WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN) UNTUK *MONITORING* TANAMAN DAN OTOMATISASI *SMART GREENHOUSE*

Arief Budiardi[1)], Susmini Indriani L[2)]
[1,2)]Jurusan Teknik Komputer, Fakultas Teknik dan Ilmu komputer, Universitas Komputer Indonesia
[1)]arief.budiardi@yahoo.com, [2)]susmini.indriani@email.unikom.ac.id

ABSTRAK

Beralihnya lahan pertanian yang berubah menjadi wilayah industri dan pemukiman padat menyebabkan berkurangnya lahan pertanian di perkotaan. Selain itu, tingginya angka kesibukan orang di perkotaan membuatnya enggan untuk bercocok tanam di rumah. Untuk membantu orang yang ingin bercocok tanam di perkotaan maka dibangunlah sebuah sistem monitoring tanaman dan otomatisasi smart greenhouse yang memanfaatkan Wireless Sensor Network dengan menggunakan standar jaringan terbuka protokol ZigBee yaitu IEEE 802.15.4. Sistem WSN yang dibangun membuat penggunanya dapat memonitor tanaman dan otomatisasi smart greenhouse yang menggunakan topologi jaringan Tree dengan jenis jaringan Wireless Personal Area Network (WPAN). Monitoring pada smart grenhouse dilakukan untuk memantau keadaan sensor seperti suhu, kelembaban tanah, kelembaban udara, cahaya, status kipas, status lampu, status penyiram tanaman, status pompa dan kondisi tangki air. Sedangkan otomatisasi dilakukan dengan memanfaatkan mikrokontroler pada rumah kaca untuk mengerjakan perintah sesuai dengan kondisi pada rumah kaca tersebut. Adapun aktuator yang dikontrol adalah lampu, kipas, pompa, dan penyiram tanaman. Hasil monitoring tanaman dan otomatisasi pada rumah kaca disajikan kepada pengguna melalui smartphone berbasis Android. Pada sistem ini akan diuji keberhasilan standar protokol ZigBee yang diimplementasikan pada WSN agar dapat melakukan monitoring dan otomatisasi pada rumah kaca, serta melakukan analisis terhadap konsumsi daya yang dibutuhkan oleh protokol ZigBee, jarak jangkauan transmisi serta interferensi WSN terhadap sinyal lain seperti WiFi dan Bluetooth. Hasil pengujian menunjukkan keberhasilan protokol ZigBee yang diimplementasikan pada sistem WSN berhasil melakukan monitoring dan otomatisasi pada smart greenhouse sehingga dapat memberikan informasi kepada pengguna melalui smartphone berbasis Android.

Kata kunci: Smart Greenhouse, Wireless Sensor Network, ZigBee, Arduino, Android.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris dimana sebagian besar penduduknya bekerja di bidang pertanian. Di negara agraris, pertanian memiliki peranan penting baik di sektor perekonomian ataupun pemenuhan kebutuhan pokok dan pangan. Namun seiring dengan perkembangannya, banyak lahan pertanian yang telah berubah menjadi wilayah industri, pemukiman padat penduduk, dan lainnya yang bersifat non pertanian. Selain itu, banyak penduduk Indonesia yang beralih profesi dari bercocok tanam ke arah industri. Semakin berkurangnya lahan yang memproduksi kebutuhan pokok dan pangan, menyebabkan Indonesia semakin bergantung pada kebutuhan import. Untuk penduduk yang hidup di perkotaan, dengan tingkat kesibukan yang tinggi membuat mereka enggan untuk bercocok tanam di rumahnya. Untuk dapat membantu orang-orang yang mempunyai kesibukan tinggi agar dapat bercocok tanam tersebut, maka dibuatlah sistem *monitoring* tanaman dan otomatisasi *smart greenhouse* dengan memanfatakan *Wireless Sensor Network* (WSN).

Sistem *smart greenhouse* dapat melakukan pemantauan suhu ruangan, kelembapan tanah, pencahayaan, intensitas air dan kondisi aktuator yang ada pada rumah kaca tersebut, yang pastinya aspek-aspek tersebut berhubungan dengan tumbuh kembangnya suatu tanaman di rumah kaca. Penerapan teknologi WSN dapat melakukan otomatisasi rumah kaca seperti otomatis dalam pengkondisian cahaya, penyiraman tanaman, serta mengkondisikan suhu ruangan dengan menggunakan kipas. Salah satu WSN yang diaplikasikan menggunakan standar ZigBee. ZigBee ditujukan untuk komunikasi data rendah dan daya kecil dengan laju data maksimal 250 kbps. Dalam implementasi ZigBee pada WPAN (*Wireless Personal Area Network*), standar ZigBee yang dikembangkan oleh ZigBee *Alliance* merupakan standar yang dibangun berlandaskan/berdasarkan standar IEEE 802.15.4[2]. Sistem WSN yang dibangun menggunakan jaringan lokal untuk mengoperasikannya dan dapat diakses melalui sebuah *smartphone* berbasis Android.

Dengan adanya penerapan sistem WSN menggunakan protokol ZigBee pada *smart greenhouse* dengan mengimplementasikan protokol ZigBee dengan standar terbuka IEEE 802.15.4 untuk membangun sistem WSN agar dapat memberikan kemudahan kepada pengguna yang memiliki kesibukan yang tinggi namun tetap dapat melakukan bercocok tanam dirumahnya dengan memanfaatkan WSN untuk melakukan *monitoring* serta otomatisasi pada *smart greenhouse*.

2. PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini akan membahas tentang perancangan sistem WSN untuk *monitoring* yang akan mengirimkan data dari *node-node* sensor ke *node*

koordinator menggunakan media transmisi *wireless* dengan jenis jaringan WPAN, serta perancangan WSN untuk otomatisasi perangkat pada *smart greenhouse*. Selain itu juga, pada bab ini akan membahas perancangan perangkat lunak untuk menampilkan hasil monitoring menggunakan perangkat Android. Pada gambar 2.1 berikut ini merupakan gambaran umum sistem secara keseluruhan.



Gambar 2.1 Gambaran Umum Sistem

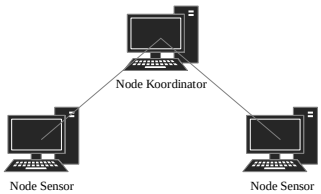
Pada Gambar 2.1 terdapat dua buah rumah kaca yang akan mengirimkan data yang diperoleh dari sensor-sensor pada rumah kaca melalui media transmisi *wireless* yang kemudian akan diterima oleh pengguna sistem ini menggunakan *smartphone* berbasis Android sebagai alat untuk menampilkan data hasil *monitoring* dari rumah kaca tersebut.

