

Analisa Unjuk Kerja nRF24L01 Pada Komunikasi Multi Hop Dengan Database Lokal

Nicodemus Firman River Hutabarat¹, Regina Sirait², Daniel Halomoan Saragi Napitu³

^{1,2,3} Politeknik Negeri Medan

Jl. Almamater, No. 1 Medan Telp. (061) 8211235, Kode Pos 20155, Indonesia

e-mail: nicodemushutabarat@polmed.ac.id¹, reginasirait@polmed.ac.id², daniel.napitu@polmed.ac.id³

Abstrak— Jaringan sensor nirkabel dengan multi hop meningkatkan luas jangkauan node sensor. Dalam komunikasi tanpa kabel, ada banyak modul transceiver yang dapat digunakan. Pada tulisan ini dipaparkan unjuk kerja nRF24L01 dalam komunikasi multi hop untuk jaringan sensor dengan basis data lokal. Unjuk kerja jaringan dengan transceiver nRF24L01 diuji dengan membangun jaringan sensor dengan basis data lokal. Jaringan sensor akan terdiri dari tiga bagian besar, yaitu: Node sensor, *Node sink* dan basis data lokal. Node sensor terdiri dari dua sensor untuk memindai kondisi lingkungan sekitar, sebuah transceiver nRF24L01 sebagai saluran komunikasi. Node sensor dapat mengirimkan data secara langsung menuju *node sink* atau melalui node sensor lain sebagai perantara. *Node sink* merupakan tujuan akhir semua data pemindaian yang dilakukan oleh node sensor dan akan menyimpan data ke basis data lokal. Unjuk kerja yang dianalisa terdiri dari paket loss, delay pengiriman data, rata-rata waktu pelayanan, masing-masing parameter tersebut diukur dalam konfigurasi jaringan yang berbeda. Konfigurasi yang digunakan antara lain pengiriman data point to point dengan variasi jarak antar node, pengiriman data dengan perantara. Dari hasil pengujian yang dilakukan pengiriman point to point Transceiver nRF24L01+ dapat mengirimkan data sampai dengan 28meter dengan delay rata-rata 9.6. millisecond dan rata-rata paket loss 20%. Pengiriman data dengan 4 hop dengan jarak antar hop 8meter data dari node sensor terjauh dapat diterima oleh *node sink* dengan baik.

Kata kunci : WSN, nRF24L01, Database lokal

Abstract— A wireless sensor network with multi-hop increases the range of sensor nodes. In wireless communication, there are many transceiver modules that can be used. This paper describes the performance of nRF24L01 in multi-hop communication for sensor networks with local databases. Network performance with the nRF24L01 transceiver was tested by building a sensor network with a local database. The sensor network will consist of three major parts, sensor nodes, sink nodes and local databases. The sensor node consists of two sensors to scan for environmental conditions, an nRF24L01 transceiver as a communication channel. The sensor node can send data directly to the sink node or through another sensor node as an intermediary. The sink node is the final destination of all the scanning data performed by the sensor node and will save the data to a local database. The analyzed performance consists of packet loss, data transmission delay, average service time, each of these parameters is measured in a different network configuration. The configurations used include point-to-point data delivery with variations in distance between nodes, data transmission by intermediaries. From the results of the tests carried out point to point transmission Transceiver nRF24L01+ can transmit data up to 28 meters with an average delay of 9.6. milliseconds and an average packet loss of 20%. Sending data with 4 hops with a distance between hops of 8 meters, data from the farthest sensor node can be received by the sink node properly.

Keywords : WSN, nRF24L01, Local Databases

I. PENDAHULUAN

Pada saat-saat ini lazim memanfaatkan beberapa jenis sensor dalam mendeteksi perubahan kondisi-kondisi lingkungan sekitar baik di luar maupun dalam ruangan. Tren perubahan kondisi lingkungan dapat diketahui jika kita memiliki histori perubahan tersebut. Hal ini dapat diwujudkan bila setiap

hasil pendeteksian disimpan sesuai urutan waktu. Penyimpanan data ini dapat dilakukan pada node sensor atau pada sink node. Dalam hal penyimpanan data dilakukan pada *node sink* maka diperlukan pengiriman data dari node sensor menuju *node sink*. Jaringan sensor nirkabel (*Wireless sensor network* – WSN) dapat dimanfaatkan meneruskan data yang diperoleh setiap sensor. Penerapan WSN untuk pengawasan keadaan lingkungan sekitar sensor dapat mengurangi penggunaan kabel tembaga dan memudahkan dalam mengatur posisi sensor.

Topologi *point to point* sensor dapat digunakan untuk membentuk jaringan antar node sensor. Pada topologi ini setiap node sensor terhubung dengan *node sink* secara langsung tanpa perantara. Untuk dapat memperluas daerah cakupan pemantauan node sensor dapat dihubungkan dengan node sensor lain agar dapat meneruskan informasi menuju *node sink* sebagai pengumpulan data. Topologi multi hop akan memungkinkan node mengirimkan data ke *node sink* melalui perantaraan node sensor lainnya untuk meneruskan pesan.

