



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - EC 184801

INTERNET OF THINGS (IOT) UNTUK PEMANTAUAN DAN PENGENDALIAN URBAN FARMING MENGGUNAKAN METODE TANAM DALAM RUANG BERBASIS WIRELESS SENSOR NETWORK

Thesar Gufont Agrinusa
NRP: 0721134000046

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

DEPARTEMEN TEKNIK KOMPUTER
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - EC184801

***INTERNET OF THINGS (IOT) UNTUK PEMANTAUAN DAN
PENGENDALIAN URBAN FARMING MENGGUNAKAN METODE
TANAM DALAM RUANG BERBASIS WIRELESS SENSOR NETWORK***

Thesar Gufont Agrinusa
NRP 0721134000046

Dosen Pembimbing
Arief Kurniawan, S.T., M.T.
Ahmad Zaini, S.T., M.Sc.

Departemen Teknik Komputer
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



FINAL PROJECT - EC184801

**INTERNET OF THINGS (IOT) FOR MONITORING AND
CONTROLLING URBAN FARMING USING INDOOR PLANTING
METHOD BASED ON WIRELESS SENSOR NETWORK**

Thesar Gufont Agrinusa
NRP 0721134000046

Supervisors
Arief Kurniawan, S.T., M.T.
Ahmad Zaini, S.T., M.Sc.

DEPARTMENT OF COMPUTER ENGINEERING
Faculty of Intelligent Electrical and Informatics Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2020

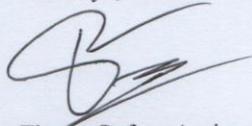
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "*Internet Of Things (IOT)* untuk Pemantauan dan Pengendalian *Urban Farming* Menggunakan Metode Tanam Dalam Ruang Berbasis *Wireless Sensor Network*" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan karya pihak 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 peraturan yang berlaku.

Surabaya, Januari 2020



Thesar Gufont Agrinusa
NRP. 072113400046

LEMBAR PENGESAHAN

Internet Of Things (IOT) untuk Pemantauan dan Pengendalian Urban Farming Menggunakan Metode Tanam Dalam Ruang Berbasis Wireless Sensor Network

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

Oleh: Thesar Gufont Agrinusa (NRP: 0721134000046)

Tanggal Ujian : 06 Januari 2020

Periode Wisuda : Maret 2020

Disetujui oleh:

Arief Kurniawan, S.T., M.T.
NIP: 197409072002121001

(Pembimbing I)

Ahmad Zaini, S.T., M.T.
NIP: 197504192002121003

(Pembimbing II)

Dr. Surya Sampene, S.T., M.Sc.
NIP: 196906131997021503

(Penguji I)

Eko Pramunanto, S.T., MT.
NIP: 196612031994121001

(Penguji II)



ABSTRAK

Nama Mahasiswa : Thesar Gufont Agrinusa
Judul Tugas Akhir : *Internet Of Things (IOT)* untuk Pemantauan dan Pengendalian *Urban Farming* Menggunakan Metode Tanam Dalam Ruang Berbasis *Wireless Sensor Network*
Dosen Pembimbing : 1. Arief Kurniawan, S.T., M.T.
2. Ahmad Zaini, S.T., M.Sc.

Dewasa ini tingkat pertumbuhan populasi penduduk di Indonesia terutama pada kota-kota besar semakin pesat, menyebabkan berkurangnya lahan pada sektor pertanian. Salah satu solusi yang dapat mengatasi hal tersebut adalah menerapkan konsep *urban farming*. Konsep dari *urban farming* sendiri memiliki banyak metode, salah satu metode yang tepat untuk menjawab persoalan tersebut adalah dengan menerapkan metode tanam dalam ruangan. Kegiatan bercocok tanam dilakukan didalam ruang tanam, dengan cara memanipulasi kondisi lingkungan sesuai dengan kebutuhan tanaman. Namun dalam penerapannya kondisi lingkungan belum dapat dipantau dan dikontrol secara objektif dan *real time*. Sehingga dibutuhkan sistem terintegrasi yang dapat dipantau dan dikontrol agar kebutuhan kondisi lingkungan ideal dalam ruang dapat terpenuhi serta pemilik dapat melakukan pemantauan terhadap ruang tanam secara langsung (*real time*). Sistem ini mengimplementasikan *Internet of Things (IoT)* dan *Wireless Sensor Network* dengan modul komunikasi XBee Series 1 sebagai pemantau dan kontrol kondisi lingkungan dalam ruang tanam, Pada penelitian ini berhasil mengimplementasikan pemantauan dan pengendalian *urban farming* menggunakan metode tanam dalam ruang berbasis *Internet Of Things (IOT)* dan *Wireless Sensor Network (WSN)*.

Kata Kunci: *Urban Farming, Internet of Things, Wireless Sensor Network, Android, Embeded System.*

Halaman ini sengaja dikosongkan.

ABSTRACT

Name : Thesar Gufont Agrinusa
Title : *Internet Of Things (IOT) for Monitoring and Controlling Urban Farming Using Indoor Planting Method Based On Wireless Sensor Network.*
Advisors : 1. Arief Kurniawan, S.T., M.T.
2. Ahmad Zaini, S.T., M.Sc.

Nowadays, the growth rate of the population in Indonesia, especially in big cities are rapidly increasing, giving an impact on the reduction of land in the agricultural sector. One of the solutions that can overcome this problem is by applying the concept of urban farming. The concept of urban farming itself have many methods, one of the right method to answer the problem is applying the Indoor planting method. This planting activity carried out in the planting room, by manipulating environmental conditions according to what plant needs. However, in its application the environmental conditions cannot be monitored and controlled objectively and in real time. Based on the fact, we need an integrated system that can be monitored and controlled, in order to the needs of ideal environmental conditions in Indoor space can be fulfilled also the user can monitor the planting space directly (real time). This system implements the Internet of Things (IOT) and Wireless Sensor Network with XBee Series 1 as monitoring and controlling of environmental conditions in Indoor the planting space. In this research successfully implemented monitoring and controlling urban farming using indoor planting method based on the Internet of Things (IoT) and Wireless Sensor Network.

Keywords: Urban Farming, Internet of Things, Wireless Sensor Network, Android, Embeded System.

Halaman ini sengaja dikosongkan.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa, atas segala limpahan nikmat berkat, serta karunia-Nya yang tidak terkira kepada penulis, hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul :

INTERNET OF THINGS (IOT) UNTUK PEMANTAUAN DAN PENGENDALIAN URBAN FARMING MENGGUNAKAN METODE TANAM DALAM RUANG BERBASIS WIRELESS SENSOR NETWORK

Tugas akhir ini disusun dalam rangka pemenuhan bidang riset di Departemen Teknik Komputer Institut Teknologi Sepuluh Nopember, serta digunakan sebagai persyaratan menyelesaikan pendidikan S1. Tugas akhir ini dapat terselesaikan tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Bapak Ibnoe Djoko dan Ibu Wiwik Sinarsih, kakak-kakak penulis Aftharsia Minggie dan Basilea Yunias serta adik-adik penulis Trifena Limareth Ziano dan Jherolyn Toefont Ziano yang menjadi motivasi terbesar penulis dalam menjalani seluruh segi kehidupan dan selalu menjadi orang-orang yang tetap setia menunggu penulis pulang ke rumah.
2. Raissa Safridha Putri yang senantiasa memberikan motivasi, semangat, waktu, tenaga dan pikiran dalam setiap pendampingannya terhadap penulis selama masa pengerjaan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, S.T., M.T. selaku Kepala Departemen Teknik Komputer, Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
4. Bapak Arief Kurniawan, S.T., M.T. dan Bapak Ahmad Zaini, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberi bimbingan, kejelasan, nasehat, serta solusi-solusi dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Keluarga besar angkatan E-53 yang telah memberi dukungan baik secara langsung maupun dengan doa, terkhusus keluarga besar NOGO SOBUNG.

6. Keluarga besar DIVISI KALPATARU terkhusus K-30: Pacil, Teja, Ifut dan Alm. Nita. KALPATARU! SATU JIWA SATU KELUARGA , KALPATARU JAYA!
7. Seluruh penghuni kontrakan BASHKARA V ditiap generasi beserta Bona dan Pigi, yang telah menyediakan sarana prasarana sekaligus tempat berteduh selama penulis menjalankan masa perkuliahan di Teknik Komputer ITS dan saat pengerjaan tugas akhir.
8. Para penghuni Dibawah Pohon Rindang (E51-E56) yang tak dapat disebutkan satu-persatu dan Para penghuni kantin, terutama Mbak Rini, Mas Wahyu, Mak Ning, Bu Kus, Pak Kus, Pak Sugeng, Bu Tutik, Mbak Dewi, Mbak Sus, Zeppa, Vira yang selalu menyediakan konsumsi bagi penulis disaat-saat genting pengerjaan tugas akhir.
9. The Dark Side Of The Moon yang telah membentuk penulis dalam menjalankan perkuliahan di Teknik Komputer ITS dan menemani selama pengerjaan tugas akhir.
10. Serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis berharap para pembaca Tugas Akhir ini bersedia memberikan kritik, saran, dan masukan agar selanjutnya menambah manfaat Tugas Akhir.

Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan bisa dijadikan referensi bagi Tugas Akhir selanjutnya.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
<i>ABSTRACT</i>	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TEORI PENUNJANG.....	5
2.1 Urban Farming.....	7
2.1.1 Hidroponik <i>Wick System</i> (Sistem Sumbu).....	8
2.2 Syarat Tumbuh Tanaman Sawi (<i>Barassica rappa</i>).....	8
2.3 <i>Grow Lamp</i>	10
2.4 <i>Mist Maker</i>	11
2.5 <i>Internet of Things</i> (IOT).....	12
2.6 <i>Wireless Sensor Network</i> (WSN).....	13
2.6.1 Topologi <i>Wireless Sensor Network</i>	13
2.6.2 Aplikasi <i>Wireless Sensor Network</i>	13
2.7 <i>Tranceiver XBee</i>	16
2.7.1 Konfigurasi Pin XBee.....	16
2.7.2 Spesifikasi Xbee Series 1 802.15.4.....	18
2.8 <i>Related Works</i>	19
2.8.1 <i>A Wireless Sensor Network Using XBee for Precision Agriculture of Sweet Potatoes (Ipmoea batatas)</i>	19
2.8.2 Studi Pola Pertumbuhan Tanaman Sawi.....	22
2.8.3 <i>Greenhouse Monitoring And Control System Based On Wireless Sensor Network</i>	25

BAB 3 DESAIN SISTEM DAN IMPLEMENTASI.....	31
3.1 Desain Sistem.....	31
3.2 Alur Kerja	34
3.3 Pemrosesan Data di <i>Source Node</i>	35
3.3.1 Pengiriman Data Sensor ke <i>Sink</i>	35
3.3.2 Penerimaan Data Parameter Kontrol Dari <i>Sink</i>	36
3.3.3 Pemrosesan Kontrol.....	37
3.4 Pemrosesan Data di <i>Sink</i>	42
3.4.1 Pemrosesan Data Sensor oleh <i>Sink</i>	42
3.4.2 Pemrosesan Kontrol oleh <i>Sink</i>	43
3.5 Pengolahan <i>Database Server</i>	44
3.5.1 Pengolahan Data Sensor	45
3.5.2 Pengolahan Data Parameter Kontrol	45
3.6 Pembuatan User Interface Berbasis Aplikasi Android	46
3.6.1 Halaman Awal My Tanaman	47
3.6.2 Halaman Informasi My Tanaman.....	48
3.6.3 Halaman Status My Tanaman.....	49
3.6.4 Halaman Pemberitahuan My Tanaman.....	50
3.6.5 Halaman Grafik My Tanaman	51
BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISA	53
4.1 Pengujian Perbandingan Sensor Dengan Alat Ukur Lain.....	55
4.1.1 Pengujian Sensor Suhu	56
4.1.2 Pengujian Sensor Kelembaban.....	56
4.1.3 Pengujian Sensor Intensitas Cahaya.....	57
4.2 Pengujian Komunikasi XBee	58
4.2.1 Uji Coba Jangkauan XBee.....	59
4.3 Pengujian Proses Pada <i>Source Node</i>	61
4.3.1 Pengujian Proses Kontrol Suhu.....	62
4.3.2 Pengujian Proses Kontrol Kelembaban	63
4.3.3 Pengujian Proses Pemantauan Intensitas Cahaya	64
4.4 Pengujian Multi-node.....	65
4.5 Pengujian Sisten Dengan Tanaman.....	66

BAB 5 PENUTUP.....	67
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA.....	71
LAMPIRAN.....	75
BIOGRAFI PENULIS	77

Halaman ini sengaja dikosongkan.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hidroponik <i>wick system</i>	8
Gambar 2.2 Sawi hijau.....	9
Gambar 2.3 Perbedaan Panjang gelombang <i>grow lamp</i>	10
Gambar 2.4 <i>Grow lamp</i> pada ruang tanam.....	11
Gambar 2.5 Mist maker ultrasonic	11
Gambar 2.6 Aplikasi penggunaan IOT	12
Gambar 2.7 Ilustrasi pemanfaatan jaringan sensor nirkabel pada bidang lingkungan	14
Gambar 2.8 Ilustrasi pemanfaatan jaringan sensor nirkabel dalam memonitor sebuah pipeline	15
Gambar 2.9 Pinout modul komunikasi Xbee.....	17
Gambar 2.10 Desain pemodelan <i>greenhouse</i> ubi jalar.....	21
Gambar 2.11 Blok diagram <i>source node</i>	21
Gambar 2.12 Blok diagram kontroler	21
Gambar 2.13 Diagram alir identifikasi pola pertumbuhan	24
Gambar 2.14 Sistem blok diagram	26
Gambar 2.15 <i>Flow chart</i> sistem	27
Gambar 2.16 Sistem <i>hardware</i>	28
Gambar 2.17 GUI untuk system monitor dan kontrol.....	29
Gambar 3.1 Desain pemodelan ruang tanam.....	31
Gambar 3.2 Blok diagram sistem.	32
Gambar 3.3 Blok sirkuit diagram <i>source node</i>	32
Gambar 3.4 Blok diagram <i>sink</i>	33
Gambar 3.5 Gambaran umum system kerja	35
Gambar 3.6 Alur pengiriman data pada <i>source node</i>	36
Gambar 3.7 Alur penerimaan data pada <i>source node</i>	37
Gambar 3.8 Proses kontrol suhu.....	38
Gambar 3.9 Proses kontrol kelembaban.....	39
Gambar 3.10 Proses kontrol intensitas cahaya	40
Gambar 3.11 Proses kontrol waktu penyinaran	41
Gambar 3.12 Alur pemrosesan data oleh <i>sink</i>	42
Gambar 3.13 Alur pengiriman parameter kontrol oleh <i>sink</i> ke <i>source node</i>	44
Gambar 3.14 Halaman awal My Tanaman.....	48
Gambar 3.15 Halaman Informasi My Tanaman	49
Gambar 3.16 Halaman Status My Tanaman.....	50

Gambar 3.17 Halaman Pemberitahuan My Tanaman	51
Gambar 3.18 Halaman grafik My Tanaman.....	52
Gambar 4.1 Pemodelan ruang tanam.....	53
Gambar 4.2 Pemasangan sensor dan aktuator.	54
Gambar 4.3 Pemasangan exhaust dan fan.....	54
Gambar 4.4 Pemasangan growlamp dan mist maker	54
Gambar 4.5 Pemasangan sensor DHT22 dan BH1750	55
Gambar 4.6 Pengaturan parameter komunikasi pada XCTU ...	58
Gambar 4.7 Hasil Test <i>spectrum analyser</i>	59
Gambar 4.8 Rangkaian source node.	61
Gambar 4.9 Grafik penurunan suhu.....	62
Gambar 4.10 Grafik penurunan kelembaban.....	64
Gambar 4.11 Grafik pemantauan nilai intensitas	65
Gambar 4.12 Grafik pertumbuhan tanaman	67
Gambar 4.13 Grafik pertumbuhan daun.	68
Gambar 4.14 Grafik pertumbuhan akar	68

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Luas lahan pertanian DKI Jakarta	1
Tabel 2.1 Penjelasan pinout Xbee	17
Tabel 2.2 Spesifikasi Xbee S1	18
Tabel 2.3 Fitur yang terdapat dalam Xbee S1	18
Tabel 2.4 Spesifikasi jaringan Xbee S1	18
Tabel 2.5 Spesifikasi Daya Xbee S1	19
Tabel 2.6 Faktor iklim yang divariasikan	25
Tabel 3.1 Format data <i>source node</i> ke <i>sink</i>	35
Tabel 3.2 Format data <i>sink</i> ke <i>source node</i>	43
Tabel 3.3 Struktur table sensor	45
Tabel 3.4 Struktur table informasi	46
Tabel 4.1 Spesifikasi alat uji	55
Tabel 4.2 Data pengujian sensor suhu	56
Tabel 4.3 Data pengujian sensor kelembaban	57
Tabel 4.4 Data pengujian sensor intensitas cahaya	58
Tabel 4.5 Data pengujian jangkauan XBee	60
Tabel 4.6 Data <i>source node</i>	61
Tabel 4.7 Proses kontrol suhu	62
Tabel 4.8 Proses kontrol kelembaban	63
Tabel 4.9 Proses pemantauan intensitas cahaya	64
Tabel 4.10 Pengiriman dan penerimaan data dengan <i>Multi-node</i>	66

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini tingkat pertumbuhan populasi penduduk di Indonesia terutama pada kota-kota besar semakin pesat, hal ini menyebabkan kebutuhan lahan untuk sarana pembangunan bangunan tempat tinggal semakin besar. Pembukaan lahan baru serta perataan pembangunan pada wilayah perkotaan menyebabkan semakin berkurangnya lahan pada sektor pertanian [1].

