

Implementasi Sistem *Multi-Telemetry* Menggunakan Protokol RF24 Untuk Monitoring Pada Greenhouse

Implementation of Multi-Telemetry System using RF24 Protocol for Greenhouse Monitoring

Hendra Wijaya¹, Wahyu Andhyka Kusuma²

^{1,2}Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Malang, Jl. Raya Tlogomas No. 246, Malang, 65144, Indonesia

e-mail: ¹hendraw17@gmail.com, ²kusuma.wahyu.a@umm.ac.id

Abstrak

Dewasa ini, sistem *multi telemetry* sudah banyak digunakan pada berbagai bidang. *Multi telemetry* merupakan susunan dari beberapa telemetri. Telemetri merupakan transmisi data dari jarak jauh yang memungkinkan pengaksesan data hasil pengukuran dari jarak/lokasi yang jauh dari tempat asal pengukuran terjadi. Pada penelitian ini dilakukan perancangan sistem *multi telemetry* untuk pengukuran suhu dan kelembaban pada *prototype* greenhouse. Pada proses *sensing*, sensor yang digunakan adalah sensor DHT 11 dan modul yang digunakan untuk pengiriman data adalah modul transceiver nRF24101. Dalam penelitian, dilakukan uji performa kinerja dari Nrf24101 sebagai modul *transceiver* apakah modul ini berfungsi dengan baik ketika melakukan pengiriman data. Pengujian pengiriman data dari Sensor *node* ke *sink node* dilakukan dengan 3 macam data rate yaitu 250Kbps, 1Mbps, dan 2Mbps. Pengujian ketika *auto ACK* digunakan dan tidak, Error ratio, missing handling, RTT, dan jarak jangkauan juga dilakukan. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan, penggunaan *auto ACK* akan membuat pengiriman data tidak stabil dan RTT semakin lama. Jika *auto ACK* dimatikan, maka data rate 2Mbps memiliki waktu pengiriman paling cepat dibandingkan data rate lainnya. Modul *transceiver* nrf24101 sendiri memiliki jarak jangkauan +60 m. Untuk *missing handling* data, *array* dimanfaatkan untuk menyimpan data sementara.

Kata kunci— Telemetri, nRF24101, DHT11, Greenhouse, data rate.

Abstract

This time, multi telemetry systems have been widely used in various fields. Multi telemetry is an arrangement of several telemetry. Telemetry is a remote data transmission that allows accessing the measurement data from a distance / location away from where the measurements took place. In this research, the design of multi telemetry system used for the measurement of temperature and humidity in greenhouse prototype. In the sensing process, the sensor used is DHT 11 sensor and the module used for data transmission is nRF24101 transceiver module. In this research also doing performance test from Nrf24101 as transceiver module to find out if this module works perfectly when sending data. Testing data transmission from sensor node to sink node are done with 3 kinds of data rate that is 250Kbps, 1Mbps, and 2Mbps. Testing when auto ACK is used and not, Error ratio, missing handling, RTT, and range is also done. Based on the test results obtained, the use of auto ACK will make unstable data transmission and make RTT longer. If auto ACK is turned off, 2Mbps data rate has the fastest delivery time compared to other data rate. The transceiver module nrf24101 alone has a range of + 60 m. For missing handling data, arrays are used to store data temporarily.

Keywords— Telemetry, nRF24101, DHT11, Greenhouse, data rate.

1. PENDAHULUAN

Greenhouse merupakan bangunan yang didalamnya digunakan untuk menanam tumbuhan. *Greenhouse* sering digunakan untuk menanam berbagai tumbuhan seperti bunga, sayuran, buah-buahan, dan tembakau. Faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman adalah cahaya, kadar air pada tanah, temperature, CO₂, dan sebagainya [1].

Greenhouse juga melindungi tanaman dari berbagai macam gangguan seperti badai. *Greenhouse* dapat digunakan untuk mengubah lahan yang kurang subur menjadi lahan subur dengan cara mengontrol suhu dan cahaya pada *greenhouse*, sehingga dapat meningkatkan produksi pangan. Lingkungan tertutup pada *greenhouse* memiliki masalah unik tersendiri daripada lingkungan terbuka seperti hama dan penyakit, panas dan kelembaban yang ekstrem harus benar-benar dikendalikan, dan irigasi diperlukan untuk menyediakan air. Temperatur dan kelembaban pada *greenhouse* harus terus dipantau untuk memastikan kondisi secara optimal. WSN dapat digunakan untuk mengumpulkan data dari jarak jauh [2].

WSN (*Wireless Sensor Network*) dapat di definisikan sebagai lapisan jaringan yang terdiri dari beberapa node dan sensor yang memungkinkan pemantauan pada lingkungan yang spesifik. Sebuah WSN biasanya terdiri dari beberapa sensor *node* dan *base station* [3]. Terdapat berbagai macam WSN yang tersedia seperti Bluetooth, Wi-fi, Zigbee, dan sebagainya [4]. Pada arsitektur WSN pun juga terdapat konsep yang dinamakan telemetri. Telemetri merupakan proses pengukuran parameter suatu obyek yang hasil pengukurannya dikirimkan ke tempat lain melalui proses pengiriman data baik secara nirkabel maupun kabel. Jadi Multitelemetri sendiri dapat didefinisikan sebagai gabungan dari beberapa telemetri yang hasilnya dikirimkan ke tempat lain. Multi-telemetri *wireless* merupakan gabungan dari beberapa telemetri yang hasilnya dikirim ke tempat lain. Multi-telemetri *wireless* diangkat dari teknologi *wireless sensor network* (WSN), yaitu suatu jaringan nirkabel yang terdiri dari kumpulan sensor *node* yang tersebar di suatu area tertentu (*sensor field*) [5].

