

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

Thesar Gufont Agrinusa, Arief Kurniawan dan Ahmad Zaini
Departemen Teknik Komputer, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: ariefku@te.its.ac.id

Abstrak—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, Embedded System.

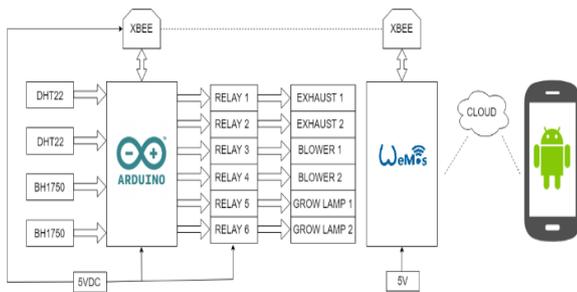
I. PENDAHULUAN

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]. 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 terutaman 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 [1]. Urban Farming adalah sebuah konsep untuk memindahkan pertanian konvensional ke pertanian perkotaan.

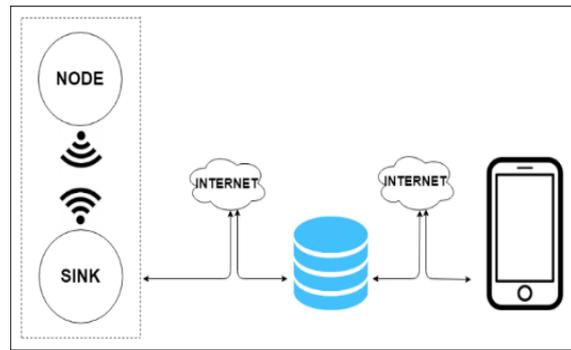
Perbedaan Urban Farming dengan metode pertanian yang lain yaitu terdapat pada pelaku dan media tanamnya. Dengan mengusung konsep urban farming yang diterapkan setiap masyarakat perkotaan nantinya diharapkan dapat memenuhi kebutuhan pangan dari setiap masyarakat itu sendiri [2]. Namun terdapat beberapa 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.

Metode tanam dalam ruang sendiri adalah metode tanam dengan mempersiapkan satu ruangan khusus yang nantinya digunakan untuk melaksanakan aktivitas bercocok tanam. Sebelum ruang siap digunakan untuk melaksanakan aktivitas bercocok tanam, ruang harus dikondisikan 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 serta hasil secara optimal. Namun dengan menggunakan metode tanam dalam ruang, masih terdapat beberapa kekurangan. Keterbatasan akan alat sebagai media pemantau serta kontrol lingkungan dalam ruang menyebabkan sulit terciptanya kondisi lingkungan yang ideal bagi tanaman.

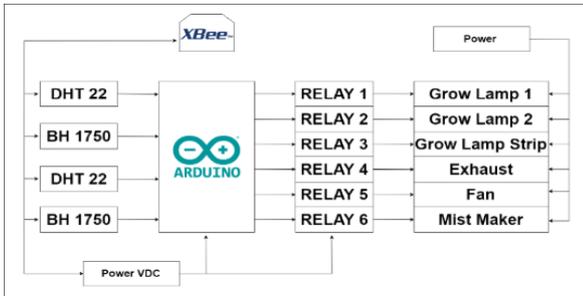
Namun dengan menggunakan metode tanam dalam ruang, masih terdapat beberapa kekurangan. Keterbatasan akan alat sebagai media pemantau serta kontrol lingkungan dalam ruang menyebabkan sulit terciptanya kondisi lingkungan yang ideal bagi tanaman. Sehingga diperlukan upaya-upaya perbaikan kualitas metode tanam dalam ruang sehingga nantinya penerapan urban farming dengan keterbatasan lahan bukan menjadi masalah pada masyarakat perkotaan. Maka dari itu dibutuhkan sistem terintegrasi yang mampu melakukan pemantauan dan kontrol sehingga kondisi lingkungan ideal dalam ruang tanam dapat dikendalikan.