Keterangan :

1. *Smartphone* Android untuk menampilkan data hasil *monitoring*.
2. Data yang dikirimkan dari rumah kaca ke *smartphone* Android.
3. Sensor yang berupa sensor cahaya, sensor kelembapan tanah, sensor kelambapan udara dan suhu, dan *limit switch* sebagai sensor ketinggian air.
4. Aktuator yang berupa lampu, kipas, pompa penyiram tanaman, dan pompa pengisi tangki air.
5. Rumah kaca.

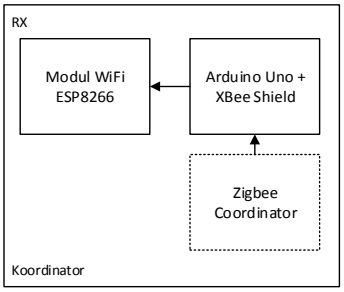
Selain itu, aktuator yang ada pada rumah kaca akan bekerja secara otomatis sesuai kondisi yang diinginkan pada rumah kaca tersebut.

Sistem ini menggunakan jenis jaringan WPAN (*Wireless Personal Area Network*) dengan menggunakan topologi *Tree* dan *Node* sensor yang digunakan bertipe FFD (*Full Function Device*) sehingga dapat mengirimkan data kepada *node* koordinator. Gambar 2.2 merupakan bentuk topologi *Tree*



Gambar 2.2 Bentuk topologi Tree *yang Digunakan*

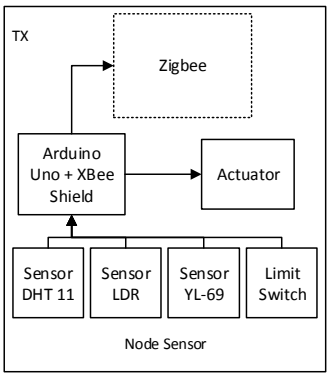
Node koordinator bertindak sebagai koordinator yang akan mengolah data dari node-node sensor, sedangkan node sensor yang berupa rumah kaca berfungsi untuk megambil data sensor, mengolah, dan mengirim data sensor ke node koordinator. Pada gambar 2.3 merupakan blok diagram node koordinator.



Gambar 2.3 Blok Diagram Node Koordinator

Keterangan :

1. Modul WiFi ESP8266 sebagai penghubung untuk mengirimkan data dari Arduino ke *smartphone* melalui media transmisi *wireless*.
2. Arduino Uno sebagai mikrokontroler yang mengatur ZigBee untuk menerima, mengirim dan memproses data yang didapat.
3. ZigBee Coordinator berupa modul XBee S2 yang berfungsi sebagai penghubung antara node sensor dengan koordinator yang berfungsi untuk mengirimkan data dari rumah kaca ke koordinator



Gambar 2.4 Blok Diagram Node Sensor (Rumah Kaca)

Keterangan :

1. ZigBee berupa modul XBee S2 yang berfungsi sebagai penghubung antara rumah kaca dengan koordinator yang berfungsi untuk mengirimkan data dari rumah kaca ke koordinator
2. Arduino Uno sebagai mikrokontroler yang mengatur ZigBee untuk menerima, mengirim dan memproses data yang didapat.
3. Sensor berupa sensor DHT11 (kelembaban udara dan suhu), sensor LDR (cahaya), sensor YL-69(kelembaban tanah), serta *Limit Switch* sebagai sensor ketinggian air yang digunakan untuk mengambil data.

6. Actuator berupa kipas, lampu, penyiram tanaman dan pengisi tangki air.

Selanjutnya pada tabel 2.1 berikut merupakan Kondisi sensor dan status actuator

Tabel 2.1 Kondisi dan Status Aktuator

Sensor	Kondisi	Kondisi di Arduino	Status Aktuator
Suhu (DHT 11)	>28ºC	1	Kipas On
Suhu (DHT 11)	<= 28ºC	0	Kipas Off
Cahaya (LDR)	Gelap < 35 ADC	1	Lampu On
Cahaya (LDR)	Terang >=35 ADC	0	Lampu Off
Kelembapan Tanah (YL-69)	Kelambaban <40% HR	1	Pompa Penyiram Tanaman On
Kelembapan Tanah (YL-69)	40% HR <= kelembaban <=70% HR	0	Pompa Penyiram Tanaman Off
Limit Switch	Tertekan	1	Pompa Pengisi Tangki Air On
Limit Switch	Tidak tertekan	0	Pompa Pengisi Tangki Air Off

Kondisi yang didapat pada tabel diatas merupakan kondisi yang digunakan untuk jenis tanaman sayur *microogrens* kubis merah dan brokoli dengan suhu optimal tanam 28ºC, kelembaban 70%, dan 7.21 hari masa tanam. Kondisi pencahayaan yang digunakan sistem didapatkan dari intensitas cahaya yang diterima oleh sensor LDR yang berupa nilai ADC pada Arduino.

2.1. Komponen Sistem

Terdapat beberapa komponen yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan implementasi WSN dalam melakukan *monitoring* dan otomatisasi *smart greenhouse*, komponen tersebut terbagi atas perangkat lunak dan komponen perangkat keras.

2.1.1. Perangkat Lunak

Pada bagian ini menjelaskan perangkat lunak yang dibutuhkan untuk membangun sistem ini yaitu:

1. X-CTU yang berfungsi untuk melakukan konfigurasi dan *test* modul XBee.
2. Arduino IDE yang berfungsi sebagai *Compiler* dan *Editor Coding* Modul Arduino.
3. Android Studio yang digunakan untuk membangun sebuah aplikasi Android

2.1.2. Perangkat Keras

Pada bagian ini menjelaskan perangkat keras yang dibutuhkan untuk membangun sistem ini adapun perangkat keras yang dibutuhkan adalah:

1. Modul XBee S2
2. Arduino Uno
3. Sensor DHT 11
4. Sensor YL-69
5. Limit Switch
6. Kipas DC 12V
7. Relay Shield
8. XBee Shield
9. LDR
10. Lampu LED 9V
11. Modul WiFi ESP 8266
12. Pompa Air

2.2. Instalasi Sistem

Dalam instalasi sistem diperlukan beberapa tahapan yang akan dilakukan mulai dari konfigurasi Arduino, konfigurasi modul WiFi, konfigurasi sensor-sensor, dan konfigurasi modul XBee.