Tabel 1.1: Luas lahan pertanian menurut Prov. DKI Jakarta 2013-2017[1]

No.	Kabupaten/Kota District/Municipality	Tahun/Year				
		2013	2014	2015	2016	2017*)
1	Kab. Kepulauan Seribu	-	0		0	0
2	Kota Jakarta Selatan	-	0		0	0
3	Kota Jakarta Timur	210.00	104	74	74	74
4	Kota Jakarta Pusat	-	-	-	-	-
5	Kota Jakarta Barat	157.00	146	116	99	88.5
6	Kota Jakarta Utara	528.00	528	460	408	408
DKI Jakarta		895.00	778.00	650.00	581.00	570.50

Dampak lain pada sektor pertanian adalah kebutuhan terhadap bahan pangan atau makanan yang semakin tinggi. Saat ini kota-kota besar masih mengandalkan pasokan bahan pangan terutama hasil bumi dari daerah-daerah sekitarnya. Mengingat kebutuhan pangan penduduk yang semakin meningkat, maka diperlukan metode pertanian yang dapat dilakukan bahkan di daerah perkotaan yang memiliki lahan sempit dan terbatas. Salah satu solusi yang dapat mengatasi hal tersebut adalah menerapkan konsep *Urban Farming*.

Urban Farming adalah sebuah konsep untuk memindahkan pertanian konvensional ke pertanian perkotaan. Perbedaan *urban farming* dengan metode pertanian yang lain yaitu terdapat pada pelaku dan media tanamnya. Dengan mengusung konsep *urban farming* yang diterapkan setiap masyarakat perkotaan nantinya diharapkan dapat memenuhi

kebutuhan pangan dari setiap masyarakat itu sendiri [2]. Namun terdapat beberapa masalah dalam penerapan konsep *urban farming* yang dihadapi masyarakat perkotaan, diantaranya adalah tidak adanya pekarangan atau halaman untuk melakukan aktivitas bercocok tanam. Seperti contoh masyarakat yang tinggal dalam rumah susun maupun *apartement* kesulitan dalam menerapkan konsep *urban farming*. Konsep dari *urban farming* sendiri memiliki banyak metode, salah satu metode yang tepat untuk menjawab persoalan tersebut adalah dengan menerapkan metode tanam dalam ruangan dengan media tanam hidropnik.

Pengguna harus mempersiapkan satu ruangan khusus yang nantinya digunakan untuk melaksanakan aktivitas bercocok tanam. Sebelum ruang siap digunakan untuk melaksanakan aktivitas bercocok tanam, ruang harus dikondisikan sedemikian rupa agar lingkungan didalamnya sesuai dengan kebutuhan jenis tanaman yang akan ditanam. Beberapa parameter kondisi lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman adalah tinggi rendahnya suhu, kelembaban udara serta tingkat pencahayaan. Terciptanya kondisi lingkungan yang ideal bagi tanaman dapat menunjang pertumbuhan tanaman itu sendiri [3]. Namun dengan menggunakan metode tanam dalam ruang yang dikondisikan secara manual, masih terdapat beberapa kekurangan. Terlebih dalam penerapan skala kecil atau perumahan, keterbatasan akan alat sebagai media pemantau serta kontrol lingkungan dalam ruangan yang digunakan untuk menanam menyebabkan sulit terciptanya kondisi lingkungan yang ideal bagi tanaman.

Oleh karena itu dibutuhkan suatu alat untuk melakukan perbaikan kualitas metode tanam dalam ruang sehingga nantinya penerapan *urban farming* dengan keterbatasan lahan bukan menjadi masalah pada masyarakat perkotaan serta kebutuhan ideal akan kondisi lingkungan di dalam ruang tanam dapat terpenuhi. Hal ini diterapkan dengan menggunakan metode *Wireless Sensor Network* (WSN) dengan modul komunikasi *XBee Series 1* dan menerapkan sistem *Internet Of Things* (IOT) dimana merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus. Data – data yang diambil oleh sensor akan di proses oleh mikrokontroler board *Arduino*. Komunikasi yang digunakan antara mikrokontroler dan *server* menggunakan *WeMos D1*. Pada akhirnya

server akan mengirim data pada *smartphone android* pengguna. Sehingga pengguna ruang tanam dapat melakukan pemantauan serta pengendalian terhadap ruang tanam mereka.

1.2 Permasalahan

Sistem tanam dalam ruangan yang dipantau dan dikontrol secara manual menyebabkan:

1. Suhu serta kelembaban ruangan yang fluktuatif tidak dapat terpantau secara langsung.
2. Ventilasi mengandalkan arah dan kecepatan angin untuk menurunkan suhu ruangan.
3. Sumber pencahayaan alami dari cahaya yang dihasilkan matahari tidak dapat masuk maksimal ke dalam ruangan.
4. Pengendalian lingkungan secara manual di dalam ruang tanam tidak terkendali secara langsung.

Hal tersebut menyebabkan kondisi lingkungan ideal yang dibutuhkan tanaman kurang terpenuhi sehingga menyebabkan pertumbuhan tanaman kurang optimal.

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah pembuatan sistem tanam dalam ruang terpantau yang dapat memantau kondisi suhu ruang, kondisi kelembaban relatif, serta kondisi intensitas cahaya di dalam ruang tanam. Serta pengendali aktuator yang menunjang proses kontrol terhadap suhu ruang, kelembaban relatif serta sumber pencahayaan secara jarak jauh dan *wireless*. Sehingga kebutuhan kondisi lingkungan tanaman di dalam ruang dapat terpenuhi dengan pemantauan dan pengendalian ruang tanam secara langsung dan dapat menunjang kebutuhan *urban farming* dengan lebih mudah.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Sensor suhu serta kelembaban udara menggunakan DHT22 yang ditempatkan pada 2 titik.

2. Sensor intensitas cahaya menggunakan BH1750 yang ditempatkan pada 2 titik.
3. Sumber pencahayaan buatan dengan menggunakan *grow lamp*.
4. Mikrokontroler yang digunakan adalah ATmega2560 dengan *board* Arduino Mega.
5. Komunikasi data dengan menggunakan Xbee S1 802.15.4 RF *Module*.
6. *Smartphone* yang digunakan adalah *smartphone* berbasis Android.
7. Pengkondisian lingkungan ruang tanam digunakan untuk tanaman jenis sawi, menerapkan media tanam hidroponik dengan sistem *wick*.

1.5 Sistematika Penulisan

Laporan penelitian tugas akhir ini tersusun dalam sistematika dan terstruktur sehingga lebih mudah dipahami dan dipelajari oleh pembaca maupun seseorang yang hendak melanjutkan penelitian ini. Alur sistematika penulisan laporan tugas akhir ini yaitu:

1. BAB I Pendahuluan
Bab I berisi uraian tentang latar belakang, permasalahan, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.
2. BAB II Tinjauan Pustaka
Bab II berisi tentang uraian secara sistematis teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas pada tugas akhir ini. Teori-teori yang digunakan sebagai dasar dalam tugas akhir, yaitu informasi terkait *urban farming* untuk metode tanam dalam ruang serta syarat tumbuh tanaman dan teori penunjang lain.
3. BAB III Perancangan Sistem dan Implementasi
Bab III berisi tentang penjelasan-penjelasan terkait sistem yang dibuat. Guna mendukung digunakan desain sistem dan alur kerja sistem agar sistem dapat mudah dipahami untuk implementasi pada pelaksanaan tugas akhir.
4. BAB IV Pengujian dan Analisa
Bab IV menjelaskan tentang pengujian dan analisa hasil yang dilakukan terhadap sistem. Spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan juga disebutkan dalam bab ini.

Tujuannya adalah sebagai variabel kontrol dari pengujian yang dilakukan.

5. BAB V Penutup

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

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB 2

TEORI PENUNJANG

Guna mendukung penelitian dalam tugas akhir ini, dibutuhkan beberapa teori penunjang sebagai bahan acuan dan referensi. Dengan demikian penelitian ini menjadi lebih terarah.

2.1 *Urban Farming*

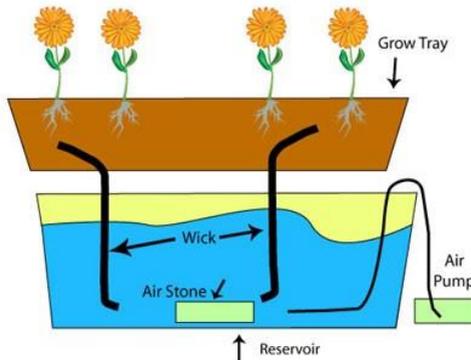
Urban farming adalah praktik budidaya, pemrosesan, dan distribusi bahan pangan di atau sekitar kota. *Urban farming* juga bisa melibatkan peternakan, budidaya perairan, wanatani, dan hortikultura. Dalam arti luas, *urban farming* mendeskripsikan seluruh sistem produksi pangan yang terjadi di perkotaan

FAO (*Food and Agriculture Organization*) of the United Nation mendefinisikan *Urban farming* sebagai Sebuah industri yang memproduksi, memproses, dan memasarkan produk terutama dalam menanggapi permintaan harian konsumen di dalam perkotaan, yang menerapkan metode produksi intensif, memanfaatkan dan mendaur ulang sumber daya dan limbah perkotaan untuk menghasilkan beragam tanaman dan hewan ternak. Perbedaan antara pertanian urban dan non-urban bisa cukup besar, dan tantangan yang ada pada *urban farming* bisa disebut sebagai kekuatan dari konsep *urban farming* itu sendiri. Variasi kondisi sosio-ekonomi perkotaan, budaya, hingga geografi, iklim, dan luas lahan menimbulkan berbagai inovasi.

Urban farming pada awalnya muncul dari masyarakat perkotaan karena semakin sedikitnya lahan di daerah perkotaan untuk mengembangkan sektor pertanian. *Urban farming* sendiri adalah sebuah konsep untuk memindahkan pertanian konvensional ke pertanian perkotaan. Perbedaan *urban Farming* dengan metode pertanian yang lain yaitu terdapat pada pelaku dan media tanamnya. Untuk menerapkan konsep *urban farming* tidak memerlukan lahan yang luas, tempat tinggal dengan pekarangan yang sempit, bahkan tempat tinggal tanpa pekarangan pun dapat menerapkan konsep *urban farming*. Beberapa manfaat *urban farming* adalah penghematan dalam pengeluaran untuk kebutuhan bahan pangan. Serta hasil pertanian yang lebih segar, bersih dan sehat yang langsung dapat dikonsumsi. [4]

2.1.1 Hidroponik *Wick System* (Sistem Sumbu)

Hidroponik *wick system* adalah sistem hidroponik paling sederhana dan menghemat tempat. Hidroponik *wick system* sendiri dipilih karena penerapannya yang sederhana dan tidak memerlukan teknik khusus seperti hidroponik lainnya seperti .Pada prinsipnya, sistem sumbu ini hanya membutuhkan sumbu yang dapat menghubungkan antara larutan nutrisi pada bak penampung dengan media tanam. Pada penerapannya, biasanya digunakan kain flannel sebagai sumbu penghubung. Sistem ini adalah sistem yang pasif yang berarti tidak ada bagian yang bergerak. Larutan nutrisi ditarik ke media tanam dari bak/tangki penampung melalui sumbu. Air dan nutrisi akan dapat mencapai akar tanaman dengan memanfaatkan daya kapilaritas pada sumbu. Beberapa kelebihan pada sistem sumbu ini adalah biaya pembuatannya yang murah dan tidak bergantung pada listrik.



Gambar 2.1: Hidroponik *wick system*. [4]

2.2 Syarat Tumbuh Tanaman Sawi (*Brassica rapa var. parachinensis L*)

Semua jenis tanaman pertanian yang berbasis lahan untuk tumbuh atau hidup dan berproduksi memerlukan persyaratan-persyaratan tertentu, yang kemungkinan antara yang satu dengan yang lainnya berbeda. Sawi hijau adalah salah satu sayuran daun populer di Indonesia. Tumbuhan ini dipilih karena mudah dibudidayakan dan menjadi salah satu jenis sayuran yang digemari.



Gambar 2.2: Sawi hijau

Pada tanaman sawi hijau (*Brassica rapa var. parachinensis L*) memiliki syarat tumbuh meliputi:

1. Kelembaban Udara

Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh berbagai faktor. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman, salah satunya adalah kelembaban udara. Kelembaban udara adalah tinggi rendahnya kandungan uap air di udara. Kelembaban dibutuhkan tanaman agar tidak cepat mengering karena terjadinya proses penguapan. Kelembaban yang dibutuhkan tanaman berbeda-beda tergantung pada jenis tanaman. Pada tanaman sawi, membutuhkan tingkat kelembaban berkisar 65 – 75 % agar dapat tumbuh optimal [5].

2. Suhu

Suhu yang dibutuhkan dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman dikenal sebagai suhu kardinal yaitu meliputi suhu optimum, suhu minimum dan suhu maksimum. Dimana suhu yang berada dibawah batas maksimum atau diatas optimum ini tidak baik untuk tanaman, keadaan tersebut sering disebut suhu ekstrim. Suhu kardinal yang dibutuhkan oleh tanaman berbeda-beda tergantung pada jenis tanamannya. Kebutuhan suhu ideal untuk pertumbuhan tanaman jenis sawi agar dapat tumbuh optimal berada pada suhu udara antara 27 – 32 C [6].

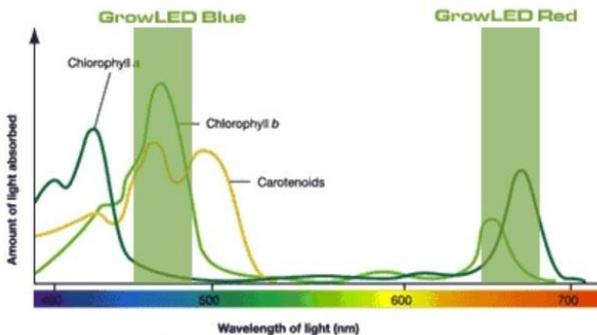
3. Cahaya

Cahaya adalah sumber utama bagi pertumbuhan tanaman untuk dapat melakukan proses fotosintesis. Fotosintesis adalah proses dasar pada tumbuhan untuk menghasilkan makanan. Makanan yang

dihasilkan akan menentukan ketersediaan energi untuk pertumbuhan. Kebutuhan cahaya ideal bagi kebutuhan pertumbuhan tanaman berbeda-beda tergantung pada jenis tanamannya. Pada tanaman sawi membutuhkan lama pencahayaan yang berkisar antara 70 – 80 % per-hari dengan intensitas cahaya sebesar 7.000 Lux. [3].

2.3 Grow Lamp

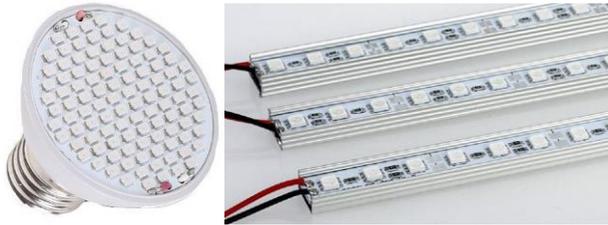
Lampu LED untuk pertumbuhan tanaman ditemukan untuk pertama kalinya oleh perusahaan SolarOasis pada tahun 2002. Sebelumnya, lampu-lampu LED hanya diproduksi untuk menghasilkan cahaya putih saja. Kini, warna cahaya sangat beraneka dan masing-masing memiliki panjang gelombang sendiri. Lampu-lampu yang digunakan sebagai lampu penumbuh tanaman memiliki panjang gelombang cahaya mulai dari 380 nanometer (nm) yang disebut cahaya *ultra violet*, hingga 880 nm yang disebut cahaya infra red. Tanaman membutuhkan cahaya yang terlihat mata (*visible light*) dengan spektrum antara 400 nm – 700 nm. Bagi mata manusia, panjang-panjang gelombang yang terkait dengan warna hijau dan kuning tampak jauh lebih terang bila dibandingkan dengan warna merah dan biru yang justru merupakan warna-warna utama dalam proses fotosintesa pada tanaman.



Gambar 2.3: Perbedaan Panjang gelombang *grow lamp*. [7]

Pada gambar 2.3, tampak bahwa penyerapan *chlorophyll* menghasilkan pertumbuhan yang kuat pada spektrum antara 390 nm — 510 nm. Spektrum 610 nm — 700 nm merupakan spektrum utama bagi

proses fotosintesis. Cahaya merah tua, yang terletak pada spektrum 700 nm — 730 nm sangat baik untuk proses berbunga. [7]



Gambar 2.4: *Grow lamp* pada ruang tanam. [7]

2.4 *Mist Maker*

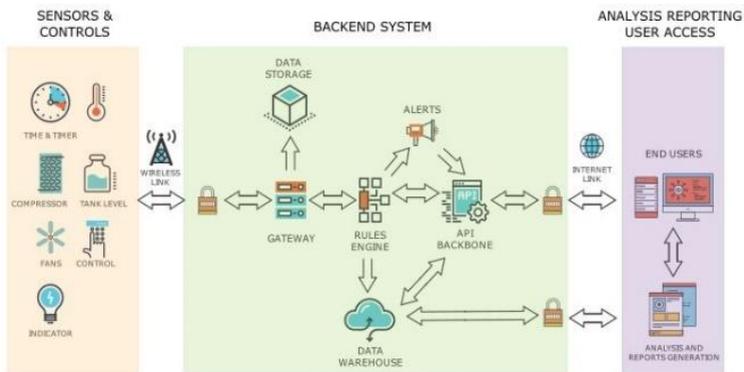
Mist maker adalah alat yang dapat merubah air biasa menjadi awan kabut, alat ini bekerja menggunakan proses *ultrasonic atomization*. *Mist maker* digunakan untuk menaikkan kelembaban pada area ruang tanam. Alat ini dapat menghasilkan kabut melalui sebuah transduser berupa piezoelektrik beresonansi 1.6 MHz yang menghasilkan getaran energi yang tinggi, sehingga menyebabkan air berubah menjadi kabut. Tekanan tinggi gelombang kompresi dibuat dipermukaan air sehingga menyebabkan molekul uap dilepaskan ke udara dengan ukuran partikel air dalam kabut berukuran kurang dari 5 mikron [8]. Alat ini tidak dapat aktif dalam keadaan kering, sehingga membutuhkan air yang cukup untuk beroperasi. Tidak seperti *mist maker thermal* atau berbasis panas, kabut yang dihasilkan *mist maker ultrasonic* ini dingin dan basah. Alat ini terhubung dengan adaptor 24V DC.



