

# PENERAPAN WIRELESS SENSOR NETWORK UNTUK APLIKASI PEMANTAUAN HASIL DATA SENSOR SUHU, KELEMBAPAN, INTENSITAS CAHAYA DAN CURAH HUJAN PADA TANAMAN BERBASIS ESP8266 DAN RASPBERRY PI

Triani Kamila A.S<sup>1</sup>, Ridwan Solihin<sup>2</sup>, Nila Novita Sari<sup>3</sup>, Griffani Megiyanto<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

<sup>1</sup>E-mail : triani.kamila.tkom18@polban.ac.id

<sup>2</sup>E-mail : ridwan.solihin@polban.ac.id

<sup>3</sup>E-mail : nila.novita@polban.ac.id

<sup>4</sup>E-mail : griffani.megiyanto@polban.ac.id

## ABSTRAK

Penerapan teknologi dalam sistem pemantauan sangat diperlukan, salah satunya di bidang pertanian. Untuk meningkatkan kualitas tanaman yang baik, menjadi tantangan bagi petani untuk selalu memantau tanaman secara terus menerus. Banyak kelemahan muncul dari pemantauan secara manual seperti akurasi dan konsistensi dalam pemantauan. *Wireless Sensor Network* merupakan teknologi yang dapat digunakan untuk melakukan pemantauan secara otomatis di beberapa titik dalam suatu area. Penelitian ini bertujuan menerapkan sistem *Wireless Sensor Network* untuk meningkatkan kualitas tanaman pada lahan pertanian berbasis mikrokontroler dengan platform perangkat keras *opensource* Arduino Uno dengan sensor DHT21, *soil moisture*, BH1750 dan *raindrops module* sebagai pembaca parameter kebutuhan asupan tanaman dan Raspberry Pi sebagai *server* utama. Setiap node dihubungkan dengan NodeMCU ESP8266 untuk mengirim data sensor ke *server* melalui jaringan wifi. Durasi pengiriman NodeMCU ESP8266 ke *server* dilakukan tiap 1 menit. Hasil pengujian yang diperoleh adalah kedua node sensor berhasil membaca data sensor dan mengirimnya ke *server* dalam waktu yang sama dengan jarak maksimal 50 meter. Persentase yang diperoleh kedua node sensor dalam pengiriman data secara bersamaan adalah 100% untuk node 1 dan 83% untuk node 2. Kemudian pada aplikasi android hasil data sensor dapat diakses secara *offline*, data yang ditampilkan pada aplikasi android merupakan data terbaru yang telah dikirimkan node sensor ke *server* secara *realtime*.

## Kata Kunci

*Wireless Sensor Network, Raspberry Pi, NodeMCU ESP8266, jaringan wifi, offline.*

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telah mengubah kehidupan manusia menjadi lebih modern dan praktis, seperti penggunaan alat yang semakin praktis dan mudah digunakan oleh para pekerja. Salah satunya yaitu dalam proses monitoring pada lahan pertanian yang biasanya dilakukan secara manual dan membutuhkan waktu yang lama. Namun dengan kemajuan teknologi di masa kini, petani dapat memonitoring kebutuhan tanaman dengan terciptanya suatu sistem monitoring sehingga petani dapat mengetahui kondisi lahan pertanian dan menanganinya dengan tepat.

Adapun Menteri Pertanian Syahrul Yasin Limpo telah memberikan dukungan untuk menyambut era pertanian Indonesia 4.0. Sektor pertanian sekarang sudah masuk dalam era pertanian 4.0. Semua sektor sudah menerapkan digitalisasi, menggunakan teknologi dan mekanisasi [1].