Rancangan jaringan sensor dengan basis data lokal pada *node sink* dapat diperoleh tren data perubahan kondisi lingkungan untuk durasi waktu yang diinginkan. Keberadaan basis data lokal pada sebuah klaster sensor maka akan dapat mengurangi trafik data pada jaringan sensor secara global. Pemantau menyeluruh pada sensor dapat dilakukan melalui sinkronisasi *node sink* dengan pusat pengawasan. Penelitian memaparkan unjuk kerja transceiver nRF24L01 dalam jaringan sensor dengan basis data lokal. Pada penelitian ini dibangun sistem jaringan sensor multihop dimana pada *node sink* ditanamkan basis data lokal.

Pada penelitian Analisis Kinerja Pengiriman Data Modul *Transceiver* NRF24L01, Xbee dan Wi-Fi ESP8266 Pada *Wireless Sensor Network* [1] membandingkan kinerja nRF24, Xbee dan esp 8266, pada penelitian ini dilakukan perancangan dan mengukur delay pengiriman data antar dua node sensor secara peer to peer. Penelitian ini dilakukan pada jaringan multi hop. Pada publikasi Aplikasi *Wireless Sensor Network* untuk Sistem Monitoring dan Klasifikasi Kualitas Udara [2] menggunakan *transceiver* nRF24 untuk mengirimkan data pengukuran sensor menuju *node sink* dan *node sink* meneruskannya menuju basis data komputer server melalui jaringan Wi-Fi, pada penelitian ini pengiriman data sensor hanya dilakukan secara point to point. Evaluasi Karakteristik Xbee Pro dan nRF24L01+ sebagai *Transceiver* Nirkabel [3] melakukan analisa karakteristik nRF24 dan Xbee Pro dengan pengujian data *rate*, *streaming* data dan *round time trip point to point* dimana nRF24 lebih unggul dalam evaluasi data *rate*, stabilitas dan toleransi.

Pada penelitian dilakukan, penulis melakukan analisa unjuk kerja pada jaringan sensor yang terdiri dari lebih dari dua node sensor yang melakukan pengukuran data untuk mengetahui tren perubahan lingkungan. Kinerja jaringan diuji dengan beberapa parameter, diantaranya: delay pengiriman data, *packet loss*, data *rate*, pengaruh jarak. Pada *node sink* juga ditambahkan basis data untuk penyimpanan tren data sensor.

II. STUDI PUSTAKA

A. Sensor

Mengumpulkan informasi tentang bentuk fisik atau proses termasuk perubahan yang terjadi dapat dilakukan dengan mendeteksi. Sensor merupakan alat yang dapat melakukan tugas deteksi. Tubuh manusia dilengkapi dengan sensor yang mampu mengumpulkan informasi dari lingkungan, seperti cahaya (mata), suara (telinga) dan aroma (hidung). Dalam perspektif Teknik, sensor adalah perangkat yang dapat menterjemahkan parameter atau kejadian di alam menjadi sinyal yang dapat diukur dan di Analisa. Fenomena di alam diobservasi oleh sensor yang dapat diterjemahkan menjadi sinyal listrik. Sering sekali sinyal yang dihasilkan tidak langsung dapat diproses, perlu melewati beberapa tahapan untuk dapat diolah.

Pemilihan sensor akan tergantung pada karakteristik fisik yang akan di monitor seperti suhu, tekanan, cahaya, atau kelembapan. Selain karakter fisisnya sensor dapat diklasifikasikan berdasarkan metode, seperti perlu tidaknya daya dari luar. Jika perlu daya eksternal disebut sensor aktif, sensor ini harus diberi energi untuk men-trigger respon atau mendeteksi perubahan energi, sensor pasif mendeteksi energi pada sekitar, seperti *Passive Infrared* (PIR) mengukur radiasi *infrared* yang diradiasikan oleh sebuah objek [4].

Pada penelitian ini digunakan beberapa sensor ditambahkan sebagai sumber informasi, diantaranya:

a. Saklar sensor magnet MC-38

Saklar sensor magnet merupakan yang bekerja dengan prinsip kerja magnet. Sensor magnet terdiri dari dua plat logam dengan terdapat gap sangat kecil diantaranya. Ketika diberi atau didekatkan dengan medan magnet kedua logam termagnetisasi. Saat termagnetisasi kedua logam terjadi kontak sehingga saklar terhubung singkat atau closed circuit. Pada saat tidak terdapat medan magnet kontak antara lempeng logam terpisah sehingga saklar terbuka atau open circuit.

Saklar sensor magnet ini dapat digunakan pada pintu sebagai pendeteksi pintu dalam keadaan terbuka atau tertutup. Sensor ini dapat dihubungkan dengan rangkaian atau mikrokontroler sebagai pemicu. Sensor magnet MC-38 ditampilkan pada gambar 1