Gambar 2.5 *Mist maker ultrasonic* [8]

2.5 Internet of Things (IOT)

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 [9]. Dari Gambar 2.6 salah satu contoh penerapan IOT di sektor perkebunan dapat digunakan untuk penyiraman otomatis, cek kesuburan tanah, kelembaban tanah dsb. Penerapan IOT juga dapat digunakan untuk meningkat produksi perkebunan.



Gambar 2.6 Aplikasi penggunaan *IOT* [10]

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.

2.6 *Wireless Sensor Network (WSN)*

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 [11].

2.6.1 *Topologi Wireless Sensor Network*

Pemilihan topologi WSN bergantung pada penerapannya [12], 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 [13]. 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* [14]. 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* [15].

2.6.2 *Aplikasi Wireless Sensor Network*

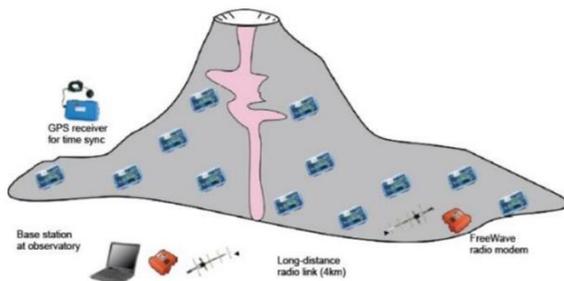
Jaringan sensor nirkabel saat ini telah dimanfaatkan dalam berbagai bidang untuk memudahkan hidup manusia, hal ini disebabkan oleh perkembangan jaringan WSN yang sangat pesat. Peningkatan kualitas jaringan WSN –jangkauan yang lebih besar, membutuhkan daya yang lebih sedikit, *transfer rate* yang lebih stabil – mengakibatkan meningkatnya pengaplikasian teknologi ini. Pengaplikasian jaringan ini bermacam-macam mulai dari bidang Militer, pertanian, industri dan kesehatan. Pada setiap bidang Jaringan sensor nirkabel dimanfaatkan dengan cara yang berbeda-beda, namun hampir setiap bidang memanfaatkan keunggulan jaringan WSN yaitu mudah dipasang dan

tidak memerlukan kabel. Berikut merupakan contoh pemanfaatan jaringan sensor nirkabel;

1. Bidang Pertanian dan Lingkungan

Dalam bidang pertanian, pemanfaatan jaringan WSN dapat mempengaruhi hasil panen suatu lahan. Jaringan WSN memudahkan petani untuk memantau keadaan suatu lahan. Dengan memasang sensor kelembapan tanah dan sensor intensitas cahaya misalnya, seorang petani dapat mengetahui kapan harus melakukan irigasi tanaman, selain itu jumlah air yang diberikan pada lahan itu juga akan sesuai dengan kebutuhan karena ada sensor tersebut. Contoh lainya pada bidang pertanian adalah pemanfaatan jaringan WSN untuk mendeteksi adanya lalat buah. Lalat buah merupakan hewan yang dapat merusak buah yang sudah matang sehingga harga jualnya dapat berkurang. Dengan menafaatkan jaringan WSN dan sensor-sensor yang disebar di pohon-pohon tersebut dapat diketahui kapan adanya lalat buah itu dan dari arah mana datangnya, sehingga apabila jumlah lalat yang terdeteksi meningkat, petani dapat melindungi buahnya dengan memberikan bungkus untuk menutup buahnya dari serangan lalat.

Pada bidang lingkungan, jaringan WSN dapat dimanfaatkan sebagai sistem peringatan awal terhadap bencana alam. Misalnya, untuk mendeteksi getaran akibat gempa bumi ataupun gempa vulkanis; yaitu gempa yang diakibatkan oleh letusan gunung berapi (ditunjukkan oleh gambar 2.7), jaringan WSN dapat dimanfaatkan dengan menyebar sensor – sensor getaran di area yang ingin dipantau. Apabila terbaca adanya peningkatan getaran pada jaringan sensor tersebut maka sistem alarm akan secara otomatis.

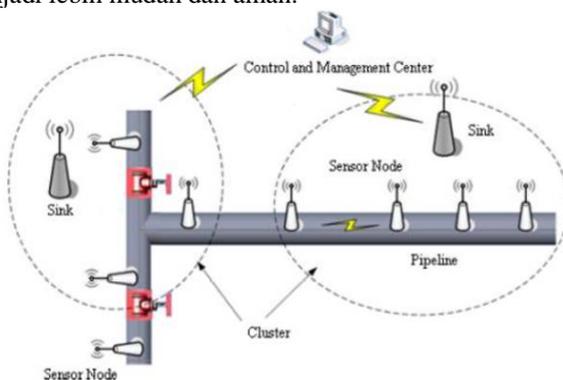


Gambar 2.7 Ilustrasi pemanfaatan jaringan sensor nirkabel pada bidang lingkungan. [16]

2. Bidang Industri

Pada bidang industri, pemanfaatan teknologi jaringan WSN terletak pada pabrik. Didalam sebuah pabrik dibutuhkan sebuah sistem yang dapat melakukan aktifitas secara otomatis dengan memanfaatkan sedikit bantuan manusia. Untuk mencapai efisiensi tersebut dibutuhkan sebuah jaringan yang dapat memantau variabel-variabel tertentu dalam proses produksi. Misalnya pada pembangkit listrik tenaga nuklir. Pada PLTN, tingkat radiasi yang tinggi menyebabkan keterbatasan kemampuan manusia untuk memantau keadaan reaktor nuklir secara langsung.

Untuk memantau keadaan tersebut dibutuhkan sensor-sensor yang dapat mengetahui keadaan di lokasi. Data-data tersebut kemudian dikirimkan melalui jaringan sensor nirkabel untuk kemudian dikendalikan oleh manusia pada jarak aman atau pada ruang kontrol. Teknologi jaringan sensor nirkabel juga dapat dimanfaatkan untuk industri yang menggunakan pipeline atau pipa untuk distribusinya (misal: air, minyak, gas) . Sensor tekanan ataupun sensor waterflow dapat diimplementasikan pada pipa sebagai pendeteksi tekanan gas ataupun debit air (ditunjukkan oleh gambar 2.8). Apabila terdeteksi sebuah kejanggalan atau kesalahan dalam sebuah sistem maka proses produksi dapat langsung dihentikan. Dengan adanya teknologi tersebut, sebuah industri dapat melakukan monitoring terhadap proses produksinya dari jarak jauh secara *real-time*, sehingga proses produksi sebuah industri dapat menjadi lebih mudah dan aman.



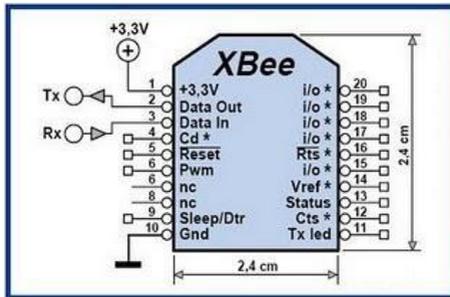
Gambar 2.8 Ilustrasi pemanfaatan jaringan sensor nirkabel dalam memonitor sebuah pipeline.[17]

2.7 Transceiver XBee

Xbee adalah sebuah merk dari modul komunikasi radio yang diproduksi oleh Digi International. Pada awalnya radio Xbee pertama diproduksi oleh merk MaxStream berdasarkan standard IEEE 802.15.4 tahun 2003 yang dirancang untuk komunikasi *point to point* dan komunikasi *star* dengan kecepatan *transfer* data 250 kb/s. Modul XBee dipilih sebagai media komunikasi untuk penerapan metodologi *Wireless Sensor Network* pada penelitian ini karena memiliki beberapa spesifikasi yang dibutuhkan, diantaranya adalah dapat menunjang topologi jaringan yang dibutuhkan sistem yaitu topologi *star*, *low latency*, serta waktu komunikasi yang dapat diprediksi. Modul Xbee dapat melakukan komunikasi antara satu dengan lainnya tanpa melalui kabel (*wireless*). Modul Xbee cocok digunakan pada aplikasi-aplikasi yang memerlukan komunikasi antar modul namun memiliki kesulitan pada proses pemasangan kabel. Xbee diproduksi dalam berbagai pilihan antena, diantaranya dengan konektor U.FL antena, *Chip antenna*, *wire antenna*, *PCB antenna* dan *RPSMA antenna*. [18]

2.7.1 Konfigurasi Pin Xbee

Modul komunikasi Xbee memiliki 20 pin yang memiliki fungsi berbeda-beda, diantaranya adalah VCC, Data *in/out*, *Reset*, *Ground*, *pin input output* (I/O) analog dan digital, PWM, VREF, dan lainnya. Modul komunikasi ini bekerja dengan daya 3.3 V dan melakukan komunikasi data *input output* melalui serial (UART). Salah satu keunggulan modul komunikasi ini adalah banyaknya pin *input output* sebanyak 6 buah, dan memungkinkan untuk melakukan komunikasi data tanpa harus diproses oleh bantuan mikrokontroler. Penjelasan dari *pinout* modul Xbee dapat dilihat pada gambar 2.9 dan tabel 2.1.



Gambar 2.9 Pinout modul komunikasi Xbee.

Tabel 2.1 Penjelasan pinout Xbee.

Pin	Nama	Penjelasan
1	Vcc	Power suplai
2	Tx	UART data out
3	Rx	UART data in
4	DIO 8	Digital output 8
5	Reset	Reset
6	PWM 0	PWM output 0
7	PWM 1	PWM output 1
8	Reserved	Not connect
9	Sleep	Pin sleep
10	Gnd	Ground
11	DIO 4	Digital I/O 4
12	CTS	Clear to send
13	ON SLEEP	Status indikator
14	VREF	Tegangan Referensi ADC
15	DIO 5	Digital I/O 5
16	RTS	Request to Send Flow Control
17	DIO 3	Digital I/O 3
18	DIO 2	Digital I/O 2
19	DIO 1	Digital I/O 1
20	DIO 0	Digital I/O 0

2.7.2 Spesifikasi Xbee Series 1 802.15.4

Xbee Series 1 atau Xbee S1 adalah salah satu varian Xbee yang diproduksi oleh Digi International. Jenis xbee ini mendukung penggunaan

prokol jaringan digimesh pada frekuensi 2.4 GHz. Modul Xbee s1 mendukung penggunaan topologi *peer to peer*, *multi poin* dan topologi *star*. Xbee ini dapat bekerja sesuai dengan standard IEEE 802.15.4 yaitu standard yang cocok diaplikasikan untuk perangkat yang membutuhkan konsumsi daya rendah, *low latency* dan waktu komunikasi yang dapat diprediksi. Spesifikasi lebih lengkap ditunjukkan pada tabel 2.5 – 2.8 [19]. Xbee S1 ini membutuhkan daya 45mA untuk menerima data dan 50mA untuk mengirim data.

Tabel 2.2 Spesifikasi Xbee S1.

Spesifikasi Performa Xbee S1	Deskripsi
RF Data Rate	250 Kbps
Indoor/Urban Range	30 m
Outdoor/RF Line of sight Range	90 m
Transmit Power	1 mW (0 dBm)
Receiver Sensitivity(1% PER)	-92 dBm

Tabel 2.3 Fitur yang terdapat dalam Xbee S1.

Spesifikasi Fitur Xbee S1	Deskripsi
Serial data interface	3.3 V CMOS serial UART
Metode konfigurasi	Mode AT dan API
Frekuensi band	2.4 GHz ISM
Serial data rate	Maksimal 115.2 Kbps
Digital I/O	13
ADC input	6 buah 10-bit ADC

Tabel 2.4 Spesifikasi jaringan Xbee S1.

Spesifikasi Jaringan	Deskripsi
Metode addressing	PAN ID, Channel, 64-Bit Address
Channel	16
Realible packet delivery	Retries/Ack
Enkripsi	128-Bit AES

Tabel 2.5 Spesifikasi Daya Xbee S1.

Spesifikasi Fitur Xbee S1	Deskripsi
Serial data interface	3.3 V CMOS serial UART
Metode konfigurasi	Mode AT dan API
Frekuensi band	2.4 GHz ISM
Serial data rate	Maksimal 115.2 Kbps
Digital I/O	13
ADC input	6 buah 10-bit ADC

2.8 Related Works

Berikut adalah beberapa refrensi penelitian yang sudah ada dan berkaitan dengan penelitian ini. Refrensi ini digunakan guna menunjang proses persiapan maupun pengerjaan pada penelitian ini. Beberapa penelitian terkait diantaranya adalah sebagai berikut.

2.8.1 *A Wireless Sensor Network Using XBee for Precision Agriculture of Sweet Potatoes (Ipomoea batatas).* **(8th IEEE International Conference Humanoid, Nanotechnology, Information Technology Communication and Control, Environment and Management (HNICEM))**

1. Abstrak

Tanaman yang digunakan untuk penelitian ini adalah ubi jalar (*Ipomoea batatas*). Ada dua susunan media tanam yang mengandung ubi jalar yang ditanam dan dimonitor. Salah satunya berada dalam lingkungan yang terkendali dan yang satunya terpapar lingkungan secara alami. Lingkungan yang terkendali terdapat pada *greenhouse* di mana suhu, kelembaban relatif dan kelembaban tanah dikendalikan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sesuai dengan kebutuhan ubi jalar dalam kondisi normal dan ideal. Setiap pengaturan menggunakan sensor untuk mengukur parameter yang disebutkan di atas.

Dengan menggunakan *wireless sensor network*, data dari masing-masing sensor dikumpulkan secara nirkabel

menggunakan protokol Zigbee menggunakan XBee sebagai platform perangkat kerasnya. XBee terhubung ke komputer pribadi dan data yang dikumpulkan dihasilkan dan ditafsirkan menggunakan MATLAB. Antarmuka pengguna grafis dibuat di MATLAB untuk menampilkan suhu dan kelembaban lingkungan dan kelembaban tanah tanaman. Dari dua pengaturan yang dibandingkan dan di analisis, pengaturan di lingkungan yang terkendali mendefinisikan pertanian presisi dan ideal.

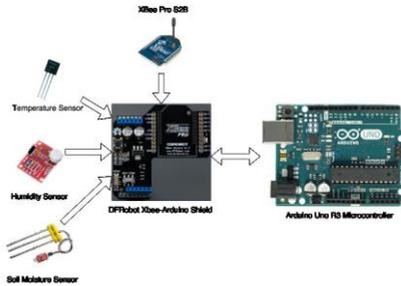
2. Metodologi

Greenhouse mini yang tertutup terhubung dengan beberapa sensor, yaitu sensor suhu, sensor kelembaban udara dan kelembaban tanah yang terhubung dengan XBee Pro S2B. Modul kontrol terhubung dengan mikrokontroler Arduino Uno untuk mengendalikan lingkungan sesuai dengan kebutuhan ideal ubi jalar. lampu, kipas, sprinkler, pelembab udara dan dehumidifier ditempatkan di dalam greenhouse.

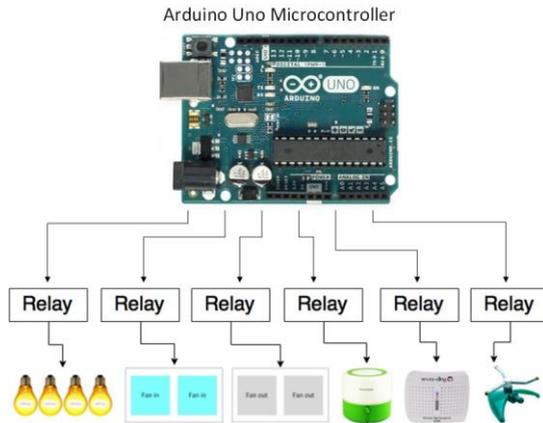
Semua sensor dari setiap pengaturan terhubung ke XBee Pro S2B, yang berfungsi sebagai router dan menjadi node sensor. Semua router terhubung ke XBee lain S2B Pro yang merupakan koordinator *wireless sensor network*. Koordinator *wireless sensor network* terhubung ke PC untuk mendapatkan dan menampilkan output melalui GUI menggunakan MATLAB.



Gambar 2.10 Desain pemodelan greenhouse ubijalar.



Gambar 2.11 Blok diagram sensor *node*.



Gambar 2.12 Blok diagram controller.

Untuk memulai kontrol suhu, data dari sensor suhu dibaca. Ketika terdeteksi suhu kurang dari nilai batas bawah ideal, lampu diaktifkan untuk meningkatkan suhu rumah kaca. Ketika suhu yang terdeteksi lebih tinggi dari batas atas ideal, kipas dihidupkan untuk mengurangi suhu rumah kaca. Jika suhu terdeteksi berada diantara batas atas dan batas bawah, modul kontrol dimatikan.

Untuk memulai kontrol kelembaban relatif, data dari sensor kelembaban dibaca. Ketika kelembaban relatif yang terdeteksi adalah kurang dari batas bawah ideal, humidifier dihidupkan. Lampu pada humidifier dihidupkan dan kabut dikeluarkan yang berasal dari perangkat pengkabut. Ketika kelembaban relatif terdeteksi pada nilai lebih tinggi dari batas

atas idealnya, dehumidifier akan dinyalakan. Udara lembab ditarik oleh kipas ke humidifier. Modul kontrol kelembaban relatif dioperasikan sampai terdeteksi nilai tercapai pada nilai yang diinginkan. Ketika kelembaban relatif berada dalam kisaran batas ideal, kontrol masing-masing modul dimatikan.

