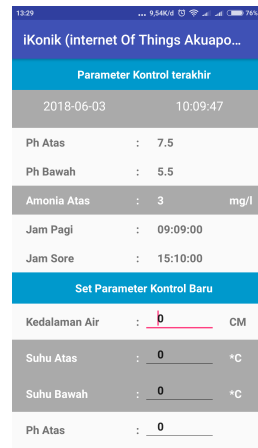
4.6.2 Pengujian Aplikasi Halaman Kontrol Akuaponik

Pada bagian ini, dilakukan pengujian pada aplikasi IKonik dengan masuk ke halaman kontrol akuaponik seperti pada gambar 4.9. Dapat dilihat setelah *delay* 2 detik halaman kontrol hidroponik

dapat menampilkan data terakhir yang pengguna tetapkan, selain itu kita dapat mengubah parameter dengan mengisi data parameter sesuai yang kita inginkan serta mengirimnya ke database server dengan menekan tombol kirim data. Dari gambar 4.9a dan gambar 4.9b dapat diketahui bahwa informasi pada halaman tersebut sesuai dengan data kontrol terakhir yang terdapat di database server ditunjukkan pada tabel 4.16.



(a) Halaman kontrol akuaponik awal



(b) Halaman kontrol akuaponik baru

Gambar 4.9: Halaman kontrol akuaponik

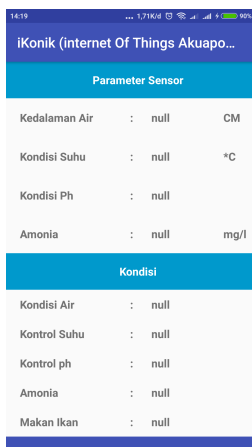
Tabel 4.16: parameter kontrol

0	1	2	3	4	5	6	7	8
Id source node	Batas ketinggian air	Batas suhu atas	Batas suhu bawah	Batas pH atas	Batas pH bawah	Batas gas amonia	Jam pagi	Jam sore
101	30	32	22	7.5	5.5	3	10:00	15.30
102	50	33.5	26.5	7.3	6	0	0	0

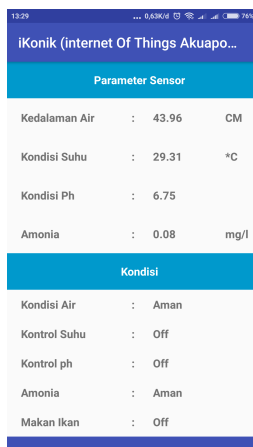
4.6.3 Pengujian Aplikasi Halaman *Monitoring*

Pada bagian ini, dilakukan pengujian pada aplikasi iKonik dengan masuk ke halaman *monitoring* akuaponik seperti pada gambar 4.10a . Dapat dilihat setelah *delay* 2 detik halaman *monitoring*

akuaponik dapat menampilkan data terakhir dari sensor yang ada di database server, selain itu terdapat juga status dari perbandingan data yang dibaca sensor dengan data batas parameter yang ditetapkan pengguna seperti pada gambar 4.10b. Dari gambar 4.10b dapat diketahui bahwa informasi pada halaman tersebut sesuai dengan data terakhir dari sensor yang terdapat di database server seperti pada tabel 4.17.



(a) Halaman *monitoring* akuaponik awal



(b) Halaman *monitoring* akuaponik baru

Gambar 4.10: Halaman *monitoring* akuaponik

Tabel 4.17: Data dari sensor

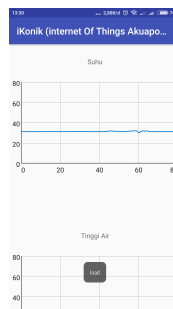
0	1	2	3	4	5
Id source node	Ketinggian air	Suhu	pH	Kadar gas amonia	Waktu
101	43.96	29.31	6.75	0.08	13:26
102	51.08	29.62	7.15	0	13:27