Monitoring kelembaban tanah, kelembaban udara, suhu, cahaya dan curah hujan pada lahan pertanian menjadi

penting untuk dilakukan karena berkaitan dengan kualitas pertumbuhan tanaman, proses kinerja sistem ini juga memerlukan suatu perangkat komunikasi yang dapat mengirimkan hasil data monitoring ke pengguna. Pemanfaatan *Wireless Sensor Network* atau disingkat dengan WSN pada sistem monitoring lahan pertanian dapat digunakan sebagai perangkat komunikasi antar dua perangkat atau lebih agar petani dapat melakukan pemantauan dari jarak jauh secara *offline*. Kelebihan dari WSN adalah kemampuan untuk tetap berfungsi pada keadaan lingkungan yang buruk sekalipun. Penerapan dari WSN ini yaitu dengan menggunakan jaringan wifi. Pada saat ini jaringan wifi telah banyak digunakan pada bermacam-macam bidang termasuk pertanian [2]. Dari permasalahan tersebut penggunaan *Wireless Sensor Network* pada sistem monitoring diharapkan dapat mengetahui kualitas tanaman dan menampilkan hasil pemantauannya ke aplikasi secara *offline*.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pustaka Terkait

Permasalahan teknologi sistem monitoring pada tanaman sudah banyak diterapkan pada beberapa penelitian yaitu salah satunya dalam jurnal yang berjudul “*IOT Based Smart Crop Monitoring in Farm Land*” berhasil menerapkan konsep *Wireless Sensor Network* dengan mengimplementasikan sensor DHT11 dan *soil moisture* pada mikrokontroler berbasis Arduino Uno [3]. Namun pada penelitian tersebut hanya untuk mengetahui kondisi suhu, kelembapan udara dan kelembapan tanah. Dan juga pada sensor DHT11 memiliki spesifikasi *range* pengukuran yang sedikit dibandingkan dengan sensor DHT21. Pada sensor DHT11 memiliki *range* pengukuran suhu dari 0-50°C dan pada pengukuran kelembapan udara yaitu 20-80%, sementara pada sensor DHT21 memiliki *range* pengukuran suhu dari -40°-80° dan *range* kelembapan udara yaitu 0-100%. Terdapat juga dalam penelitian “Implementasi Wireless Sensor Node Sebagai Pendukung Pertanian Modern Berbasis Pemrograman State Machine” menggunakan LDR sebagai sensor intensitas cahaya. Penelitian ini berhasil mengimplementasikan dua node sensor untuk melakukan pengambilan data pada tanaman [2]. Namun pada penelitian tersebut kedua node sensor belum dapat mengirimkan data dalam waktu yang sama sehingga menampilkan data secara bergantian. Selain itu penggunaan sensor BH1750 lebih akurat dan lebih mudah digunakan jika dibandingkan dengan sensor LDR. Sensor cahaya digital BH1750 ini dapat melakukan pengukuran dengan keluaran lux (lx) tanpa perlu melakukan perhitungan terlebih dahulu [4]. Batas pengukuran pada sensor BH1750 yaitu dimulai dari 0-55.000 lux. Kemudian juga pada penelitian “Implementasi Sistem Monitoring Deteksi Hujan dan Suhu Berbasis Sensor Secara *Real Time*” penggunaan perangkat *raindrop* sensor berhasil diimplementasikan. *Raindrop* sensor adalah sebuah alat yang dapat mendeteksi hujan atau adanya cuaca hujan yang berada di sekitarnya [5].

Terkait media transmisinya terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang telah membahas mengenai implementasi dari *Wireless Sensor Network* seperti dalam penelitian “Pemantauan Kualitas Udara” [6] dan “Monitoring Kualitas Air” [7], yaitu dengan menggunakan modul XBee Series 2 dan modul LoRa. Namun menurut peneliti perangkat komunikasi yang digunakan pada kedua penelitian tersebut harganya cukup tinggi. Adapun penggunaan ESP8266 sebagai perangkat *transceiver* pada sistem WSN, hasil dari sensor tersebut mampu dikirimkan oleh kedua node *client* menuju node *server* menggunakan modul *wireless* ESP8266 dengan protokol MQTT [8]. Akan tetapi dalam penggunaan protokol MQTT diperlukan konfigurasi terlebih dahulu pada tiap perangkat. Penggunaan protokol HTTP lebih mudah dan umum digunakan untuk proses mengirim data ke *server*.