Untuk memulai kontrol kelembaban tanah, data dari sensor kelembaban tanah dibaca. Ketika sensor kelembaban tanah mendeteksi bahwa kadar air tanah lebih rendah dari batas nilai kelembaban tanah yang ideal, sprinkler disetel ON dan ketika kadar air tanah yang terdeteksi lebih tinggi dari batas nilai ideal, sprinkler akan dimatikan.[20]

2.8.2 Studi Pola Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica Rapa var. parachinensis L.*) Hidroponik Di Dalam Greenhouse Terkontrol.

(Mareli Telaumbanua¹, Bambang Purwantana¹, Lilik Sutiarsol¹, Mohammad Affan Fajar Falah². Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada. AGRITECH, Vol 36, No. 1, Februari 2016)

1. Abstrak

Tanaman sayuran harus dibudidayakan dengan optimal agar diperoleh hasil yang maksimal. Di wilayah tropis seperti di Indonesia, pertumbuhan tanaman sayuran dipengaruhi oleh beberapa factor iklim seperti kelembaban, suhu, nutrisi dan cahaya. Untuk memperoleh kondisi yang optimal dan terkendali selama periode pertumbuhan, tanaman said dibudidayakan secara hidroponik di dalam *greenhouse*. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi pola pertumbuhan sawi (*Brasica Rapa Var. parachinensis L.*) yang dibudidayakan secara hidroponik di dalam *greenhouse* yang dilengkapi dengan kendali suhu, nutrisi dan cahaya. Tujuan penelitian adalah menentukan kombinasi factor terbaik yang memberikan pertumbuhan paling optimal. Penelitian dilakukan dengan memberikan tiga perlakuan dengan tiga variasi yaitu suhu (32 °C, 35 °C, dan 38 °C), nutrisi (2 mS/cm, 5mS/cm, dan 8 mS/cm), dan cahaya

(7000lux, 12000 lux, dan 17000lux) sehingga terdapat 27 ruang budidaya atau *greenhouse* dengan iklim mikro yang berbeda. Tingkat pertumbuhan ditentukan berdasarkan luas daun dan diukur selama 48 hari budidaya. Kendali di masing-masing *greenhouse* dilakukan oleh aktuator pompa, lampu pijar dan lampu TL (*Flourescent Lamp*). Hasil penelitian menunjukkan suhu, nutrisi dan cahaya berpengaruh pada pertumbuhan tanaman sawi. Dari hasil analisis faktor tunggal, luas daun maksimum dihasilkan pada suhu 35 °C yaitu 565 cm, nutrisi 5 mS/cm yaitu 639,27 cm dan cahaya 17000lux yaitu 697,42 cm. Secara kombinasi, tingkat pertumbuhan terbaik diperoleh pada perlakuan suhu 35 °C, nutrisi 5 mS/cm, dan cahaya 17000lux dengan hasil luas daun mencapai 1068,82 cm.

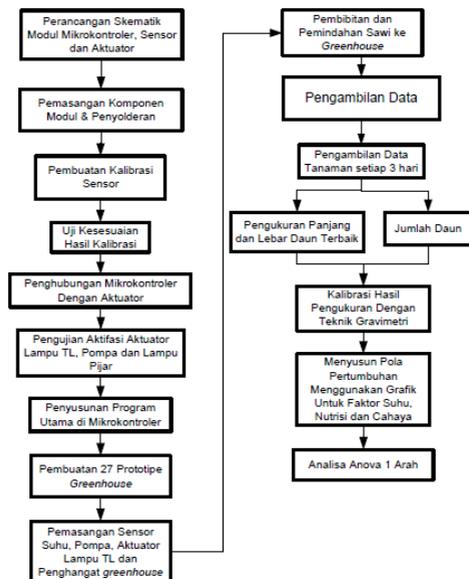
2. Metodologi

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Energi dan Mesin Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pupuk hidroponik produksi *Goodplant*, bibit sawi hijau usia 3 minggu, pot peyangga, thermometer, hygrometer, lux meter, EC meter. Bahan yang dipersiapkan untuk pembuatan *greenhouse* adalah media hidroponik. Pengendali iklim mikro adalah sistem kontrol antara aktuator mikrokontroler ATMega32.

Tanaman yang telah dibibitkan selama 3 minggu dengan tinggi 10 cm, dipindahkan ke *greenhouse* yang memiliki kondisi lingkungan yang terkontrol. Usia 3 minggu merupakan usia yang ideal karena tanaman sudah besar dan memiliki perakaran yang baik. Faktor pertumbuhan yang diamati adalah perubahan luas daun dari hari ke 0 hingga hari ke 48 atau panen. Luas daun diukur dengan dengan cara mengukur dimensi Panjang dan lebar daun akan dihitung menggunakan rumus *elips* dan dikali dengan faktor koreksi. Faktor koreksi diperoleh dari pengukuran planimeter pada berbagai jenis ukuran daun mulai dari hari ke 0 hingga hari ke 48 dari 27 *greenhouse*

Tanaman dibudidayakan di dalam *greenhouse* yang telah direncanakan dengan mikrokontroler dan aktuator untuk mengendalikan lingkungan secara hidroponik, dengan kombinasi 3 faktor pertumbuhan yaitu suhu, cahaya, dan nutrisi yang masing masing faktor memiliki 3 variasi dengan 4 ulangan tanaman (Tabel 2.11). Rincian kegiatan secara umum dijelaskan melalui Gambar 2.25.



Gambaran 2.13 Diagram alir identifikasi pola pertumbuhan
Tabel 2.6 Faktor iklim yang divariasikan

Faktor iklim	Variasi		
Suhu (S1,S2,S3)	32 °C	35 °C	38 °C
Nutrisi (N1,N2,N3)	±2 mS/cm	±5 mS/cm	±8 mS/cm
Lampu (L1,L2,L3)	7000 Lux	12000 Lux	17000 Lux

3. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, identifikasi pola pertumbuhan tanaman sawi menunjukkan bahwa faktor lingkungan yaitu suhu, cahaya dan nutrisi saling memberikan pengaruh dalam pertumbuhan tanaman.

Pengaruh suhu pada pertumbuhan luas daun sawi yang terbaik adalah suhu 35 °C adalah 537,72 cm, dan pada suhu 38 °C adalah 372,18 cm. pengaruh cahaya terbaik adalah 17000 Lux dengan luas daun 697,42 cm, sedangkan pada cahaya 7000 Lux luas daun tanaman yang diperoleh adalah 346,53 cm, dan cahaya 12000 Lux diperoleh luas daun 458,52 cm. Pengaruh nutrisi terbaik adalah 5 mS/cm dengan luas daun maksimal 639,27 cm, sedangkan pada nutrisi 2 mS/cm luas daun yang diperoleh 451,78 cm, dan nutrisi 8 mS/cm luas daun yang diperoleh 409,05 cm. Kombinasi untuk pertumbuhan terbaik dalam penelitian adalah suhu 35 °C, nutrisi 5 mS/cm dengan cahaya 17000 Lux, dengan luas permukaan daun 1068,83 cm, sedangkan kombinasi untuk tingkat pertumbuhan terendah adalah cahaya 7000 Lux, suhu 38 °C, nutrisi 8 mS/cm dengan luas maksimal 201,71 cm.[3]

2.8.3 *Greenhouse Monitoring And Control System Based on Wireless Sensor Network.*

(Marwa Mekki² ,Osman Abdallah¹ , Magdi B. M. Amin², Moez Eltayeb¹, Tafaoul Abdalfatah² , Amin Babiker³. *International Conference on Computing, Control, Networking, Electronics and Embedded Systems Engineering, 2015*)

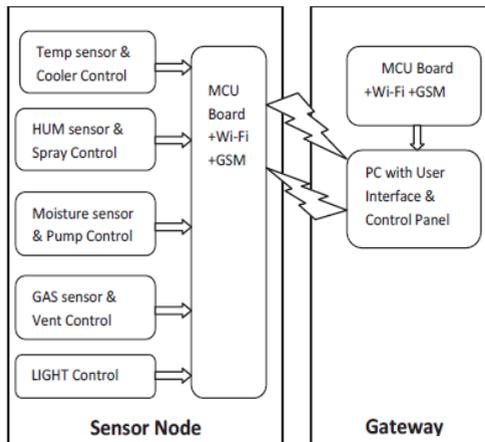
1. Abstrak

Jaringan Wireless Sensor Network (WSN) dapat digunakan untuk memantau dan mengontrol banyak parameter lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan kebocoran radiasi. Di *greenhouse*, cuaca dan tanah harus dipantau secara independen dari faktor alam diluar *greenhouse*. Untuk mencapai kondisi ini, node sensor WSN dapat digunakan untuk berkomunikasi dengan stasiun pangkalan pusat untuk mengukur dan mengirimkan faktor lingkungan yang diperlukan. Dalam tulisan ini WSN diimplementasikan oleh node sensor yang digunakan di *greenhouse* dengan suhu, kelembaban, cahaya kelembaban, dan sensor CO₂. Model yang diusulkan dibangun dan diuji,

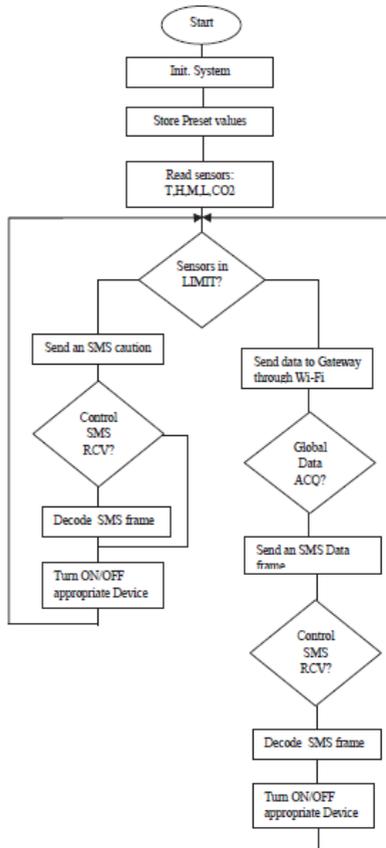
dan hasilnya menunjukkan peningkatan yang sangat baik dalam parameter ideal. Untuk mengontrol faktor lingkungan, mikrokontroler yang digunakan diprogram untuk mengontrol parameter sesuai dengan nilai yang telah ditetapkan, atau secara manual melalui panel antarmuka pengguna.

2. Metodologi

Sistem dapat mengontrol dan memantau beberapa parameter *greenhouse* dan membuat keputusan untuk operasi, pada perangkat keras yang ditunjukkan pada blok diagram di bawah ini.



Gambar 2.14 Sistem blok diagram

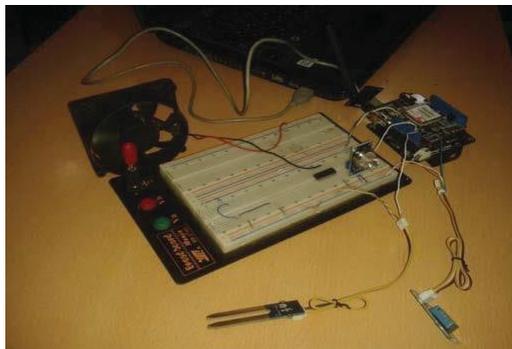


Gambar 2.15 Flowchart sistem

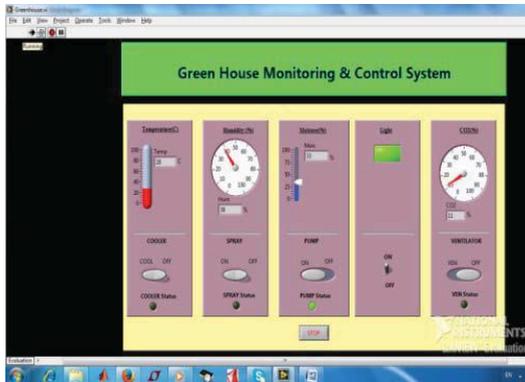
Sistem ini terdiri dari sensor suhu, sensor kelembaban, control cahaya dan sensor CO2. Sensor suhu memonitor suhu dan jika kondisi suhu berada di atas nilai yang telah ditentukan maka system akan menyalakan pendingin hingga suhu menjadi stabil. Kelembaban juga dimonitor dan alat penyemprot akan diaktifkan jika kelembaban melampaui batas. Sensor yang digunakan untuk memantau suhu dan kelembaban adalah sensor DHT11 yang merupakan antarmuka sensor suhu dan kelembaban 1wire dengan

output sinyal digital yang dikalibrasi. Kelembaban tanah dibaca menggunakan sensor kelembaban SEN92355P dari teknologi *Grove*, dan jika keadaan tanah mulai kering, system akan menyalakan pompa. Sensor detektor gas FC-22-1 digunakan untuk mendeteksi persentase kadar CO₂. Jika persentase kadar CO₂ tinggi, system akan menyalakan ventilator untuk membersihkan udara. Sistem kontrol lampu akan aktif jika memerlukan waktu penyinaran lebih lama dari waktu normal yang dibutuhkan.

Semua parameter pra-atur untuk suhu, kelembaban, kelembaban tanah ditentukan pengguna dan bergantung pada jenis tanaman yang ditanam sesuai dengan syarat tumbuh ideal tanaman terkait. Node sensor membaca nilai kondisi lingkungan dari sensor dan membandingkannya dengan nilai batas. Batasan ini tergantung pada kondisi lingkungan yang diperlukan. Tetapi dalam hal ini batasan ditentukan pada nilai: T(28 °C), H(48%), M(65%), CO₂(13%), L(ON). Data sensor yang dibaca akan dikirimkan menuju *gateway*, dan *node* akan memeriksa data GLOBAL dengan memeriksa kedangan SMS baru. Jika diterima *node* akan mengirimkan paket data berisi nilai sensor yang terbaca melalui SMS. Proses control dilakukan melalui SMS, *node* akan memeriksa paket data yang berisi perintah control dan menyalakan atau mematikan perangkat sesuai dengan konten paket data yang diterima.



Gambar 2.16 Sistem *hardware*



Gambar 2.17 GUI untuk system monitor dan control

3. Kesimpulan

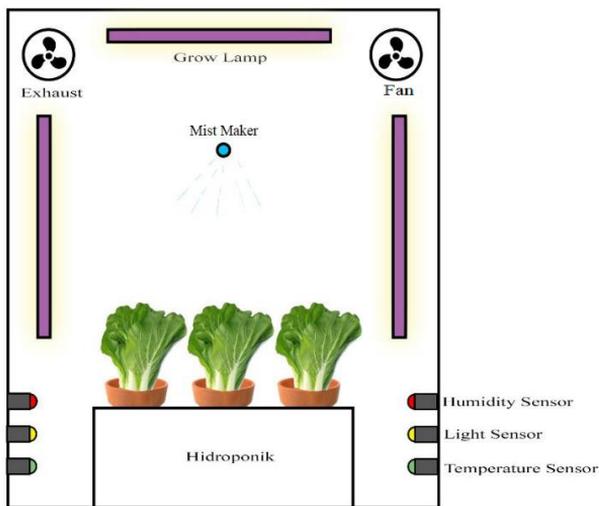
Tujuan dari makalah ini adalah untuk menggunakan metode Wireless Sensor Network (WSN) dalam pemantauan dan kontrol *greenhouse*. Sistem ini dibuat untuk membaca berbagai parameter di rumah kaca seperti suhu, kelembaban, cahaya, kelembaban, dan gas berbahaya. Inti sistem adalah teknologi yang kompatibel dengan Arduino dan WSN berbasis Wi-Fi digunakan untuk komunikasi jarak pendek dan GSM untuk komunikasi sistem global. Panel GUI dirancang menggunakan perangkat lunak LabView untuk memantau dan mengontrol komponen dan perangkat simpul sensor. Semua parameter dalam sistem dapat disesuaikan sesuai dengan jenis tanaman dan persyaratan iklim. Sistem ini diuji di lab, dan uji lapangan dapat dilakukan untuk verifikasi lapangan.[21]

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB 3 DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

3.1 Desain Sistem

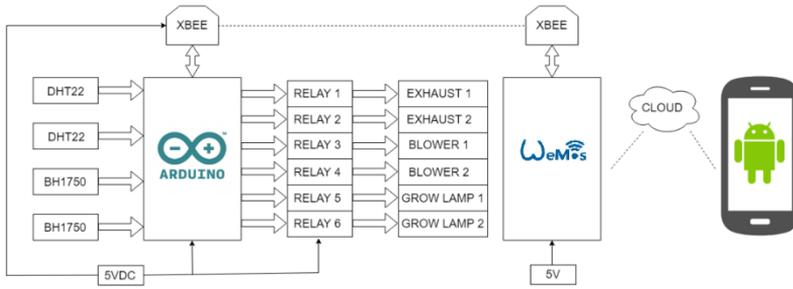
Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pembuatan sistem pemantauan dan pengendalian kondisi lingkungan ideal pada sistem ruang tanam dengan prinsip *Internet of Things (IOT)* dan berbasis *Wireless Sensor Network* yang selanjutnya divisualisasikan menggunakan *mobile application* berbasis *Android*.



Gambar 3.1: Desain pemodelan ruang tanam.

Pemodelan ruang tanam dibuat menggunakan box berukuran Panjang 100 cm, lebar 80 cm, dan tinggi 100 cm. Bagian dalam dilapisi dengan *aluminium foil* yang berfungsi sebagai *reflector* cahaya didalam ruang tanam untuk pemerataan pencahayaan bagi tanaman. Pada sistem pemantauan, diberikan 2 jenis sensor yaitu DHT22 dan BH1750. Dengan jumlah masing-masing 2 buah dan ditempatkan di 4 titik yang berbeda didalam ruang tanam untuk mengetahui persebaran kondisi lingkungan didalam ruang tanam. Didalam ruang tanam terdapat beberapa aktuator

sebagai sistem pengendali lingkungan, diantaranya adalah 4 buah *grow lamp strip*, 2 buah *grow lamp* gantung, 1 buah *exhaust*, 1 buah *fan* dan 1 buah *mist maker*.