b. Sensor suhu - DTH11

B. Jaringan Sensor Nirkabel

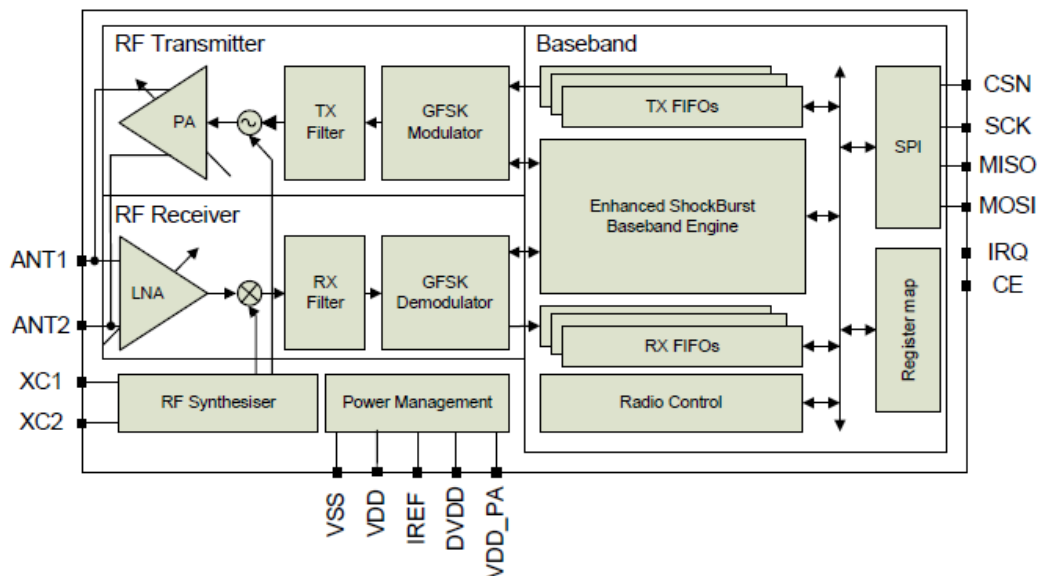
WSN merupakan jaringan perangkat pendeteksi yang dilengkapi dengan pemancar radio dan dimanfaatkan untuk monitoring dan/atau pengaturan otomatis [4]. Setiap perangkat (node) berkomunikasi/mengirim data melalui node disekitarnya agar sampai pada pusat pengumpulan informasi. Pada umumnya node WSN terdapat sensor untuk mendeteksi lingkungan sekitar, tergantung lingkungan yang akan diamati misalnya suhu, getaran, tekanan, suara, kelembapan, intensitas cahaya, dll [5].

Kemampuan WSN akan sangat bervariasi, node sensor sederhana mampu memonitor sebuah keadaan lingkungan. Jaringan sensor yang kompleks dapat terdiri dari beberapa jenis sensor, jenis komunikasi yang berbeda, kemampuan data rate maupun latensi yang berbeda-beda.

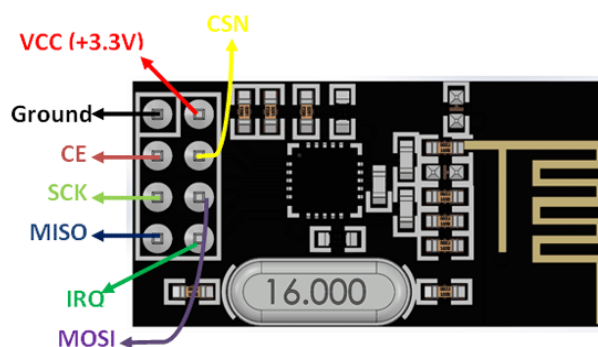
C. Transceiver nRF24L01

nRF24L01+ merupakan transceiver 2.4GHz chip tunggal dengan protokol baseband tertanam. nRF24L01+ sangat sesuai untuk digunakan pada perangkat nirkabel dengan daya sangat kecil. nRF24L01+ dirancang agar bekerja pada frekuensi ISM di pita 2.4-2.4835 GHz. nRF24L01+ dapat digunakan bantuan mikrokontroler.

nRF24L01+ dapat diatur dan dioperasikan melalui Serial Peripheral Interface (SPI). SPI dapat digunakan untuk mengakses peta register yang berisi semua register pengaturan pada nRF24L01+ dan dapat diakses pada semua mode operasi pada chip. nRF24L01+ menggunakan modulasi Gaussian Frequency Shift Keying (GFSK) sebagai front end radio dimana parameter seperti kanal frekuensi, daya pancar dan data rate-nya dapat diatur oleh user. Data rate yang dapat digunakan diantaranya 250 kbps, 1 Mbps, dan 2 Mbps [6].



Gambar 1. Block Diagram nRF24L01



Gambar 2. nRF24L01

Pada gambar 1 ditampilkan block diagram chip nRF24L01. nRF24L01 terdiri dari dua bagian besar yaitu bagian radio frequency (RF) dan bagian baseband. Blok RF terdiri dari pemancar dan penerima dengan modulasi GFSK. Pemancar GFSK terdiri dari modulator yang memodulasi sinyal *baseband* kemudian difilter kemudian dimultiplikan dengan RF synthesiser sebelum dikuatkan dengan *power amplifier*. Sinyal yang telah dikuatkan kemudian dipancarkan melalui antenna. Penerima GFSK akan menerima sinyal dari antenna kemudian dilakukan diupayakan ke *Low Noise Amplifier* (LNA). Sinyal dari LNA dimixer dengan sinyal dari RF synthesiser sebelum difilter pada RX filter dan didemodulasi kemudian diteruskan ke bagian baseband.