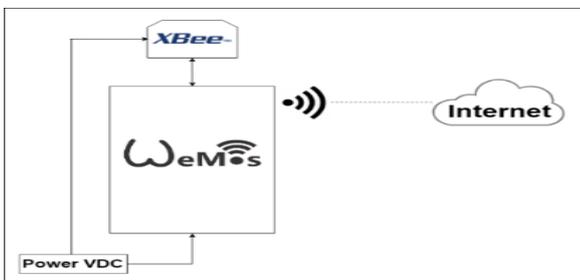
Gambar 1. Gambaran Umum Sistem Kerja



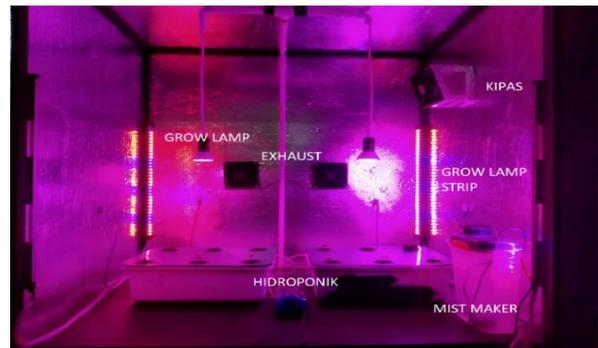
Gambar 4. Gambaran umum sistem kerja.



Gambar 2. Blok sirkuit diagram source node.



Gambar 3. Blok diagram sink.



Gambar 5. Desain pemodelan Ruang Tanam.



Gambar 6. Rangkaian sistem node dan sistem sink.

II. STUDI LITERATUR

A. 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. 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 [2].

B. Hidroponik Wick System

Hidroponik *wick system* adalah sistem hidroponik paling sederhana. 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 [3].

C. Syarat Tumbuh Tanaman Sawi

Semua jenis tanaman pertanian yang berbasis lahan untuk dapat 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 mudah dibudidayakan di Kawasan tropis, meskipun berasal dari kawasan Cina selatan yang beriklim subtropis. Pada tanaman sawi hijau (*Brassica rapa* var. *pharachinensis* L) memiliki syarat tumbuh meliputi: (1) Kelembaban Udara. Tanaman sawi, membutuhkan tingkat kelembaban berkisar 65 – 75 % agar dapat tumbuh optimal [4]; (2) Suhu. Kebutuhan suhu ideal untuk pertumbuhan tanaman jenis sawi agar dapat tumbuh optimal berada pada suhu udara antara 27° – 32° C [5]; (3) Cahaya. Pada tanaman sawi membutuhkan lama pencahayaan yang berkisar antara 70 – 80 % per-hari dengan intensitas cahaya sebesar 7.000 Lux. [5].

Tabel 1.
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%

Tabel 2.
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%

Tabel 3.
Data Pengujian Sensor Intensitas Cahaya.

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

D. XBee8012.15.4

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 unttuk komunikasi point to point dan komunikasi star dengan kecepatan transfer data 250 kb/s. 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. [6].

Tabel 4.
Uji Coba Jangkauan XBee

Jarak (m)	Sinyal		TX Error	Packets 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

Tabel 5.
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
31,35	69,2	7.550	09.05

Tabel 6.
Proses kontrol suhu.