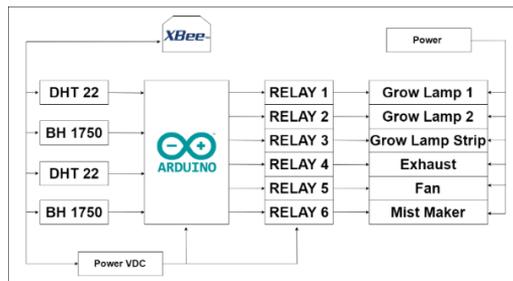


Gambar 3.2: Blok diagram sistem.

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 3.3 *source node* terdiri dari beberapa komponen yaitu : DHT22 yang berfungsi sebagai sensor suhu dan sensor kelembaban, BH1750 yang berfungsi sebagai sensor intensitas cahaya, mikrokontroler Atmega 2560 dengan *board* Arduino Mega yang di integrasikan dengan XBee S1, serta modul *relay* yang terhubung dengan *grow lamp*, *grow lamp strip*, *exhaust*, kipas dan *mist maker*.

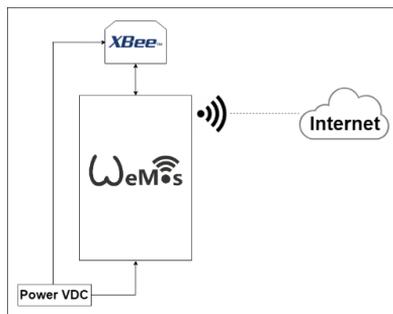


Gambar 3.3: Blok sirkuit diagram *source node*.

Mikrokontroler ini di bangun dengan digital/analog *input/output ports*. Gambar 3.2 memperlihatkan *layout hardware source node* yang terdiri dari sensor suhu, sensor kelembaban, intensitas cahaya, serta modul *relay* yang terhubung dengan *grow lamp*, *grow lamp strip*, *exhaust*, kipas dan *mist maker*. Mikrokontroler akan membaca dan mengumpulkan data mulai dari kondisi suhu, kondisi kelembaban, kondisi cahaya, serta mengoperasikan modul *relay*. Modul *relay* berfungsi untuk mengatur *grow lamp* dan *grow lamp strip* sebagai sistem pencahayaan, *exhaust* dan *mist maker* sebagai pengatur kelembaban dan kipas sebagai pengatur suhu. Mikrokontroler mengumpulkan dan mengirimkan data sensor serta menerima fungsi kontrol menggunakan jaringan *Serial Peripheral Interface (SPI)*.

2. Sink

Pada blok diagram *sink* gambar 3.4, *sink* atau *gateway* terdiri dari mikrokontroler dengan board WeMos yang terintegrasi dengan modul wifi ESP8266 dan terhubung secara serial dengan XBee Series 1 802.15.4. *Sink* terhubung dengan *source node* dan 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 perintah kontrol dari *database server* yang kemudian dikirim kepada *source node*.

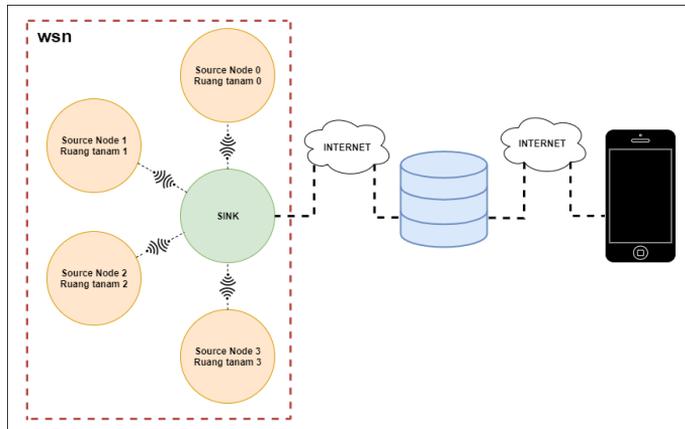


Gambar 3.4: Blok diagram *sink*

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

3. Database server

Database Server merupakan tempat penyimpanan data atau susunan *record* setiap data sensor dari *source node* serta data perintah kontrol ruang tanam yang dikirim oleh *user*. Gambar 3.5 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 data untuk perintah kontrol yang dikirimkan oleh *user* untuk selanjutnya diteruskan ke *sink* dan akan dikirimkan ke *source node* untuk dieksekusi.



Gambar 3.5: Gambaran umum system 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 3.5 yang meliputi:

1. **Pemrosesan Pata *Source Node*:**
 - (a) Pengambilan data sensor.
 - (b) Pengiriman data sensor ke *sink*.
 - (c) Penerimaan data pemrosesan kontrol dari *sink*.
2. **Pemrosesan Data Pada *Sink*:**
 - (a) Penerimaan data sensor dari *source node* dan pengiriman data sensor ke *database server*.
 - (b) Pengambilan data perintah kontrol dari *database server* dan pengiriman data perintah kontrol ke *source node*.
3. **Pengolahan Data di *Database Server*:**
 - (a) Pengolahan data sensor.
 - (b) Pengiriman data perintah kontrol.
4. **Visualisasi Data di *Smartphone Android*:**
 - (a) Pengambilan data sensor dari *database server*.
 - (b) Pengiriman data perintah kontrol ke *database 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 akan diproses dan dikirimkan ke *sink*. Kemudian *source node* mendapatkan data perintah kontrol dari *sink* yang berasal dari *database server*. Berikut ini adalah berbagai proses yang dilakukan pada *source node*:

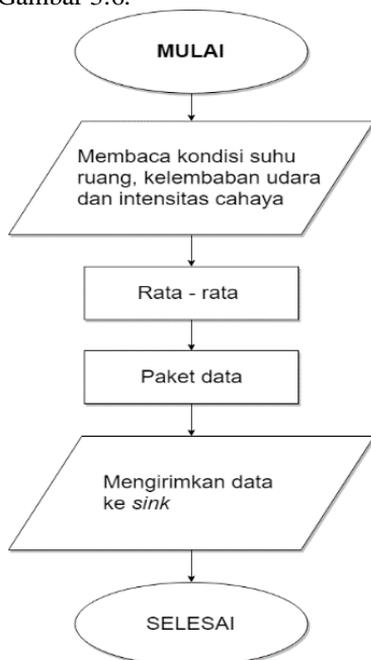
3.3.1 Pengiriman Data Sensor ke *Sink*

Dari hasil perekaman data sensor, kemudian dijumlah dan di rata – rata untuk mendapatkan nilai kondisi ruang tanam secara menyeluruh. Dengan modul XBee, 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
Suhu ruang	Kelembaban udara	Intensitas cahaya

Pada *array* nomor 0 berisi rata – rata suhu ruang, *array* nomor 1 berisi rata – rata kelembaban udara dan *array* 2 berisi rata – rata nilai intensitas cahaya. Proses pengiriman data dari *source node* ke *sink* digambarkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6: Alur pengiriman data pada *source node*.

3.3.2 Penerimaan Data Parameter Kontrol Dari *Sink*

Source node menerima paket data perintah kontrol hasil kiriman balik dari *sink* atau *gateway* yang berisikan data perintah kontrol dari hasil masukan pengguna melalui *smartphone*. Panjang data perintah kontrol yang diterima *source node* sama dengan panjang banyaknya karakter pada data yang dikirimkan oleh *gateway*. Setelah menerima paket data *source node* akan memproses paket data yang diterima. Proses eksekusi perintah kontrol adalah dengan mengaktifkan atau menonaktifkan relay yang terhubung dengan *grow lamp*, *grow lamp strip*, *exhaust*, kipas dan *mist*

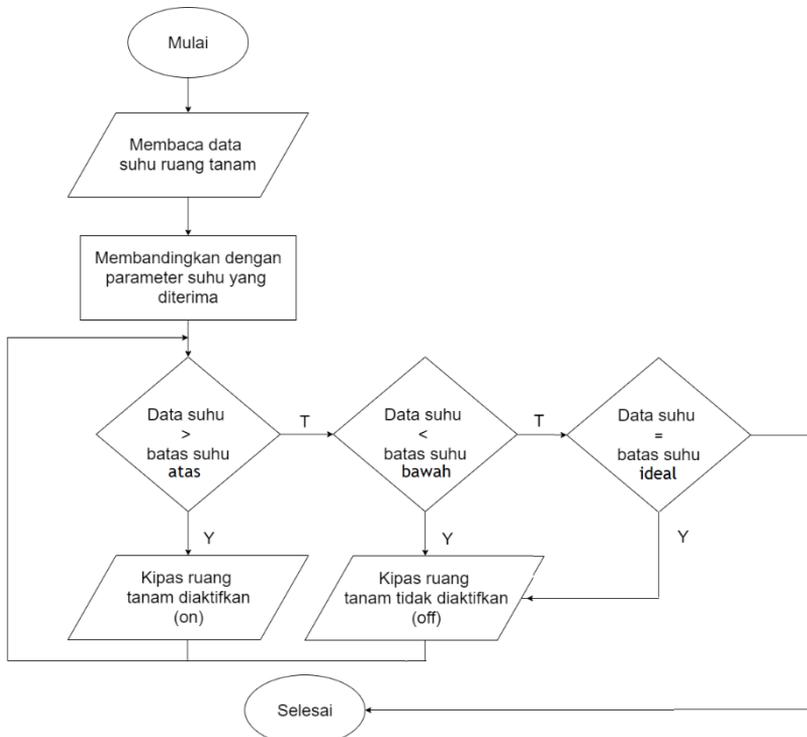
maker. Diagram alur penerimaan data pada *source node* dapat diamati pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7: Alur penerimaan data pada *source node*.

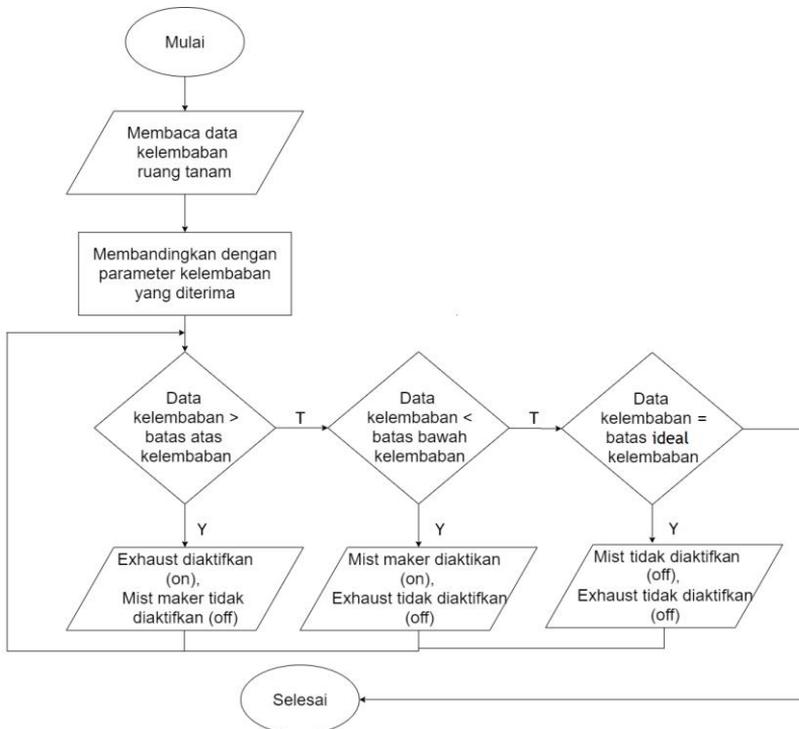
3.3.3 Pemrosesan Kontrol

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 sudah diatur, maka sistem akan menyalakan kipas (*on*) didalam ruang tanam sampai suhu kurang dari batas suhu maksimal. Sedangkan, jika data suhu yang dibaca oleh sensor kurang dari batas suhu minimal maka kipas akan dimatikan (*off*) 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 kipas dalam kondisi tidak menyala seperti digambarkan pada diagram alur proses kontrol suhu yang dapat diamati pada Gambar 3.8.



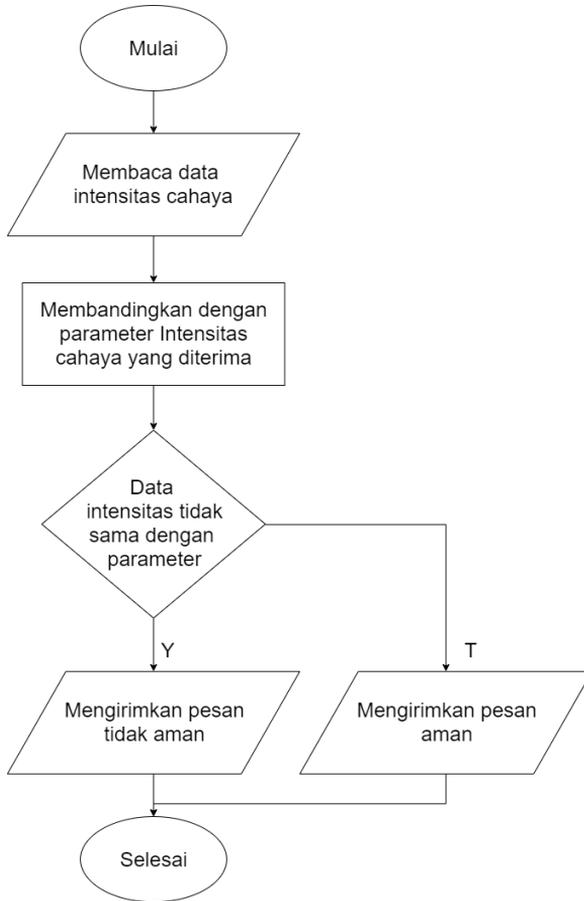
Gambar 3.8: Proses kontrol suhu.

Jika data kelembaban yang dibaca oleh sensor lebih dari data batas atas kelembaban yang dikirimkan, maka *exhaust* akan menyala untuk menurunkan kelembaban relatif pada ruang tanam dan *mist maker* berada dalam kondisi mati (*off*) hingga mencapai batas ideal yang dibutuhkan tanaman. Jika data kelembaban sudah berada dalam batas ideal maka *exhaust* akan mati. Sedangkan, jika data kelembaban kurang dari data batas bawah kelembaban yang diinginkan, maka *mist maker* akan menyala (*on*) untuk meningkatkan kelembaban relatif pada ruang tanam dan *exhaust* berada dalam kondisi mati (*off*) hingga data kelembaban menyentuh batas atas yang dibutuhkan. Diagram alur proses kontrol kelembaban dapat diamati pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9: Proses kontrol kelembaban.

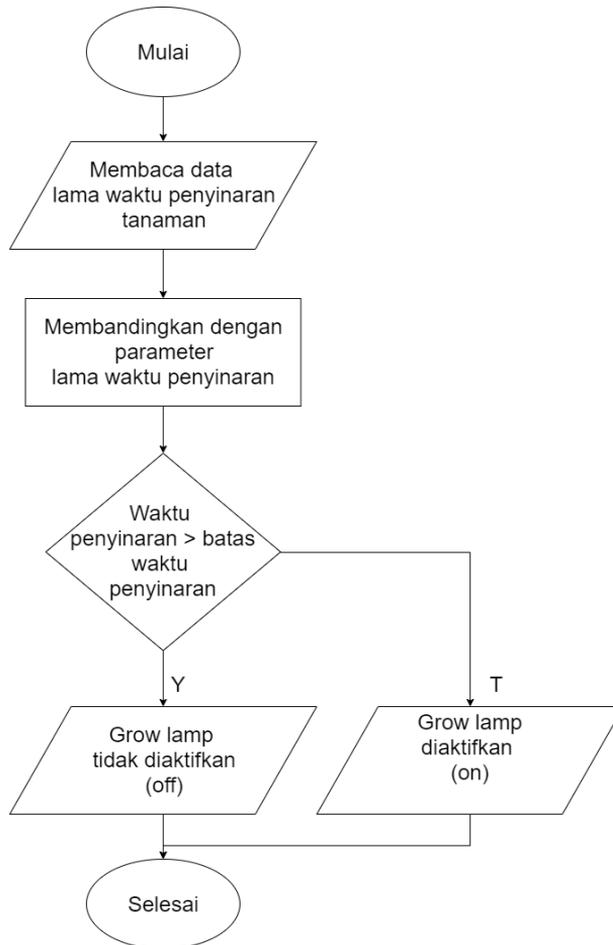
Jika data intensitas cahaya yang dibaca oleh sensor lebih dari batas atas atau batas bawah intensitas cahaya ideal yang dikirimkan *sink*, maka *sink* akan mengirimkan sinyal yang berisi pesan peringatan ke *cloud*, untuk diteruskan ke aplikasi. Namun jika data intensitas cahaya berada di batas normal, maka *sink* akan mengirimkan sinyal yang berisi pesan peringatan bahwa nilai intensitas cahaya pada ruang tanam berada dalam batas aman atau normal, untuk seterusnya dapat diteruskan dan dimonitoring oleh aplikasi. Diagram alur proses pemantauan intensitas cahaya dapat diamati pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10: Proses pemantauan intensitas cahaya.

Jika data waktu pada *database server* pencahayaan ruang tanam sudah melebihi batas waktu yang ditentukan, maka sistem akan mengirimkan perintah kepada *source node* untuk mematikan *grow lamp* yang beroperasi. Sedangkan, jika data waktu pencahayaan pada ruang tanam kurang dari batas waktu yang ditentukan, maka sistem akan terus memastikan bahwa *grow lamp* akan menyala sesuai dengan fungsinya

hingga batas waktu yang ditentukan. Diagram alur proses kontrol penyinaran dapat diamati pada Gambar 3.11.