2.2.1. Konfigurasi Arduino Uno

Konfigurasi Arduino Uno dilakukan menggunakan software Arduino IDE, terdapat tiga Arduino yang digunakan dalam sistem ini, Arduino pada dua rumah kaca yang masing masing memiliki satu Arduino, dan Arduino yang bertindak sebagai koordinator yang menampung data dari Arduino pada rumah kaca, masing masing Arduino memiliki konfigurasi yang berbeda.

2.2.2. Konfigurasi Arduino pada Rumah Kaca Satu dan Dua (*Transmitter*)

Konfigurasi Arduino Uno dilakukan menggunakan software Arduino IDE, terdapat tiga Arduino yang digunakan dalam sistem ini, Arduino pada dua rumah kaca yang masing masing memiliki satu Arduino, dan Arduino yang bertindak sebagai koordinator yang menampung data dari Arduino pada rumah kaca, masing masing Arduino memiliki konfigurasi yang berbeda.

Arduino yang ada pada rumah kaca satu dan dua berperan sebagai mikrokontroler yang akan membaca sensor dan mengaktifkan aktuator serta mengirimkan data dari rumah kaca ke koordinator melalui media transmisi *wireless* menggunakan Modul XBee.

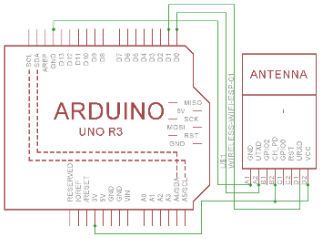
2.2.3. Konfigurasi Arduino sebagai Koordinator (*Receiver dan Transmitter*)

Arduino sebagai koordinator berperan untuk menampung dan menerima data dari rumah kaca yang diterima oleh XBee, setelah diterima, selanjutnya akan diteruskan melalui modul WiFi untuk dikirimkan ke perangkat *smartphone* pengguna dan kemudian ditampilkan.

2.2.4. Konfigurasi Modul WiFi ESP 8266

Modul WiFi ESP 8266 dikonfigurasi menggunakan *software* Arduino IDE yang mana modul WiFi dirangkai terlebih dahulu dan terhubung dengan Arduino. Konfigurasi dilakukan melalui serial monitor pada Arduino IDE dan ada beberapa langkah yang harus diperhatikan adalah:

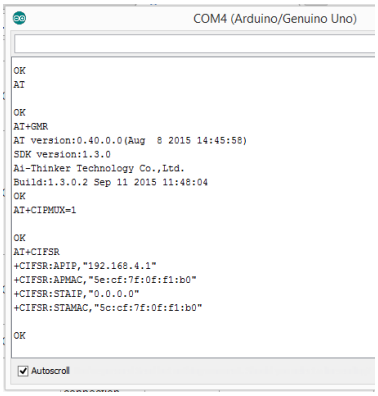
1. Pertama, Rangkailah modul WiFi seperti gambar 2.5 berikut



Gambar 2.5 Rangkaian Modul WiFi ESP8266

2. Kemudian jalankan program Arduino IDE, lalu *Upload* program kosong ke Arduino.
3. Setelah berhasil melakukan *upload* program kosong, Buka serial monitor dan set *Newline* pada pojok kanan bawah menjadi *Both* NL & CR, dan *baudrate* menjadi 115200.
4. Terakhir, lakukan konfigurasi modul WiFi menggunakan AT *Command* ESP 8266

Pada gambar 2.6 merupakan serial monitor dari Arduino untuk konfigurasi modul WiFi.



Gambar 2.6 Serial Monitor pada Arduino IDE dan Konfigurasi modul WiFi

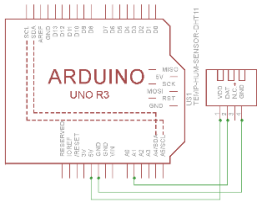
Pada saat konfigurasi menggunakan serial monitor Arduino IDE menggunakan AT Command untuk modul WiFi, pada gambar 2.6 berikut penjelasnnya:

1. Kirim perintah AT untuk memastikan modul WiFi terhubung dengan baik.
2. Perintah AT+GMR untuk cek firmware modul WiFi.
3. Perintah AT+CIPMUX untuk memilih mode komunikasi satu arah (0) atau dua arah (1).
4. Perintah AT+CIFSR untuk request IP DHCP.
5. +CIFSR:APIP merupakan IP access point (modul WiFi).
6. +CIFSR:APMAC merupakan MAC accsess point (modul WiFi)
7. +CIFSR:STAIP merupakan Static IP yang diberikan untuk akses perangkat lain terhadap modul WiFi
8. +CIFSR:STAMAC merupakan MAC accsess point (modul WiFi)

Selain itu, konfigurasi juga dilakukan di coding Arduino yang memerintahkan modul WiFi untuk bertindak sebagai *server*.

2.2.5. Konfigurasi Sensor DHT 11

Konfigurasi Sensor DHT-11 dilakukan menggunakan Arduino IDE yang dirangkai bersamaan dengan Arduino Uno. Berikut konfigurasi rangkaiannya.

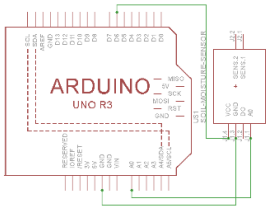


Gambar 2.7 Konfigurasi Sensor DHT 11

Setelah rangkaian selesai disusun, selanjutnya adalah dilakukan pemrograman agar sensor dapat membaca suhu dan kelembapan udara.

2.2.6. Konfigurasi Sensor YL-69

Konfigurasi sensor YL-69 juga dilakukan menggunakan Arduino IDE yang dirangkai bersmaan dengan Arduino Uno, berikut konfigurasi rangkaiannya.

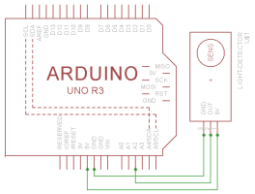


Gambar 2.8 konfigurasi Sensor YL-69

Setelah rangkaian selesai disusun, selanjutnya adalah melakukan pemrograman pada Arduino menggunakan Arduino IDE agar sensor dapat membaca kelembapan pada tanah.