Bagian baseband terdiri dari buffer TX FIFO dan RX FIFO, Enhanced ShockBurst Baseband Engine, Radio Control, SPI dan Register map. Buffer TX FIFO dan RX FIFO dengan sistem *First In First Out* (FIFO) dimana data dari TX akan diberikan ke modulator untuk di pancarkan dan data yang di terima demodulator akan disimpan di buffer RX FIFO. *Enhanced ShockBurst* merupakan lapisan link data berbasis data paket. Fitur Enhanced ShockBurst melakukan penggabungan paket, timing, acknowledgement dan *re-transmission* packet otomatis. Fitur ini juga mengimplemantasikan komunikasi dengan performa tinggi dengan daya sangat rendah dengan host mikrokontroler (Nordic, 2007). *Radio Control* berfungsi untuk mengatur proses radio *transceiver*. *Register Map* berfungsi untuk konfigurasi dan pengaturan chip radio melalui akses SPI. Modul nRF24L01 ditunjukkan pada gambar 2.

D. MySQL

MySQL merupakan *database management system* yang menggunakan perintah dasar SQL atau *Structured Query Language*. MySQL merupakan sistem management basis data yang *open-source* yang terdiri dari dua lisensi *free software* dan *shareware*. Server database MySQL dapat digunakan gratis dengan lisensi GNU GPL (*General Public License*).

MySQL adalah database *Relational Database Management System* (RDBMS) dimana SQL merupakan bahasa yang digunakan pengoperasian databasenya. MySQL sendiri merupakan pengembangan dari proyek UNIREG yang dilakukan oleh perusahaan perangkat lunak dari Swedia TcX, Michael Monty Widenius dan David Hughes, dan sekarang berada dibawah *Oreacle* dalam pengembangan.

Berberapa kelebihan dan kekurangan MySQL diantaranya; dapat diintegrasikan dengan pemograman lain, dapat bekerja dengan RAM yang kecil, dapat digunakan dan diakses secara bersamaan oleh beberapa pengguna, merupakan perangkat lunak *Open Source*, struktur tabelnya fleksibel, dan aman. Sedangkan untuk kekurangannya sulit dalam pengelolaan database besar, dan kurangnya teknikal *support*.

III. METODE

Metode pada penelitian ini merupakan perancang pengujian unjuk kerja sistem jaringan sensor nirkabel dengan transceiver nRF24L01 dengan sink sebagai database data dari sensor.

A. Sistem Jaringan Sensor nRF24L01+

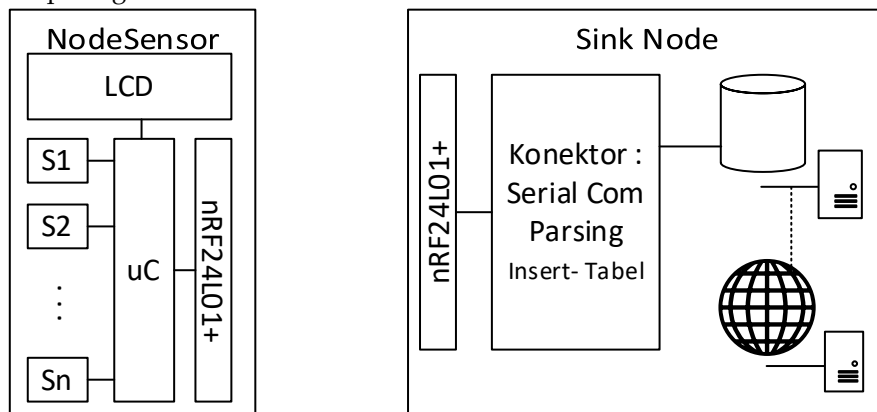
Pada penelitian ini dibangun *sink sensor* yang dilengkapi database data dari sensor. *Node sink* dapat diakses dari luar jaringan nRF24L01+ untuk mengamati kondisi disekeliling sensor. Kinerja nRF24L01+ akan diuji melalui sistem jaringan sensor jaringan nirkabel yang telah dibangun.

Node sensor merupakan mikrokontroler yang dilengkapi sensor untuk mendeteksi kondisi lingkungan. Sensor yang disematkan dapat disesuaikan sesuai kebutuhan pemindaian. Pada penelitian ini disematkan dua sensor, yaitu sensor DTH11 dan sensor MD-38. Node sensor juga dilengkapi dengan sebuah LCD OLED untuk menampilkan nilai hasil pengukuran sensor. Transceiver nRF20L01+ berguna untuk mengirim informasi yang diperoleh ke *node sink*. Data dari sensor dikirim secara langsung ke *node sink* atau melalui node sensor yang juga perantara. *Node sink* akan menyimpan data yang diperoleh dari setiap node sensor pada database *sink*.

