

PERANCANGAN JARINGAN SENSOR NIRKABEL (JSN) UNTUK MEMANTAU SUHU DAN KELEMBABAN MENGGUNAKAN nRF24L01+

Dwi Intan Af'idah¹⁾, Adian Fatchur Rochim²⁾, Eko Didik Widiyanto²⁾

Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jalan Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

Abstract— The environmental condition in a large areas often requires the monitoring. For example, in the case of greenhouse were used to cultivation experiments, fertilization experiments, plant resistance experiments, tissue culture experiments, experimental planting of crops in the off-season, and it needs equipment to monitor and control the environmental conditions to suit the characteristics required environment. The extent of land that is must be monitored, making it needs distribute the monitor at some point so that monitoring of environmental conditions can cover the entire desired area. This is the basis for the design of wireless sensor network for monitoring temperature and humidity using the communication module nRF24L01 +.

The system consists of hardware for measuring the temperature and humidity at some point in a certain area. The system is divided into several sections that is referred to as nodes. Node in the system is divided into two functions, namely the sensor node and the concentrator node.. There are two the sensor nodes which will serve to data of temperature and humidity in separate areas and transmit data to the concentrator node. The communication between nodes is done using a module nRF24L01+.

The design of communication protocol designed to connect between nodes concentrator with a sensor node capable of running properly. This makes the system capable of monitoring temperature and humidity through a web page, so it can be known conditions of temperature and humidity at some point at the maximum range of 93 meters.

Keywords: *Wireless Sensor Networks, Temperature and Humidity Monitor, nRF14L01+.*

I. PENDAHULUAN

Pemantauan kondisi lingkungan pada suatu area tertentu sering kali diperlukan. Misalnya, area pertanian yang memerlukan suhu dan kelembaban tertentu agar tanaman di area tersebut dapat tumbuh subur. Salah satu area pertanian yang sangat memerlukan adanya pemantauan kondisi lingkungan adalah *greenhouse*. *Greenhouse* yang digunakan di Indonesia sebagian besar digunakan untuk penelitian percobaan budidaya, percobaan pemupukan, percobaan ketahanan tanaman terhadap hama maupun penyakit, percobaan kultur jaringan, percobaan persilangan atau pemuliaan, percobaan hidroponik dan percobaan penanaman tanaman di luar musim oleh para mahasiswa, para peneliti, para pengusaha dan praktisi di semua bidang pertanian.

Pada kasus *Greenhouse*, diperlukan peralatan untuk memantau dan mengontrol kondisi lingkungan agar sesuai dengan karekateristik lingkungan yang dibutuhkan tanaman. Kondisi lingkungan yang perlu dikontrol

diantaranya adalah suhu dan kelembaban udara. Luasnya lahan yang akan dipantau, membuat kondisi lingkungan pada beberapa titik tidak selalu sama. Hal ini menjadikan perlu adanya pemantauan pada beberapa titik sehingga pemantauan kondisi lingkungan bisa mencakup seluruh area yang diinginkan. Hal ini yang menjadikan dasar untuk melakukan pengembangan teknologi dalam hal pemantauan kondisi lingkungan di suatu area.^[4]

Penggunaan sistem komunikasi nirkabel (*wireless*) sebagai media komunikasi pada sistem jaringan komputer semakin populer sekarang ini. Aplikasi teknologi nirkabel membuat informasi dan komunikasi menjadi cepat dan mudah. Teknologi yang akan dirancang adalah sebuah sistem pemantauan suhu dan kelembaban di beberapa titik area yang berbeda. Sistem ini mendukung sensor di beberapa titik, yang hasil akuisisinya akan dikirimkan ke komputer secara nirkabel. Sedangkan sistem monitoring alat ini ditampilkan pada halaman *web* menggunakan bahasa HTML (*Hypertext Markup Language*). Komunikasi yang digunakan dalam sistem ini adalah jaringan sensor nirkabel menggunakan nRF24L01+.

Perbandingan nRF24L01+ dengan modul komunikasi nirkabel lainnya, misalnya XBee adalah harga dari nRF24L01 lebih murah, tapi pemrograman yang lebih rumit serta jangkauannya lebih pendek yaitu 100 meter untuk nRF24L01+ dan 200 meter untuk XBee. Namun, kebutuhan jangkauan komunikasi yang akan diterapkan pada area yang tidak terlalu luas, misalnya pada lahan pertanian, menjadi alasan pemilihan modul nRF24L01+ sebagai pengoptimalan fungsional dan biaya yang diperlukan.

Adapun tujuan penelitian yang akan dicapai adalah sebagai berikut, mempelajari dan menerapkan jaringan sensor nirkabel menggunakan modul nRF24L01+, merancang protokol untuk komunikasi menggunakan jaringan sensor nirkabel, dan merancang alat untuk memantau suhu dan kelembaban di beberapa titik area menggunakan jaringan sensor nirkabel dimana pemantauan dapat dilakukan dengan menampilkan data pada halaman *web*.

II. DASAR TEORI

2.1 Jaringan Sensor Nirkabel

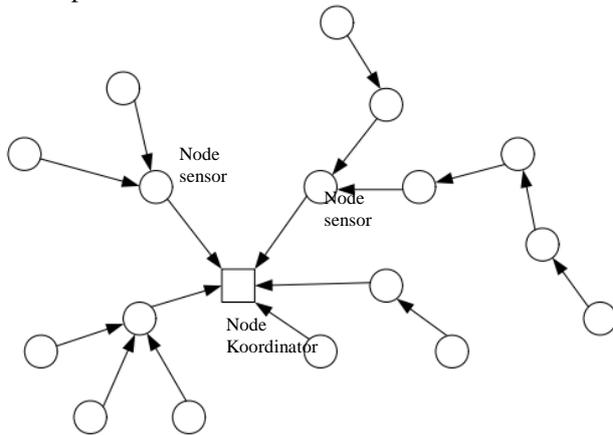
Jaringan sensor nirkabel merupakan suatu jejaring nirkabel menggunakan alat berupa sensor yang bekerjasama untuk memantau kondisi tertentu seperti temperatur, suara, cahaya, tekanan dan lain-lain.^[3] Jaringan sensor nirkabel merupakan suatu jaringan sensor

1). Mahasiswa Sistem Komputer UNDIP

2). Dosen Sistem Komputer UNDIP

yang terdiri dari node sensor yang disebar pada beberapa titik, dan dapat melakukan komunikasi tanpa kabel. Jadi konsep sederhana dari suatu jaringan sensor nirkabel adalah berdasarkan fungsi penginderaan, CPU dan Radio.