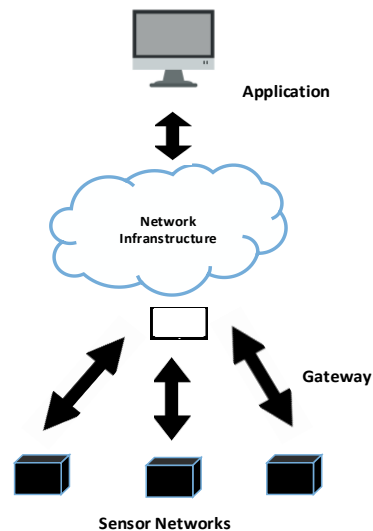
Selanjutnya dalam jurnal yang berjudul “Implementasi Wireless Sensor Network untuk Otomatisasi Suhu

Ruang dan Kelembaban Tanah pada Greenhouse Berbasis Web Server” dengan menerapkan ESP8266 sebagai media transmisi, data berhasil terkirim ke *webserver* hingga jarak maksimal 50 meter [9]. Selanjutnya pemanfaatan perangkat Raspberry Pi sebagai *server* juga telah digunakan dalam beberapa penelitian yaitu pada “Sistem Monitoring Kualitas Udara” [10] dan “sistem Antrian Berbasis Web” [11], Raspberry Pi berhasil diimplementasikan sebagai *database* untuk menyimpan hasil data yang telah dikirim oleh perangkat melalui jaringan wifi.

### 2.2 Teori Pendukung

#### 2.1.1 Wireless Sensor Network

*Wireless Sensor Network* atau Jaringan Sensor Nirkabel adalah kumpulan node yang diatur dalam sebuah jaringan kerjasama. Gambar 1 menunjukkan perancangan dari sistem *Wireless Sensor Network*.



Gambar 1. Sistem *Wireless Sensor Network*

WSN memiliki lima komponen utama untuk beroperasi, yaitu:

1. *Transceiver* ini berfungsi untuk menerima / mengirim data dengan menggunakan protokol IEEE 802.15.4 atau IEEE 802.11b kepada alat lain seperti modul RF, modem GSM, ataupun node-node lainnya.
2. Kontroler berfungsi untuk melakukan perhitungan aritmatika dan logika yang sangat berguna dalam berbagai proses data, seperti mengirim, menerima dan lain sebagainya.
3. Catu daya berfungsi untuk memberikan daya agar jaringan WSN dapat berfungsi.
4. Memori berfungsi sebagai media penyimpanan data, akan tetapi karena media penyimpanan ini sudah tersedia pada mikrokontroler.
5. Sensor berperan sebagai alat untuk mendeteksi besaran-besaran fisis yang kemudian diubah oleh ADC menjadi deretan pulsa terkuantisasi sehingga dapat lebih lanjut diolah oleh mikrokontroler [12].