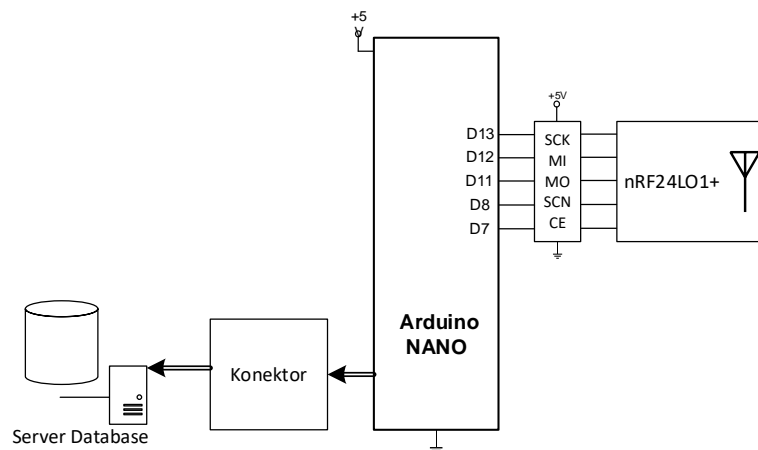
Pada penelitian ini dilakukan pengujian sistem pada bagian-bagian sistem yang terdiri dari: pengujian *sensor node*, *node sink* dan performa jaringan yang digunakan. Pengujian performa jaringan dilakukan dengan mengukur beberapa parameter diantaranya adalah paket loss, daya terima, dan pengaruh kecepatan pengiriman data. Pengukuran dilakukan antar node sensor.

B. Sink Node

Pada penelitian akan dirancang sistem jaringan sensor dengan sebuah *sink* dengan database lokal. Rancangan sistem ditunjukkan pada gambar 3. Jaringan sensor nirkabel menggunakan *transceiver* nRF24L01+ untuk media transmisi data. *Sink* berkomunikasi dengan node sensor dengan modul nRF20L01+, *sink* menerima data pengukuran sensor dan menyimpan data dalam basis data. Basis data dapat diakses untuk mengetahui tren perubahan kondisi lingkungan disekitar sensor. Rangkaian *Node sink* ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 3. Sistem Jaringan Sensor Nirkabel nRF24L01+ dengan Database



Gambar 4. Rancangan Node Sink

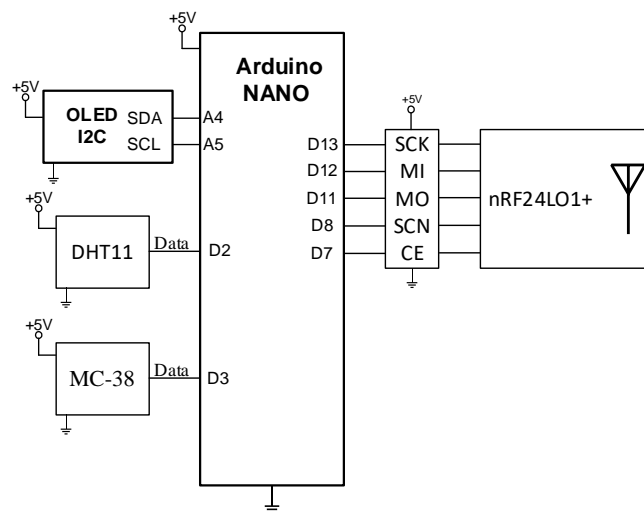
Transceiver nRF24L01+ menerima sinyal informasi dari node sensor berupa data hasil pengukuran. Data yang diterima terdiri dari node sumber, data id, data *payload*, node tujuan. Data payload ini terdiri dari data hasil pengukuran sensor. Arduino nano akan menerima data dari nRF24L01+ yang terhubung melalui saluran SPI. Saluran SPI antara mikrokontroler terhubung melalui pin sck, miso, mosi, scn dan ce yang masing-masing pin D13, D12, D11, D8, dan D7.

Data yang diterima oleh arduino nano akan diparsing untuk memecah paket menjadi informasi node sumber, data id, data payload, node tujuan. Informasi ini akan diteruskan ke konektor berupa komunikasi serial dan software pengatur data serial dan menambahkan data ke basis data. Pada konektor data yang diterima dari serial akan di parsing seperti yang ditampilkan pada gambar 4.

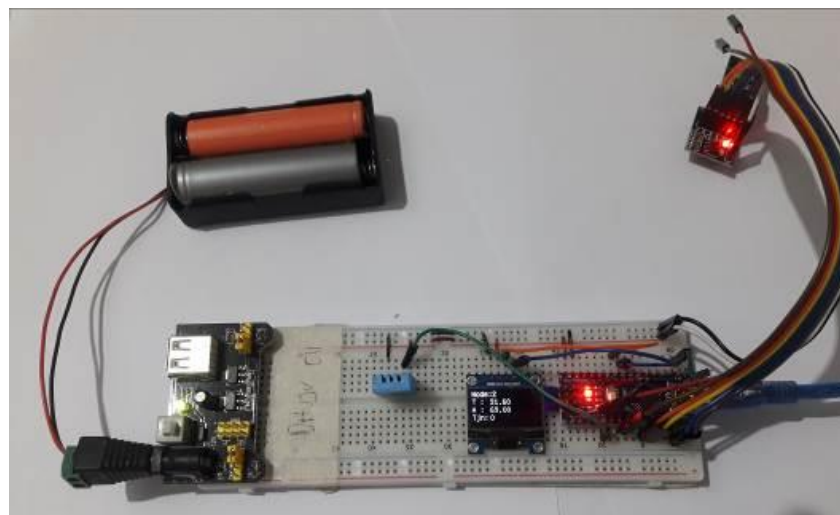
C. Node Sensor

Node sensor pada penelitian ini terdiri dari arduino nano sebagai kontroler, nRF24L01+ berfungsi sebagai media komunikasi, OLED LCD digunakan untuk menampilkan hasil pemindaian lingkungan. Node sensor pada penelitian ini disematkan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembapan; dan MC-38 untuk mendeteksi kondisi pintu sebagai data yang diteruskan ke *node sink* untuk dimasukkan ke basis data.