Banyak penelitian tentang pengimplementasian WSN sebagai media *monitoring* dalam berbagai studi kasus. Beberapa penelitian-penelitian terdahulu yang memanfaatkan WSN sebagai media *monitoring* seperti pemantauan kondisi struktur bangunan [6], *monitoring* dan pengaturan peralatan listrik pada bangunan berkaca [7], *monitoring* cuaca [8], monitoring detak jantung dan suhu tubuh manusia [9]. Penelitian untuk *monitoring greenhouse* juga sudah diteliti pada penelitian-penelitian sebelumnya[4][5].

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini didasarkan pada penelitian sebelumnya. penelitian ini akan meneliti tentang system multi-telemetri wireless yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban pada *prototype greenhouse* menggunakan sensor suhu dan kelembaban DHT11, Nrf24l01+ sebagai modul tranceiver dan menggunakan mikrokontroller Arduino Nano dan diimplementasikan pada *greenhouse*. Nrf24l01+ digunakan karena memiliki beberapa keunggulan terhadap Xbee dalam pengiriman data secara kontinyu. Nrf24l01+ juga lebih unggul dalam *Round Time Trip*. Nrf24l01+ memiliki keunggulan lain yaitu variasi data rate yang membuat Nrf24l01+ dapat mentransmisikan data lebih cepat daripada Xbee [10]. Dalam peneitian ini juga akan dilakukan uji performa kinerja dari Nrf24l01+ sebagai modul *transceiver* apakah modul ini berfungsi dengan baik ketika melakukan pengiriman data. Arduino nano pun juga akan diuji performa apakah mikrokontroller ini dapat bekerja dengan baik ketika proses sensing dan pengiriman data, terutama sensor yang bertindak sebagai *sink node*. Karena pada *sink node* yang akan menjadi penerima data dari 3 node sensor dan melakukan *forwarding* data ke *web server* menggunakan bantuan *Ethernet shield*. Sensor node akan diletakkan pada 3 titik pada *greenhouse* dan akan mengirimkan data ke *sink node* sesuai interval waktu yang dikirimkan. Setelah *server* menerima data *forwarding* dari base station, server akan menyimpan data tersebut ke dalam *database* dan akan menampilkannya pada *website*. Pengujian pengiriman data dari Sensor node ke sink node dilakukan dengan 3 macam data rate yaitu 250Kbps, 1Mbps, dan 2Mbps.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan pemantauan suhu udara dan kelembaban pada *prototype greenhouse* dengan system multi-telemetry. Node sensor akan diletakkan pada 3 *prototype greenhouse* yang berbeda dan bertugas untuk sensing suhu dan kelembaban dan mengirim data ke *sink node*. Dengan begitu maka proses pemantauan pada greenhouse akan lebih mudah. Pada proses sensing, alat yang digunakan adalah DHT11 yang mampu sensing suhu dan kelembaban sekaligus. Untuk proses pengiriman data dari sensor node ke *sink node*, nRF24101 yang akan melakukan hal tersebut. Sink node kemudian akan memforward data yang diterima ke *server* menggunakan Ethernet shield. Data tersebut kemudian ditampilkan pada sebuah aplikasi *web*.

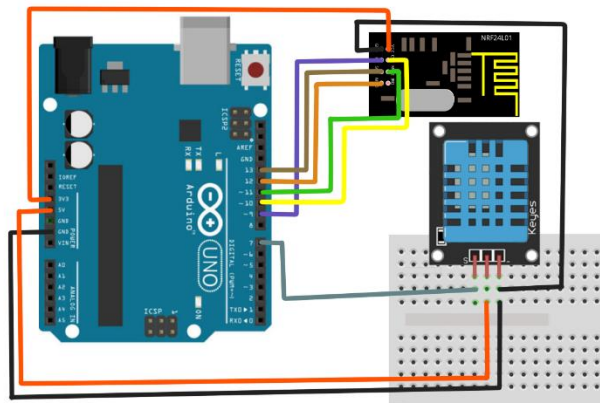
Pengujian dan analisa yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi beberapa hal :

1. Fungsionalitas jalannya sistem berjalan dengan normal atau tidak.
2. Jarak maksimal pengiriman data yang bisa dilakukan modul nRF24101.
3. Penanganan data missing handling.
4. Round Time Trip delay yang dibutuhkan jika menggunakan auto ACK dan tidak, serta jika menggunakan datarate 250 Kbps, 1 Mbps, dan 2 Mbps.
5. Error Ratio jika menggunakan auto ACK dan tidak, serta jika menggunakan datarate 250 Kbps, 1 Mbps, dan 2 Mbps.

Skenario pengujian yang dibuat, 3 sensor node akan diletakkan pada tiap *prototype greenhouse*. Komponen utama dalam scenario meliputi Sensor node, sink node, dan server.

1. Sensor Node

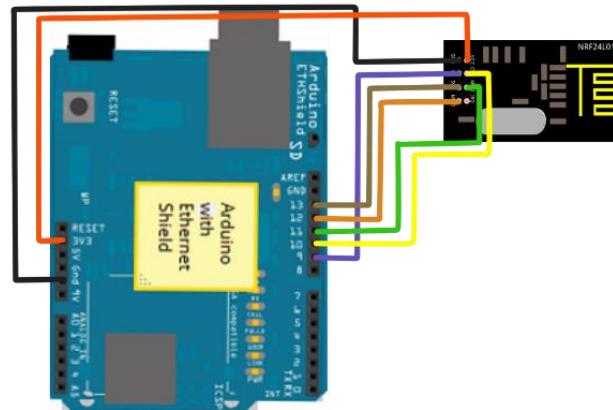
Sensor node terdiri dari sensor DHT11, arduino Uno, dan modul *transceiver* nRF24101. Sensor node akan melakukan pengiriman data ke *sink node* secara bergantian setelah melakukan proses *sensing* sesuai jadwal.