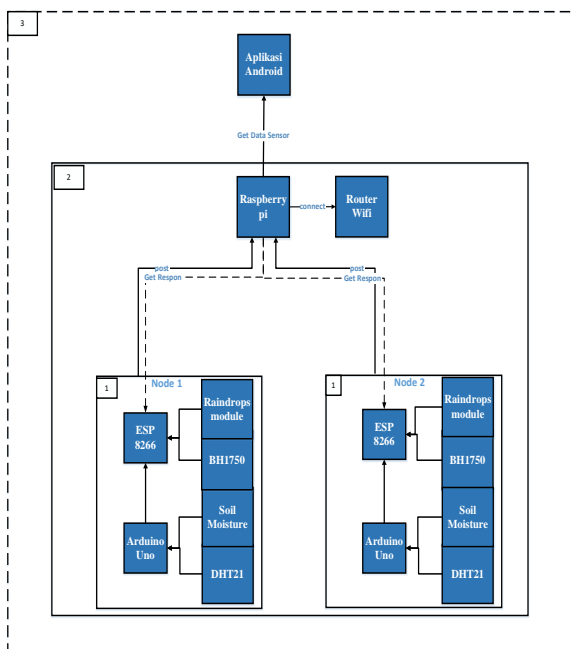
### 2.1.2 Wi-Fi

Wi-Fi memiliki pengertian yaitu sekumpulan standar yang digunakan untuk Jaringan Lokal Nirkabel (*Wireless Local Area Networks – WLAN*) yang didasari pada spesifikasi IEEE 802.11. Pada Wifi lebih dikenal 3 standar yang populer yaitu 802.11b (paling populer dengan kecepatan data sampai 11Mbit/sec), 802.11a(54 Mbit/sec dengan jarak lebih kecil dibanding 802.11b) dan 802.11g (kecepatan 54Mbit/sec). Spesifikasi tersebut menawarkan banyak peningkatan mulai dari luas cakupan yang lebih jauh hingga kecepatan transfernya. Frekuensi Wifi hanya bermain pada 2 band yaitu 2,4 GHz dan 5,8 GHz [13].

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Blok Diagram Sistem

Pada Gambar 2 menunjukkan blok diagram sistem yang terbagi dalam tiga kotak.



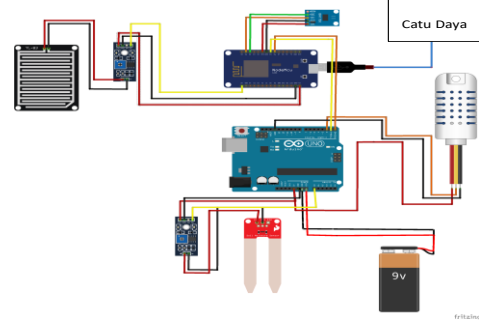
Gambar 2. Struktur Blok Diagram Sistem

Pada kotak pertama terdapat proses untuk mendeteksi tanaman, masing-masing node terdiri dari NodeMCU ESP8266, Arduino Uno dan empat sensor yang terdiri dari DHT21, BH1750, *soil moisture*, dan *raindrops module*. Pada kotak kedua terdapat proses pengiriman data sensor ke *server* pada Raspberry Pi, data tersebut akan diolah dan disimpan ke *database*. Pada kotak ketiga yaitu proses untuk menampilkan data hasil sensor yang sudah diolah pada Raspberry Pi ke aplikasi Android. Proses pengiriman data node sensor ke *server* dan *server* ke aplikasi Android dilakukan dengan menggunakan perangkat *router* wifi sebagai *access point*.

### 3.2 Skema Elektronik

Pada Gambar 3 menunjukkan skema dari perancangan node sensor, yang terdiri dari perangkat Arduino Uno, Node MCU ESP8266, DHT21, *soil moisture*, BH1750, dan *raindrops module*. Catu daya perangkat Arduino

Uno akan dihubungkan dengan batre 9V dan NodeMCU ESP8266 dihubungkan dengan PowerBank 3000 MAH.

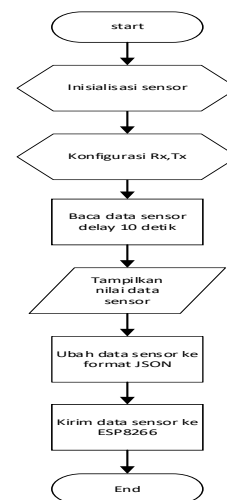


Gambar 3. Perancangan Perangkat Keras

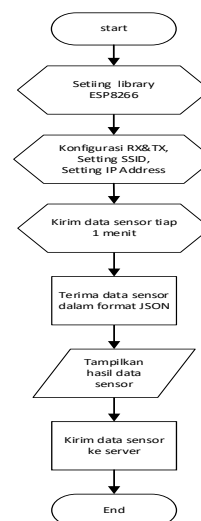
### 3.3 Algoritma Program

#### 3.3.1 Flowchart Pada Node Sensor

Flowchart pada node sensor ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Flowchart Membaca Data Sensor