4.6.4 Pengujian Aplikasi Halaman *History*

Pada bagian ini, dilakukan pengujian pada aplikasi IKonik dengan masuk ke halaman histori akuaponik seperti pada gambar 4.11a . Dapat dilihat ada menu untuk memilih tanggal serta ada tiga tombol yaitu *request*, *delete*, dan *print*. Untuk fungsi tombol *request* yaitu menampilkan data grafik dari riwayat data sensor selama tanggal yang telah dipilih, sedangkan tombol *delete* yaitu berfungsi menghapus isi data sensor yang ada di database sesuai dengan tanggal yang dipilih, dan untuk tombol *print* yaitu berfungsi menyalin data dan menampilkan data sensor yang ada di database server kedalam format pdf sesuai dengan tanggal yang dipilih. Dari gambar 4.11b dapat diketahui bahwa aplikasi dapat menampilkan data histori berupa grafik yang sesuai dengan data dari database server berdasarkan dengan tanggal yang dipilih pengguna, begitu juga dengan gambar 4.11c dapat diketahui bahwa aplikasi dapat menampilkan data histori berupa pdf yang sesuai dengan data dari database server berdasarkan tanggal yang dipilih pengguna.



(a) Halaman histori



(b) Halaman grafik histori

The screenshot shows a PDF document titled 'IKonik (internet Of Things Akuapo...)' with the subtitle 'Riwayat Data Sensor'. The document contains a table with columns for 'Tanggal', 'Suhu', 'Tinggi Air', and 'pH'. The table lists data for various dates from 2018-02-10 to 2018-04-24. At the bottom of the PDF, there is a footer with the text 'Halaman: 1 / 3' and a search icon.

(c) Halaman pdf histori

Gambar 4.11: Halaman histori akuaponik

4.6.5 Pengujian *Notifikasi Android*

Pada bagian ini, dilakukan pengujian untuk memastikan apakah sistem notifikasi yang dibuat dapat berjalan dengan sesuai. Bagian sistem yang diuji adalah pengujian kesesuaian fungsi *notifikasi*

aplikasi IKonik dengan mengkondisikan akuaponik dalam keadaan ekstrem. Terdapat empat kondisi ekstrem yaitu:

1. Ketinggian air berkurang 7 cm dalam 2 menit
2. pH bertambah atau berkurang 2 level indikator dalam 1 menit
3. Suhu bertambah atau berkurang 3°C dalam 5 menit.
4. Kadar gas amonia bertambah 2 mg/l dalam 5 menit.

Pada pengujian yang dilakukan dengan membuat salah satu kondisi ekstrem pada akuaponik seperti yang terdapat pada Tabel 4.18. penurunan ketinggian air secara drastis dikarenakan pengaturan air di bak filter mekanik. Dari tabel 4.18 dan gambar 4.12 dapat dilihat bahwa pada saat ketinggian air melebihi batas aman yang ditentukan pengguna, pada aplikasi IKonik muncul status bahaya. Sedangkan pada selang waktu 2 menit ketinggian air berkurang drastis sebanyak kurang lebih 8 cm, maka akan muncul peringatan perubahan drastis pada aplikasi IKonik.

Tabel 4.18: Hasil pengujian *notifikasi*

id source node	Data sensor ketinggian air	Batas aman ketinggian air	Waktu	Status notifikasi
101	52.32	50	16:31	Off
101	47.30		16:32	Bahaya
101	43.96		16:33	Bahaya perubahan drastis

Parameter Sensor		
Kedalaman Air	: 43.96	CM
Kondisi Suhu	: 29.31	°C
Kondisi Ph	: 6.75	
Amonia	: 0.08	mg/l
Kondisi		
Kondisi Air	: Bahaya	
Kontrol Suhu	: Off	
Kontrol ph	: Off	
Amoniak	: Peringatan Perubahan Drastis Pada Hidroponik	
Makan Ikan	: Off	

Gambar 4.12: Gambar *notifikasi* perubahan drastis

4.7 Pengujian *Maintenance Cost* Tanaman

Pengujian *maintenance cost* tanaman dilakukan untuk membandingkan biaya perawatan tanaman sayur pakcoy dalam 1 bulan yang ditanam menggunakan sistem akuaponik NFT dan hidroponik NFT . Dapat dilihat data dari tabel 4.19 dan tabel 4.20 , biaya perawatan tanaman dalam 1 bulan untuk sistem akuaponik membutuhkan pakan ikan (pelet) 4 paket dengan harga 1 paketnya 10 ribu rupiah selain itu juga diperlukan bakteri *nitrobacter* 1 botol dengan harga 20 ribu rupiah. Jadi total biaya perawatan tanaman yang menggunakan sistem akuaponik NFT dalam 1 bulan menghabiskan total biaya 60 ribu rupiah. Sedangkan biaya perawatan tanaman sayur pakcoy dalam 1 bulan yang ditanam dengan sistem hidroponik NFT hanya membutuhkan 4 botol nutrisi A B *mix* dengan harga 1 botolnya 50 ribu rupiah. Jadi total biaya perawatan tanaman yang menggunakan sistem hidroponik NFT dalam 1 bulan menghabiskan total biaya 200 ribu rupiah.