2.2.7. Konfigurasi Modul Sensor LDR

Konfigurasi modul sensor LDR dilakukan menggunakan Arduino IDE yang dirangkai terhubung dengan Arduino Uno, berikut konfigurasi rangkaiannya.



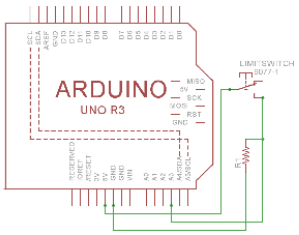
Gambar 2.9 Konfigurasi Sensor Cahaya (LDR)

Setelah rangkaian selesai disusun, selanjutnya adalah melakukan pemrograman pada Arduino menggunakan Arduino IDE agar sensor dapat membaca keadaan cahaya gelap atau terang pada rumah kaca.

2.2.8. Konfigurasi Sensor Ketinggian Air

Sensor ketinggian air dibuat menggunakan *limit switch* dan pelampung yang saling terhubung, *limit switch* akan tertekan bila keadaan air kosong, dan *limit switch* tidak tertekan pada keadaan air penuh karena pengaruh pelampung yang ditempatkan di dalam bak

penampungan air. *Limit switch* yang digunakan sudah berupa modul yang menggunakan kondisi NO (*Normally Open*), berikut konfigurasi rangkainnya.

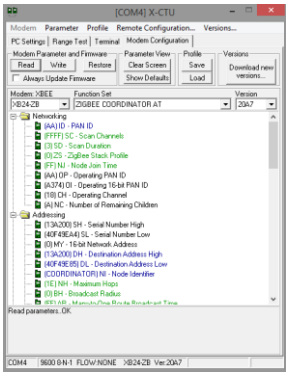


Gambar 2.10 Konfigurasi Sensor Ketinggian Air

Setelah rangkaian selesai disusun, selanjutnya adalah melakukan pemrograman pada Arduino menggunakan Arduino IDE agar sensor ketinggian air dapat membaca ketinggian air penuh atau kosong.

2.2.9. Konfigurasi Modul XBee sebagai Pengirim (*Transmitter*)

Ada beberapa tahapan yang diperlukan untuk melakukan konfigurasi XBee pada X-CTU, yaitu menghubungkan XBee dengan PC/Laptop yang digunakan untuk konfigurasi, lakukan perubahan PAN ID, DL, dan DH pada X-CTU, Berikut merupakan tampilan X-CTU saat ingin melakukan konfigurasi.



Gambar 2.11 Tampilan X-CTU

untuk lebih jelasnya berikut merupakan langkah konfigurasi XBee pada X-CTU.

1. Pertama pasang modul XBee dengan XBee *shield* yang kemuadian XBee *shield* tersebut pasang pada Arduino.
2. Selanjutnya hubungkan Arduino dengan PC/Laptop dengan menggunakan kabel serial Arduino, kemudian buka aplikasi X-CTU.
3. Lalu pilih port yang terhubung dengan XBee dan Klik *Test/Query* untuk memastikan XBee sudah terhubung dengan benar atau belum, jika sudah terhubung dengan benar, akan muncul jendela dengan tulisan "*Communication with modem. OK*" jika gagal, akan ada pesan kesalahan komunikasi terhadap XBee.
4. Setelah berhasil, pilih tab *Modem Configuration*, dan kemudian klik tombol *read* untk mengetahui pengaturan yang telah ada pada modul XBee.
5. Selanjutnya, isi nilai Pan ID dengan "FF", DL dan DH dengan MAC address yang terdapat pada modul XBee yang dikonfigurasi sebagai penerima.
6. Setelah semuanya sudah dilakukan, lalu klik *Write*, untuk menulis konfigurasi ke dalam modul XBee

2.2.10. Konfigurasi Modul XBee sebagai Penerima (*Receiver*)

Ada beberapa tahapan yang diperlukan untuk melakukan konfigurasi XBee pada X-CTU, yaitu menghubungkan XBee dengan PC/Laptop yang digunakan untuk konfigurasi, lakukan perubahan PAN ID, DL dan DH pada X-CTU, untuk lebih jelasnya berikut merupakan langkah konfigurasi XBee pada X-CTU.

1. Pertama pasang modul XBee dengan XBee *shield* yang kemudian XBee *shield* tersebut dipasangkan pada Arduino.
2. Selanjutnya hubungkan Arduino dengan PC/Laptop dengan menggunakan kabel serial Arduino, kemudian buka aplikasi X-CTU.
3. Lalu pilih port yang terhubung dengan XBee dan Klik *Test/Query* untuk memastikan XBee sudah terhubung dengan benar atau belum, jika sudah terhubung dengan benar, akan muncul jendela dengan tulisan "*Communication with modem. OK*" jika gagal, akan ada pesan kesalahan komunikasi terhadap XBee.
4. Setelah berhasil, pilih tab *Modem Configuration*, dan kemudian klik tombol *read* untk mengetahui pengaturan yang telah ada pada modul XBee.
5. Selanjutnya, isi nilai Pan ID dengan "FF", DL dan DH dengan MAC address yang terdapat pada modul XBee yang dikonfigurasi sebagai pengirim.
6. Setelah semuanya sudah dilakukan, lalu klik *Write*, untuk menulis konfigurasi ke dalam modul XBee

2.2.11. Konfigurasi Keseluruhan

Setelah dilakukan konfigurasi Arduino, Modul WiFi, Sensor-sensor, dan Modul XBee, selanjutnya adalah merangkai semua komponen sehingga terhubung dengan Arduino, modul WiFi menggunakan PIN RX dan TX pada Arduino koordinator, sensor sensor dihubungkan dengan Arduino pada rumah kaca, dan begitu juga modul XBee yang menggunakan XBee *shield* untuk terhubung dengan semua Arduino, baik pada koordinator maupun pada rumah kaca.

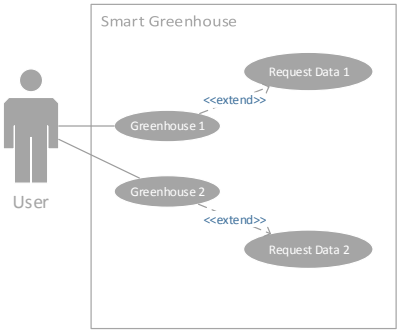
2.3. Perancangan Perangkat Lunak Android

Dalam merancang perangkat lunak ini menggunakan UML (*Unified Modelling Language*). Pada dasarnya, ada tiga hal yang dikerjakan sistem ini, menerima masukan, mengolah masukan dan mengeluarkan respon hasil pengolahan.