Secara umum jaringan sensor nirkabel terdiri dari sejumlah node sensor dan sebuah node koordinator. Seluruh informasi dikirimkan ke node koordinator dari satu node sensor secara langsung melalui node-node lain sebagai pengulangan di dalam satu jaringan. Node sensor merupakan bagian terpenting dalam suatu jaringan sensor nirkabel, karena dari node sensor inilah informasi data sensor akan dikumpulkan, dikonversi ke dalam informasi digital, kemudian diolah dan dikirimkan sebagai data yang telah diproses.^[6]



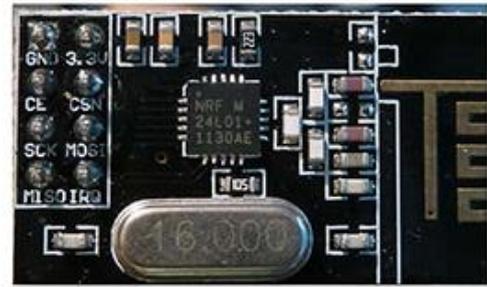
Gambar 1 Struktur jaringan sensor nirkabel^[6]

2.2 Modul NRF24L01+

Modul nirkabel NRF24L01+ adalah sebuah modul komunikasi yang memanfaatkan gelombang RF 2,4GHz ISM (*Industrial, Scientific and Medical*). Modul ini menggunakan antarmuka SPI (*Serial Peripheral Interface*) untuk berkomunikasi. NRF24L01+ mengintegrasikan pengirim lengkap 2.4GHz RF, RF pengumpul, dan akselerator protokol berupa *Enhanced Shockburst* yang mendukung antarmuka SPI kecepatan tinggi untuk kontroler aplikasi. NRF24L01+ memiliki solusi terkait daya berupa daya ultra rendah yang memungkinkan daya tahan baterai berbulan-bulan. Modul ini dapat digunakan untuk pembuatan perangkat tambahan komputer, piranti permainan, piranti fitness dan olahraga, mainan anak-anak dan alat lainnya.

Modul nirkabel NRF24L01+ memiliki 8 buah pin, diantaranya: VCC (3,3V DC), GND, CE, CSN, MOSI, MISO, SCK, dan IRQ. Modul ini memiliki beberapa fitur antara lain;

- Beroperasi pada pada ISM 2.4 GHZ
- Kecepatan pengiriman data 250kbps hingga 2 Mbps
- Operasi daya ultra rendah
- Penanganan paket data otomatis
- Penanganan transaksi paket otomatis
- Sumber daya hanya 1,9V to 3,6V
- Jangkauan pengiriman: 100m di tempat terbuka.^[12]



Gambar 2 Modul NRF24L01+^[12]

2.3 Arduino Uno

Arduino Uno menggunakan ATmega16U2 yang diprogram sebagai pengubah *USB-to-serial* untuk komunikasi serial ke komputer melalui *port* USB.



Gambar 1. Arduino Uno^[9]

Data teknis board Arduino UNO R3 berdasarkan adalah sebagai berikut :

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| 1. Mikrokontroler | : ATMEGA328. |
| 2. Tegangan Operasi | : 5V. |
| 3. Tegangan Masukan (rekomendasi) | : 7 - 12 V. |
| 4. Tegangan Masukan (limit) | : 6 - 20 V. |
| 5. Pin digital I/O | : 14 |
| (6 diantaranya pin PWM) | |
| 6. Pin Masukan Analog | : 6 |
| 7. Arus DC per pin I/O | : 40 mA. |
| 8. Arus DC untuk pin 3.3 V | : 150 mA. |
| 9. Memory Kilat | : 32 KB. |
| 10. SRAM | : 2 KB. |
| 11. EEPROM | : 1 KB. |
| 12. Kecepatan Clock | : 16 MHz. ^[9] |

2.4 Sensor Suhu dan Kelembaban DHT 11

DHT11 Sensor ini merupakan sensor dengan kalibrasi sinyal digital yang mampu memberikan informasi suhu dan kelembaban. Sensor ini tergolong komponen yang memiliki tingkat stabilitas yang sangat baik, apalagi digandeng dengan kemampuan mikrokontroler 8 bit seperti Arduino. DHT 11 adalah sensor dengan kualitas terbaik, respon pembacaan yang cepat, dan kemampuan anti interferensi, dengan harga yang sangat terjangkau.



Gambar 4. Sensor suhu dan kelembaban DHT 11^[13]

Spesifikasi DHT11 adalah sebagai berikut:

1. Sumber Tegangan : +5 V
2. Kisaran Suhu :0-50 °C kesalahan sekitar ± 2 °C
3. Kisaran Kelembaban :20-90% RH kesalahan sekitar ± 5 % RH
4. Interface : Digital ^[11]

2.5 DFRduino Ethernet Shield

Arduino Ethernet Shield memungkinkan sebuah board Arduino untuk terhubung dengan internet. Modul ini dibuat berdasarkan ethernet Wiznet W5100. Wiznet W5100 menyediakan sebuah jaringan dengan kemampuan TCP (*Transmission Control Protocol*) dan UDP (*User Datagram Protocol*) yang mendukung sampai dengan 4 koneksi socket secara bersamaan.



Gambar 5. Ethernet Shield DFRduino^[8]

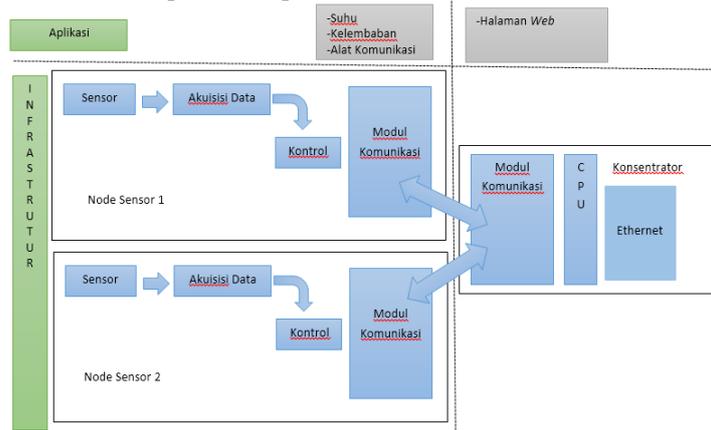
Ethernet Shield ini terhubung dengan papan Arduino menggunakan *header* dengan kaki yang panjang yang menembus papan Arduino. Hal ini untuk menjaga susunan pin dan memungkinkan papan lain untuk ditumpukkan di atasnya. Arduino menggunakan pin digital 10, 11, 12 dan 13 (SPI) untuk berkomunikasi dengan keping W5100 pada Ethernet Shield. Pin-pin tersebut tidak bisa digunakan untuk keperluan yang lain. Modul ini menyediakan *port* standar RJ45. Tombol reset di modul ini akan membuat diulangnya program W5100 dan papan Arduino. ^[8]

III. PERANCANGAN SISTEM

3.1 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras merupakan perancangan jaringan sensor nirkabel untuk memantau suhu dan kelembaban. Perancangan perangkat lunak merupakan perancangan program yang dibutuhkan oleh mikrokontroler ATmega328 serta aplikasi *Personal Computer* sebagai antarmuka.