Tabel 4.19: Biaya perawatan akuaponik dalam 1 bulan

No	Nama Barang	Jumlah	Harga	Total
1	Pakan Ikan (pelet)	4	Rp 10.000	Rp. 40.000
2	<i>Bacteri Nitrobacter</i>	1	Rp. 20.000	Rp. 20.000
Total				Rp. 60.000

Berdasarkan data tabel 4.19 dan tabel 4.20 dapat diketahui perbandingan biaya perawatan tanaman sayur pakcoy dalam 1 bulan menggunakan sistem akuaponik NFT lebih murah 140 ribu rupiah daripada sistem hidroponik NFT.

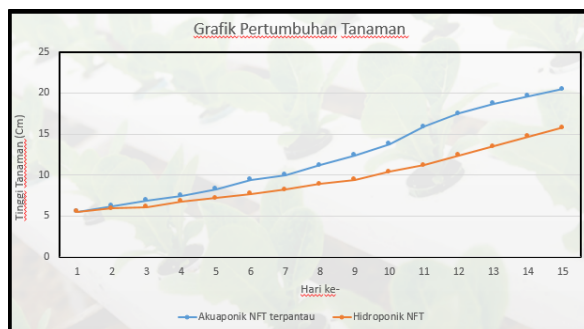
Tabel 4.20: Biaya perawatan hidroponik dalam 1 bulan

No	Nama Barang	Jumlah	Harga	Total
1	Nutrisi AB mix	4	Rp 50.000	Rp. 200.000
Total				Rp. 200.000

4.8 Pengujian Sistem Dengan Tanaman

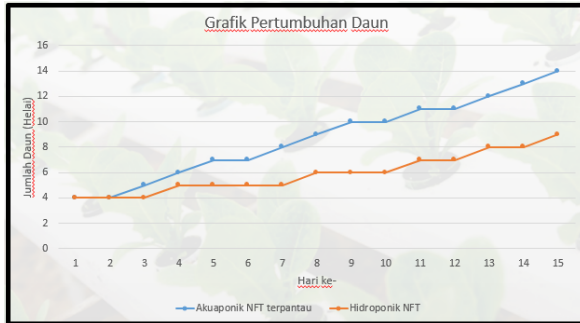
Pengujian sistem dengan sampel tanaman dilakukan agar diketahui apakah sampel tanaman tumbuh dengan baik dengan sistem akuaponik *NFT* yang telah dibuat. Tanaman yang dijadikan

sampel dalam pengujian adalah tanaman sayur pakcoy (*Brassica rapa*). Pengujian dilakukan dengan cara mengamati dan membandingkan pertumbuhan tanaman pada media tanam akuaponik *NFT* terpantau dan hidroponik biasa, meliputi pertumbuhan daun, pertumbuhan akar, dan tinggi tanaman selama beberapa hari. Sebelum dilakukan penanaman pada media tanam akuaponik, tanaman sayur pakcoy terlebih dahulu melalui proses semai. Tanaman pakcoy dipindahkan dari media semai ke akuaponik *NFT* terpantau dan hidroponik biasa masing - masing telah memiliki jumlah daun 4 , panjang akar 0 Cm, dan tinggi tanaman 5.5 Cm. Dari hasil pengamatan perhari menunjukkan bahwa pertumbuhan tinggi tanaman pakcoy pada media akuaponik *NFT* terpantau lebih tinggi dibandingkan dengan hidroponik biasa seperti yang ditampilkan Gambar 4.13. Dimana tinggi tanaman pada media tanam akuaponik *NFT* terpantau pada hari ke 15 memiliki tinggi tanaman 20.5 Cm sedangkan tanaman pada media tanam hidroponik biasa 15.8 Cm.