Rancangan node sensor ditunjukkan pada gambar 6. Kontroler arduino nano yang menerima data dari nRF24L01+ terhubung melalui saluran SPI. Saluran SPI antara mikrokontroler terhubung melalui pin sck, miso, mosi, scn dan ce yang masing-masing pin D13, D12, D11, D8, dan D7.



Gambar 5. Rancangan Node Sensor



Gambar 6. Prototipe Rangkaian Sensor

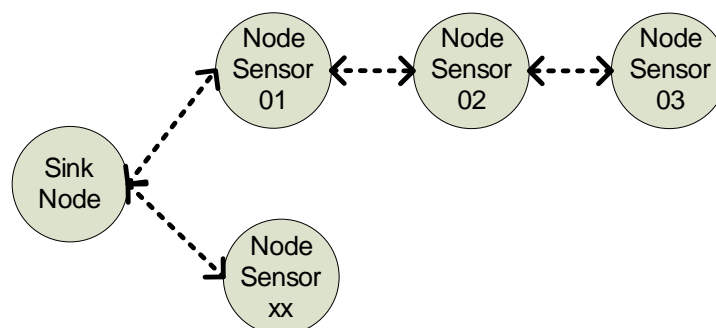
LCD OLED untuk menampilkan informasi dihubungkan melalui saluran I2S dengan koneksi antar LCD dan kontroler melalui port SDA dan SCL (A4 dan A5). Untuk sensor terhubung masing-masing pada pin D2 untuk DHT11 dan pin D3 MC-38.

Node sensor dikontrol oleh kontroler untuk memperoleh data dari sensor yang disematkan pada node sensor seperti pada gambar 6. Data yang diperoleh dari sensor oleh kontroler diproses untuk diperoleh nilai pengukuran dan ditampilkan pada LCD OLED sebagai tampilan lokal. Program untuk mengambil informasi suhu, kelembapan dan tampilan ke LCD ditampilkan pada list program 1.

Selain mengontrol penanganan pemindaian informasi dari sensor dan tampilan pada layar LCD, kontroler pada node sensor juga melakukan pengecekan jaringan. Pengecekan jaringan sensor dilakukan untuk memonitor data yang diterima pada transceiver. Node sensor akan melakukan identifikasi node sensor tujuan data. Apabila node tujuan data sama dengan node penerima maka paket data akan diterima dan diambil informasinya. Pada penelitian ini setiap node sensor hanya bertugas untuk memindai sensor dan meneruskan ke *node sink*. Apabila transceiver node sensor menerima data dengan node tujuan tidak sama node penerima maka data akan diteruskan ke node selanjutnya.

D. Jaringan Sensor

Pada penelitian ini setiap *node* membentuk jaringan sensor dalam mengumpulkan data hasil pemindaian. Implementasi topologi jaringan node sensor digambarkan pada gambar 7. Node sensor terhubung dalam jaringan multi-hop. Pada jaringan, node sensor 03 tidak dapat mengirim data secara langsung ke *node sink* karena jarak. Data dari node sensor 03 terlebih dahulu akan terkirim ke node sensor 02 kemudian ke node sensor 01 dan ke *node sink*. Topologi jaringan sensor ditampilkan pada gambar 7.



Gambar 7. Topologi Jaringan Sensor

E. Unjuk Kerja

Dalam pengujian sistem dilakukan pengambilan data sebagai bahan Analisa kinerja sistem. Data yang diambil berupa delay, paket lost untuk setiap jarak tertentu node. Beberapa skema pengambilan data pengujian dilakukan pada penelitian ini. Skema pengambilan data komunikasi peer to peer 2 (dua) node sensor dengan variasi jarak, komunikasi 3 (tiga) node sejajar, dan 4 (empat) node. Pada skema pengukuran tiga dan empat node data dikirim melalui node perantara.

Analisa data dilakukan dengan melakukan pengamatan pengaruh posisi setiap node terhadap delay, dan paket lost. Pengamatan ini akan memberi gambaran unjuk kerja jaringan sensor dengan transceiver nRF24L01+, sehingga memberikan desain optimal dalam implementasi jaringan dengan nRF24L01+.

Pengukuran pengiriman data dilakukan dengan mengirim paket secara berulang dari node pengirim dan membandingkan dengan jumlah data yang diterima pada penerima. Perhitungan packet loss sesuai persamaan (1):

$$PacketLoss = \frac{paket\ terkirim - paket\ diterima}{paket\ terkirim} \times 100\% \quad (1)$$

Pengukuran delay dilakukan dengan mengirim paket ke node tujuan dan menunggu balasan dari node tujuan. Selisih waktu data terkirim dan menerima balasan dihitung sebagai delay yang dirumuskan pada persamaan (2).

$$delay = waktu\ terima - waktu\ terkirim \quad (2)$$

Respon ack dihitung dari selisih waktu paket dikirim dan ack dari node tujuan diterima oleh node pengirim. Respon Ack di hitung dengan formula (3). Dan waktu pelayanan merupakan waktu yang dibutuhkan oleh node mengolah informasi yang diterima dan memberi respon terhadap pesan. Waktu pelayanan diformulasikan seperti pada persamaan (4).