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

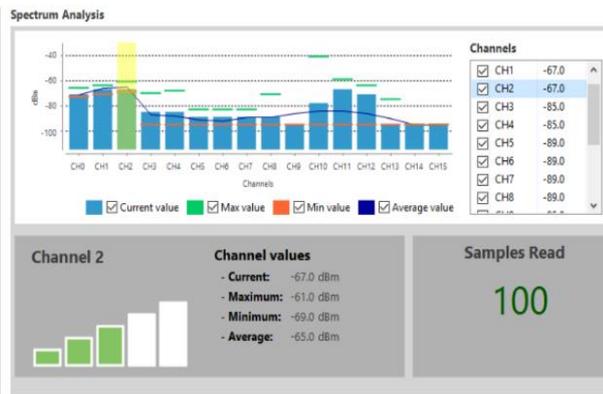
III. DESAIN SISTEM DAN ALUR KERJA

A. Desain Sistem

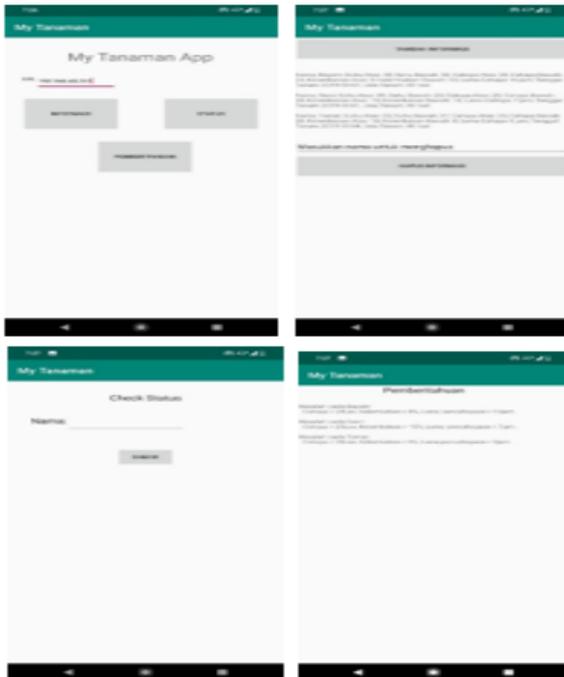
Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemantauan dan pengendalian kondisi lingkungan ideal pada sistem ruang tanam dengan prinsip Internet of Things (IOT) dan berbasis Wireless Sensor Network yang selanjutnya divisualisasikan menggunakan mobile application berbasis Android. Untuk memenuhi persyaratan 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. Gambar Umum Sistem Kerja dapat dilihat pada Gambar 1.

1) Source Node

Source node terdiri dari beberapa komponen yaitu : DHT22 yang berfungsi sebagai sensor suhu dan sensor kelembaban, BH1750 yang berfungsi sebagai sensor



Gambar 7. Hasil Test *spectrum analyser*



Gambar 8. Desain User Interface Aplikasi My Tanaman.

intensitas cahaya, mikrokontroller 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 2 Blok Sirkuit Diagram Source node.

2) Sink

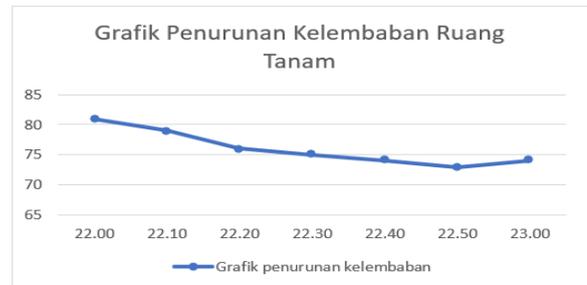
Pada blok diagram sink Gambar 3, sink atau gateway terdiri dari mikrokontroller dengan board WeMos yang terintegrasi dengan modul wifi ESP8266 dan terhubung secara serial dengan XBee Series 1 802.15.4. Sink terhubung dengan source node dan berfungsi untuk memberikan perintah pada source node untuk memulai 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. 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

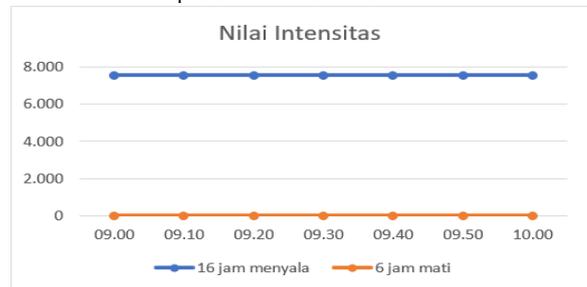
Database Server merupakan tempat penyimpanan data atau susunan record setiap data sensor dari source node serta



Gambar 9. Grafik penurunan suhu.



Gambar 10. Grafik penurunan kelembaban.



Gambar 11. Grafik pemantauan nilai intensitas



Gambar 12. Grafik pertumbuhan tanaman.

data perintah kontrol ruang tanam yang dikirim oleh user. Gambar 4 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.