Diagram blok perancangan sistem pengukur suhu dan kelembaban dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram blok sistem

3.1.1 Arduino Uno

Tabel 1. Arduino Uno sebagai *node* sensor 1 dan *node* sensor 2

| Pin Arduino | Peripheral |
|--------------------------|------------|
| Pin digital 6,7,11,12,13 | nRF24L01+ |
| Pin digital 2 | DHT11 |
| Pin A0 | LED |

Tabel 2. Arduino Uno sebagai *koordinador*

| Pin Arduino | Peripheral |
|--------------------------|------------|
| Pin digital 6,7,11,12,13 | nRF24L01+ |
| Pin digital 10-13 | Ethernet |

3.1.2 nRF24L01+ pada *Node* Sensor

Tabel 3. Pin NRF24L01+ pada *node* sensor

| Pin Arduino | Pin nRF24L01+ |
|----------------|---------------|
| Pin digital 6 | CSN |
| Pin digital 7 | CE |
| Pin digital 11 | MOSI |
| Pin digital 12 | MISO |
| Pin digital 13 | SCK |

3.1.3 Sensor Suhu dan Kelembaban DHT 11 dan LED

Tabel 4. Sensor DHT 11

| Pin Arduino | Pin DHT11 |
|---------------|-----------|
| Pin digital 2 | DATA |
| Pin A0 | LED |

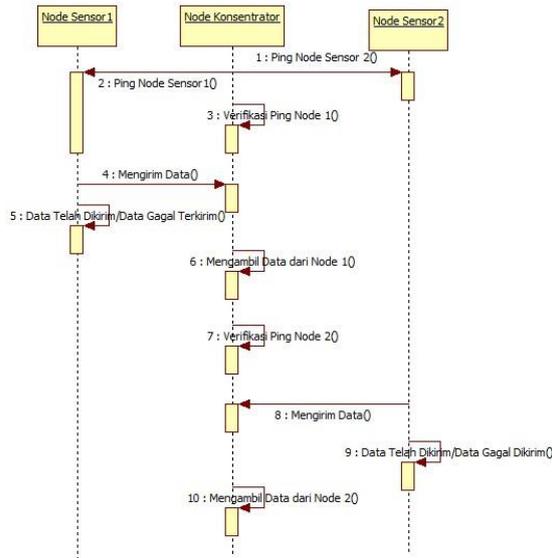
3.1.4 nRF24L01+ dan Ethernet pada *Node* Koordinator

Tabel 5. NRF24L01+ dan Shield Ethernet

| Pin Arduino | Pin Ethernet | Pin nRF24L01+ |
|----------------|---------------|---------------|
| Pin digital 6 | | CSN |
| Pin digital 7 | | CE |
| Pin digital 10 | Pin digital 1 | |
| Pin digital 11 | Pin digital 2 | MOSI |
| Pin digital 12 | Pin digital 3 | MISO |
| Pin digital 13 | Pin digital 4 | SCK |

3.2 Perancangan Protokol Komunikasi

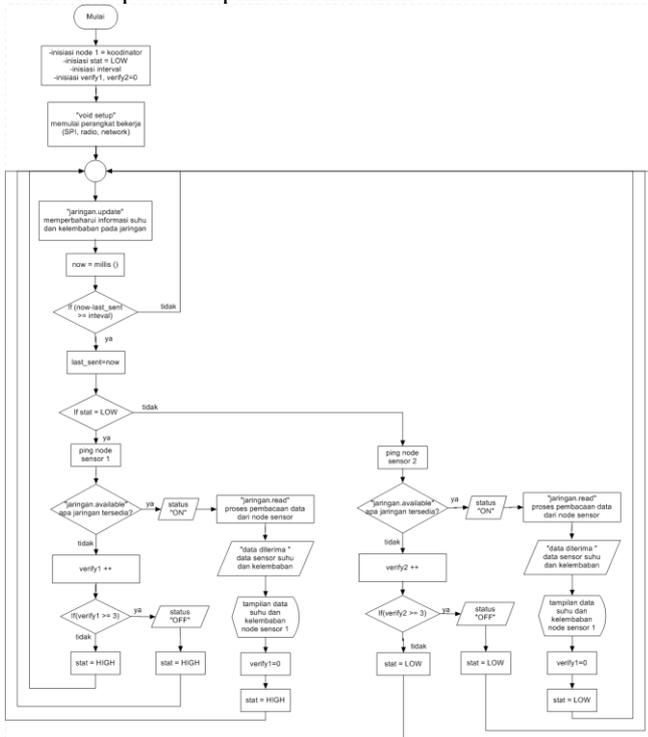
Proses perancangan protokol komunikasi akan menjabarkan rancangan protokol komunikasi yang akan digunakan untuk melakukan komunikasi antar *node* koordinator dengan *node* sensor. Pada Gambar 5 ditunjukkan diagram blok protokol komunikasi.



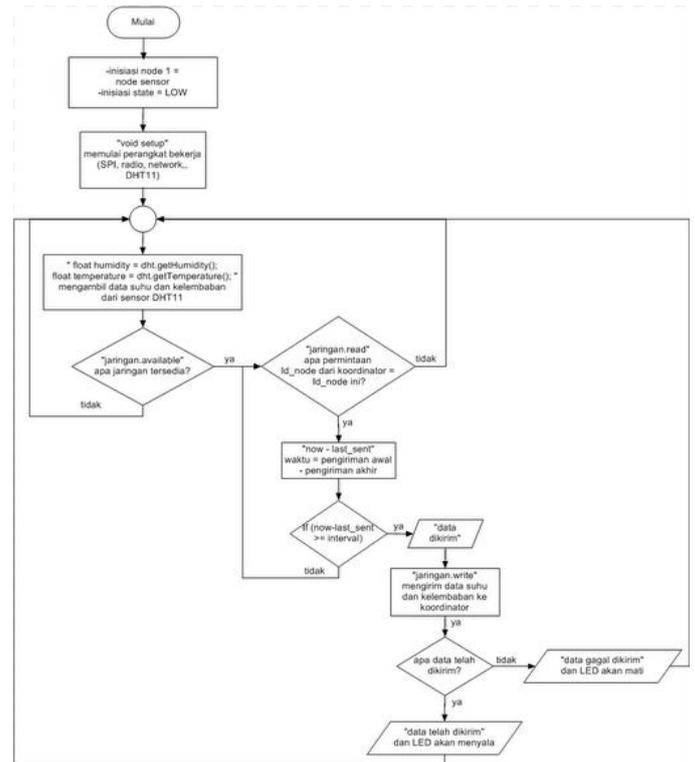
Gambar 5. Diagram protokol komunikasi

3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak merupakan perancangan program yang dibutuhkan oleh mikrokontroler ATmega328 pada sisi *node* sensor 1 dan *node* sensor 2 adalah untuk dapat membaca nilai suhu dan kelembaban dari sensor DHT11, nilai tersebut kemudian mampu dikirimkan melalui modul nRF24L01+ yang berfungsi sebagai *transmitter* ke koordinator. Sedangkan perancangan program yang dibutuhkan oleh mikrokontroler ATmega328 pada sisi koordinator adalah untuk menerima informasi nilai suhu dan kelembaban melalui modul nRF24L01+ yang berfungsi sebagai *receiver*, nilai tersebut kemudian diproses oleh ethernet untuk dapat ditampilkan di halaman *website*.