2.3.1. *Use Case* Diagram

Use case diagram merupakan suatu diagram yang menggambarkan fungsionalitas yang dimiliki oleh suatu

sistem beserta aktor-aktor yang terlibat di dalamnya. Gambar 2.12 merupakan *use case* diagram *Smart Greenhouse*.

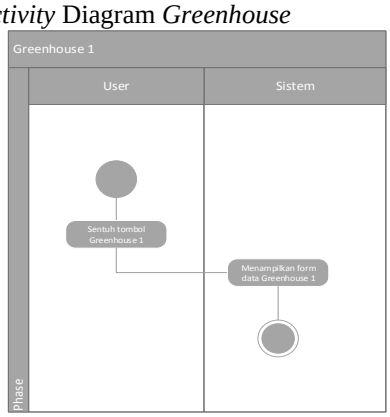


Gambar 2.12 Use Case *Diagram* Smart Greenhouse

2.3.2. *Activity* Diagram

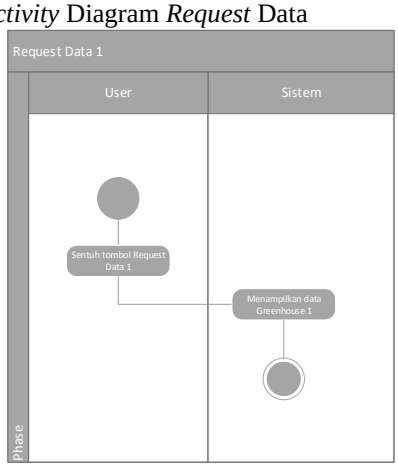
Activity diagram merupakan diagram yang memodelkan aliran kerja dari urutan aktivitas suatu proses yang mengacu pada *use case* diagram. *Activity* diagram yang terdapat pada aplikasi ini adalah sebagai berikut:

1. *Activity* Diagram *Greenhouse*



Gambar 2.13 Activity *Diagram* Greenhouse

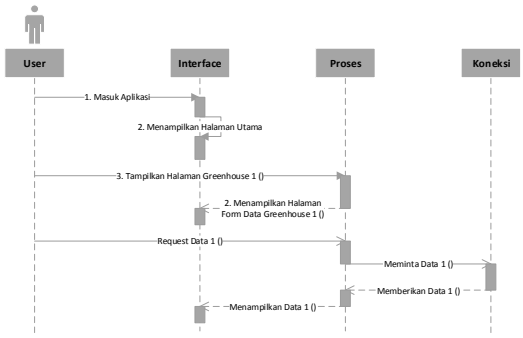
2. *Activity* Diagram *Request* Data



Gambar 2.14 Activity *Diagram Request Data*

2.3.3. *Sequence* Diagram

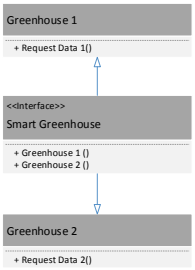
Sequence diagram menggambarkan *behavior* objek pada *use case* dengan mendeskripsikan waktu hidup dan pesan yang dikirimkan dan diterima antar objek. *Sequence* diagram pada sistem ini sebagai berikut:*Sequence* Diagram *Greenhouse*



Gambar 2.15 Sequence *Diagram Register*

2.3.4. Class Diagram

Class diagram merupakan diagram yang digunakan untuk menampilkan beberapa kelas yang ada dalam perangkat lunak yang sedang dibangun. Class diagram menggambarkan struktur dan deskripsi kelas beserta hubungan kelas yang satu dengan kelas yang lain. Pada gambar 2.16 merupakan class diagram perangkat lunak *smart greenhouse*



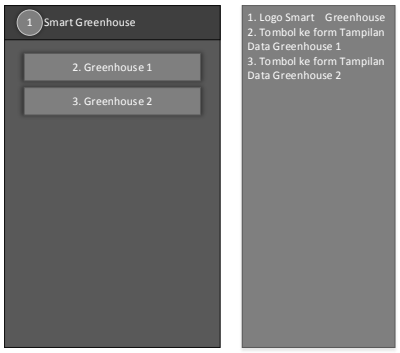
Gambar 2.16 Class Diagram

2.3.5. Perancangan Antarmuka

Dalam membangun sebuah perangkat lunak, antarmuka yang mudah digunakan dan dapat dimengerti oleh siapa saja adalah suatu tujuan perancangan perangkat lunak. Perancangan antarmuka aplikasi ini dibagi menjadi beberapa bagian, diantaranya:

1. Perancangan antarmuka halaman utama
2. Perancangan antarmuka halaman *greenhouse*

Pada gambar 2.17 merupakan bentuk perancangan antarmuka halaman utama



Gambar 2.17 Perancangan Halaman Utama

Selanjutnya pada gambar 2.18 merupakan perancangan antarmuka halaman *greenhouse* .



Gambar 2.18 Perancangan Halaman Greenhouse

3. PENGUJIAN DAN ANALISA

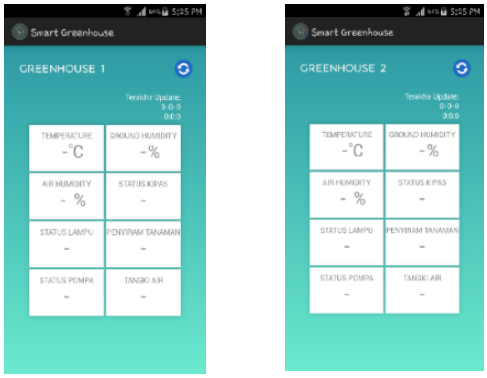
3.1. Pengujian Aplikasi *Monitoring* Tanaman

Pengujian *monitoring* tanaman dilakukan menggunakan *smartphone* berbasis Android yang berfungsi sebagai antarmuka dari sistem ke pengguna. Sebelum lebih lanjut, *smartphone* yang digunakan harus terlebih dahulu diinstal aplikasi yang telah dibangun untuk melakukan proses monitor. Selanjutnya, untuk dapat menampilkan hasil monotoring tanaman, pengguna sistem harus menghubungkan *smartphone* Android dengan modul WiFi dari sistem yang dibuat dengan nama SSID "ESP8266" dan password "123456789". Setelah berhasil terhubung, pengguna dapat menjalankan Aplikasi yang telah diinstall kemudian dapat melakukan *monitoring* tanaman dan status aktuator pada *smart greenhouse*. gambar 3.1 merupakan tampilan halaman utama aplikasi.