B. Alur Kerja

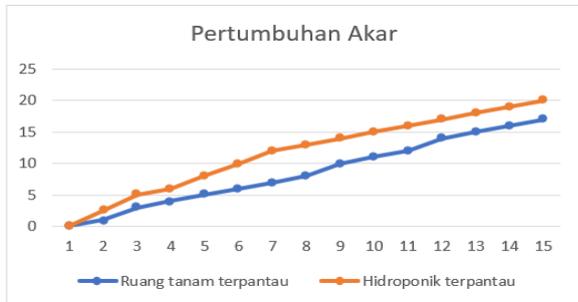
Pada tahap ini memberikan penjelasan mengenai rancangan sistem secara rinci. Rancangan sistem perangkat lunak menggunakan pustaka Arduino untuk pembacaan sensor dan kontrol pada source node, struktur data php pada *gateway* dan pustaka Android untuk pembuatan aplikasi android. Secara keseluruhan gambaran umum sistem kerja ditunjukkan dengan Gambar 4 yang meliputi:

1) Pemrosesan Pata Source Node:

- a. Pengambilan data sensor b.
- b. Pengiriman data sensor ke *sink*;



Gambar 13. Grafik pertumbuhan daun.



Gambar 14. Grafik pertumbuhan akar.



Gambar 15. Pertumbuhan tanaman dalam ruang tanam.

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.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada penelitian ini, dilakukan pengujian dan analisa terhadap desain system yang telah dirancang. Sehingga hasil pengujian dapat digunakan untuk menarik kesimpulan terhadap penelitian ini. Ada beberapa pengujian terhadap sistem ruang tanam yang sudah dibuat. Terdapat 6 buah pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pengujian

Tabel 7. Proses kontrol kelembaban

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

Tabel 8. Proses pemantauan intensitas cahaya.

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

Tabel 9. 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

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 sistem dapat mengambil data sensor dan dapat melakukan kontrol. Secara keseluruhan system pada penelitian ini memiliki pemodelan seperti pada Gambar 5 dan Gambar 6.

A. Pengujian Perbandingan Sensor dengan ALat Ukur lain

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 Tabel 1 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.

2) Pengujian Sensor Kelembapan

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 2.

Dari Table 2 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.

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 Tabel 3 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.

B. Pengujian Komunikasi XBee

1) Test Spectrum Analyzer

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 dan dapat dilihat pada Gambar 7.

2) Uji Coba Jangkauan XBee

Dengan uji coba spektrum dapat diketahui kanal yang memiliki noise paling rendah sehingga kualitas transmisi sinyal lebih baik. Uji coba 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. 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%.

C. Desain User Interface Aplikasi Smartphone

Halaman awal aplikasi My Tanaman adalah Main Menu, yang didalamnya terdapat tiga buah tombol yaitu Informasi, Status dan Pemberitahuan seperti yang ditampilkan Gambar 8. 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 pengunjung 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 control terhadap ruang tanam. Sedangkan tombol Pemberitahuan berfungsi untuk menghubungkan Main Menu dengan scene Pemberitahuan sehingga pengguna dapat melihat anomali yang terjadi pada ruang tanam.

D. Pengujian Proses pada Source Node

Pada bagian ini, dilakukan pengujian untuk memastikan *source node* melakukan pengambilan data sensor, pengiriman data sensor ke *sink*, menerima data parameter kontrol juga pemrosesan kontrol. *Source node* melakukan pengambilan dan pengiriman data sensor. Pada saat mengirimkan data sensor ke *sink*, *source node* menerima data parameter kontrol dari *sink* yang digunakan untuk proses kontrol. Seperti yang ditampilkan oleh Tabel 5 merupakan data pada *source node* yang selanjutnya dikirimkan ke *sink*.

1) Pengujian Sensor Suhu

Source node melakukan kontrol suhu dengan membandingkan data hasil pembacaan sensor suhu dengan data parameter kontrol yang diterima. Tabel 6 merupakan proses kontrol suhu dimana ketika data sensor suhu menunjukkan 37° C dan data batas atas suhu yang diinginkan 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 6. 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.

2) Pengujian Proses Kontrol Kelembaban

Source node melakukan kontrol kelembaban dengan membandingkan data hasil pembacaan sensor kelembaban dengan data parameter kontrol yang diterima. Tabel 7 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 9. 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 %. Grafik penurunan kelembaban dapat dilihat pada Gambar 10.

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 8 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. Grafik pemantauan nilai intensitas dapat dilihat pada Gambar 11.