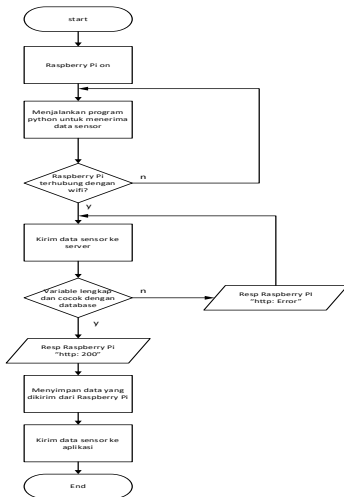
Gambar 5. Flowchart Pengiriman Data ke Server

Gambar 4 menunjukkan proses perancangan membaca data sensor pada Arduino Uno yang akan dikirim dalam bentuk JSON ke NodeMCU ESP8266. NodeMCU ESP8266 sebagai perangkat komunikasi akan

meneruskan hasil data sensor ke *server* seperti pada Gambar 5.

### 3.3.2 Flowchart Pada Raspberry Pi

Pada Gambar 6 menunjukkan proses penerima data sensor pada Raspberry Pi.

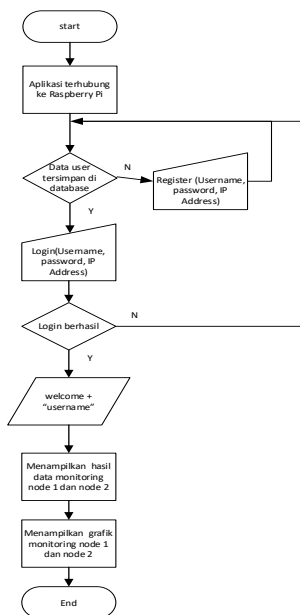


Gambar 6. Flowchart pada Raspberry Pi

Pada proses ini Raspberry Pi akan meneruskan data sensor tersebut dengan menyeseuikannya pada variabel di *database*, apabila sesuai data sensor akan tersimpan di *database* dan akan dikirimkan hasilnya ke aplikasi Android.

### 3.3.3 Flowchart Menampilkan Data Sensor Pada Aplikasi

Pada Gambar 7 menunjukkan proses untuk menampilkan hasil data sensor pada aplikasi Android.



Gambar 7. Flowchart pada Aplikasi Android

Pada aplikasi harus terhubung terlebih dahulu dengan Raspberry Pi agar dapat melakukan proses *register* atau *login* dengan memasukkan data *username*, *password* dan

*IP Address*. Jika proses *login* sudah berhasil maka pada aplikasi akan menampilkan hasil data sensor node 1 dan node 2 tersebut.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Realisasi Perangkat Keras

Gambar 8 menunjukkan bentuk realisasi perangkat keras node 1 dan node 2. Proses perealisasi alat ini yaitu sesuai dengan tahap perancangan.



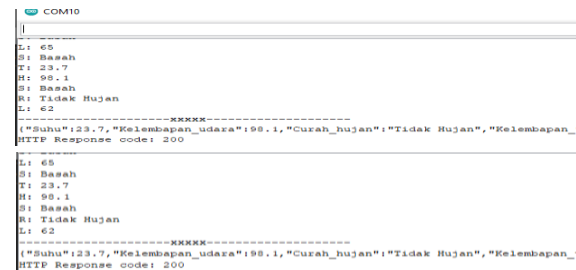
Gambar 8. Realisasi Alat Node 1 dan Node 2

### 4.2 Pengujian Pada Node 1 dan Node 2

Hasil pengujian pada node sensor akan ditampilkan pada serial monitor seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Hasil Pengujian Node 1



Gambar 10. Hasil Pengujian Node 2

Dari gambar tersebut dapat dilihat sensor DHT21, *soil moisture*, *raindrops module* dan BH1750 sudah dapat terbaca oleh perangkat Arduino Uno dan NodeMCU ESP8266 dengan memberikan nilai yang sesuai dengan spesifikasi *range* pada tiap sensor, yang kemudian hasil data sensor tersebut akan langsung dikirimkan ke *server*.