Gambar 6. Diagram alir *node* koordinator



Gambar 7. Diagram alir *node* sensor

IV. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

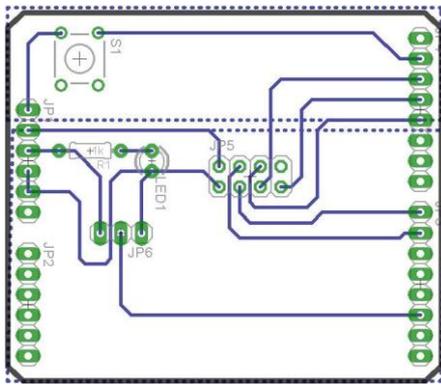
Implementasi sistem adalah hasil dari bagian perancangan, tahap yang membuat hasil dari perancangan sebelumnya. Pengujian dilakukan untuk menguji sistem apakah mampu bekerja sesuai dengan hasil perancangan yang telah dibuat dan mampu memberikan hasil pengolahan masukan dengan benar serta memberikan perilaku-perilaku serta keluaran sesuai kebutuhan.

4.1 Implementasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

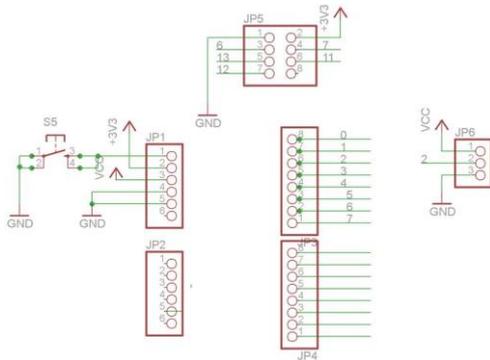
Implementasi sistem terdiri dari keseluruhan perangkat keras yang dirangkai untuk proses pengukuran suhu dan kelembaban pada beberapa titik di area tertentu. Sistem ini terdiri dari 3 bagian, bagian ini selanjutnya disebut dengan *node*. *Node* pada sistem ini dibedakan menjadi 2 yaitu *node* sensor dan *node* koordinator. Dalam sistem ini, ada 2 *node* sensor yang akan berfungsi untuk melakukan pengambilan data suhu dan kelembaban pada area terpisah yang telah ditentukan.

Node koordinator terdiri dari arduino uno beserta Ethernet Shield dan NRF24L01+ sebagai modul komunikasi dan kabel USB beserta kabel UTP. Sedangkan *node* sensor terdiri arduino uno beserta Ethernet Shield dan NRF24L01+ sebagai modul komunikasi dan kabel USB beserta kabel UTP serta tambahan berupa DHT11 untuk mengambil data suhu dan kelembaban dan LED untuk menjadi penanda apakah sistem berjalan atau tidak.

Perangkat keras pertama yang diimplementasikan adalah papan sirkuit elektronik tempat komponen-komponen saling terhubung untuk menjadi sebuah sistem perangkat keras yang dibutuhkan, sesuai dengan *port-port* yang digunakan seperti yang dijelaskan dalam perancangan sistem pada Bab Perancangan Sistem.



Gambar 11. Tampilan Perangkat Keras *Node* koordinator



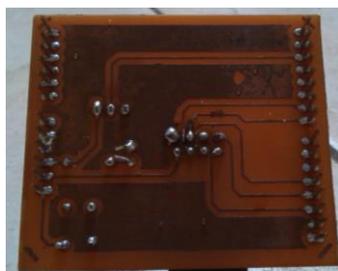
Gambar 8. Desain papan sirkuit elektronik

Setelah papan sirkuit elektronik selesai dibuat, kemudian komponen-komponen yang dibutuhkan dikumpulkan dan dipasang pada papan sirkuit elektronik dengan benar sesuai dengan perancangan sebelumnya. Pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 ditunjukkan perbandingan gambar rancangan papan sirkuit elektronik dengan gambar setelah seluruh komponen dipasang pada papan sirkuit elektronik.



Gambar 12. Tampilan perangkat keras *node* sensor

Implementasi perangkat lunak dilakukan dengan memprogram masing-masing *node*, yaitu *node* koordinator dengan *node* sensor. Pemrograman dilakukan sesuai dengan fungsi dari *node* masing-masing. Program tersebut kemudian diunggah ke papan Arduino Uno.



Gambar 9. Papan sirkuit elektronik yang sudah bisa digunakan



Gambar 10. Pemasangan komponen pada papan sirkuit elektronik

4.2 Pengujian Kerja Sistem

Terdapat dua skenario yang akan dilakukan dalam pengujian yang masing-masing akan mencakup skenario pengujian fungsional dan pengujian kehandalan sistem. Pengujian fungsional akan menguji protokol komunikasi pada sub sistem *node* sensor dan sub sistem sub sistem *node* koordinator. Sedangkan kehandalan sistem akan menguji jarak maksimal agar *node* sensor dan *node* koordinator bisa saling berkomunikasi, dan menguji akuisisi data dari sensor DHT11 pada *node* sensor.

4.2.1 Pengujian Fungsional

a. Sub Sistem *Node* Sensor

Pengujian sub sistem *node* sensor terlihat pada Gambar 13 dan Gambar 14 bahwa *node* sensor 1 dan *node* sensor 2 dapat mengirim data hasil pengukuran sensor ke *node* koordinator setelah mendapat pesan “ping” dari *node* koordinator ini ditandai dengan pesan pada serial monitor “data telah dikirim” dan LED akan menyala. Sistem juga mampu menampilkan kegagalan komunikasi jika sub sistem *node* sensor tidak dapat mengirim data hasil pengukuran sensor ke *node* koordinator setelah mendapat pesan “ping” dari *node* koordinator ini ditandai dengan pesan pada serial monitor “data gagal dikirim” dan LED akan mati.

```

COM12

Node Sensor 1...
menerima ping #2 saat 150000
suhu = 25.00 kelembaban = 38.00
menerima ping #2 saat 152000
menerima ping #1 saat 154000
suhu = 25.00 kelembaban = 37.00
data dikirim...
data telah dikirim

```

Gambar 13. Tampilan serial monitor di *node* sensor 1

```

COM14

Node Sensor 2...
menerima ping #2 saat 3756568
suhu = 36.00 kelembaban = 25.00
menerima ping #1 saat 3758568
menerima ping #2 saat 3760568
suhu = 36.00 kelembaban = 26.00
data dikirim...
data telah dikirim