$$\begin{aligned} \text{Respon Ack} &= \text{Waktu Ack diterima} (ms) - \text{waktu paket terkirim} (ms) & 3) \\ \text{waktu pelayanan} (ms) &= \text{waktu balasan diterima} (ms) - \text{respon ack} (ms) & 4) \end{aligned}$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran dilakukan dengan mengirimkan data dari node sensor menuju *node sink* tanpa melalui perantara. Node sensor mengirimkan data dan akan segera dibalas oleh *node sink*. Hasil pengukuran single hop yang dilakukan ditampilkan pada tabel 5. Dari tabel 5 dengan jarak pengukuran terdekat yang dilakukan 5meter delay pengiriman data rata-rata sebesar 5.93 mili second, dan dengan jarak terjauh pengukuran 28meter delay rata-rata sebesar 9.64 ms. Berdasarkan tabel ini juga dapat dilihat bahwa jarak mempengaruhi delay dari pengiriman data. Semakin jauh jarak antar node maka delay pengiriman data semakin besar.

Rata-rata waktu *node sink* atau node tujuan merespon dengan ack juga dapat dilihat pada tabel 5. Rata-rata waktu yang dibutuhkan node tujuan membalas ack bernilai 2.9 ms untuk jarak 5m dan 7.49 ms dengan jarak 28 m.

Rara-rata waktu pelayanan node tujuan sebelum mengirimkan data balasan adalah 3 ms sampai dengan 4 ms seperti yang ditampilkan pada tabel 5. Berdasarkan tabel 5 juga dapat diketahui bahwa rata-rata packet lost adalah 0 % pada jarak 5 m sampai dengan 20 m. Pada jarak antar node 23m terjadi packet lost sebesar 8 % dan meningkat seiring bertambahnya jarak antar node, yaitu 10 % dan 20% masing-masing pada jarak 25m dan 28m. Pengukuran pengiriman data dilakukan sampai jarak 28m karena paket lost yang sudah tinggi.

Tabel 1. Performa Pengiriman Data

Jarak Node (m)	Delay (ms)	Ack (ms)	Pelayanan (ms)	Packet loss (%)
5	5.93	2.9	3.03	0
8	6.43	4.1	3.26	0
10	6.51	3.67	3.06	0
13	6.52	3.68	3.1	0
15	6.72	3.87	3.04	0
18	7.44	4.84	3.08	0
20	7.24	4.94	3.03	0
23	8.73	8.12	3.5	8
25	8.74	7.24	3.52	10
28	9.64	7.49	4.07	20

A. Pengukuran Multi Hop

Tabel 6 menampilkan hasil pengujian data melalui 1 hop, 2 hop, 3 hop dan 4 hop. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata delay yang pengiriman paket meningkat berbanding lurus dengan jumlah hop pengiriman data. Delay pengiriman data untuk 1 hop dengan jarak antar hop 8meter adalah 6.34 ms. Dengan jarak antar hop 8meter delay pengiriman data untuk 2 hop, 3 hop dan 4 hop masing-masing 11.43 ms, 12.96 ms, 17.34 ms.

Tabel 2. Pengiriman Data Multi Hop

No Hop	Delay (ms)	Ack (ms)	Pelayanan (ms)	Packet loss (%)
1	6.43	4.1	3.26	0
2	11.43	5.6	5.92	0
3	12.96	7.84	5.5	0
4	17.34	16.73	9.9	0

B. Jaringan Sensor

Pengamatan pengiriman data dilakukan dengan mengirim data dari node sensor menuju *node sink* dengan alamat node 00. Pada tabel 7 ditunjukkan hasil pengamatan pengiriman data dari node sensor ke *node sink*. Pada pengamatan node 01 dan node 02 mengirim data secara langsung menuju *node sink*

tanpa perantara data dapat terkirim ke *node sink*. Pada pengamatan node 011 mengirim data ke node 00 dengan perantara node 01 data dapat diterima, sedangkan tanpa perantara node 01 pengiriman data dari node 011 menuju *node sink* tidak dapat terjadi. Pengiriman data menuju *node sink* dari node 0111 juga harus melalui node perantara node 01 dan node 011, apabila salah satu dari node perantara diaktif maka data tidak dapat terkirim.

Tabel 3. Jalur Pengiriman Data

No.	Node Sumber	Perantara	Sink (00)
1	Node 01	-	Data Diterima
2	Node 011	Node 01	Data Diterima
3	Node 011	-	Data tidak diterima
4	Node 0111	Node 01, Node 011	Data Diterima
5	Node 0111	-	Data tidak diterima
6	Node 02	-	Data Diterima

C. Database Server

Data pemindaian kondisi lingkungan node sensor yang dikirimkan menuju node sink akan disimpan di basis data. Data diterima pada sink ditampilkan pada gambar 8. Setiap data yang diterima oleh *transceiver* node sink diparsing oleh kontroler node sink kemudian diteruskan ke konektor basis data. Konektor database akan meng-insert data yang diterima ke basis data. Pada basis data informasi disimpan dengan penanda waktu data diterima dan ditambahkan ke basis data.