Gambar 1. Rangkaian Sensor Node

2. Sink Node

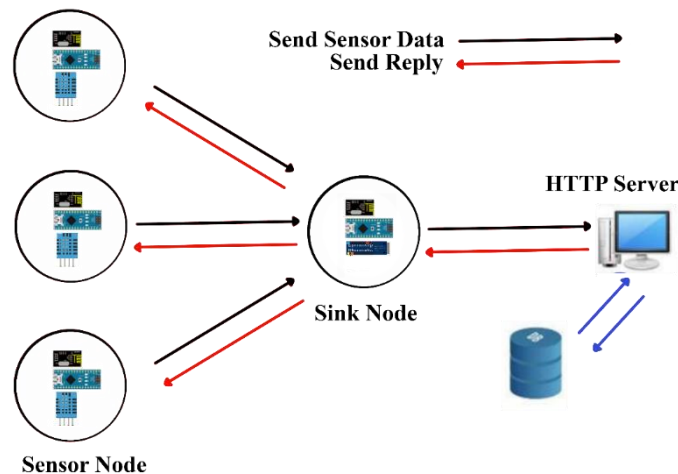
Sink node terdiri dari Ethernet shield, arduino Uno, dan modul *transceiver* nRF24101. Sink node berguna sebagai perantara antar sensor node dan server. Pada Sink node juga akan mengatur penjadwalan pengiriman data agar tidak terjadi tabrakan data saat pengiriman. Sink node akan mengirim *reply* ke node pengirim jika data telah berhasil diterima.



Gambar 2. Rangkaian Sink Node

3. Server

Server bertugas untuk mengolah dan menerima data dari *sink node*. Ketika *server* berhasil menerima data mengirim *reply* ke *node sink* jika data telah berhasil diterima.