```

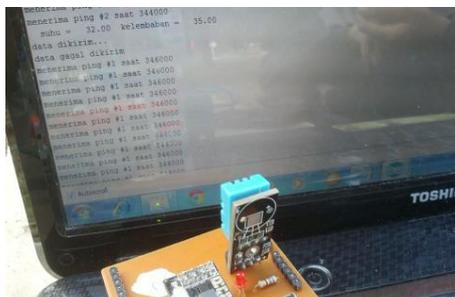
Gambar 14. Tampilan serial monitor di *node* sensor 2



Gambar 15. Gambar LED menyala pada *node* sensor 1



Gambar 16. Gambar LED menyala pada *node* sensor 2



Gambar 17. Gambar LED mati saat data gagal dikirim

b. Sub Sistem *Node* Koordinator

Pengujian sub sistem *node* koordinator dikatakan berhasil seperti pada Gambar 18 dan Gambar 19 karena:

- Sistem dapat meminta data dan menerima data dari *node* sensor.
- Sistem dapat mengirim data melalui Ethernet Shield dengan menggunakan kabel UTP ke layanan *web* dan hasilnya sama dengan data yang ditampilkan pada serial monitor di sisi *node* sensor.
- Sistem mampu mendeteksi status dari *node* sensor apakah "on" atau "off". Status "off" akan muncul jika *node* koordinator tidak berhasil mengirim permintaan berupa pesan "ping" pada *node* sensor selama 3kali berturut-turut.



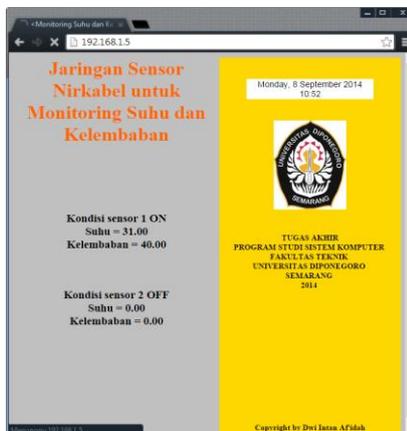
```

COM11

Accept-Language: id-ID,id;q=0.8,en-US;q=0.6,en;q=0.4
client disconnected
Ping node 1...
0
node sensor 1 = ON Menerima paket dari node 1  suhu = 31.00  kelembaban = 40.00
0
Ping node 2...
0
node sensor 2 = ON Menerima paket dari node 2  suhu = 31.00  kelembaban = 38.00
0
Ping node 1...
0
node sensor 1 = ON Menerima paket dari node 1  suhu = 31.00  kelembaban = 40.00
0
Ping node 2...
0
node sensor 2 = ON Menerima paket dari node 2  suhu = 31.00  kelembaban = 38.00
0
new client
GET / HTTP/1.1
Host: 192.168.1.5
Connection: keep-alive
Cache-Control: max-age=0
Accept: text/html,application/xhtml+xml,application/xml;q=0.9,image/webp,*/*;q=0.8
User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 6.1) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/37.0.204.0 Safari/537.36
Referer: http://192.168.1.5/
Accept-Encoding: gzip,deflate,sdch
Accept-Language: id-ID,id;q=0.8,en-US;q=0.6,en;q=0.4
client disconnected
Ping node 1...
0
node sensor 1 = ON Menerima paket dari node 1  suhu = 31.00  kelembaban = 40.00
0

```

Gambar 18. Tampilan *web* dan serial monitor *node* koordinator ke-1



```

COM11

ping node 1...
de sensor 1 = OFF Menerima paket dari node 1  suhu = 31.00  kelembaban = 40.00
ping node 2...
de sensor 2 = OFF
w client
T / HTTP/1.1
Host: 192.168.1.5
Connection: keep-alive
User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 6.1) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/37.0.204.0 Safari/537.36
Accept-Encoding: gzip,deflate,sdch
Accept-Language: id-ID,id;q=0.8,en-US;q=0.6,en;q=0.4
client disconnected
ping node 1...
de sensor 1 = OFF Menerima paket dari node 1  suhu = 31.00  kelembaban = 40.00
ping node 2...
de sensor 2 = OFF
ping node 1...
de sensor 1 = OFF Menerima paket dari node 1  suhu = 31.00  kelembaban = 40.00
w client
T / HTTP/1.1
Host: 192.168.1.5
Connection: keep-alive
User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 6.1) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/37.0.204.0 Safari/537.36
Accept-Encoding: gzip,deflate,sdch
Accept-Language: id-ID,id;q=0.8,en-US;q=0.6,en;q=0.4

```

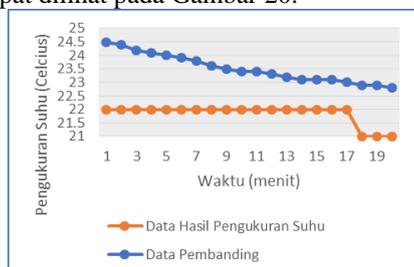
Gambar 19. Tampilan *web* dan serial monitor *node* koordinator ke-2

4.2.2 Pengujian Keandalan Sistem Akuisisi Data Sensor DHT11

Pengujian sub sistem akuisisi data terdiri dari 2 sub sistem, yaitu akuisisi data suhu dan akuisisi data kelembaban. Pengambilan data dilakukan pada jam 16.40 WIB dengan pengaturan suhu AC sebesar 25°C serta kecepatan kipas tinggi. Semua kondisi diambil di Laboratorium Embedded dan Robotika Program Studi Sistem Komputer tanpa perlakuan khusus lainnya, kecuali ada faktor eksternal seperti cuaca dan lingkungan yang berubah sangat cepat. Data pembandingan yang digunakan dalam pengujian sistem ini adalah pengukuran suhu dan kelembaban yang dibaca melalui HTC-1 Temperature and Humidity Meter.

a. Pengujian akuisisi data suhu *node* sensor 1

Pengambilan data serta pengukuran kesalahan pembacaan suhu pada pengujian akuisisi data suhu *node* sensor 1 terhadap data pembandingan berupa hasil pembacaan suhu dari HTC-1 Temperature and Humidity Meter, dapat dilihat pada Gambar 20.

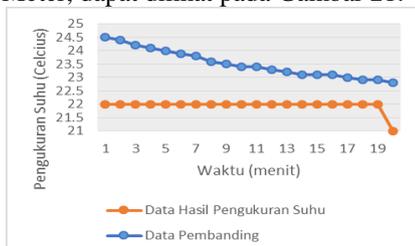


Gambar 20. Grafik pengujian suhu *node* sensor 1

Berdasarkan Gambar 20, rata-rata kesalahan pembacaan suhu antara data DHT11 *node* sensor 1 pada suhu AC 25°C adalah 1,66°C. Kesalahan 1,565°C menjelaskan bahwa adanya perbedaan data dengan pengukuran menggunakan alat ukur digital, disebabkan karena akurasi dari pembacaan data sensor DHT 11 menurut *datasheet* dijelaskan bahwa kesalahan pembacaan sensor DHT 11 kurang lebih 2°C.

b. Pengujian akuisisi data suhu *node* sensor 2

Pengambilan data serta pengukuran kesalahan pembacaan suhu pada pengujian akuisisi data suhu *node* sensor 2 terhadap data pembandingan berupa hasil pembacaan suhu dari HTC-1 Temperature and Humidity Meter, dapat dilihat pada Gambar 21.