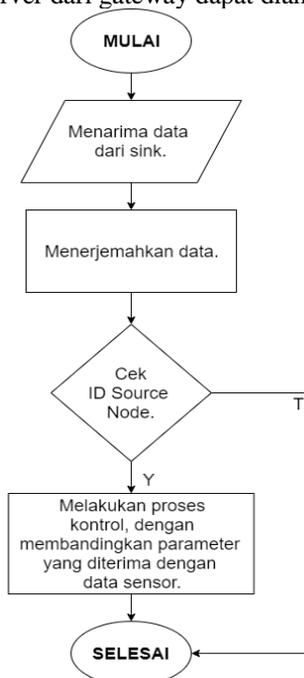
Gambar 3.11: Proses kontrol penyinaran.

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 perintah 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 data sensor suhu, kondisi kelembaban ruang, serta data nilai intensitas cahaya. Data sensor tersebut kemudian diproses dan diterjemahkan kedalam bentuk variabel string agar dapat dikirimkan ke server. Diagram alur untuk proses pengiriman data ke server dari *gateway* dapat diamati pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12: Alur pemrosesan data oleh *sink*.

Setelah pemrosesan data dilakukan, maka pengiriman data ke *server* dilakukan. Data yang dikirimkan adalah suhu, kelembaban, intensitas cahaya, lama waktu penyinaran, kondisi terakhir modul relay dan identitas *source node* yang mengirim data. Identitas tersebut berguna pada saat pengambilan data oleh *Smartphone* 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*.

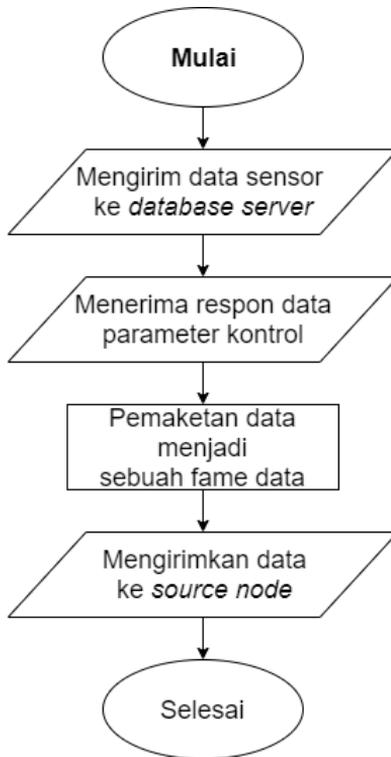
3.4.2 Pemrosesan Kontrol oleh Sink

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 table parameter kontrol 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	0	1	2	3	4	5
idnode	relay1	relay2	relay3	relay4	Relay5	Relay6

Paket data tersebut dikirimkan *source node* dengan metode *broadcast*. Diagram alir pengiriman parameter kontrol oleh *sink* ke *source node* pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13: 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 sensor terdapat enam kolom seperti yang ditampilkan oleh Tabel 3.3. Kolom pertama berisi id *source node*, kolom kedua berisi nama jenis tanaman yang berada dalam ruang tanam dengan tipe data *varchar*. Kolom ketiga berisi data suhu ruang tanam dengan tipe data *float*. Kolom keempat berisi data intensitas cahaya. Kolom kelima berisi data kelembaban relatif ruang tanam dengan tipe data *float*. Kolom keenam berisi data keterangan lama penyinaran oleh *grow lamp* pada ruang tanam dengan tipe data *float*. Kolom ketujuh berisi data waktu yang menjelaskan lama waktu penanaman yang sudah dilakukan, pada kolom ini menggunakan tipe data *timestamp*.

Tabel 3.3: Struktur table sensor.

No	Nama kolom	Type data
1	idnode	Int(11)
2	nama	varchar(50)
3	suhu	float
4	cahaya	float
5	kelembaban	float
6	sudah_disinari	float
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 *Smartphone* pengguna dengan menggunakan *method* GET.

3.5.2 Pengolahan Data Parameter Kontrol

Terdapat delapan belas buah kolom pada tabel informasi seperti yang ditampilkan oleh Tabel 3.4, diantaranya terdapat kolom parameter untuk menentukan batas-batas ideal syarat tumbuh tanaman dan kolom untuk menentukan kontrol terhadap *relay-relay*. Kolom pertama merupakan id *source node*. Kolom kedua berisi nama jenis tanaman yang ditanam dengan tipe data *varchar*. Kolom ketiga hingga kolom kedelapan merupakan kolom yang disediakan untuk menaruh data parameter syarat

tumbuh ideal bagi jenis tanaman yang ditanam. Kolom kesembilan merupakan kolom tanggal_tanam, yaitu kolom yang disediakan untuk data sejak kapan tanaman ditanam. Kolom ke sepuluh berisi kolom lama_cahaya, yaitu kolom data untuk memperikan parameter lama penyinaran ideal bagi tanaman. Sedangkan kolom kesebelas hingga kolom kedelapan belas, merupakan kolom yang disediakan untuk memantau dan memberikan kontrol terhadap *relay* yang terhubung dengan *grow lamp*, *grow lamp strip*, *exhaust*, *fan* serta *mist maker*.

Tabel 3.4: Struktur table informasi.

No	Nama kolom	Type data
1	Idnode	Int(11)
2	nama	varchar(50)
3	suhu_atas	float
4	suhu_bawah	float
5	cahaya_atas	float
6	cahaya_bawah	float
7	kelembaban_atas	float
8	kelembaban_bawah	float
9	tgl_tanam	date
10	lama_cahaya	int(11)
11	relay1	int(11)
12	relay2	int(11)
13	relay3	int(11)
14	relay4	int(11)
15	relay5	int(11)
16	relay6	int(11)
17	relay7	int(11)
18	relay8	int(11)

3.6 Pembuatan *User Interface* Berbasis Aplikasi Android

User-interface digunakan sebagai media interaksi antara *source node* dengan pengguna. *User-interface* ini diberi nama My Tanaman 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. My Tanaman berfungsi sebagai pemberi informasi dan mengirimkan data parameter kontrol sesuai keinginan pengguna. My Tanaman dibagi menjadi beberapa *scene* yaitu halaman awal, halaman atur informasi ruang tanam, halaman status ruang tanam, halaman input parameter, halaman pemberitahuan, halaman kontrol ruang tanam, dan halaman grafik histori ruang tanam.

3.6.1 Halaman Awal My Tanaman

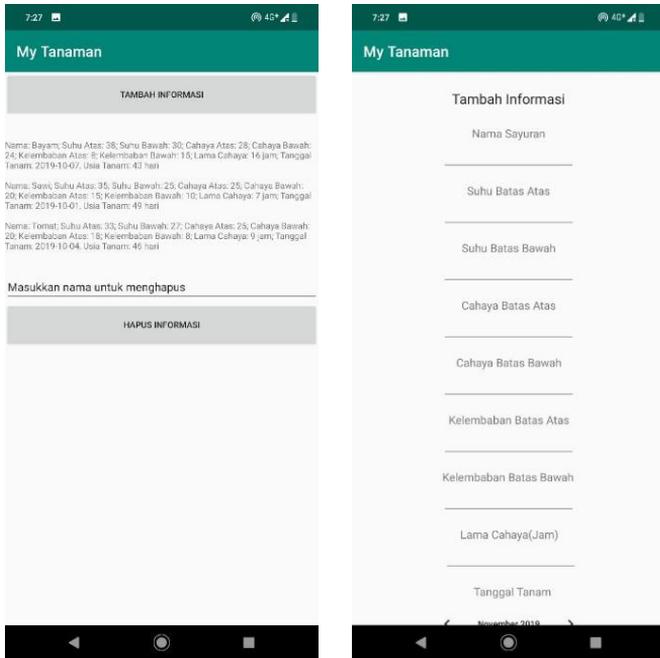
Halaman awal aplikasi My Tanaman adalah *main menu*, yang didalamnya terdapat tiga buah tombol yaitu Informasi, Status dan Pemberitahuan seperti yang ditampilkan Gambar 3.13. Ketiga buah tombol ini berfungsi sebagai penghubung antara *main menu* dengan *scene* lainnya. Ketika menekan tombol Informasi pengguna aplikasi akan dihubungkan langsung ke *scene* Informasi tentang ruang tanam, dengan demikian pengguna dapat mengatur informasi terhadap syarat tumbuh tanaman yang dimilikinya. Tombol Status berfungsi untuk menghubungkan *main menu* dengan *scene* Cek Status, dimana pengguna dapat memantau kondisi ruang tanam serta dapat melakukan kontrol terhadap ruang tanam. Sedangkan tombol Pemberitahuan berfungsi untuk menghubungkan *main menu* dengan *scene* Pemberitahuan sehingga pengguna dapat melihat anomali yang terjadi pada ruang tanam.



Gambar 3.14: Halaman awal My Tanaman.

3.6.2 Halaman Informasi My Tanaman

Pada halaman informasi My Tanaman, terdapat beberapa fitur yang disediakan. Pada halaman utama, pengguna akan disuguhkan informasi tentang set parameter terhadap ruang tanam yang sudah ada. Pengguna juga dapat menambahkan data parameter baru serta menghapus data parameter yang sudah ada. Data parameter ini nantinya akan digunakan dan diambil oleh *sink* untuk selanjutnya diteruskan kesetiap *node* dan dibandingkan dengan data kondisi terakhir ruang tanam. Data set parameter meliputi nama sayuran, suhu batas atas, suhu batas bawah, cahaya batas atas, cahaya batas bawah, kelembaban batas atas, kelembaban batas bawah, lama pencahayaan serta tanggal awal tanaman di tanam. Tampilan halaman Informasi dapat diamati pada Gambar 3.15.

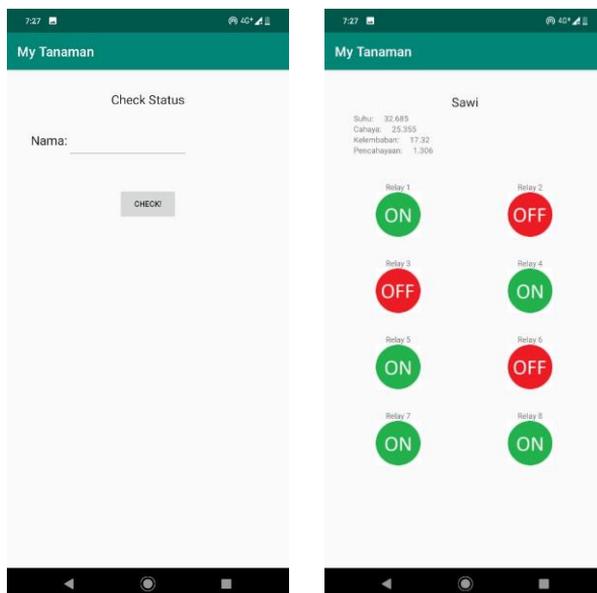


Gambar 3.15: Halaman Informasi My Tanaman.

3.6.3 Halaman Status My Tanaman

Pada halaman status My Tanaman, pengguna dapat melakukan pemantauan terhadap kondisi tanaman pada ruang tanaman. Pada halaman utama pengguna akan diminta memasukkan nama tanaman yang akan dipantau kondisinya. Setelah itu pengguna akan dibawa ke halaman status ruang tanam yang dimaksud. Pengguna dapat melakukan pemantauan terhadap suhu ruang tanam, intensitas cahaya ruang tanam, kelembaban udara relatif ruang tanam dan informasi mengenai total lama pencahayaan pada ruang tanam. Pada halaman ini pengguna juga dapat menentukan pilihan terhadap fungsi kontrol. Pengguna dapat memilih 2 mode yaitu *mode* kontrol otomatis sepenuhnya atau *mode* kontrol manual sepenuhnya terhadap ruang tanam. Pada *mode* otomatis, fungsi kontrol akan dijalankan sepenuhnya oleh sistem, sedangkan pada *mode* manual, pengguna dapat

menyalakan dan mematikan modul relay yang terhubung dengan beberapa alat terkait dengan pengkondisian iklim didalam ruang tanam. Sehingga pengguna dapat mengatur sesuai dengan kebutuhan. Tampilan halaman Status dapat diamati pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16: Halaman Status My Tanaman.

3.6.4 Halaman Pemberitahuan My Tanaman

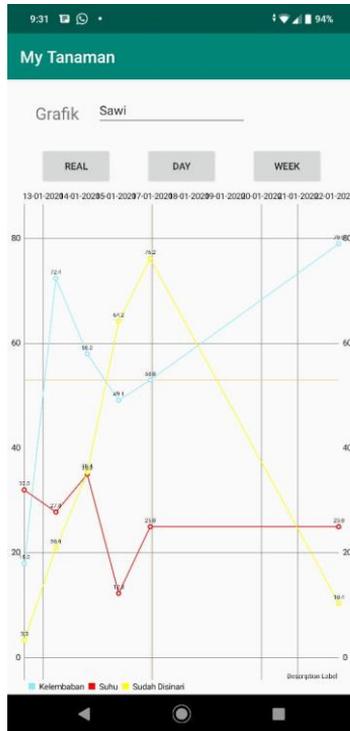
Pada Halaman pemberitahuan My Tanaman, pengguna akan disuguhkan tentang semua informasi terkait dengan anomali yang terjadi pada ruang tanam. Anomali yang dimaksud adalah semua kondisi yang terjadi didalam ruang tanam tidak sesuai atau tidak berada dalam batas parameter yang sudah ditentukan oleh pengguna. Halaman ini menampilkan informasi-informasi secara otomatis dengan cara membandingkan data parameter dengan data sensor terakhir yang diterima oleh aplikasi. Sehingga pengguna dapat dengan segera mengetahui masalah yang terjadi dalam ruang tanam. Tampilan halaman Pemberitahuan dapat diamati pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17: Halaman Pemberitahuan My Tanaman.

3.6.5 Halaman Grafik My Tanaman

Pada Halaman Grafik My Tanaman, pengguna akan disuguhkan mengenai informasi kondisi lingkungan dalam ruang tanam dalam bentuk grafik. Pengguna dapat melihat grafik kondisi lingkungan dalam 3 pilihan. Pertama pengguna dapat melihat grafik kondisi lingkungan dalam *mode REAL*, dalam *mode* ini pengguna dapat memonitor kondisi lingkungan ruang tanam secara *real time*. Kedua, pengguna dapat memilih *mode DAY*, dalam *mode* ini data yang ditampilkan adalah data kondisi lingkungan perhari. Dan terakhir adalah *mode WEEK*, dimana data yang ditampilkan adalah data kondisi lingkungan dalam kurun waktu satu minggu. Tampilan halaman Grafik dapat diamati pada Gambar 3.18.

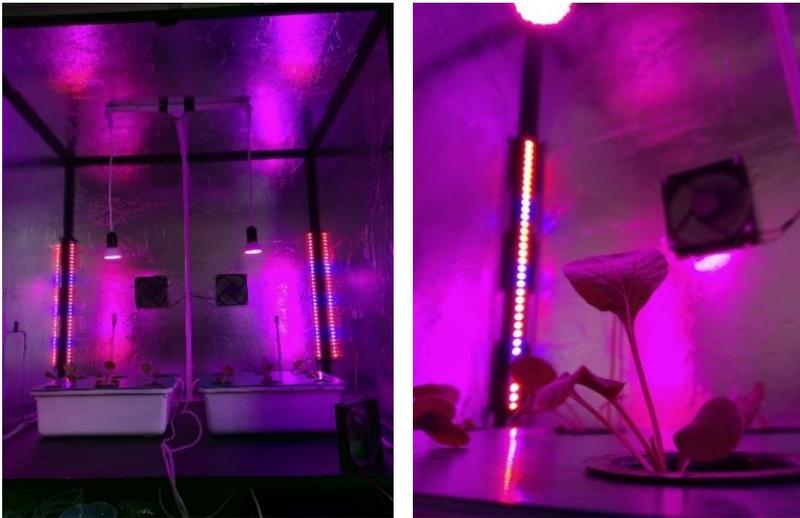


Gambar 3.18: Halaman Grafik My Tanaman.

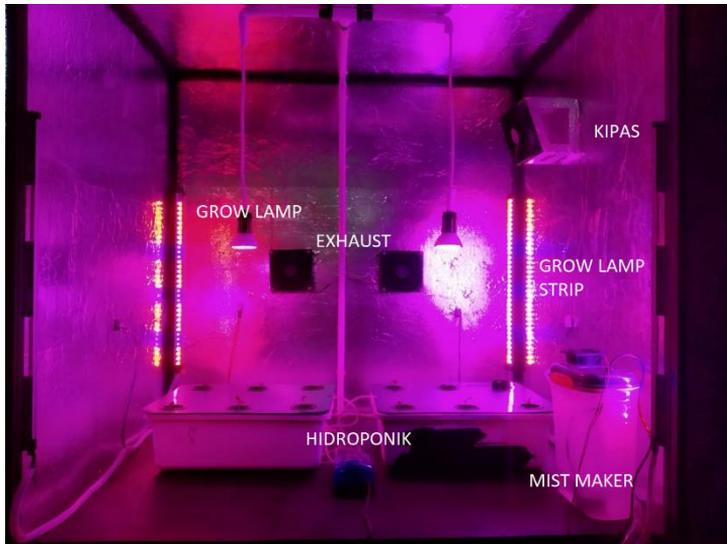
BAB 4

PENGUJIAN DAN ANALISA

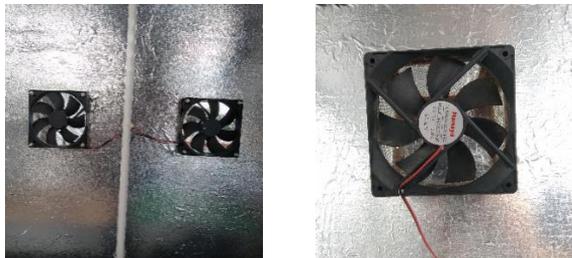
Pada penelitian ini, dilakukan pengujian dan analisa terhadap desain sistem yang telah dirancang. Sehingga hasil pengujian dapat digunakan untuk menarik kesimpulan terhadap penelitian tugas akhir ini. Ada beberapa pengujian terhadap sistem ruang tanam yang sudah dibuat. Terdapat 6 buah pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pengujian perbandingan sensor dengan alat lain yang umum digunakan, pengujian komunikasi modul Xbee, pengujian aplikasi pada *smartphone*, pengujian proses pada *source node*, pengujian proses pada *sink*, pengujian hasil tanaman menggunakan sistem. Sebelum dilakukan pengujian, perlu dilakukan pemasangan sensor-sensor, *grow lamp*, *grow lamp strip*, *exhaust*, *fan*, *mist maker* serta hidroponik *wick* sistem agar system dapat mengambil data sensor dan dapat melakukan kontrol. Secara keseluruhan system pada penelitian ini memiliki pemodelan seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1: Pemodelan ruang tanam.