### 4.3 Pengujian Pada Server Raspberry Pi

Pada Gambar 11 menunjukkan hasil respon pengiriman data sensor ke server di Raspberry Pi.



```

raspberrypi:~/raspberrypi$ python3 penerima.py
* Serving Flask app "penerima" (lazy loading)
* Environment: production
WARNING: Do not use the development server in a production environment.
Use a production WSGI server instead.
* Debug mode: on
* Running on http://0.0.0.0:4001/ (Press CTRL+C to quit)
* Restarting with stat
* Debugger is active!
* Debugger PIN: 314-452-466
192.168.1.5 - - [18/Jun/2021 09:04:32] "POST /monitor/node1 HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.4 - - [18/Jun/2021 09:04:33] "POST /monitor/node2 HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.5 - - [18/Jun/2021 09:05:32] "POST /monitor/node1 HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.4 - - [18/Jun/2021 09:05:33] "POST /monitor/node2 HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.5 - - [18/Jun/2021 09:06:32] "POST /monitor/node1 HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.4 - - [18/Jun/2021 09:06:33] "POST /monitor/node2 HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.4 - - [18/Jun/2021 09:10:41] "POST /monitor/node2 HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.5 - - [18/Jun/2021 09:10:41] "POST /monitor/node1 HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.4 - - [18/Jun/2021 09:11:41] "POST /monitor/node2 HTTP/1.1" 403 -
192.168.1.5 - - [18/Jun/2021 09:11:41] "POST /monitor/node1 HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.5 - - [18/Jun/2021 09:12:41] "POST /monitor/node1 HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.4 - - [18/Jun/2021 09:12:41] "POST /monitor/node2 HTTP/1.1" 200 -
    
```

Gambar 11. Respon Pengiriman Data Pada Raspberry Pi diperoleh data sensor berhasil terkirim dengan durasi pengiriman tiap 1 menit. Pengujian dilakukan dengan mengirim 6 data pada tiap node sensor secara bersamaan. Pada node 2 terdapat respon “http=403” yang menunjukkan adanya kesalahan dalam pembacaan sensor. Kesalahan pembacaan pada node 2 diakibatkan karena penggunaan catu daya Batre 9V yang sudah lama terpakai dan pengiriman yang terus menerus dilakukan mengakibatkan boros energi. Sementara pada node 1 catu daya Batre 9V masih dapat digunakan saat pengujian dan proses pengiriman data berhasil dilakukan semuanya dengan memberikan respon “http:200”.

#### 4.4 Pengujian Pada Database

Data yang berhasil terkirim ke *server* selanjutnya akan disimpan ke *database*. Pada Gambar 12 dan Gambar 13 menunjukkan hasil data sensor yang berhasil terbaca oleh *server*.

Suhu	Kelembapan_udara	Intensitas_cahaya	Curah_hujan	Kelembapan_tanah
24.1	94	180	Tidak_Hujan	Normal
23.9	95.4	180	Tidak_Hujan	Normal
23.9	95.4	180	Tidak_Hujan	Normal
23.9	95.4	177	Tidak_Hujan	Normal
24	95.4	206	Tidak_Hujan	Normal
24	94.9	225	Tidak_Hujan	Normal

Gambar 12. Hasil Pengujian Node 1 Pada Database tb\_data

Suhu	Kelembapan_udara	Intensitas_cahaya	Curah_hujan	Kelembapan_tanah
23.6	98.3	59	Tidak Hujan	Basah
23.6	97.8	64	Tidak Hujan	Basah
23.6	97.9	60	Tidak Hujan	Basah
23.7	98.3	62	Tidak Hujan	Basah
23.7	98.1	62	Tidak Hujan	Basah

Gambar 13. Hasil Pengujian Node 2 Pada Database tb\_data2

Hasil yang diperoleh pada *database* sesuai dengan nilai yang dikirimkan oleh NodeMCU ESP8266. Dari proses pengiriman data sensor yang telah dilakukan diperoleh pada *database* tb\_data dan pada *database* tb\_data2 sudah sesuai dengan respon yang diberikan pada Raspberry Pi. Hasil pengiriman yang dilakukan dengan 6 kali uji pada tiap node, diperoleh node 1 berhasil mengirim 6 data dan node 2 berhasil mengirim 5 data ke *server*. Maka persentase performa yang diperoleh dari hasil pengujian adalah 100% untuk node 1 dan 83% untuk node 2.