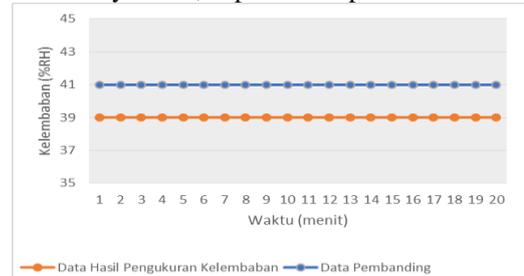
Gambar 21. Grafik pengujian suhu *node* sensor 2

Berdasarkan Gambar 21, rata-rata kesalahan pembacaan suhu antara data DHT11 di *node* sensor 2 dengan data pembandingan pada suhu AC 25°C adalah 1,56°C. Kesalahan 1,495°C menjelaskan bahwa adanya

perbedaan data dengan pengukuran menggunakan alat ukur digital, disebabkan karena akurasi dari pembacaan data sensor DHT11 menurut *datasheet* dijelaskan bahwa kesalahan pembacaan sensor DHT11 kurang lebih 2°C.

c. Pengujian akuisisi data kelembaban *node* sensor 1

Pengambilan data serta pengukuran kesalahan pembacaan kelembaban pada pengujian akuisisi data suhu *node* sensor 1 terhadap data pembandingan berupa hasil pembacaan kelembaban dari HTC-1 Temperature and Humidity Meter, dapat dilihat pada Gambar 4.17.

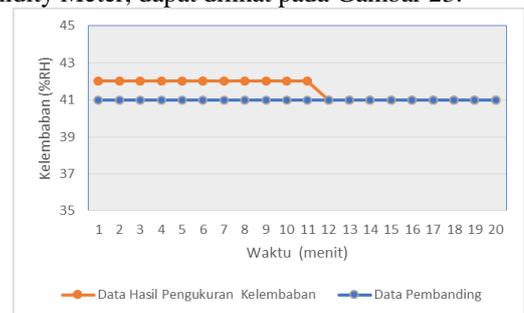


Gambar 22. Grafik pengujian kelembaban *node* sensor 2

Berdasarkan Gambar 22, rata-rata kesalahan pembacaan kelembaban antara data DHT11 di *node* sensor 1 dengan data pembandingan pada suhu AC 25°C adalah 2%. Kesalahan 2% menjelaskan bahwa adanya perbedaan data dengan pengukuran menggunakan alat ukur digital, disebabkan karena akurasi dari pembacaan data sensor DHT 11 menurut *datasheet* dijelaskan bahwa kesalahan pembacaan kelembaban sensor DHT 11 kurang lebih 5%.

d. Pengujian akuisisi data kelembaban *node* sensor 2

Pengambilan data serta pengukuran kesalahan pembacaan kelembaban pada pengujian akuisisi data suhu *node* sensor 1 terhadap data pembandingan berupa hasil pembacaan kelembaban dari HTC-1 Temperature and Humidity Meter, dapat dilihat pada Gambar 23.



Gambar 23. Grafik pengujian kelembaban *node* sensor 2

Berdasarkan Gambar 23, rata-rata kesalahan pembacaan pengukuran kelembaban antara data DHT11 di *node* sensor 2 dengan data pembandingan pada suhu AC 25°C adalah 1,1%. Kesalahan 1,1% menjelaskan bahwa adanya perbedaan data dengan pengukuran menggunakan alat ukur digital, disebabkan karena akurasi dari pembacaan data sensor DHT 11 menurut *datasheet* dijelaskan bahwa kesalahan pembacaan kelembaban sensor DHT 11 kurang lebih 5%.

Hasil pengujian *node* sensor 1 dan *node* sensor 2 dengan data pembandingan dari HTC-1 Thermometer Humidity Meter dapat diketahui bahwa akuisisi suhu pada

node sensor cukup handal, pada *node* sensor 1 pengukuran kesalahan 1,66°C dan pada *node* sensor 2 pengukuran kesalahan 1,56°C dari kesalahan pembacaan 2°C yang dijelaskan pada *datasheet* DHT11. Sedangkan untuk akuisisi kelembaban pada *node* sensor 1 dan *node* sensor 2 dapat dikatakan juga cukup handal, pada *node* sensor 1 pengukuran kesalahan 2% dan pada *node* sensor 2 pengukuran kesalahan 1,1% dari kesalahan pembacaan 5% yang dijelaskan pada *datasheet* DHT11.

Perbedaan akuisisi *node* sensor 1 dengan *node* sensor 2 terjadi karena masing-masing sensor memiliki sensitivitas berbeda meskipun menggunakan tipe sensor yang sama. Pembacaan sensor DHT11 yang menghasilkan data *integer* membuat akurasi kurang baik. Pembacaan sensor ini kurang baik. Pada pengukuran suhu dan kelembaban *node* sensor 1 dan *node* sensor 2 terlihat adanya perbedaan, namun tidak terlalu signifikan sehingga hal ini masih dalam kewajaran.

4.4.3 Keandalan Berdasarkan Jangkauan Terjauh Sistem Mampu Berkomunikasi dengan Baik

Pengujian keandalan berdasarkan jangkauan terjauh antara *node* sensor dan *node* koordinator yang mampu berkomunikasi dengan baik diperlukan untuk mengetahui jangkauan maksimal dari sistem ini. Sistem di uji dalam beberapa jangkauan dimulai dari jangkauan 85 meter sampai dengan 100 meter dengan pengukuran 10 kali tiap selisih 5 meter. Hasil pengiriman data dilihat melalui serial monitor. Setelah mendapatkan data yang menunjukkan komunikasi tidak berjalan dengan baik, maka jangkauan tersebut akan menjadi batas untuk tidak melakukan pengujian pada jangkauan yang lebih panjang lagi. Setelah itu, dilakukan pengujian untuk jangkauan yang lebih pendek dengan selisih per meter dari jangkauan batas. Pengujian dihentikan dan dilanjutkan pada jangkauan yang lebih pendek saat adanya indikasi komunikasi tidak berjalan dengan baik.

Pengujian dimulai dengan komunikasi antara *node* koordinator dan *node* sensor 1 terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan pengujian komunikasi antara *node* koordinator dan *node* sensor 2.

a. Pengujian komunikasi antara *node* koordinator dan *node* sensor 1

Hasil pengujian pada jangkauan 90 meter, sistem masih berjalan dengan baik. Sedangkan pada jangkauan 95 meter, beberapa kali sistem mengalami kegagalan pengiriman data. Karena itu dilakukan pengujian jangkauan *node* sensor 1 dari 95 ke jangkauan yang lebih pendek dengan selisih tiap 1 meter dilakukan pengujian hingga mendapatkan data seperti pada Tabel 10.