E. 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 9 dari jumlah data pengiriman node 1. Data yang diterima database server berjumlah sama. Dari pengiriman data setelah ditambahkan node 2, data yang diterima database server berjumlah selisih 1 dari data yang dikirim. Sedangkan dari pengiriman data setelah ditambahkan node 3, data yang diterima database server berjumlah selisih 3 dari data yang diterima. Begitu juga setelah ditambahkan pengiriman data dari node 4, data yang diterima database server berjumlah selisih 5 dari data yang dikirimkan

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.

F. Pengujian Sistem 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. parachinensis 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 21,5 Cm sedangkan tanaman pada media tanam hidroponik biasa 23,5 Cm. Grafik pertumbuhan tanaman dapat dilihat pada Gambar 12.

Jumlah pertumbuhan daun pada tanaman sawi hijau yang ditempatkan di ruang tanam terpantau memiliki jumlah daun yang cenderung lebih lambat dibanding 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 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. Pada hari ke 15 panjang akar tanaman pada ruang tanam terpantau 17.5 Cm sedangkan pada tanaman pada hidroponik biasa 20 Cm. Grafik pertumbuhan daun dapat dilihat pada Gambar 13.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Pemantauan dan engendalian *urban farming* menggunakan metode tanam dalam ruang berbasis *Internet Of Things* (IOT) dan *Wireless Sensor Network* (WSN). *Source node* berhasil mengirimkan data, menerima parameter kontrol, serta melakukan proses kontrol sesuai data parameter kontrol yang diterima dari *Sink*. *Sink* berhasil mengirimkan data parameter kontrol ke *Source node*, melakukan pengiriman data yang diterima dari *Source node* ke *database server*.

Hasil akuisisi data sensor suhu dan kelembababn DHT22 dan sensor intensitas cahata 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 %. Berdasarkan hasil pengujian pada fitur-fitur aplikasi, Aplikasi berhasil menjalankan fungsi-fungsinya dan menampilkan informasi yang sesuai dengan data yang ada di database server. Berdasarkan hasil pengujian Multi-node dalam 1 sink jumlah node maksimal yang masih bisa mengirimkan data yaitu 5 node dengan persentase keberhasilan pengiriman data 30%, sedangkan jumlah node yang optimal dalam 1 sink adalah 3 node dengan persentase keberhasilan pengiriman data 70%. 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 21.5 Cm, panjang akar 17.5 Cm, serta memiliki 10 buah daun. Sedangkan tanaman yang diletakkan pada hidroponik biasa memiliki tinggi 23,5 cm, panjang akar 20 Cm dan memiliki 14 buah daun. Grafik pertumbuhan akar dapat dilihat pada Gambar 14.

B. Saran

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya terdapat beberapa saran sebagai berikut: Dapat dilakukan penggantian *grow lamp* dengan spesifikasi yang lebih tinggi, keterlabatan pertumbuhan tanaman didalam ruang tanam dibandingkan diluar ruang tanam disebabkan oleh *spectrum* cahaya dari *grow lamp* yang dipakai kurang memenuhi kebutuhan tanaman secara menyeluruh. 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. Pertumbuhan tanaman dalam ruang tanam dapat dilihat pada Gambar 15.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Junaidi, "Model Pertanian Perkotaan (Urban Farming)," *Semin. Nas. Pembang. Pertan.*, pp. 484–489, 2015.
- [2] UNDP, "Urban Agriculture: A Neglected Resource for Food, Jobs and Sustainable Cities." 1996.
- [3] K. Hung and Y. T. Zhang, "Implementation of a WAP-Based Telemedicine System for Patient Monitoring," *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, vol. 7, no. 2, pp. 101–107, Jun. 2003, doi: 10.1109/TITB.2003.811870.
- [4] "Basic Hydroponic System and How They Work." <http://www.simplyhydro.com/system/>.
- [5] A. Nurfalih, "Syarat Tumbuh Tanaman Sawi," *Repos. UIN*, 2015.
- [6] M. Telaumbanua, B. Purwantana, L. Sutiarsa, and M. A. F. Falah, "Studi Pola Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica rapa* var. *parachinensis* L.) Hidropinik di Dalam Greenhouse Terkontrol," *J. Agritech*, vol. 36, no. 01, p. 104, 2016, doi: 10.22146/agritech.10690.