#### 4.5 Pengujian Jarak Pengiriman Data ke Server

Pada Tabel 1 merupakan hasil pengujian pengiriman data sensor node 1 dan node 2 ke *server* yang telah dilakukan dari jarak 5 meter hingga 50 meter.

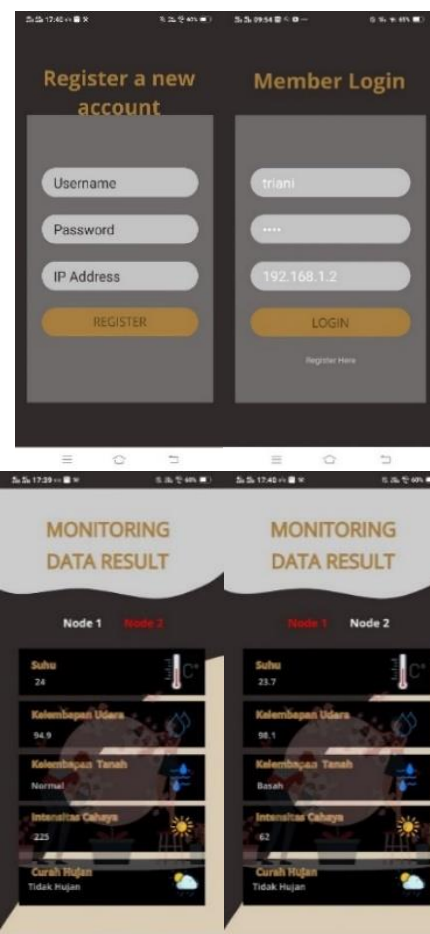
Tabel 1. Tabel Pengujian Jarak Pengiriman Data

Pengujian ke-	Jarak	Hasil Pengiriman Data
1	5 m	Data terkirim
2	10 m	Data terkirim
3	20 m	Data terkirim
4	30 m	Data terkirim
5	40 m	Data terkirim
6	50 m	Data terkirim

Hasil yang diperoleh yaitu node sensor berhasil mengirimkan datanya ke *server* sesuai dengan jarak yang diuji.

#### 4.6 Pengujian Pada Aplikasi Android

Pada Gambar 14 menunjukkan hasil pengujian pada aplikasi Android.



Gambar 14. Hasil Pengujian Pada Aplikasi Android

Hasil yang diperoleh dari gambar tersebut yaitu aplikasi dapat berjalan sesuai dengan perancangan. *User* harus melakukan *register* dan *login* terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil data sensor. Hasil data sensor yang ditampilkan pada aplikasi merupakan data terbaru yang diperoleh dari *server* secara *realtime*. Pada aplikasi ini juga dapat diakses secara *offline*.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan pemanfaatan *Wireless Sensor Network* pada aplikasi pemantauan kualitas tanaman sudah berhasil dilakukan. Sensor DHT21, *soil moisture*, BH1750 dan *raindrops module* sudah dapat menampilkan hasil data yang sesuai dengan kondisi dan spesifikasi pada tiap sensor. Data sensor pada kedua node dapat dikirim ke *server* secara bersamaan dengan performa 100% pada node 1 dan 83% pada node 2. Pengujian ini juga berhasil dilakukan hingga jarak 50 meter. Untuk mengirim nilai data sensor ke *database* variabel yang dikirimkan harus lengkap secara keseluruhan, jika terdapat satu sensor yang tidak terbaca maka data tidak akan terkirim dan *server* akan memberikan respon "*http:403*", dan jika berhasil maka *server* akan memberikan respon "*http:200*". Kemudian pada aplikasi android berhasil menampilkan hasil data sensor secara *realtime* dan *offline*.