Tabel 10. Pengujian *node* koordinator dan *node* sensor 1

| No | Node Koordinator sebagai Pengirim | | Informasi di Node Sensor 1 | | | Node Koordinator sebagai Penerima | |
|--------------------|-----------------------------------|--------|----------------------------|------------|--------------------|-----------------------------------|------------|
| | Verifikasi ping | Status | Suhu | Kelembaban | Status | Suhu | Kelembaban |
| Jangkauan 94 meter | | | | | | | |
| 1 | T | ON | 33 | 31 | data telah dikirim | 33 | 31 |

| | | | | | | | |
|--------------------|---|----|----|----|--------------------|-----|-----|
| 2 | T | ON | 33 | 31 | data telah dikirim | 33 | 31 |
| 3 | T | ON | 33 | 31 | data telah dikirim | 33 | 31 |
| 4 | T | ON | 33 | 31 | data telah dikirim | 33 | 31 |
| 5 | T | ON | 33 | 31 | data gagal dikirim | nan | nan |
| Jangkauan 93 meter | | | | | | | |
| 1 | T | ON | 33 | 31 | data telah dikirim | 33 | 31 |
| 2 | T | ON | 33 | 31 | data telah dikirim | 33 | 31 |
| 3 | T | ON | 33 | 31 | data telah dikirim | 33 | 31 |
| 4 | T | ON | 33 | 31 | data telah dikirim | 33 | 31 |
| 5 | T | ON | 33 | 31 | data telah dikirim | 33 | 31 |
| 6 | T | ON | 33 | 31 | data telah dikirim | 33 | 31 |
| 7 | T | ON | 33 | 31 | data telah dikirim | 33 | 31 |
| 8 | T | ON | 33 | 31 | data telah dikirim | 33 | 31 |
| 9 | T | ON | 33 | 31 | data telah dikirim | 33 | 31 |
| 10 | T | ON | 33 | 31 | data telah dikirim | 33 | 31 |

*Keterangan:

T : True, *node* koordinator berhasil mengirim permintaan ke *node* sensor
 F : False, *node* koordinator berhasil mengirim permintaan ke *node* sensor

Pada *node* sensor 1, dengan adanya indikasi *node* dapat menerima permintaan dari *node* koordinator berupa “ping” dan mampu mengirim data serta menampilkan pesan “data telah dikirim” dengan baik, maka diketahui bahwa jangkauan maksimal dari *node* sensor 1 ke *node* koordinator adalah 93 meter.

b. Pengujian komunikasi antara *node* koordinator dan *node* sensor 2

Hasil pengujian pada jangkauan 95 meter, sistem masih berjalan dengan baik. Sedangkan pada jangkauan 100 meter, beberapa kali sistem mengalami kegagalan pengiriman data. Karena itu dilakukan pengujian jangkauan dari 100 meter ke jangkauan yang lebih pendek dengan selisih tiap 1 meter dilakukan pengujian hingga mendapatkan data seperti pada Tabel 11.

Tabel 11. Pengujian *node* koordinator dan *node* sensor 2

| No | Node Koordinator sebagai Pengirim | | Informasi di Node Sensor 2 | | | Node Koordinator sebagai Penerima | |
|--------------------|-----------------------------------|--------|----------------------------|------------|--------------------|-----------------------------------|------------|
| | Verifikasi ping | Status | Suhu | Kelembaban | Status | Suhu | Kelembaban |
| Jangkauan 99 meter | | | | | | | |
| 1 | T | ON | 34 | 32 | data telah dikirim | 34 | 32 |
| 2 | F | - | - | - | - | - | - |
| Jangkauan 98 meter | | | | | | | |
| 1 | T | ON | 34 | 32 | data telah dikirim | 34 | 32 |
| 2 | T | ON | 34 | 32 | data telah dikirim | 34 | 32 |
| 3 | T | ON | 35 | 32 | data telah dikirim | 35 | 32 |

| | | | | | | | |
|--------------------|---|----|----|----|--------------------|-----|-----|
| 4 | T | ON | 35 | 32 | data telah dikirim | 35 | 32 |
| 5 | T | ON | 34 | 32 | data telah dikirim | 35 | 32 |
| 6 | T | ON | 35 | 32 | data gagal dikirim | nan | nan |
| Jangkauan 97 meter | | | | | | | |
| 1 | T | ON | 35 | 32 | data telah dikirim | 35 | 32 |
| 2 | T | ON | 35 | 32 | data telah dikirim | 35 | 32 |
| 3 | T | ON | 35 | 32 | data telah dikirim | 35 | 32 |
| 4 | T | ON | 35 | 32 | data telah dikirim | 35 | 32 |
| 5 | T | ON | 35 | 32 | data telah dikirim | 35 | 32 |
| 6 | T | ON | 35 | 32 | data telah dikirim | 35 | 32 |
| 7 | T | ON | 35 | 32 | data telah dikirim | 35 | 32 |
| 8 | T | ON | 35 | 32 | data telah dikirim | 35 | 32 |
| 9 | T | ON | 35 | 32 | data telah dikirim | 35 | 32 |
| 10 | T | ON | 35 | 32 | data telah dikirim | 35 | 32 |

*Keterangan :

T : True, *node* koordinator berhasil mengirim permintaan ke *node* sensor.

F : False, *node* koordinator berhasil mengirim permintaan ke *node* sensor

Pada *node* sensor 2, dengan adanya indikasi *node* dapat menerima permintaan dari *node* koordinator berupa “ping” dan mampu mengirim data serta menampilkan pesan “data telah dikirim” dengan baik, maka diketahui bahwa jangkauan maksimal dari *node* sensor 2 ke *node* koordinator adalah 97 meter. *Node* koordinator seperti Tabel 11 terlihat pada jangkauan 98 meter masih dapat mengirimkan pesan “ping” dan *node* sensor juga masih dapat menerima pesan “ping”. Akan tetapi, ada saat *node* sensor mengalami kegagalan saat mengirimkan data suhu dan kelembaban sehingga *node* koordinator memunculkan nilai “nan” pada suhu dan kelembaban. Hal ini mengindikasikan bahwa jangkauan maksimal dari *node* koordinator ke *node* sensor adalah 98 meter.

Berikut tabel hasil pengujian berdasarkan jangkauan terjauh dimana sistem masih mampu berkomunikasi dengan baik.

Tabel 13. Hasil pengujian jangkauan maksimal

| No | Pengirim | Penerima | Jangkauan (meter) |
|----|-------------------------|-------------------------|-------------------|
| 1 | <i>Node</i> Koordinator | <i>Node</i> Sensor 1 | 98 |
| | | <i>Node</i> Sensor 2 | 98 |
| 2 | <i>Node</i> Sensor 1 | <i>Node</i> Koordinator | 93 |
| 3 | <i>Node</i> Sensor 2 | <i>Node</i> Koordinator | 97 |

Adanya perbedaan jangkauan komunikasi jangkauan antara *node* yang satu dengan yang lain terletak pada modul komunikasinya, dalam hal ini NRF24L01+. Faktor-faktor yang mempengaruhi komunikasi adalah frekuensi, TX *gen*, dan sensitivitas RX. Dalam sistem ini frekuensi tidak berpengaruh karena modul komunikasi yang digunakan itu sama yaitu NRF24L01+. Sehingga faktor-faktor yang dimungkinkan mempengaruhi jangkauan komunikasi TX gain dan sensitivitas RX pada modul komunikasi tersebut.