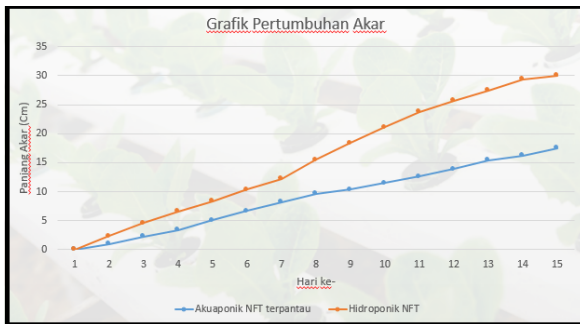
Gambar 4.13: Grafik pertumbuhan tanaman

Gambar4.14 menunjukkan jumlah pertumbuhan daun pada tanaman pakcoy yang ditempatkan di akuaponik *NFT* terpantau memiliki jumlah daun yang terus meningkat, sedangkan pada hidroponik biasa pertumbuhan jumlah daunnya lebih lambat dan sedikit dikarenakan daun kekurangan nutrisi pada hari ke 4. Pada hari ke 15 jumlah daun tanaman pada akuaponik *NFT* terpantau sebanyak 14 buah sedangkan pada hidroponik biasa sebanyak 9 buah.



Gambar 4.14: Grafik pertumbuhan daun

Pada Gambar 4.15 menunjukkan grafik pertumbuhan akar selama 15 hari, tanaman pakcoy pada akuaponik NFT terpantau memiliki pertumbuhan akar yang lebih pendek dibandingkan dengan tanaman pakcoy pada hidroponik. Pada hari ke 15 panjang akar tanaman pada akuaponik NFT terpantau 17.5 Cm sedangkan pada tanaman pada hidroponik biasa 30 Cm.



Gambar 4.15: Grafik pertumbuhan akar

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Pada penelitian ini berhasil mengimplementasikan Pemantauan dan Pengaturan Sistem *Aquaponic Nutrient Film Technique (NFT)* Berbasis *Internet Of Things (IOT)*
2. *Source node* berhasil mengirimkan data , menerima parameter kontrol, serta melakukan proses kontrol sesuai data parameter kontrol yang diterima dari *Sink*.
3. *Sink* berhasil mengirimkan data parameter kontrol ke *Source node*, melakukan pengiriman data yang diterima dari *Source node* ke *database server*.
4. Hasil akuisisi data suhu DS18B20, sensor ketinggian, sensor pH, dan sensor MQ-137 dibandingkan dengan termometer inframerah, jarak sebenarnya, , pH meter elektrik, dan amonia *tetra test kit* memiliki nilai yang cukup akurat dengan nilai rata-rata masing-masing 97.95%, 99.67%, 99.58 dan 86.9%.
5. Berdasarkan hasil pengujian pada fitur-fitur aplikasi, Aplikasi berhasil menjalankan fungsi-fungsinya dan menampilkan informasi yang sesuai dengan data yang ada di database server
6. Berdasarkan hasil pengujian *Multi-node* dalam 1 *sink* jumlah *node* maksimal yang masih bisa mengirimkan data yaitu 5 *node* dengan persentase keberhasilan pengiriman data 30%, sedangkan jumlah *node* yang optimal dalam 1 *sink* adalah 3 *node* dengan persentase keberhasilan pengiriman data 70%.
7. Berdasarkan hasil pengujian *Multi-sink* jumlah *node* maksimal untuk masing-masing *sink* yang masih bisa mengirimkan data yaitu 4 *node* dengan persentase keberhasilan pengiriman data 30%, sedangkan jumlah *node* yang optimal untuk 2 *sink* adalah 2 *node* tiap *sink* dengan persentase keberhasilan pengiriman data 70%.
8. Berdasarkan pengamatan dan perbandingan pada pertumbuhan tanaman. Sistem akuaponik *NFT* terpantau memiliki hasil tanaman yang lebih baik dibandingkan dengan hidroponik biasa. Dimana pada hari ke 15 tanaman yang diletakkan pada

sistem akuaponik *NFT* memiliki tinggi 20.5 Cm, panjang akar 17.5 Cm, serta memiliki 14 buah daun. Sedangkan tanaman yang diletakkan pada hidroponik biasa memiliki tinggi 15.8 cm, panjang akar 30 Cm dan memiliki 9 buah daun. Lalu saat pemanenan, berat sayur pakcoy dari sistem akuaponik *NFT* memiliki berat yang lebih yaitu 114.5 gram dibandingkan berat sayur dari sistem hidroponik *NFT* tidak terantau yaitu 101.4 gram.