Gambar 3.1 Tampilan Halaman Utama Aplikasi

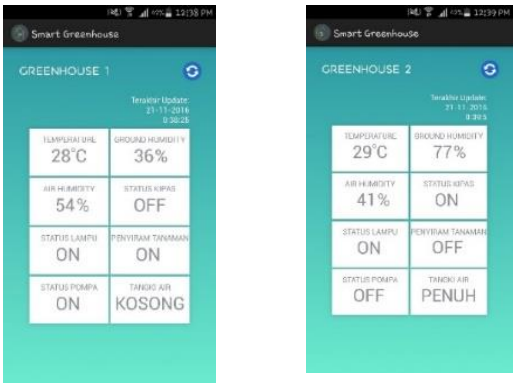
Pada tampilan halaman utama aplikasi terdapat dua tombol yaitu *Greenhouse* 1 dan *Greenhouse* 2, masing-masing berfungsi untuk masuk ke halaman yang menampilkan data dari rumah kaca 1 dan rumah kaca 2. Gambar 3.2 merupakan tampilan jika pengguna menekan tombol *Greenhouse*1 atau *Greenhouse* 2



(a) *Greenhouse* 1 (b) *Greenhouse* 2

Gambar 3.2 Tampilan halaman Aplikasi

Pada tampilan *Greenhouse* 1 atau *Greenhouse* 2 terdapat tombol refresh pada bagian kanan atas yang berbentuk lingkaran berwarna biru, tombol tersebut berfungsi untuk meminta data dari sistem untuk dapat ditampilkan pada aplikasi, kemudian dapat dilihat oleh pengguna sistem ini. Data yang ditampilkan berupa data Temperatur ruangan, kelembapan tanah, kelembapan udara, status kipas, status lampu, status penyiram tanaman, status pompa air dan kondisi tangki air.



(a) *Greenhouse* 1 (b) *Greenhouse* 2

Gambar 3.3 Hasil Monitoring *pada Aplikasi* Smart Greenhouse

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Monitoring Greenhouse *1*

No	Sensor atau Aktuator	Hasil Sensor /Aktuator Pada Arduino	Hasil *Monitoring* Pada Aplikasi	Status *Monitoring*
1	Sensor Suhu	28ºC	28ºC	Berhasil
2	Sensor Kelembapan Tanah	36%	36%	Berhasil
3	Sensor Kelembapan Udara	54%	54%	Berhasil
4	Kipas	Off	Off	Berhasil
5	Lampu	On	On	Berhasil
6	Penyiram Tanaman	On	On	Berhasil
7	Pompa Pengisian Tangki	On	On	Berhasil
8	Kondisi Tangki	Kosong	Kosong	Berhasil

Tabel 3.2 Hasil Monitoring Smart Greenhouse 1

No	Jam (WIB)	Data Sensor							
		Suhu (ºC)	Kelembaban Tanah (%)	Kelembaban Udara (%)	Status Kipas	Status Lampu	Penyiram Tanaman	Status Pompa	Tangki Air
1	07.00	23	43	52	Off	Off	Off	Off	Full
2	08.00	24	43	51	Off	Off	Off	Off	Full
3	09.00	25	42	49	Off	Off	Off	Off	Full
4	10.00	27	42	48	Off	Off	Off	Off	Full
5	11.00	28	41	47	Off	Off	Off	Off	Full
6	12.00	29	40	47	On	Off	Off	Off	Full
7	13.00	29	39	48	On	Off	On	Off	Full
8	14.00	29	77	49	On	Off	Off	Off	Full
9	15.00	28	77	49	Off	Off	Off	Off	Full
10	16.00	28	77	49	Off	Off	Off	Off	Full
11	17.00	28	77	50	Off	Off	Off	Off	Full
12	18.00	27	76	50	Off	On	Off	Off	Full

Tabel 3.3 Hasil Pengujian Monitoring Greenhouse *2*

No	Sensor atau Aktuator	Hasil Sensor /Aktuator pada Arduino	Hasil *Monitoring* Pada Aplikasi	Status *Monitoring*
1	Sensor Suhu	29ºC	29ºC	Berhasil
2	Sensor Kelembapan Tanah	77%	77%	Berhasil
3	Sensor Kelembapan Udara	41%	41%	Berhasil
4	Kipas	On	On	Berhasil
5	Lampu	On	On	Berhasil
6	Penyiram Tanaman	Off	Off	Berhasil
7	Pompa Pengisian Tangki	Off	Off	Berhasil
8	Kondisi Tangki	Penuh	Penuh	Berhasil

Tabel 3.4 Hasil Monitoring Smart Greenhouse 2

No	Jam (WIB)	Data Sensor							
		Suhu (ºC)	Kelembaban Tanah (%)	Kelembaban Udara (%)	Status Kipas	Status Lampu	Penyiram Tanaman	Status Pompa	Tangki Air
1	07.00	23	43	52	Off	Off	Off	Off	Full
2	08.00	24	43	51	Off	Off	Off	Off	Full
3	09.00	25	42	49	Off	Off	Off	Off	Full
4	10.00	27	42	48	Off	Off	Off	Off	Full
5	11.00	28	41	47	Off	Off	Off	Off	Full
6	12.00	29	40	47	On	Off	Off	Off	Full
7	13.00	29	39	48	On	Off	On	Off	Full
8	14.00	29	77	49	On	Off	Off	Off	Full
9	15.00	28	77	49	Off	Off	Off	Off	Full
10	16.00	28	77	49	Off	Off	Off	Off	Full
11	17.00	28	77	50	Off	Off	Off	Off	Full
12	18.00	27	76	50	Off	On	Off	Off	Full

Hasil pengujian monitoring *smart greenhouse* pada tabel 3.2 dan tabel 3.4 dilakukan dalam waktu satu hari dengan sekali pengambilan data per jam selama 12 jam. Semua sensor bekerja sesuai kondisi pada rumah kaca dan aktuator juga bekerja sesuai dengan kondisi yang diinginkan.