Gambar 4.2: Pemasangan sensor dan aktuator.



Gambar 4.3: Pemasangan exhaust dan fan.



Gambar 4.4: Pemasangan growlamp dan mist maker.

Pemasangan beberapa sensor kedalam sistem ruang tanam seperti sensor suhu dan kelembaban DHT22 dan sensor intensitas cahaya BH1750.



Gambar 4.5: Pemasangan sensor DHT22 dan BH1750.

4.1 Pengujian Perbandingan Sensor Dengan Alat Ukur Lain

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 dua buah jenis sensor yang masing masing berjumlah dua buah. Nilai hasil pengukuran diambil dari dua buah sensor yang nilainya dirata-rata dengan tujuan mengetahui persebaran nilai pada ruang tanam. Sensor-sensor yang digunakan yaitu:

1. Sensor suhu yang dilakukan perbandingan dengan thermometer digital.
2. Sensor kelembaban yang dilakukan perbandingan dengan humidity meter digital.
3. Sensor intensitas cahaya yang dilakukan perbandingan dengan lux meter digital.

Tabel 4.1: Spesifikasi alat uji.

Fitur	Multifunction Environment Meter 4 in 1 CEM DT8820
	Spesifikasi
Kelembaban	0 % - 100 %
Suhu	-20°C – 200°C
Intensitas Cahaya	0 Lux – 20.000 Lux
Suara	35 % dB – 100 % dB
Akurasi	C.I.E Standard Illuminate A(2856K)

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

4.1.1 Pengujian Sensor Suhu

Pada pengujian ini dilakukan perbandingan sensor suhu DHT22 dengan thermometer digital. Pengujian dilakukan dalam 10 waktu yang berbeda. Dari pengujian didapat hasil berikut. Dari table 4.2 didapat hasil bahwa galat terkecil terjadi pada pengujian pertama dengan nilai galat sebesar 0.5% sementara galat terbesar terjadi pada pengujian kedua dengan nilai galat sebesar 2.8%. Galat rata-rata dari pengujian yang sudah dilakukan adalah 1.81%. Pembacaan data pada sensor suhu DHT22 (suhu) selalu menghasilkan nilai pembacaan yang lebih rendah dibandingkan dengan thermometer digital. Dari hasil pengujian ini, sensor suhu DHT22 (suhu) dapat digunakan untuk mengambil data suhu pada ruang tanam.

Tabel 4.2: Data pengujian sensor suhu.

Pengujian ke -	Sensor Suhu DHT22	Thermometer digital	Galat
1	34.1° C	34.3° C	0.5%
2	31.2° C	32.1° C	2.8%
3	29.6° C	30.3° C	2.3%
4	27.8° C	27.9° C	0.3%
5	24.3° C	25.1° C	3.1%
6	32.1° C	31.4° C	2.2%
7	33.7° C	34.3° C	1.7%
8	31.3° C	31.6° C	1.5%
9	29.5° C	29.8° C	1%
10	28.7° C	29.5° C	2.7%
Rata - rata			1.81%

4.1.2 Pengujian Sensor Kelembaban

Pada pengujian ini dilakukan perbandingan sensor kelembaban DHT22 dengan kelembaban sebenarnya menggunakan humidity meter. Pengujian dilakukan dalam 10 waktu yang berbeda. Dari pengujian didapat hasil seperti pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Data pengujian sensor kelembaban.

Pengujian ke -	Sensor Kelembaban DHT22	Humidity meter digital	Galat
1	88.1 %	88.6 %	0.5%
2	79.6 %	79.8 %	0.2%
3	83.7 %	84.4 %	0,8%
4	77.4 %	77.9 %	0,6%
5	74.3 %	74.7 %	0,5%
6	59.6 %	60.1 %	0,8%
7	57.1 %	57.6 %	0.8%
8	55.4 %	55.9 %	0,8%
9	59.3 %	60.8 %	2.4%
10	58.8 %	60.1 %	2.1%
Rata - rata			0.95%

Dari table 4.3 didapat hasil bahwa galat terkecil terjadi pada pengujian kedua dengan nilai galat sebesar 0.2% sementara galat terbesar terjadi pada pengujian kesembilan dengan nilai galat sebesar 2.4%. Galat rata-rata dari pengujian yang sudah dilakukan adalah 0.95%. Pembacaan data pada sensor kelembaban DHT22 (kelembaban) selalu menghasilkan nilai pembacaan yang lebih rendah dibandingkan humidity meter digital. Dari hasil pengujian ini, sensor kelembaban DHT22 (kelembaban) dapat digunakan untuk mengambil data kelembaban pada ruang tanam.

4.1.3 Pengujian Sensor Intensitas Cahaya

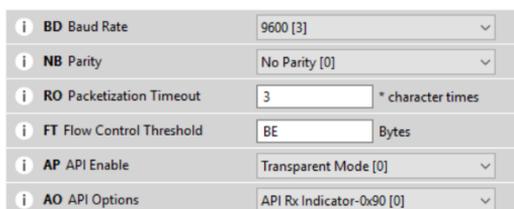
Pada pengujian ini dilakukan perbandingan sensor intensitas cahaya BH1750 dengan Lux meter digital. Pengujian dilakukan dalam 10 kondisi yang berbeda. Dari pengujian didapat hasil berikut. Dari table 4.4 didapat hasil bahwa galat terkecil terjadi pada pengujian ketiga dengan nilai galat sebesar 0.2% sementara galat terbesar terjadi pada pengujian kesembilan dengan nilai galat sebesar 3.5%. Galat rata-rata dari pengujian yang sudah dilakukan adalah 1.78%. Pembacaan data pada sensor intensitas cahaya BH1750 selalu menghasilkan nilai pembacaan yang lebih rendah dibandingkan Lux meter digital. Dari hasil pengujian ini, sensor intensitas cahaya BH1750 dapat digunakan untuk mengambil data intensitas cahaya pada ruang tanam.

Tabel 4.4: Data pengujian sensor intensitas cahaya.

Pengujian ke -	Sensor intensitas cahaya BH1750	Lux meter digital	Galat
1	1098 Lux	1127 Lux	2.6%
2	541 Lux	552 Lux	2%
3	472 Lux	493 Lux	0.2%
4	5354 Lux	5461 Lux	1.9%
5	2104 Lux	2214 Lux	0.5%
6	7138 Lux	7187 Lux	0.6%
7	554 Lux	568 Lux	2.4%
8	6734 Lux	6812 Lux	1.1%
9	355 Lux	368 Lux	3.5%
10	1701 Lux	1754 Lux	3%
Rata – rata			1.78

4.2 Pengujian Komunikasi XBee

Untuk dapat berkomunikasi antar *node* dan membentuk sebuah jaringan, setiap modul xbee haruslah beroperasi dengan parameter yang sama. Setiap modul yang beroperasi dalam jaringan harus diatur agar dapat berkomunikasi dengan *baudrate* = 9600, data bit = 8, tanpa *parity* dan dengan *time out* = 1. *Time out* merupakan lama batas waktu untuk menunggu sebuah data. Apabila *time out* diatur menjadi 0 , maka *loop* program tidak akan jalan hingga ada data masuk dari xbee.



The image shows a configuration window for Xbee communication parameters. The parameters are as follows:

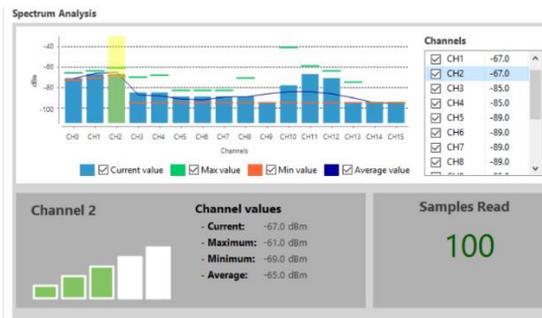
Parameter	Value
BD Baud Rate	9600 [3]
NB Parity	No Parity [0]
RO Packetization Timeout	3 * character times
FT Flow Control Threshold	BE Bytes
AP API Enable	Transparent Mode [0]
AO API Options	API Rx Indicator-0x90 [0]

Gambar 4.6: Pengaturan parameter komunikasi pada XCTU.

Jaringan dapat terbentuk apabila *node-node* yang digunakan beroperasi pada *Operating Channel* dan *Network ID* yang sama. Untuk mengatur parameter tersebut dapat digunakan *software* XCTU dari Digi Internasional. *Operating Channel* dan *Network ID* menentukan kanal mana

yang digunakan untuk melakukan komunikasi. Pada Xbee tersedia 15 kanal yang dapat digunakan untuk komunikasi. Setiap kanal tentunya memiliki gangguan yang berbeda-beda. Setiap tempat juga memiliki pengaruh yang berbeda pula terhadap kualitas komunikasi sebuah kanal. Hal-hal yang dapat mengganggu komunikasi sebuah kanal antara lain adalah penggunaan frekuensi yang sama oleh alat elektronik (radio, *handphone*, *modem*).

Untuk mengetahui kanal yang terbaik untuk komunikasi dapat digunakan *Spectrum Analyzer* yang sudah tersedia pada XCTU. Dengan perangkat tes *spectrum analyzer* dapat diketahui besar *noise* pada suatu kanal. Parameter yang diuji pada tes ini adalah 100 data yang dikirimkan. Dari 100 data tersebut akan dihitung rata-rata *noise* yang terdapat dalam sebuah kanal.



Gambar 4.7: Hasil Test *spectrum analyzer*.

Dari gambar 4.7 diketahui bahwa *channel 2* memiliki rata-rata *noise* paling rendah dengan rata-rata kuat sinyal -65.0 dBm, kuat sinyal terbaik -61.0 dBm dan terburuk -69.0 dBm. Dengan begitu, *channel 2* merupakan kanal yang paling baik untuk melakukan komunikasi jaringan. Apabila dikonversi menurut tabel konversi kanal xbee, maka *channel 2* terletak pada 0x0D.

4.2.1 Uji Coba Jangkauan XBee

Uji coba jangkauan xbee dilakukan untuk mengetahui jangkauan maksimal dari sebuah Xbee. Jangkauan sebuah xbee dapat dioptimalkan

dengan pengaturan kanal yang tepat seperti yang ditunjukkan pada spectrum analyzer. Dengan uji coba spektrum dapat diketahui kanal yang memiliki noise paling rendah sehingga kualitas transmisi sinyal lebih baik. Ujicoba jangkauan xbee dilakukan tanpa menggunakan rangkaian lain, hanya xbee saja. Hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan daya pancar dari sebuah modul Xbee. Uji coba dilakukan pada 19 titik dengan jarak yang berbeda pada ruang terbuka (*outdoor*). Hasil dari pengujian terdapat pada tabel 4.5

Tabel 4.5: Data pengujian jangkauan XBee.

Jarak (m)	Sinyal		TX Error	Packet Lost	Packet Received
	Lokal (dBm)	Remote (dBm)			
0 m	-27	-28	1	0	99
2 m	-31	-34	1	0	99
4 m	-35	-36	1	0	99
6 m	-36	-38	1	0	99
8 m	-38	-40	1	0	99
10 m	-38	-40	1	0	99
12 m	-46	-50	1	0	99
14 m	-48	-49	1	0	99
16 m	-48	-50	1	0	99
18 m	-53	-56	1	0	99
20 m	-57	-59	7	0	93
22 m	-51	-53	1	0	99
24 m	-51	-53	1	0	99
26 m	-55	-56	1	0	99
28 m	-61	-63	28	5	67
30 m	-56	-61	21	3	76
32 m	-59	-61	5	1	94
34 m	-59	-61	3	0	97
36 m	Tidak terbaca	Tidak terbaca	100	0	0

Berdasarkan data diatas diketahui pada awal pengujian dengan jarak 0 meter sinyal RSSI *local* sebesar -27 dBm dan RSSI *remote* sebesar -28 dBm dengan tingkat keberhasilan pengiriman data sebesar 99%. Sedangkan pada akhir pengukuran dengan jarak 34 meter, diketahui sinyal RSSI *local* sebesar -59 dBm dan sinyal RSSI *remote* sebesar -61 dBm

dengan tingkat keberhasilan pengiriman data 97%. Dari hasil pengukuran, diketahui jangkauan xbee S1 mencapai 34 meter dari jangkauan idealnya yaitu 30 meter. Namun berdasarkan tabel dapat diketahui pada jarak 28 meter xbee sudah mengalami penurunan performa. Presentase paket yang sukses terkirim hanya 67% begitu juga pada jarak 30m yaitu 76%.

4.3 Pengujian Proses Pada *Source Node*

Pada bagian ini, dilakukan pengujian untuk memastikan *source node* melakukan pengambilan data sensor, pengiriman data sensor ke *sink*, juga pemrosesan kontrol. *Source node* melakukan pengambilan dan pengiriman data sensor. Pada saat mengirimkan data sensor ke *sink*, *source node* menerima data kontrol dari *sink* yang digunakan untuk proses kontrol. Seperti yang ditampilkan oleh Tabel 4.6 merupakan data pada *source node* yang selanjutnya dikirimkan ke *sink*.



Gambar 4.8: Rangkaian *source node*.

Tabel 4.6: Data *source node*.

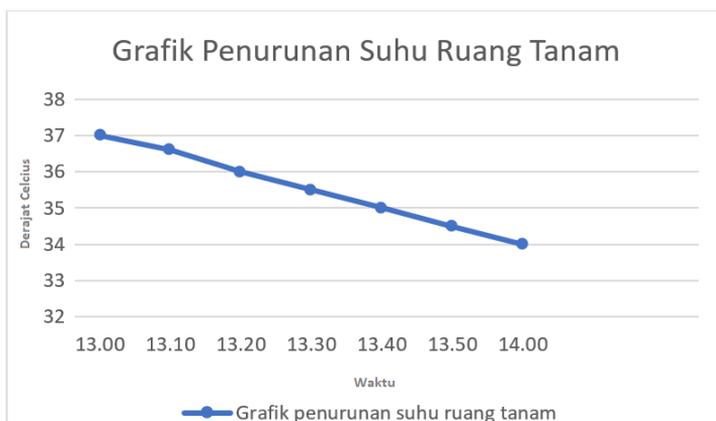
0	1	2	3
Suhu	Kelembaban	Intensitas Cahaya	Waktu
31,31	69,2	7.550	09.00
31,35	69,22	7.550	09.01
31,34	69,2	7.550	09.02
31,31	69,21	7.550	09.03
31,33	69,2	7.550	09.04

4.3.1 Pengujian Proses Kontrol Suhu

Source node melakukan kontrol suhu dengan membandingkan data hasil pembacaan sensor suhu dengan data parameter kontrol yang diterima. Tabel 4.7 merupakan proses kontrol suhu dimana ketika data sensor suhu menunjukkan 37°C dan data batas atas suhu yang di inginkan pengguna sebesar 35°C maka kipas dalam keadaan *on*. Sedangkan saat data sensor suhu menunjukkan 26°C maka kipas dalam keadaan *off*. Data sensor suhu tidak pernah menunjukkan angka di bawah batas bawah suhu yaitu 27°C . Sistem membutuhkan waktu yang sangat lama untuk menurunkan dan menstabilkan suhu dimana dibutuhkan waktu sekitar satu jam untuk menurunkan dan menstabilkan dari 37°C hingga berada dibawah batas suhu atas yang diterima *source node*. Hal ini seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.9. Dimana pada jam 13.00 nilai suhu menunjukkan 37°C sedangkan pada jam 13.50 kondisi suhu ruang berada dibawah 35°C . Penurunan suhu diakibatkan karena kipas yang berada dalam kondisi menyala terus menerus.

Tabel 4.7: Proses kontrol suhu.

Data sensor suhu	Data parameter kontrol		Kondisi kipas ruang tanam
	Suhu atas	Suhu bawah	
37	35	27	<i>On</i>
26			<i>Off</i>



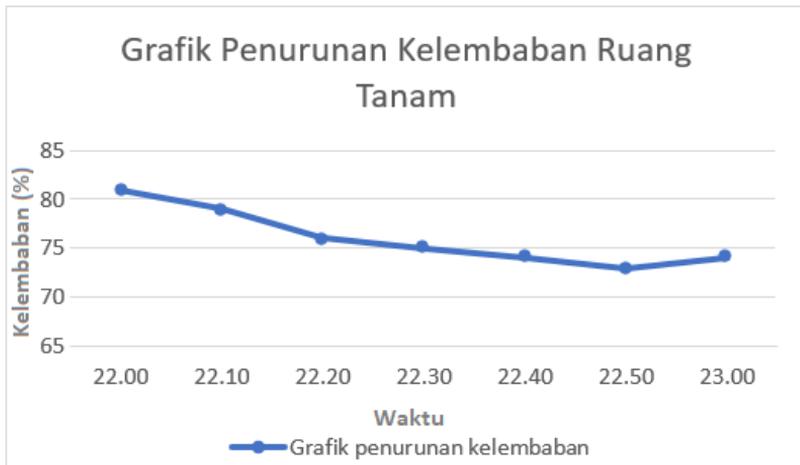
Gambar 4.9: Grafik penurunan suhu.