Perbedaan jangkauan komunikasi antara *node* yang satu dengan *node* yang lainnya dapat dijadikan pertimbangan dalam pengambilan keputusan jangkauan maksimal saat pengimplementasian sistem. Mengingat jangkauan maksimal masing-masing *node* berbeda-beda, maka pengambilan keputusan jangkauan maksimal saat pengimplementasian sistem didasarkan pada jangkauan maksimal dimana kedua *node* mampu berkomunikasi dengan baik.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap sistem jaringan sensor nirkabel untuk memantau suhu dan kelembaban, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Node* sensor dapat berjalan dengan baik berdasarkan fungsi dan kehandalan sistem. Hal ini ditunjukkan dengan:
 - Node* sensor dapat menerima permintaan data berupa pesan “ping” dari *node* koordinator dan dapat mengirim data suhu dan kelembaban ke *node* koordinator.
 - Node* sensor mampu membaca data suhu dan kelembaban yang diambil dari sensor DHT11. Pengujian kesalahan pembacaan sensor suhu pada *node* sensor 1 adalah 1,565°C dan pada *node* sensor 2 adalah 1,495°C dibandingkan dengan pembacaan suhu pada HTC-1, sedangkan pengujian kesalahan pembacaan sensor kelembaban pada *node* sensor 1 adalah 2% dan pada *node* sensor 2 adalah 1,1% dibandingkan dengan pembacaan kelembaban pada HTC-1 .
- Node* koordinator dapat berjalan dengan baik berdasarkan fungsi dan kehandalan sistem. Hal ini ditunjukkan dengan:
 - Node* koordinator dapat mengirim permintaan data berupa pesan “ping” ke *node* sensor dan dapat menerima data suhu dan kelembaban dari *node* sensor.
 - Node* koordinator mampu membedakan data yang diterima dari *node* sensor 1 dan data yang diterima dari *node* sensor 2.
 - Data yang ditampilkan di halaman *web* sudah sesuai dengan data yang ditampilkan di serial monitor pada sisi *node* koordinator.
- Komunikasi dari sistem jaringan sensor nirkabel ini mampu berjalan dengan baik. Hal ini ditunjukkan dengan:
 - Sistem jaringan sensor nirkabel dapat memantau suhu dan kelembaban di beberapa titik.
 - Protokol komunikasi yang digunakan diawali dengan permintaan *node* koordinator ke *node* sensor terlebih dahulu sehingga terjadinya tumbukan data dapat diatasi.
 - Modul NRF24L01+ merupakan modul komunikasi data yang handal sehingga data yang diterima oleh suatu *node* sesuai dengan data yang dikirim oleh *node* yang lain.

- d. Jangkauan komunikasi sistem cukup handal hanya berbeda kurang lebih 7 meter dari jangkauan 100 meter yang dijelaskan oleh *datasheet*. Pengujian jangkauan yang dilakukan pada NRF24L01+ menghasilkan data jangkauan antara *node* koordinator sebagai pengirim dengan *node* sensor 1 dan *node* sensor 2 sebagai penerima adalah 98 meter, jangkauan antara *node* sensor 1 sebagai pengirim dengan *node* koordinator penerima adalah 93 meter, serta jangkauan jangkauan antara *node* sensor 2 sebagai pengirim dengan *node* koordinator penerima adalah 97 meter. Modul komunikasi data memiliki jangkauan yang berbeda-beda karena pengaruh frekuensi, TX gain, dan sensitivitas RX.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan pengukuran yang dilakukan terhadap jaringan sensor nirkabel untuk memantau suhu dan kelembaban menggunakan NRF24L01+, dapat diberikan beberapa saran untuk pengembangan yang dapat dilakukan pada tugas akhir ini yaitu :

1. Sistem ini dapat dikembangkan untuk *multimode* sensor (lebih dari 2 *node* sensor) dengan cara menggunakan array pada pemrogramannya.
2. Penggunaan sensor suhu dan kelembaban, disarankan tidak menggunakan sensor DHT11 karena akurasi sensornya kurang baik, yaitu hanya bisa menampilkan nilai integer.
3. Sistem ini dapat dikembangkan menggunakan sensor selain suhu dan kelembaban. Misal, sensor gas TGS4160 untuk mendeteksi kadar CO₂ untuk memantau kualitas udara di suatu area.
4. Halaman *web* pada sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut sehingga data dapat diolah dan dianalisis serta diinterpretasikan dalam bentuk grafik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chung, W., J.F. Villaverde, and J. Tan, "Wireless Sensor Network Based Soil Moisture Monitoring System Design", Paper of The 2013 Federated Conference on Computer Science and Information System, 79–82, 2013.
- [2] Kuorilehto, M., System Level Design Issue in Low-Power Wireless Sensor Networks, Tampere, Finland, 2008.
- [3] Munir, M.S., *Rancangan Smart Greenhouse dengan Teknologi Mobile untuk Efisiensi Tenaga, Biaya dan waktu dalam Pengelolaan Tanaman*, Skripsi S-1, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Jawa Timur, 2010.
- [4] Rizalani, R., Desain dan Implementasi Jejaring Sensor Nirkabel Infra Merah untuk Sistem Informasi Parkir Gedung Bertingkat, Tugas Akhir D-3, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya, 2011
- [5] Sonavane, S.S., B.P. Patil, and V. Kumar, "Experimentation for Packet Loss on MSP430 and nRF14L01+ Based Wireless Sensor Network", *Journal of Advanced Networking and Applications*, Vol.1, No.1, page 35-29, 2009.
- [6] Susana, R., "Desain dan Implementasi Jejaring Sensor Nirkabel Infra Merah untuk Sistem Informasi Parkir Gedung Bertingkat", *Jurnal Informatika*, no. 2, vol 4, 2013.
- [7] Townsend, C., S. Arms, "Design Principles of Wireless Sensor Networks Protocols for Control Applications", MicroStrain Inc, New York, 2010.
- [8] --, Arduino Ethernet Shield, <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield>, Mei 2014.
- [9] --, Arduino Uno, <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>, Mei 2014.
- [10] --, Datasheet Arduino Ethernet, <http://arduino.cc/en/uploads/Main/PoE-datasheet.pdf>, Mei 2014
- [11] --, Datasheet DHT11, <http://www.micro4you.com/files/sensor/DHT11.pdf>, Mei 2014.
- [12] --, Datasheet nRF24L01+, <http://arduino-info.wikispaces.com/Nrf24L01-2.4GHz-HowTo>, Mei 2014.