3.2. Pengujian Otomatisasi Rumah Kaca

Pengujian otomatisasi rumah kaca mengacu kepada Tabel 3.5 kondisi dan status aktuator. Adapaun aktuator yang diuji dalam otomatisasinya adalah kipas, lampu, kondisi penyiram tanaman dan kondisi pompa pengisian tangki air.

Tabel 3.5 Hasil Pengujian Otomatisasi Greenhouse *1*

No	Sensor	Kondisi	Status Aktuator	Status Otomatisasi
1	Suhu (DHT 11)	<= 28ºC	Kipas Mati	Berhasil
2	Suhu (DHT 11)	> 28ºC	Kipas On	Berhasil
3	Cahaya (LDR)	(Gelap) < 35 ADC	Lampu On	Berhasil
4	Cahaya (LDR)	(Terang) >= 35 ADC	Lampu Off	Berhasil
5	Kelembapan Tanah (YL-69)	Kelembaban < 40% HR	Pompa Penyiram Tanaman On	Berhasil
6	Kelembapan Tanah (YL-69)	40<= kelembaban <= 70% HR	Pompa Penyiram Tanaman Off	Berhasil
7	*Limit Switch*	Tertekan	Pompa Pengisi Tangki Air On	Berhasil
8	*Limit Switch*	Tidak tertekan	Pompa Pengisi Tangki Air Off	Berhasil

3.3. Pengujian Konsumsi Daya yang Dibutuhkan Protokol ZigBee

Sebelum pengujian dilakukan pastikan semua perangkat pada sistem telah mendapatkan daya yang optimal dengan tegangan dan arus sebesar 12V dan 1,16A untuk rumah kaca dan 5V dan 0,15A untuk Koordinator. Pengujian dimulai dengan menggunakan sumber tegangan berbeda pada ZigBee yaitu menggunakan baterai dari mulai level baterai penuh hingga menurun ke 20%.

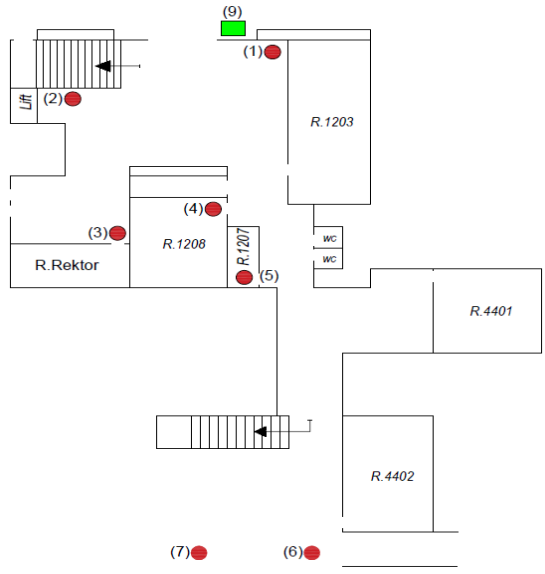
Tabel 3.6 Hasil Pengujian Konsumsi Daya Protokol ZigBee

No	*Level Penggunaan Baterai (%)*	*Keberhasilan Pengiriman Data*
1	100	Berhasil
2	80	Berhasil
3	60	Berhasil
4	40	Tidak Berhasil
5	20	Tidak Berhasil

Terlihat pada saat level baterai yang digunakan ZigBee menurun hingga 40%, ZigBee tidak dapat mengirimkan data dan ketika level baterai ZigBee lebih besar dari 40%, ZigBee masih dapat mengirimkan data dan ini menunjukkan bahwa level baterai memberikan pengaruh terhadap pengiriman data.

3.4. Pengujian jangkauan Transmisi

Pengujian jangkauan transmisi dilakukan dengan meletakkan rumah kaca pada *outdoor* atau kondisi bebas halang sedangkan koordinator diletakkan pada indoor atau kondisi banyak halang. Pengujian dilakukan dengan memindahkan koordinator pada beberapa titik yang berbeda. Berikut merupakan denah yang digunakan untuk melakukan pengujian.



Gambar 3.4 Denah Pengujian Jangkauan Transmisi

Red point (titik merah) pada gambar 3.4 merupakan koordinator, sedangkan angka di sebelah *red point* merupakan urutan perpindahan koordinator dari suatu titik ke titik yang lainnya. Sedangkan kotak yang berwarna hijau dan diberi angka "9" merupakan node sensor atau rumah kaca yang akan mengirimkan data ke koordinator. Pada tabel 3.7 merupakan hasil pengujian jangkauan transmisi sistem *smart greenhouse*

Tabel 3.7 Pengujian Jangkauan Transmisi

No	Posisi *Red point*	Jarak (meter)	Keberhasilan	Data Yang Dikirimkan	Waktu Pengiriman Data (detik)
1	1	6	Ya	Sesuai	1
2	2	10	Ya	Sesuai	1
3	3	15	Ya	Sesuai	1
4	4	16,5	Ya	Sesuai	1
5	5	22	Ya	Sesuai	1
6	6	46	Ya	Sesuai	1
7	7	47	Tidak	-	-

Terlihat pada tabel 3.7 pada *red point* ke 7 dengan jarak 47 meter, rumah kaca tidak berhasil mengirimkan data kepada koordinator. Ini menunjukkan bahwa kegagalan pengiriman data dari rumah kaca ke *red point* ke 7 yang disebabkan oleh keterbatasan ZigBee dalam mengirimkan data

3.5. Pengujian Sistem WSN terhadap Interferensi

Pengujian Sistem WSN terhadap interferensi dilakukan dengan mengganggu sistem WSN yang dibuat dengan beberapa signal lainya seperti signal WiFi dan signal Bluetooth. Pada tabel 3.8 merupakan hasil pengujian interferensi terhadap waktu pengiriman.