5.2 Saran

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya terdapat beberapa saran sebagai berikut :

1. Dapat ditambahkan fitur penambahan air otomatis serta pembuangan air otomatis agar petani akuaponik tidak khawatir saat berpergian jauh.
2. Dapat ditambah sel surya atau *suplay power* selain menggunakan listrik untuk berjaga-jaga bila ada pemadaman listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. A.S and N. S. Budiana, Akuaponik Panen Sayur Bonus Ikan. Jakarta: Penebar Swadaya, 2015. (Dikutip pada halaman 1, 2, 5, 6, 7).
- [2] S. M. M. P. Jayavardhana Gubbi, Rajkumar Buyya, Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Elsevier, September 2013. (Dikutip pada halaman 2, 7).
- [3] R. Zafalon, “Smart system design: Industrial challenges and perspectives,” in 2013 IEEE 14th International Conference on Mobile Data Management, vol. 1, pp. 3–3, June 2013. (Dikutip pada halaman 7).
- [4] W. S. Guobao Xu and X. Wang, “Applications of wireless sensor networks in marine environment monitoring: A survey,” MDPI, vol. 14, 2014. (Dikutip pada halaman 8).
- [5] M. Li, Z. Li, and A. V. Vasilakos, “A survey on topology control in wireless sensor networks: Taxonomy, comparative study, and open issues,” Proceedings of the IEEE, vol. 101, pp. 2538–2557, Dec 2013. (Dikutip pada halaman 8).
- [6] Y. Zeng, C. J. Sreenan, N. Xiong, L. T. Yang, and J. H. Park, “Connectivity and coverage maintenance in wireless sensor networks,” The Journal of Supercomputing, vol. 52, no. 1, pp. 23–46, 2010. (Dikutip pada halaman 8).
- [7] A. Flammini, P. Ferrari, D. Marioli, E. Sisinni, and A. Taroni, “Wired and wireless sensor networks for industrial applications,” Microelectronics Journal, vol. 40, no. 9, pp. 1322 – 1336, 2009. Quality in Electronic Design2nd {IEEE} International Workshop on Advances in Sensors and InterfacesThermal Investigations of {ICs} and Systems. (Dikutip pada halaman 8).
- [8] S. yun Kim, O. Guzide, and S. Cook, “Towards an optimal network topology in wireless sensor networks: A hybrid approach

- ch.,” in SNA (G. K. Lee, ed.), pp. 13–18, ISCA, 2009. (Dikutip pada halaman 8).
- [9] “nRF24L01” <http://www.nordicsemi.com/eng/Products/2.4GHz-RF/nRF24L01/>. Diakses: 2018-04-22. (Dikutip pada halaman 9).
- [10] T. G. Hadijaya Pratama, Erik Haritman, “Akuisisi data kinerja sensor ultrasonik berbasis sistem komunikasi serial menggunakan mikrokontroler atmega 32,” ELECTRANS, vol. 11, no. 2, 2012. (Dikutip pada halaman 12).
- [11] P. Vany sek, “The glass ph electrode.” <http://www.electrochem.org/dl/interface/sum/sum04/IF6-04-Pages19-20.pdf>, 2004. (Dikutip pada halaman 13).
- [12] “Ph meter.” [https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter\(SKU:_SEN0161\)](https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter(SKU:_SEN0161)). Diakses: 2018-03-16. (Dikutip pada halaman 14).
- [13] DS18B20, “Programmable resolution 1-wire digital thermometer.” <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>, 2004. (Dikutip pada halaman 15, 16, 17, 18).
- [14] M. H. S. I. f. a. Jenny delly, ST.MT, “Studi penggunaan modul termoelektrik sebagai sistem pendingin portable,” ENTHALPY, vol. 1, no. 1, 2016. (Dikutip pada halaman 20, 21).
- [15] “Pengertian dan Prinsip Kerja Servo.” <http://trikueni-desain-sistem.blogspot.com/2014/03/Pengertian-Motor-Servo/> Diakses: 2018-04-18. (Dikutip pada halaman 18, 19).
- [16] Z. Ma, “Peltier.” <https://sites.suffolk.edu/zma5/2014/05/01/the-peltier-device/peltier/>. Diakses: 2018-04-16. (Dikutip pada halaman 20).

- [17] Z. B.Aswinth Raj, “Measuring PPM from MQ Gas Sensors using Arduino (MQ-137 Ammonia)” <https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/arduino-mq137-ammonia-sensor/>. Diakses: 2018-04-19. (Dikutip pada halaman , 9, 10, 11).
- [18] “Apa itu pompa peristaltik” <https://digital-meter-indonesia.com/apa-itu-pompa-peristaltik/>. Diakses: 2018-04-26. (Dikutip pada halaman 19).