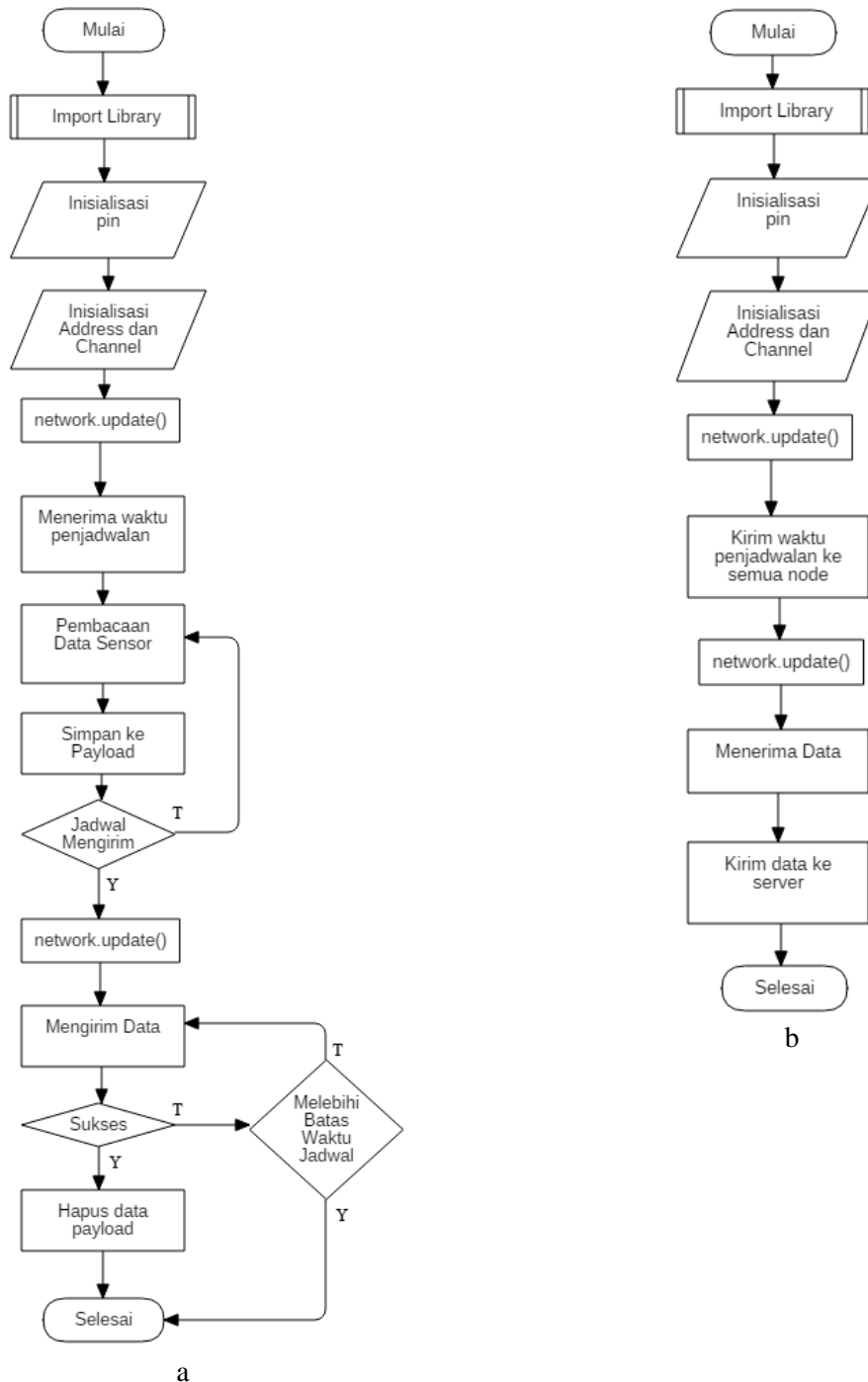


Gambar 3. Arsitektur Sistem

Pada gambar 3, ditunjukkan arsitektur system yang diimplementasikan pada penelitian. Pada *sensor node*, akan dilakukan sensing nilai data dari DHT 11, kemudian *sensor node* akan mulai pengecekan jadwal kapan dia mengirimkan hasil data tersebut ke *sink node* secara bergantian sesuai jadwal masing-masing. Setelah *sink node* menerima data, *sink node* akan memberi balasan pesan ke *node* pengirim bahwa data telah diterima dan *sensor node* pengirim tersebut akan mulai kembali *sensing*. Sedangkan data yang berada pada *sensor node* akan langsung diteruskan ke komputer *server* melalui Ethernet. Setelah itu data akan dimasukkan ke dalam *database* pada *HTTP server*. Kemudian *HTTP server* akan mengirim respon kembali ke *sink node* berupa balasan pesan bahwa data telah diterima. Setelah itu *sink node* menunggu data dari *sensor node* dengan jadwal selanjutnya.

Perlu diketahui bahwa, sebelum proses pengiriman data diatas ada proses penjadwalan pada *node* sensor untuk menghindari tabrakan data saat pengiriman. Pada proses tersebut, *sink node* menentukan kapan *sensor node* 1, 2, dan 3 akan mengirim data *sensing*. Setelah penjadwalan selesai, maka baru dilakukan proses pengiriman di atas sesuai dengan urutan

jadwal sensor *node*. Dalam arsitektur yang dirancang juga terdapat mekanisme data *missing handling* yang merupakan suatu mekanisme pada sensor *node* untuk mengatasi hilangnya data saat pengiriman.



Gambar 4. Diagram alir pada sensor *node* (a) dan sink *node* (b)

Gambar 4 merupakan diagram alur program yang terdapat pada sensor *node* (a) dan sink *node* (b). Pada sensor *node*, setelah sensor *node* aktif maka terlebih dahulu akan dilakukan import semua library yang digunakan untuk hardware maupun algoritma yang akan digunakan. Setelah itu dilakukan inisialisasi pin yang digunakan oleh nRF24l01. Channel juga akan diatur

sama dengan node sink agar data dapat dikirimkan. Setelah itu inialisasi *address* yang digunakan pada node tersebut. Setelah inialisasi *address*, sensor *node* akan mendapatkan jadwal waktu kapan *node* tersebut dapat melakukan pengiriman ke *sink node*. Proses selanjutnya yang akan dilakukan adalah *sensing* suhu dan kelembaban yang didapatkan dari sensor DHT11.

Data hasil sensing tersebut kemudian disimpan di *payload*. Node akan secara berkala mengecek apakah sudah waktunya untuk node tersebut melakukan pengiriman data. Jika belum waktunya maka node tersebut akan tetap melakukan *sensing*, tetapi jika sudah waktunya untuk mengirim maka node sensor akan mengirimkan data pada *payload* ke node sink. Disinilah akan dicek apakah data berhasil dikirim atau tidak. Jika berhasil maka semua data *payload* yang disimpan tadi akan dihapus dan jika gagal maka node sensor akan mengirim data kembali jika masih belum melebihi batas penjadwalan.

Alur program pada *sink node* memiliki beberapa langkah yang sama dengan sensor *node*, seperti Import library, inialisasi pin, serta inialisasi *address* dan *channel*. Perbedaan dimulai dari langkah selanjutnya, node sensor akan mengirim waktu penjadwalan untuk node-node sensor yang terhubung padanya. Setelah itu, yang dilakukan oleh *sink node* adalah menunggu data yang datang dari *sensor node* sesuai jadwal yang telah ditentukan. Ketika ada data yang masuk, sink node akan menerima data dan akan meneruskan data yang telah diterima tersebut ke *server* HTTP. Untuk *server* HTTP sendiri, ketika menerima data dari sink node maka akan memasukkan data pada database dan akan menampilkannya pada *Website*.

Pada proses pengujian data rate, beberapa parameter digunakan seperti RTT dan error ratio. Pengujian data rate dan auto ACK dilakukan secara bergantian antara menggunakan auto Ack dan tidak menggunakan serta bagaimana jika menggunakan data rate 250 Kbps, 1 Mbps, dan 2 Mbps. Jadi pada sensor node dan sink node, akan di set data rate dan ACK sesuai pengujian. Pengujian dilakukan sebagai berikut :

Tabel 1. Pengujian Data Rate dan AutoACK

Pengujian Data Rate dan ACK ke-	Data Rate	Auto ACK
1	250 Kbps	True
2	250 Kbps	False
3	1 Mbps	True
4	1 Mbps	false
5	2 Mbps	true
6	2 Mbps	false

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Bagian Pengujian monitoring hasil sensing multi-telemetry

Pada penelitian ini digunakan 3 sensor node dan 1 sink node. Sensor node akan secara bergantian mengirim data ke sink. Kemudian sink akan meneruskan data tersebut ke server dan server akan menampilkan data pada sebuah website. Berikut merupakan hasil sensing data dari 3 sensor node. Pada gambar 5, 6 dan 7 merupakan gambar tampilan table hasil sensing pada website, dimana gambar 5 merupakan hasil sensing pada *Greenhouse* 1, gambar 6 adalah *greenhouse* 2, dan gambar 7 adalah *greenhouse* 3. Gambar 8 dan 9 merupakan hasil sensing dari greenhouse 1, 2, dan 3 dalam bentuk tampilan grafik.