Tabel 3.8 Hasil Pengujian Sistem Terhadap Interferensi

No	Signal Interferensi	Frekuensi (GHz)	Waktu Pengiriman Data Sistem *Smart greenhouse*	
			Tanpa Interferensi (s)	Dengan Interferensi (s)
1	WiFi	2,4	1	1
2	Bluetooth	2,4	1	1

Terlihat bahwa waktu pengiriman tanpa dan dengan adanya interferensi tidak berbeda yaitu 1s. Walaupun memiliki frekuensi yang sama yaitu 2,4GHz tetapi masing masing sinyal tidak memberikan interferensi terhadap sinyal lain, ini juga disebabkan karena perbedaan modulasi yang dimiliki oleh sinyal WiFi dan Bluetooth yang tidak sama dengan modulasi yang dimiliki oleh protokol ZigBee. ZigBee sendiri memiliki tipe modulasi O-QPSK (*Offset Quadrature Phase-Shift Keying*), Wifi memiliki tipe modulasi DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) sedangkan Bluetooth memiliki tipe modulasi GFSK(*Gaussian Frequency Shift Keying)*

3.6. Analisa

Berdasarkan data yang didapat dari hasil pengujian, dapat dianalisa dengan hasil sebagai berikut:

1. Berdasarkan gambar 4.2, gambar 4.3 tabel 4.1 tabel 4.2, tabel 4.3, dan tabel 4.4 hasil pengujian menunjukkan bahwa monitoring berhasil dilakukan dengan kesesuain data yang ada pada serial monitor arduino dan aplikasi smart greenhouse pada smartphone Android. Selain itu juga pengujian

monitoring berhasil berjalan dengan kondisi yang ada pada rumah kaca..

2. Berdasarakan tabel 4.5 hasil pengujian otomatisasi berhasil dilakukan dengan kesesuaian kondisi yang diinginkan untuk tanaman brokoli dan kubis merah.
3. Berdasarkan tabel 4.6 sistem WSN yang dibangun menggunakan protokol ZigBee dapat mengirimkan data kepada koordinator dengan level baterai yang digunakan oleh ZigBee lebih besar dari 40% dengan memastikan semua perangkat pada sistem telah mendapatkan daya yang optimal.
4. Berdasarkan tabel 4.7 jarak jangkauan transmisi pada sistem smart greenhouse ini hanya dapat mencapai sejauh 46 m dari rumah kaca ke koordinator dengan kondisi banyak halang dan rumah kaca ditempatkan diluar bangunan. Hal ini disebabkan keterbatasan ZigBee dalam mengirim data yang hanya dapat mencapai jarak sejauh 46 m, jika lebih dari 46 m dan dengan kondisi ruangan sesuai pengujian maka ZigBee tidak dapat menjangkau penerima. Selain itu, faktor yang mempengaruhi juga dapat disebabkan oleh semakin banyaknya halangan maka jarak transmisi semakin dekat.
5. Berdasarkan tabel 4.8 walaupun memiliki frekuensi yang sama yaitu 2,4GHz tetapi memberikan interferensi sinyal pada sistem ini tidak memberikan pengaruh dalam pengiriman data ini disebabkan oleh perbedaan modulasi yang digunakan oleh protokol ZigBee dengan modulasi yang digunakan oleh WiFi maupun Bluetooth.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Dari pembahasan dan pengujian yang dilakukan pada sistem monitoring dan otomatisasi smart greenhouse, dapat disimpulkan bahwa.

1. Dari hasil pengujian aplikasi dan monitoring tanaman pada sistem WSN menggunakan antarmuka Android untuk menampilkan data hasil montoring, telah berhasil berjalan sesuai kondisi pada rumah kaca dan dapat memberikan informasi kepada penggunanya melalui smartphone Android.
2. Dari hasil pengujian otomatisasi rumah kaca pada sistem WSN, telah berhasil dan berjalan sesuai kondisi yang diinginkan untuk jenis tumbuhan microgreens brokoli dan kubis.
3. Dari hasil pengujian konsumsi daya yang dibutuhkan oleh protokol ZigBee untuk dapat mengirimkan data, sistem dapat mengirimkan data jika level baterai yang digunakan oleh ZigBee lebih besar dari 40% dengan memastikan semua perangkat pada sistem telah mendapatkan sumber daya yang optimal. Dari hasil pengujian jangkauan jarak transmisi terlihat bahwa keterbatasan Protokol ZigBee dalam malakukan transmisi data dengan jarak jangkauan sesuai pengujian yaitu sejauah 46m. Selain itu, Interferensi sinyal lain terhadap sistem ini tidak memberikan pengaruh apa-apa dalam pengiriman data.

4.2. Saran

Adapun saran yang diajukan agar dapat menjadi masukan dalam pengembangan sistem ini adalah.

1. Untuk pengembangan selanjutnya, dapat ditambahkan pilihan mode kontrol pada sistem ini, agar pengguna juga dapat mengontrol aktuator secara manual.
2. Untuk pengembangan selanjutnya, dapat ditanamkan sistem pakar pada aplikasi yang digunakan, agar sistem ini dapat mengetahui jenis tumbuhan yang ditanam pada rumah kaca dan langsung bisa menyesuaikan kondisi sensor dan aktuator untuk jenis tanaman tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Agus, I. P., Sukanto, & Sukanto, S. 2015. *Wireless Sensor Network.* Bandung: Informatika Bandung.

[2] Wahyudi, E., Hidayat, R., & Sumaryono , S. 2012. Unjuk Kerja Standar ZigBee pada WPAN dengan Topologi Mesh. *JNTETI*, 40 - 47.

[3] Andrianto, H., & Darmawan, A. 2016. *Arduino Belajar Cepat dan Pemrograman.* Bandung: Informatika Bandung.

[4] Yahya, R. P. 2016. Membangun Jaringan Smart Home menggunakan Media Wireless berbasis ZigBee IEEE 802.15.4. 21-38.

[5] *DF Robot*. 4 Channel Relay *Shield* for Arduino Diakses pada tanggal 19 Oktober 2016 dari world wide web :https://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&product_id=496

[6] *XBee®/XBee-PRO® RF Modules.* 2009. Minnetonka: Digi International Inc.

[7] Winardi. 2012. Mengenal Teknologi ZigBee Sebagai Standart. 2-8.

[8] Nasher, G.A., 2016. Sistem Pengontrolan Dan Penjadwalan Rumah Pintar Berbasis Android. Bandung: Universitas Komputer Indonesia.

[9] Harahap, T.A., 2016. Aplikasi Tombol Peringatan Darurat Berbasis Android. Bandung: Universitas Komputer Indonesia.

[10] Talarosha, B., 2005. Menciptakan Kenyamanan Thermal Dalam Bangunan. Jurnal Sistem Teknik Industri Volume 6, No. 3, 148-158.

[11] Setiawan, I., 2009. Buku Ajar Sensor Dan Transduser. Semarang: Universitas Dipenogoro.

[12] Farms, E.C., Guidelines for Growing Microgreens. Riverdale: Eco City Farms

[13] Timmis, H., 2011. Practical Arduino Engineering. New York: Apress.