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN



(a) Pembibitan akuaponik NFT dan hidroponik NFT



(b) Akuaponik minggu ke 1



(c) Akuaponik minggu ke 2 *servo*



(d) Akuaponik minggu ke 3



(e) Akuaponik pematangan 1



(f) Akuaponik pematangan 2



(a) Hidroponik minggu ke 1



(b) Hidroponik minggu ke 2 *servo*



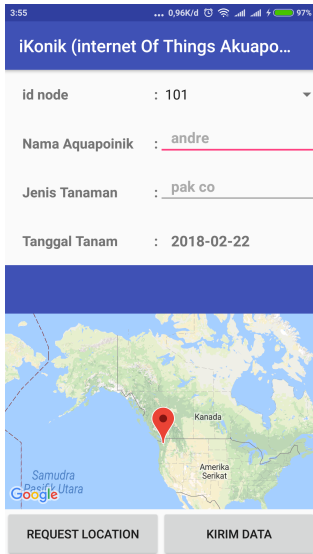
(c) Hidroponik minggu ke 3



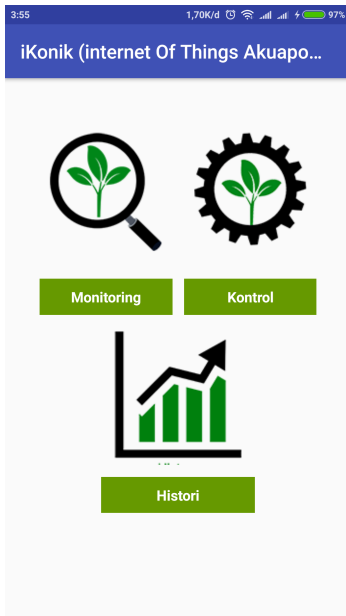
(d) Hidroponik pemanenan 1



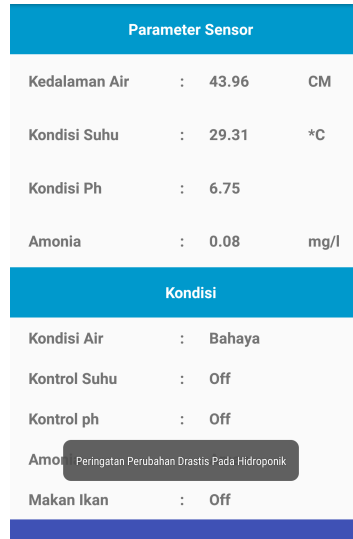
(e) Hidroponik pemanenan 2



Gambar I.1 : Atur informasi akuaponik



Gambar I.3 :Halaman menu



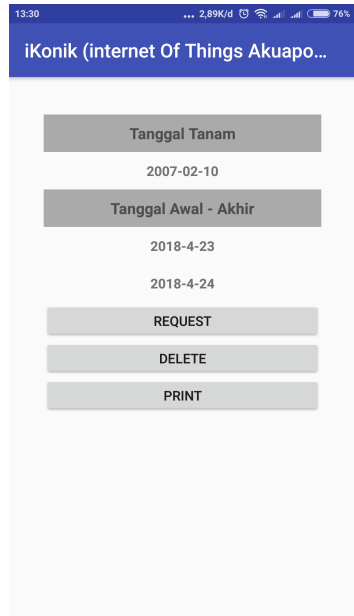
Gambar I.2 :Notifikasi kondisi ekstrem



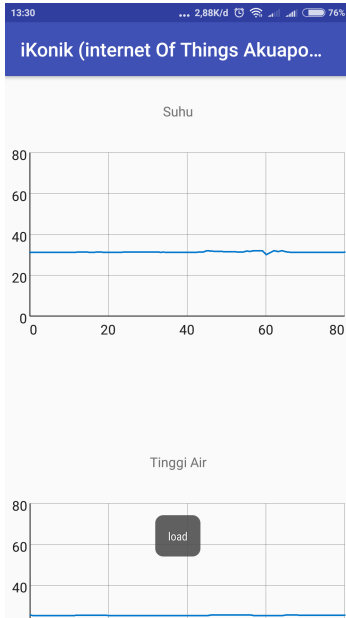
Gambar I.4 :Visualisasi data pada halaman monitoring