GreenHouse 1			
#	Suhu	Kelembaban	Tanggal
1	28	59	2018-03-23 09:12:10
2	28	59	2018-03-23 09:12:06
3	28	59	2018-03-23 09:12:02
4	28	67	2018-03-23 09:09:35
5	28	59	2018-03-23 09:08:51
6	28	59	2018-03-23 09:08:48
7	28	59	2018-03-23 09:07:12
8	28	59	2018-03-23 09:07:05
9	28	59	2018-03-23 09:07:01
10	28	75	2018-03-23 09:06:24

« < Page 1 of 25 > »

Gambar 5. Pengukuran suhu dan kelembaban selama 220 kali interval pada Greenhouse 1

GreenHouse 2			
#	Suhu	Kelembaban	Tanggal
1	28	59	2018-03-23 09:10:59
2	28	60	2018-03-23 09:10:54
3	27	62	2018-03-23 09:10:51
4	28	59	2018-03-23 09:09:24
5	28	59	2018-03-23 09:08:55
6	28	59	2018-03-23 09:08:18
7	28	60	2018-03-23 09:08:11
8	32	58	2018-03-23 09:07:41
9	28	75	2018-03-23 09:07:09
10	27	75	2018-03-23 09:06:13

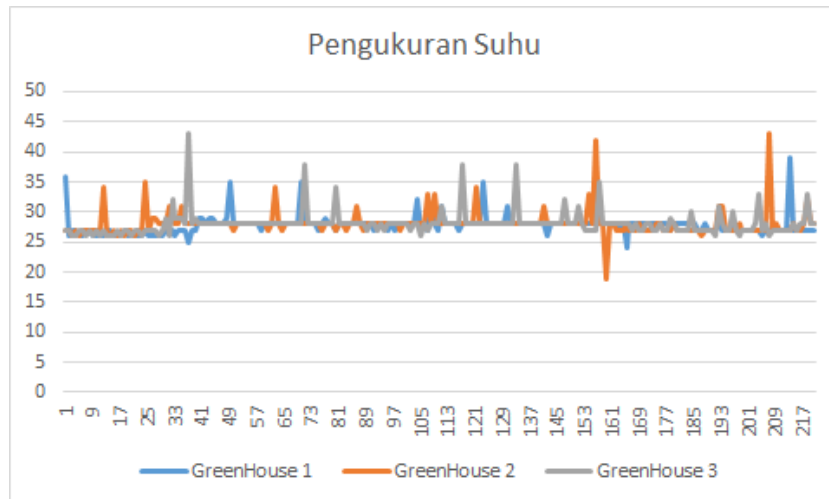
« < Page 1 of 23 > »

Gambar 6. Pengukuran suhu dan kelembaban selama 220 kali interval pada Greenhouse 2

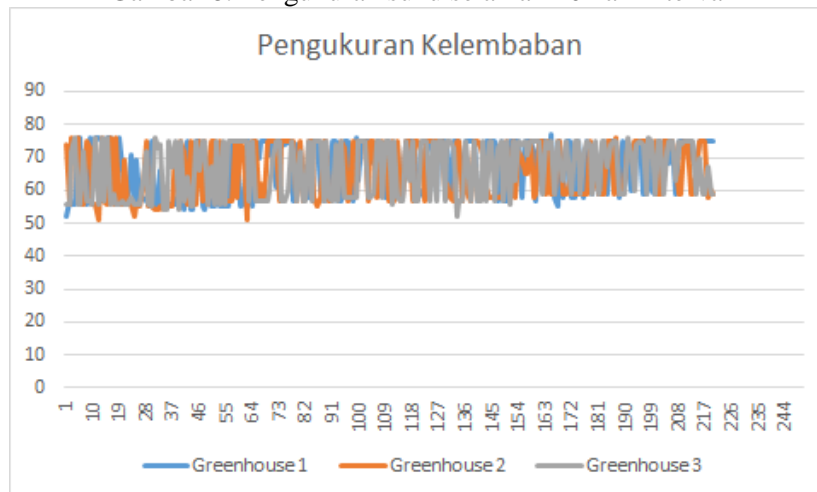
GreenHouse 3			
#	Suhu	Kelembaban	Tanggal
1	28	59	2018-03-23 09:11:32
2	28	59	2018-03-23 09:11:28
3	33	67	2018-03-23 09:10:21
4	28	59	2018-03-23 09:09:31
5	28	59	2018-03-23 09:09:27
6	27	70	2018-03-23 09:09:20
7	28	59	2018-03-23 09:08:23
8	27	75	2018-03-23 09:08:14
9	27	75	2018-03-23 09:06:32
10	27	75	2018-03-23 09:06:28

« < Page 1 of 22 > »

Gambar 7. Pengukuran suhu dan kelembaban selama 220 kali interval pada Greenhouse 3