4.3.2 Pengujian Proses Kontrol Kelembaban

Source node melakukan kontrol kelembaban dengan membandingkan data hasil pembacaan sensor kelembaban dengan data parameter kontrol yang diterima. Tabel 4.8 merupakan proses kontrol kelembaban dimana ketika data sensor kelembaban menunjukkan 81 % dan data batas atas kelembaban yang diinginkan pengguna sebesar 75 % maka *exhaust* dalam keadaan *on* dan *mist maker* dalam keadaan *off*. Sedangkan saat data sensor kelembaban menunjukkan 61 % maka *exhaust* dalam keadaan *off* dan *mist maker* dalam keadaan *on*. Sistem membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mengkondisikan kelembaban berada dalam batas ideal dimana dibutuhkan waktu sekitar 30 menit. Untuk menurunkan kelembaban dari 81 % hingga berada dibawah batas kelembaban atas yang diterima *source node*. Hal ini seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.10. Dimana pada jam 22.00 nilai kelembaban menunjukkan 81 % sedangkan pada jam 22.40 kondisi kelembaban ruang berada dibawah 75%. Penurunan kelembaban diakibatkan karena *exhaust* berada dalam kondisi menyala terus menerus dan *mist maker* berada dalam kondisi *off*. Data sensor kelembaban tidak pernah menunjukkan angka di bawah batas bawah kelembaban yaitu 65 %.

Tabel 4.8: Proses kontrol kelembaban.

Data sensor kelembaban	Data parameter kontrol		Kondisi pada ruang tanam
	kelembaban atas	kelembaban bawah	
81 %	75 %	65 %	<i>Mist maker off, exhaust on</i>
61 %			<i>Mist maker on, exhaust off</i>



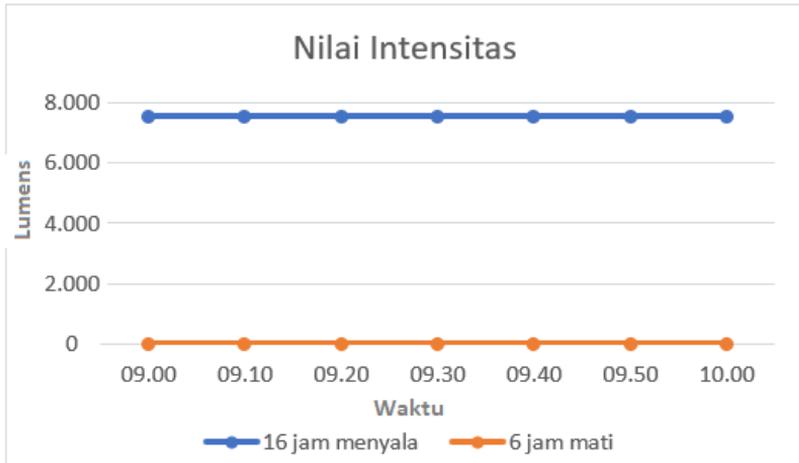
Gambar 4.10: Grafik penurunan kelembaban.

4.3.3 Pengujian Proses Pemantauan Intensitas Cahaya

Source node melakukan pemantauan intensitas cahaya dengan membandingkan data hasil pembacaan sensor intensitas cahaya dengan data parameter kontrol yang diterima. Tabel 4.9 menunjukkan bahwa data parameter ideal yang dibutuhkan ruang tanam minimal berada dalam nilai 7.000 Lux. Pencahayaan yang dihasilkan melalui grow lamp dan grow lamp strip menghasilkan nilai 7.550 Lux dan berada dalam kondisi stabil. Sehingga dibutuhkan pencahayaan minimal yang ideal bagi ruang tanam dapat terpenuhi. Waktu pencahayaan dibagi menjadi dua fase, dimana fase pertama ruang tanam diberi cahaya selama 16 jam dan fase kedua ruang tanam tidak diberi pencahayaan selama 6 jam. Pada kondisi lampu menyala sensor menghasilkan nilai 7.550 Lux dan pada kondisi lampu tidak menyala sensor menghasilkan nilai 0 Lux. Hal ini seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.11.

Tabel 4.9: Proses pemantauan intensitas cahaya.

Data sensor intensitas	Data parameter kontrol	Kondisi ruang tanam
	Intensitas cahaya	
7.550	7.000 Lux	Aman / Kondisi <i>on</i>
0		Tidak aman / Kondisi <i>off</i>



Gambar 4.11: Grafik pemantauan nilai intensitas..

4.4 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 4.10 dari jumlah data pengiriman *node* 1. Data yang diterima *database server* berjumlah sama. Dari pengiriman data setelah ditambakkannya *node* 2, data yang diterima *database server* berjumlah selisih 2 dari data yang dikirim. Sedangkan dari pengiriman data setelah ditambakkannya *node* 3, data yang diterima *database server* berjumlah selisih 3 dari data yang diterima. Begitu juga setelah ditambakkannya pengiriman data dari *node* 4, data yang diterima *database server* berjumlah selisih 5 dari data yang dikirimkan

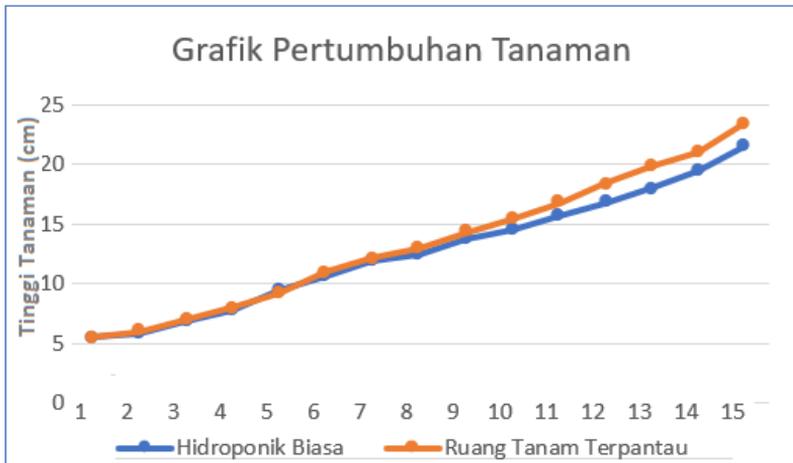
Tabel 4.6: Pengiriman dan penerimaan data dengan *Multi-node*.

Jumlah Node	Jumlah pengiriman	Jumlah yang diterima
1	10	10
2	20	18
3	30	25
4	40	30

Dari 4 *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*.

4.5 Pengujian Sisten Dengan Tanaman

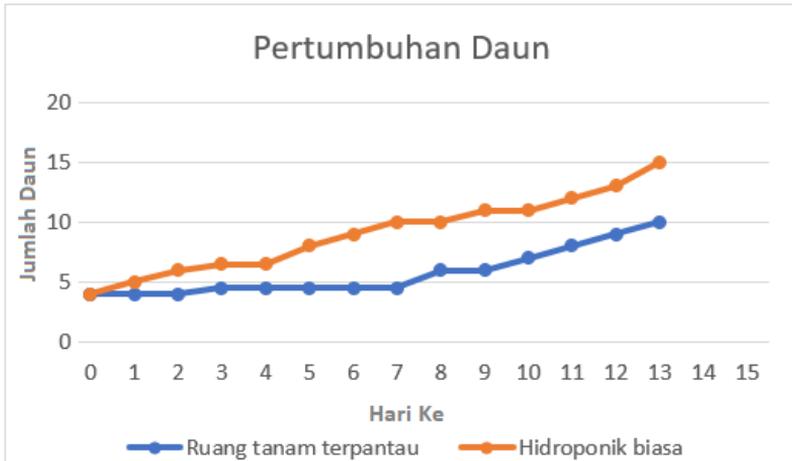
Pengujian sistem dengan sampel tanaman dilakukan agar diketahui apakah sampel tanaman tumbuh dengan baik dengan sistem ruang tanam menggunakan media tanam hidroponik *wick system* yang telah dibuat dan disiapkan. Tanaman yang dijadikan sampel dalam pengujian adalah tanaman sayur sawi hijau (*Brassica rapa var. pharachinensis L*). Pengujian dilakukan dengan cara mengamati dan membandingkan pertumbuhan tanaman pada ruang tanam terpantau dan hidroponik biasa, meliputi pertumbuhan daun, pertumbuhan akar, dan tinggi tanaman selama beberapa hari. Sebelum dilakukan penanaman pada ruang tanam, tanaman sayur sawi hijau terlebih dahulu melalui proses semai. Tanaman sawi hijau dipindahkan dari media semai ke ruang tanam menggunakan hidroponik 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 sawi hijau pada ruang terpantau lebih tinggi dibandingkan dengan hidroponik biasa. Dimana tinggi tanaman pada media tanam menggunakan ruang tanam terpantau pada hari ke 15 memiliki tinggi tanaman 23,5 Cm sedangkan tanaman pada media tanam hidroponik biasa 21,5 Cm.



Gambar 4.12: Grafik pertumbuhan tanaman.

Jumlah pertumbuhan daun pada tanaman sawi hijau yang ditempatkan di ruang tanam terpantau memiliki jumlah daun yang cenderung lebih lambat disbanding hidroponik biasa, sedangkan pada hidroponik biasa pertumbuhan jumlah daunnya lebih pesat dan banyak dikarenakan daun langsung mendapatkan sinar matahari sejak hari pertama. Seperti pada Gambar 4.13, jumlah daun tanaman pada ruang tanam terpantau sebanyak 10 buah sedangkan pada hidroponik biasa sebanyak 14 buah.

Grafik pertumbuhan akar selama 15 hari, tanaman sawi hijau pada ruang tanam terpantau memiliki pertumbuhan akar yang lebih pendek dibandingkan dengan tanaman sawi hijau pada hidroponik biasa. Seperti pada Gambar 4.14, pada hari ke 15 panjang akar tanaman pada ruang tanam terpantau 17.5 Cm sedangkan pada tanaman pada hidroponik biasa 20 Cm.



Gambar 4.13: Grafik pertumbuhan daun.



Gambar 4.14: Grafik pertumbuhan akar

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Pada penelitian ini berhasil mengimplementasikan pemantauan dan pengendalian *urban farming* menggunakan metode tanam dalam ruang berbasis *Internet Of Things* (IOT) dan *Wireless Sensor Network* (WSN).
2. Dengan pemantauan dan pengendalian ruang tanam secara langsung (*real time*), kebutuhan kondisi lingkungan ideal di dalam ruang tanam dapat terpenuhi dengan lebih mudah. Dikarenakan pemantauan dan pengendalian lingkungan dapat dilakukan dari jarak jauh menggunakan jaringan internet. Namun pada penerapan desain sistem ruang tanam ini masih terdapat keterbatasan, yaitu proses pemantauan dan pengendalian hanya dapat dilakukan jika sistem secara keseluruhan (*sink*, *database-server* dan aplikasi) terhubung dengan internet.
3. *Source node* berhasil mengirimkan data, menerima perintah kontrol, serta melakukan proses kontrol sesuai data perintah kontrol yang diterima dari *Sink*.
4. *Sink* berhasil mengirimkan data perintah kontrol ke *Source node*, melakukan pengiriman data yang diterima dari *Source node* ke *database server*.
5. Hasil perekaman data sensor suhu dan kelembaban DHT22 dan sensor intensitas cahaya BH1750 yang telah dibandingkan dengan alat ukur digital yang sudah terstandarisasi, memiliki nilai yang cukup akurat. Nilai rata-rata masing-masing galat adalah, sensor suhu sebesar 1,81 %, sensor kelembaban 0,95 % dan sensor intensitas sebesar 1,78 %.
6. Berdasarkan hasil pengujian pada fitur-fitur aplikasi, aplikasi berhasil menjalankan fungsi-fungsinya dan menampilkan informasi yang sesuai dengan data yang ada di *database server*.
7. Berdasarkan hasil pengujian *Multi-node* dalam 1 *sink* jumlah *node* maksimal yang masih bisa mengirimkan data yaitu 4 *node* dengan persentase keberhasilan pengiriman data 50%, sedangkan jumlah *node* yang optimal dalam 1 *sink* adalah 3 *node* dengan persentase keberhasilan pengiriman data 70%.

8. Berdasarkan pengamatan dan perbandingan pada pertumbuhan tanaman. Sistem ruang tanam terpantau memiliki hasil tanaman yang lebih kecil dibandingkan dengan hidroponik biasa. Dimana pada hari ke 15 tanaman yang diletakkan pada ruang tanam terpantau memiliki tinggi 23.5 Cm, panjang akar 17.5 Cm, serta memiliki 10 buah daun. Sedangkan tanaman yang diletakkan pada hidroponik biasa memiliki tinggi 21,5 cm, panjang akar 20 Cm dan memiliki 14 buah daun.

5.2 Saran

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya terdapat beberapa saran sebagai berikut :

1. Dapat dilakukan optimalisasi pada desain sistem, sehingga koneksi internet sebagai kebutuhan utama proses pemantauan dan pengendalian ruang tanam nantinya tidak menjadi kendala.
2. Dapat dilakukan penggantian *grow lamp* dengan spesifikasi yang lebih tinggi, keterlambatan pertumbuhan tanaman didalam ruang tanam dibandingkan diluar ruang tanam disebabkan oleh *spectrum* cahaya dari *grow lamp* yang dipakai kurang memenuhi kebutuhan tanaman secara menyeluruh.
3. Dapat ditambahkan ruang pembibitan didalam satu ruang tanam pada sistem yang sama. Sehingga kegiatan bercocok tanam dari awal masa pembibitan sampai masa panen dapat dioptimalisasi menggunakan sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Statistik data lahan pertanian tahun 2013-2017, Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Sekretariat Jendral, Kementerian Pertanian, Tahun 2018.
- [2] Mochammad A Junaidi, "Model Pertanian Perkotaan (Urban Farming)". Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya 2015.
- [3] Mareli Telaumbanua, Bambang Purwantana¹, Lilik Sutiarto, Mohammad Affan Fajar Falah "Studi Pola Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica Rapa* var. *parachinensis* L.) Hidroponik Di Dalam Greenhouse Terkontrol". Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada. AGRITECH, Vol 36, No. 1, Februari 2016)
- [4] Smit, J., A. Ratta, and J. Nasr. (1996). "Urban Agriculture: Food, Jobs, and Sustainable Cities". United Nations Development Programme (UNDP), New York, NY.
- [5] Basic Hydroponic System and How They Work
<http://www.simplyhydro.com/system> Diakses pada 10 April 2019.
- [6] A Nurfalah, Syarat Tumbuh Tanaman Sawi. Repository UIN, November 2015.
- [7] Yorio, Neil C.; Goins, Gregory D.; Kagie, Hollie R.; Wheeler, Raymond M.; Sager, John C. (2001-04-01). "Improving Spinach, Radish, and Lettuce Growth under Red Light-emitting Diodes (LEDs) with Blue Light Supplementation".
- [8] Ultrasonic Mist Maker
<https://learnstream.weebly.com/home/ultrasonic-mist-maker> Diases pada 10 April 2019.
- [9] 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. (Dikutippada halaman 7).

- [10]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).
- [11]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).
- [12]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).
- [13]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).
- [14]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 halaman8).
- [15]S. yun Kim, O. Guzide, and S. Cook, “Towards an optimal network topology in wireless sensor networks: A hybrid approach.,” in SNA (G. K. Lee, ed.), pp. 13–18, ISCA, 2009. (Dikutippada halaman 8).
- [16]Volcano Monitoring with Wireless Sensor Network <https://www.researchgate.com/wsn/volcano>
Dikases pada 20 April 2019.
- [17]Architecture Pipeline Monitoring Sensor Networks <https://www.researchgate.com/wsn/pipeline>
Dikases pada 20 April 2019.

- [18] Dwima Anggarini, Indrarini Dyah Irawati, Ratna Mayasari. (2013). “Analisis dan Simulasi Wireless Sensor Network (WSN) untuk Komunikasi Data Menggunakan Protokol Zigbee”.
- [19] Digi XBee Ecosystem
<https://www.digi.com/xbee> Diakses pada 10 April 2019.
- [20] Romeo Lazaro Pascual, Don Michael R. Sanchez, Diego Lloyd E. Naces, Warren A. Nuñez, M.Eng. “A Wireless Sensor Network Using XBee for Precision Agriculture of Sweet Potatoes (Ipomoea batatas)”. The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. (IEEE) – Philippine Section 9-12 December 2015, Water Front Hotel, Cebu, Philippines. (Dikutip pada Halaman 1, 2, 5)
- [21] Marwa Mekki, Osman Abdallah, Magdi B. M. Amin, Moez Eltayeb, Tafaoul Abdalfatah, Amin Babiker. “Greenhouse monitoring and control system based on wireless Sensor Network”, International Conference on Computing, Control, Networking, Electronics and Embedded Systems Engineering, 2015. (Dikutip pada Halaman 1, 2, 5)

Halaman ini sengaja dikosongkan.

LAMPIRAN

Dokumentasi ruang tanam:



Halaman ini sengaja dikosongkan.

BIOGRAFI PENULIS



Thesar Gufont Agrinusa, lahir pada 27 Agustus 1995 di Sragen, Jawa Tengah. Penulis lulus dari SD Santo Fransiskus Sragen pada tahun 2007 kemudian melanjutkan Pendidikan di SMP Santo Xaverius 1 Sragen pada tahun 2010 kemudian melanjutkan pendidikan di SMK Binawiyata Sragen hingga lulus pada tahun 2013. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan sarjana ke Departemen Teknik Komputer Institut Teknologi

Sepuluh Nopember Surabaya pada bidang studi Telematika. Saat di kuliah penulis aktif dalam berbagai organisasi termasuk mengikuti kegiatan pecinta alam pada organisasi MAPALA tingkat Fakultas. Penulis diberikan kesempatan untuk dapat menjadi Ketua Divisi Kalpataru Elektro ITS periode 2015-2016, fungsionaris Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro ITS dan Voluntir Bolo Eco Campus. Penulis sangat tertarik dengan alam, seni, musik dan segala hal yang berhubungan dengan komputer.

Halaman ini sengaja dikosongkan.