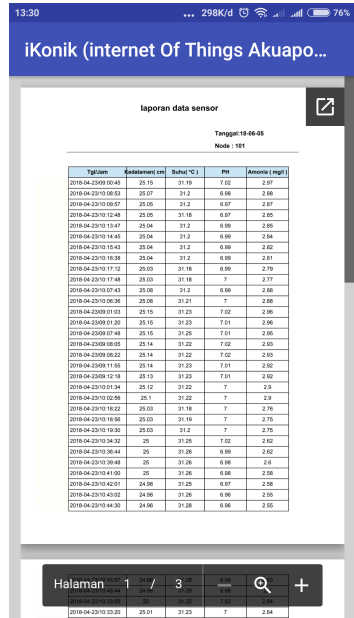
Gambar I.5 :Atur data parameter kontrol



Gambar I.6 :Pemilihan tanggal pada halaman history



Gambar I.2 :Visualisasi data pada halaman history



Gambar I.8 :Print data data pada halaman history



Gambar I.9 :akuaponik NFT terpantau

```

Data Receiver:111
Data Receiver:110
Data Receiver:105
Data Receiver:97
Data Receiver:61
Data Receiver:48
Data Receiver:46
Data Receiver:48
Data Receiver:56
Data Receiver:220
end for slave
Data Slave :idnode=101&kedalaman=143.96&suhu=50.31&ph=7.16&amonia=0.08
STATUS          = 0x44 RX_DR=1 TX_DS=0 MAX_RT=0 RX_P_NO=2 TX_FULL=0
RX_ADDR_P0-1    = 0xf0f0f0e1 0xf0f0f0d3
RX_ADDR_P2-5    = 0xe1 0xc4 0xc5 0xc6
TX_ADDR         = 0xf0f0f0e1
RX_PW_P0-6     = 0x20 0x20 0x20 0x00 0x00 0x00

```

Gambar I.10 :Proses pada *sink*

Tabel I.1: Pengamatan pertumbuhan tanaman

Hari Ke	Jumlah Daun		Tinggi Tanaman		Panjang Akar	
	Akuaponik NFT Terpantau	Hidroponik NFT Biasa	Akuaponik NFT Terpantau	Hidroponik NFT Biasa	Akuaponik NFT Terpantau	Hidroponik NFT Biasa
1	4	4	5.5	5.5	0	0
2	4	4	6.2	5.9	1	2.4
3	5	4	6.9	6.1	2.3	4.6
4	6	5	7.5	6.8	3.4	6.6
5	7	5	8.3	7.2	5.1	8.4
6	7	5	9.4	7.7	6.7	10.4
7	8	5	10	8.2	8.2	12.2
8	9	6	11.2	8.9	9.7	15.5
9	10	6	12.4	9.4	10.4	18.4
10	10	6	13.8	10.4	11.5	21.1
11	11	7	15.9	11.2	12.6	23.8
12	11	7	17.5	12.4	13.9	25.7
13	12	8	18.7	13.5	15.4	27.5
14	13	8	19.6	14.7	16.2	29.4
15	14	9	20.5	15.8	17.5	30

BIOGRAFI PENULIS



Andre Dwi Herdhiyanto, lahir pada 09 Mei 1996 di Kota Mojokerto, Provinsi Jawa Timur. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Saat ini penulis tinggal di Perumahan Gatoel Jalan Tarakan No 16 RT 03 RW 03 Kelurahan Kranggan Kecamatan Kranggan, Kota Mojokerto. Pada tahun 2008 menyelesaikan pendidikan di SD Negeri Kranggan 5 Kota Mojokerto. Tahun 2011 lulus dari SMP Negeri 2 Kota Mojokerto serta pada tahun 2014 lulus dari SMA Negeri 1 Puri. Penulis diterima di Program Studi di S-1 Departemen Teknik Komputer Fakultas Teknologi Elektro ITS. Penulis aktif menjadi Koordinator Bidang Fotografi Divisi Ar-twork Elektro ITS. Penulis memiliki hobby *Travelling* dan Fotografi. Penulis berhasil menyelesaikan tugas akhir dengan judul ” **Pemantauan dan Pengaturan Sistem Aquaponik *Nutrient Film Technique (NFT)* Berbasis *Internet Of Things*”**. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran atau pertanyaan mengenai tugas akhir ini dapat menghubungi penulis melalui email andreal-fia09@gmail.com.

Halaman ini sengaja dikosongkan