Gambar 8. Pengukuran suhu selama 220 kali interval



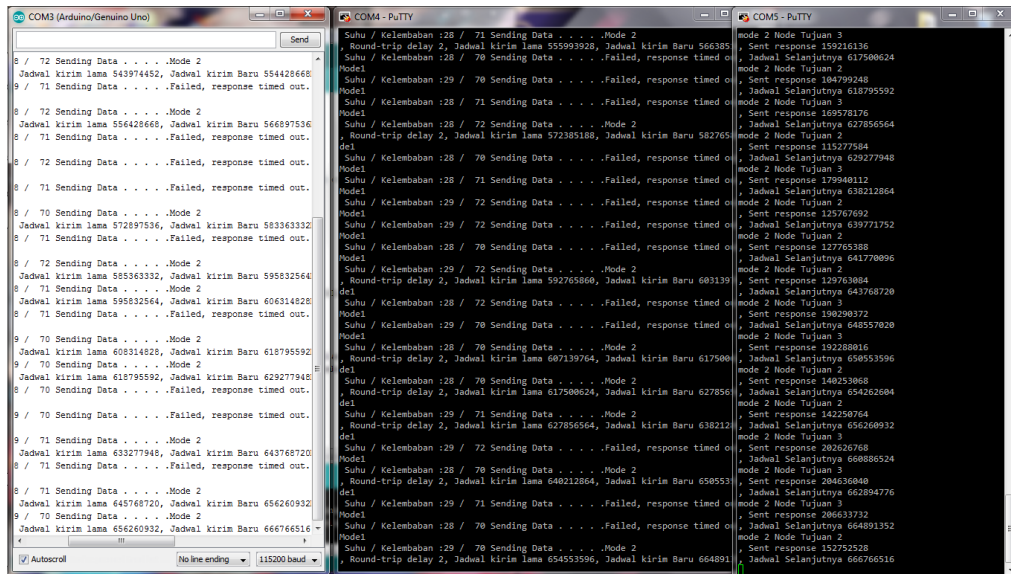
Gambar 9. Pengukuran Kelembaban selama 220 kali interval

3.2. Pengujian Missing Handling

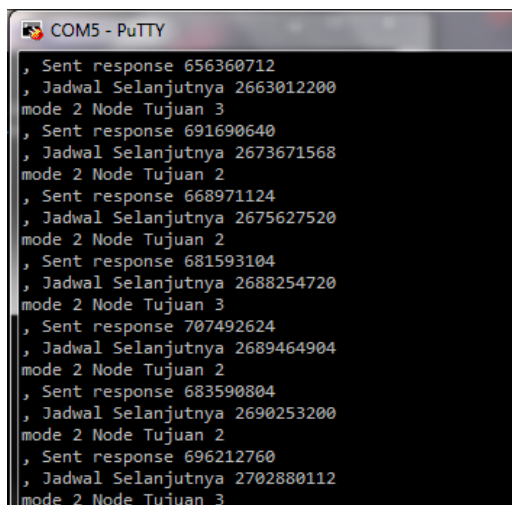
Pada saat sebelum pengiriman data dilakukan proses penjadwalan yang bertujuan untuk menghindari tabrakan data pada saat pengiriman data. Ketika sensor node 1 sudah masuk jadwal pengiriman node tersebut akan langsung mengirim data ke sink. Setelah itu sensor node 1 akan menunggu response dari server yang akan mengirimkan jadwal selanjutnya. Ditunjukkan pada gambar 10, 11, dan 12 merupakan proses pengiriman dan penjadwalan pada sensor node. Hal ini ditujukan untuk mengurangi tabrakan/collision sebuah data. Pada gambar 10 merupakan pengiriman data yang dilakukan oleh sensor node 1 dan 2 ke sink node. Dapat dilihat pengiriman dilakukan secara periodik dengan jadwal kirim yang telah ditentukan oleh sink node. Pada gambar 11, merupakan proses pada sink node, dimana sink node akan terus berada pada mode listening untuk menunggu ada data masuk atau tidak. Jika ada data masuk, maka sink node akan mengirim data ke server dan akan masuk mode transmit untuk mengirim data berupa jadwal baru ke node pengirim asal. Pada gambar 12 merupakan hasil perhitungan RTT, error ratio, dan jadwal kirim selanjutnya pada sensor node tersebut. Perhitungan RTT dan error ratio dilakukan oleh sensor node ketika data balasan dari sink node diterima.

Pada percobaan missing handling, data akan tetap disimpan sampai ada pemberitahuan dari *node* tujuan bahwa data telah sampai dengan selamat. Dapat dilihat pada gambar 6, data akan terus dikirim sampai node pengirim menerima pemberitahuan dari *node* tujuan. Untuk jarak modul *Transceiver* nRF24101 memiliki batas maksimal jarak ± 60 m saat diuji di

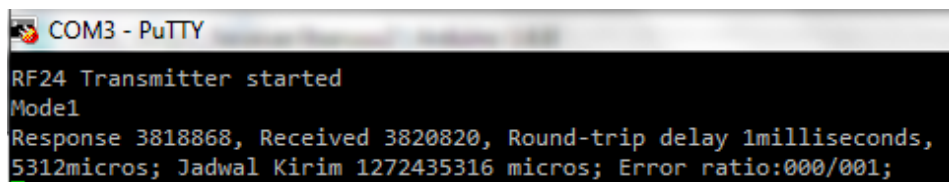
lapangan. Hal ini menunjukkan bahwa modul transceiver nRF24I01 memiliki jarak jangkauan yang lebih baik dari penelitian sebelumnya [5] yang menggunakan esp8266 karena pada jarak 60 m, pengiriman data pada esp8266 sudah tidak stabil.



Gambar 10. Pengiriman data Sensor node 1, 2 ke sink.



Gambar 11. Proses penjadwalan pengiriman oleh sink node.

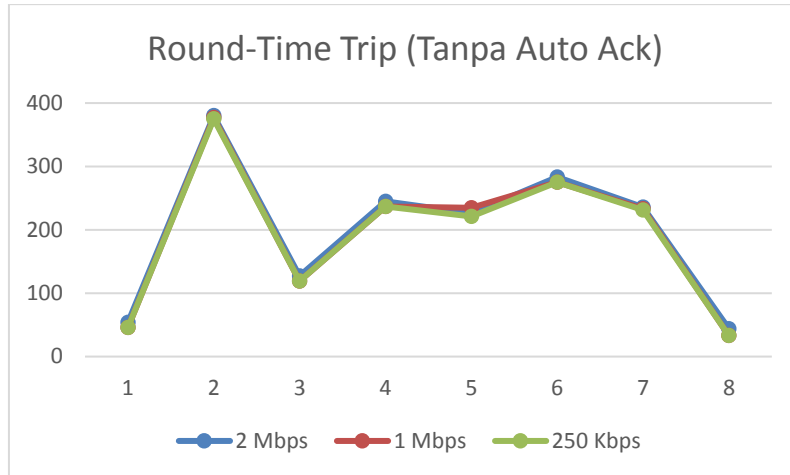


Gambar 12. Proses penerimaan response dan penjadwalan baru pada sensor node.