### 5.2 Saran

Pada alat sistem monitoring ini diharapkan dapat dikembangkan lagi pada bagian node sensor dengan menambah sistem *controller* otomatis dan juga pada aplikasi android diharapkan dapat dikembangkan lagi dengan menambah grafik pada tampilan hasil monitoring untuk mengerahui perbandingan dengan nilai sebelumnya kemudian pada proses *register* dapat terhubung ke email *user* agar lebih aman. Dan dalam penggunaan catu daya di sisi node belum efisien, karena proses pengiriman data sensor ke *server* yang terus menerus mengakibatkan catu daya pada node sensor boros energi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. R. Rachmawati, "Pertanian Cerdas 4.0 di Era Pandemi Covid-19," Desember, 2020. Available: <http://pse.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php/covid-19/opini/650-pertanian-cerdas-4-0-di-era-pandemi-covid-19?start=3>.
- [2] R. Wibowo, S. R. Akbar and B. Priyambadha, "Implementasi Wireless Sensor Node Sebagai Pendukung Pertanian Modern Berbasis Pemrograman State Machine," Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, vol. 2, No. 6, hlm. 2268-2277, Juni 2018.
- [3] G. N. Balaji, V. Nandhini, S. Mithra, N. Priya and R. Naveen, "IOT Based Smart Crop Monitoring in Farm Land," Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR) ,2454-1362, Januari 2018.
- [4] M. RIANTI, "RANCANG BANGUN ALAT UKUR INTENSITAS CAHAYA," 2017. <http://repositori.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/3805/142411007.pdf?sequence=1&isAllow>
- [5] M. Y. MUSTAR and R. O. WIYAGI, "Implementasi Sistem Monitoring Deteksi Hujan dan Suhu Berbasis Sensor Secara Real Time," *JURNAL ILMIAH SEMESTA TEKNIKA*, vol. 20, p. 21, 2017.
- [6] A. Sabiq, Nurmaya and T. Alfarisi, "Sistem Wireless Sensor Network Berbasis Arduino Uno dan Raspberry Pi untuk Pemantauan Kualitas Udara di Cempaka Putih Timur, Jakarta Pusat," Juli 2017.
- [7] F. C. Abirawa, A. T. Hanuranto and I. Wahidah, "Perancangan Aplikasi Android Untuk Monitoring Kualitas Air Berbasis Lpwan Dengan Menggunakan Raspberry Pi," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 3, pp. 821-827, 2019.
- [8] M. H. H. I. G. E. S. Arista Budi Setyawan, "Sistem Monitoring Kelembaban Tanah, Kelembaban Udara, Dan Suhu Pada Lahan Pertanian Menggunakan Protokol MQTT," Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer-ISSN: 2548-964X Vol. 2, No. 12, hlm. 7502-7508, Desember 2018.
- [9] Y. A. Adnantha and W. A. Kusuma, "Implementasi Wireless Sensor Network untuk Otomatisasi Suhu Ruang dan Kelembaban Tanah pada Greenhouse Berbasis Web Server," *JOIN (Jurnal Online Informatika)*, vol. 3, pp. 14-21, 2018.
- [10] A. S. Handayani, R. Halimatussa'diyah, R. R. Aldi and N. L. Husni, "PERANCANGAN WIRELESS SENSOR NETWORK MENGGUNAKAN TEKNOLOGI MULTISENSOR SEBAGAI SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA," Jurnal Qua Teknika Vol.10 No.2, September 2020.
- [11] D. J. N. Salim, W. Sanjaya, A. R. Pamungkas and A. K. Indarto, "Sistem Antrian Berbasis Web Menggunakan Raspberry dan ESP8266," *JURNAL ILMIAH STMIK AUB, Vol.25, No.1*, 2019.
- [12] F. D. Nugraheni, I. D. Irawati and Y. S. Hariyani, "IMPLEMENTASI WSN UNTUK KONTROL PERANGKAT ELEKTRONIK (SUBSYSTEM SENSOR NODE)," *e-Proceeding of Applied Science*, vol. 2, p. 1289, 2016.
- [13] A. Supriyanto, "Tinjauan Teknis Teknologi Perangkat Wireless dan Standard Keamanannya," *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, vol. 2, p. 77, 2006.