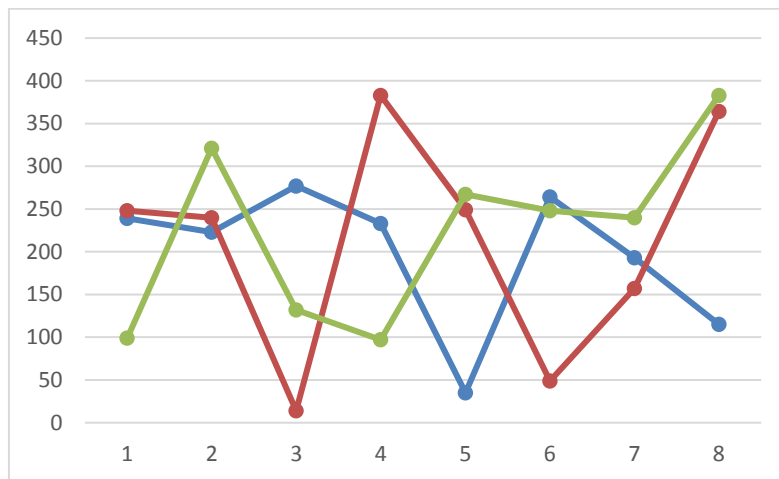
3.3. Pengujian Data Rate

Pengujian data rate dilakukan untuk mengetahui performa paling baik modul transceiver nrf24i01 jika menggunakan data rate 250 Kbps, 1Mbps dan 2 Mbps dan bagaimana jika digunakan auto ack dan bagaimana jika tidak. Dilakukan pengujian data sebesar 256 bytes. Karena payload yang digunakan sebesar 32 bytes, maka data akan dikirimkan dengan 8 kali

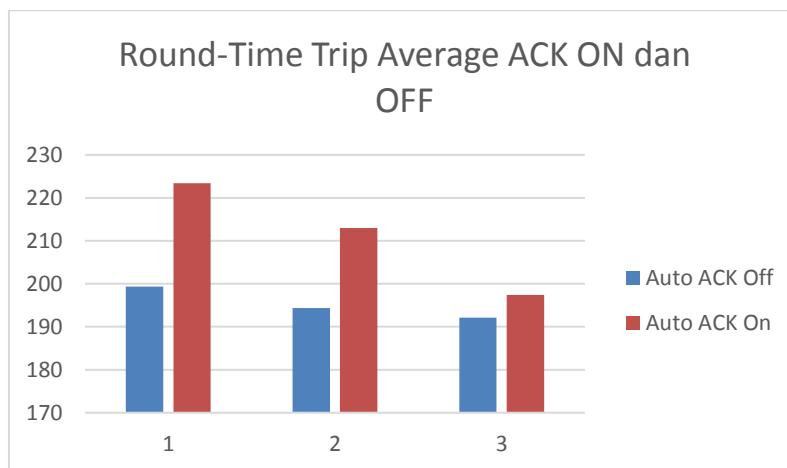
interval. Gambar 13 Merupakan hasil RTT dari jika *autoACK* digunakan, sedangkan gambar 14 adalah ketika *autoACK* tidak digunakan dengan pengujian *datarate* yaitu 250 Kbps, 1 Mbps, dan 2 Mbps. Gambar 15 merupakan hasil perbandingan antar *datarate* yang berbeda dan juga perbedaan antara *autoACK* true dan false.



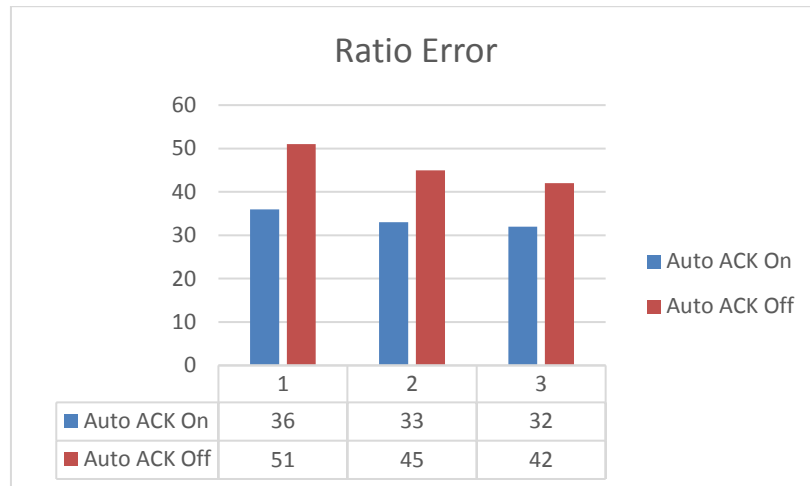
Gambar 13. Round-Time Trip antar node tanpa Auto Ack (256 bytes data)



Gambar 14. Round-Time Trip antar node menggunakan Auto Ack (256 bytes data)



Gambar 15. Perbandingan Average Round-Time Trip antar node jika Auto Ack On/Off



Gambar 16. Perbandingan Error Ratio antar node jika Auto Ack On/Off

Pengujian data rate dilakukan untuk mengetahui performa paling baik modul transceiver nrf24l01 jika menggunakan data rate 250 Kbps, 1Mbps dan 2 Mbps dan bagaimana jika digunakan auto ack dan bagaimana jika tidak. Dilakukan pengujian data sebesar 256 bytes. Karena payload yang digunakan sebesar 32 bytes, maka data akan dikirimkan dengan 8 kali interval. Dari beberapa percobaan yang telah dilakukan, terdapat beberapa hasil yang didapatkan. Didapatkan hasil *sensing* suhu dan kelembaban pada ke 3 *prototype greenhouse*. Hasil tentang percobaan data *rate* pun juga didapatkan, yaitu semakin besar Data Rate yang digunakan ketika pengiriman maka RTT(*Round-Time Trip*) akan semakin kecil. *Error Ratio* pun juga akan semakin kecil jika digunakan Data Rate yang lebih besar. Hanya saja ketika *AutoACK* diaktifkan, maka *Round time trip* tidak akan bisa dibandingkan jika pengiriman hanya dilakukan sekali. Pada gambar 14 dapat dilihat bahwa pengiriman menggunakan data rate 250 Kbps, 1 Mbps, dan 2 Mbps dengan autoACK yang aktif memiliki RTT yang naik turun. Data Rate 2Mbps tidak selalu memiliki RTT paling kecil begitu pula dengan data rate lainnya. Hanya saja jika dihitung rata-rata 8 kali pengiriman data 32bytes (total 256 bytes), maka data rate 2 Mbps memiliki RTT yang lebih kecil. Begitu pula perbandingan pengiriman dengan menggunakan *AutoACK* dan tidak. Penggunaan *autoACK* memiliki RTT dan *Error Ratio* yang lebih tinggi daripada yang tidak menggunakan *AutoACK*.

4. KESIMPULAN

Dari beberapa percobaan yang telah dilakukan, penulis dapat menarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Semakin besar *data rate* yang digunakan ketika pengiriman maka RTT(*Round-Time Trip*) akan semakin kecil. *Error Ratio* pun juga akan semakin kecil jika digunakan Data Rate yang lebih besar. Hanya saja ketika *AutoACK* diaktifkan, maka *Round time trip* tidak akan bisa dibandingkan jika pengiriman hanya dilakukan sekali saja.
2. Dari percobaan yang dilakukan dapat diketahui data rate 2 Mbps memiliki RTT yang lebih kecil. Begitu pula perbandingan pengiriman dengan menggunakan *AutoACK* dan tidak. Penggunaan *autoACK* memiliki RTT dan *Error Ratio* yang lebih tinggi daripada yang tidak menggunakan *AutoACK*.
3. Penjadwalan diketahui dapat menghindari *collision* data pengiriman data.
4. Jarak modul *Transceiver* nRF24l01 memiliki batas maksimal jarak +60 m saat diuji di lapangan.

5. SARAN

Dari Penelitian ini, peneliti merekomendasikan penelitian lanjutan mengenai :

1. Pengujian dilakukan pada Greenhouse asli dan bukan prototype.
2. Bagaimana performa dari nRF24101 jika digunakan pada topologi multi hop.
3. Menambahkan parameter pengujian berupa delay, throughput, dan jitter.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. H. Hussain, D. A. F. Marhoon and D. M. T. Rashid, "Wireless Monitor and Control System for Greenhouse," *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, pp. 69-87, 2013.
- [2] A. Salleh, M. K. Ismail, N. R. Mohamad, M. Z. A. A. Aziz, M. A. Othman and M. H. Misran, "Development of Greenhouse Monitoring using Wireless Sensor Network through ZigBee Technology," *International Journal of Engineering Science Invention*, pp. 06-12, 2013.
- [3] W. Li and S. Kara, "Methodology for Monitoring Manufacturing Environment by Using Wireless Sensor Networks (WSN) and the Internet of Things (IoT)," *Procedia CIRP 61*, pp. 323-328, 2017.
- [4] V. S. Katti and A. C. Pise, "Remote monitoring of Greenhouse Parameters using Zigbee Wireless Sensor Network," *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, pp. 2412-1414, 2014.
- [5] H. S. Nida, M. Faiqurahman and Z. Sari, "Prototype Sistem Multi-Telemetry Wireless Untuk Mengukur Suhu Udara Berbasis Mikrokontroler ESP8266 Pada Greenhouse," *KINETIK*, pp. 217-226, 2017.
- [6] E. Imanningtyas, S. R. Akbar and D. Syauqy, "Implementasi Wireless Sensor Network pada Pemantauan Kondisi Struktur Bangunan Menggunakan Sensor Accelerometer MMA7361," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, pp. 545-554, 2017.
- [7] A. F. S. Rahman and M. W. Kasrani, "MONITORING DAN PENGATURAN PERALATAN LISTRIK PADA BANGUNAN BERKACA DENGAN KONSEP WIRELESS SENSOR NETWORK," *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri 2017*, pp. B16.1-B16.6, 2017.
- [8] D. Kurniawan, A. N. Jati and A. Mulyana, "PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM MONITOR CUACA MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER SEBAGAI PENDUKUNG SISTEM PERINGATAN DINI BANJIR," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 757-763, 2016.
- [9] M. A. Saputro, E. R. Widasari and H. Fitriyah, "Implementasi Sistem Monitoring Detak Jantung dan Suhu Tubuh Manusia Secara Wireless," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, pp. 148-156, 2017.
- [10] B. FAJRIANSYAH, M. ICHWAN and R. SUSANA, "Evaluasi Karakteristik XBee Pro dan nRF24L01+ sebagai Transceiver Nirkabel," *Jurnal ELKOMIKA*, pp. 83-97, 2016.