Pada gambar 9 ditampilkan data informasi hasil pemindaian node sensor pada basis data. Kolom tanggal pada basis data merupakan penanda waktu setiap informasi dimasukkan ke basis data sekaligus menjadi tren waktu kondisi lingkungan sensor. Kolom *node_id* merupakan id node sensor sumber data terkirim. Sedangkan kolom kelembapan, suhu, dan pnt masing-masing hasil pemindaian kondisi kelembapan, suhu dan kondisi sensor pintu dimana sensor ditempatkan.

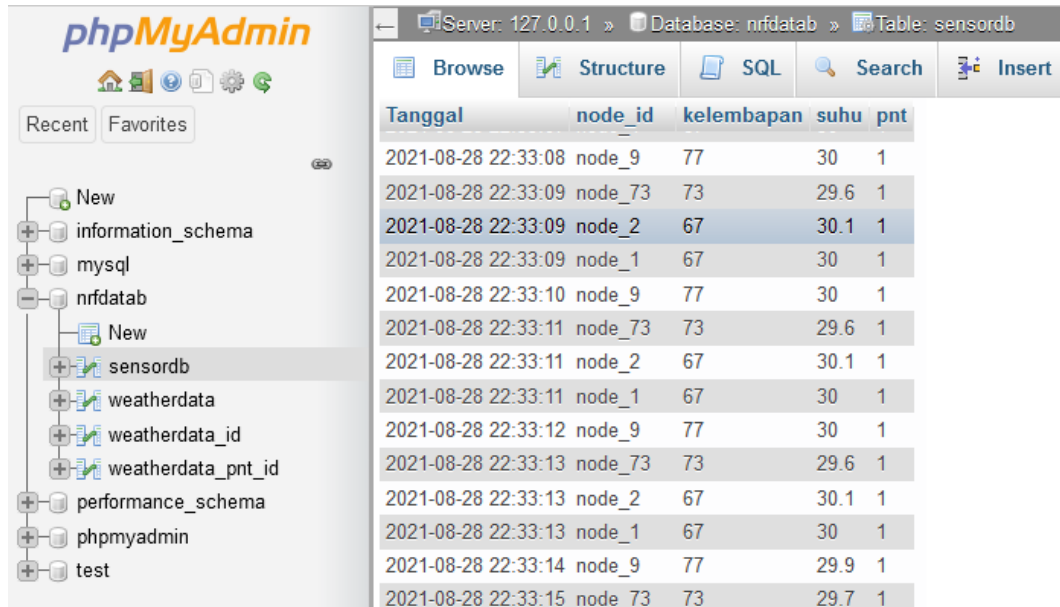


```

Command Prompt - serialtodatabase_20210828_3_sensor.py
node_9,91,77.00,29.90,1
Node_ID : node_9 Humidity : 77.00 , Temperatur : 29.90 , pnt : 1
node_73,6,73.00,29.70,1
Node_ID : node_73 Humidity : 73.00 , Temperatur : 29.70 , pnt : 1
node_2,18,67.00,30.10,1
Node_ID : node_2 Humidity : 67.00 , Temperatur : 30.10 , pnt : 1
node_1,96,67.00,30.20,1
Node_ID : node_1 Humidity : 67.00 , Temperatur : 30.20 , pnt : 1
node_9,92,77.00,30.00,1
Node_ID : node_9 Humidity : 77.00 , Temperatur : 30.00 , pnt : 1

```

Gambar 8. Data diterima Sink



Tanggal	node_id	kelembapan	suhu	pnt
2021-08-28 22:33:08	node_9	77	30	1
2021-08-28 22:33:09	node_73	73	29.6	1
2021-08-28 22:33:09	node_2	67	30.1	1
2021-08-28 22:33:09	node_1	67	30	1
2021-08-28 22:33:10	node_9	77	30	1
2021-08-28 22:33:11	node_73	73	29.6	1
2021-08-28 22:33:11	node_2	67	30.1	1
2021-08-28 22:33:11	node_1	67	30	1
2021-08-28 22:33:12	node_9	77	30	1
2021-08-28 22:33:13	node_73	73	29.6	1
2021-08-28 22:33:13	node_2	67	30.1	1
2021-08-28 22:33:13	node_1	67	30	1
2021-08-28 22:33:14	node_9	77	29.9	1
2021-08-28 22:33:15	node_73	73	29.7	1

Gambar 9. Tampilan Database

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan *transceiver* nRR24L01+ pada jaringan sensor nirkabel dapat bekerja untuk mengirimkan data hasil pemindaian sensor yang dikontrol oleh sebuah kontroler. Hasil pengukuran kinerja pengiriman data *Transceiver* nRR24L01+ dapat mengirimkan data sampai dengan 28 meter dengan delay rata-rata 9.6. millisecond dan rata-rata *packet loss* 20%. Untuk pengiriman data dengan jarak kurang dari 20 meter *packet loss* adalah 0 %. Pengiriman data dengan 4 hop dengan jarak antar hop 8 meter data dari node sensor terjauh dapat diterima oleh *node sink* dengan baik. Dari hasil pengujian unjuk kerja dimungkinkan implementasi jaringan multi hop dengan radius 80 meter dari pusat *node sink* pada ruang tertutup. Data yang diterima oleh *node sink* dari node sensor dapat disimpan pada basis data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Shobrina, U.J., R. Primananda, and R. Maulana, *Analisis Kinerja Pengiriman Data Modul Transceiver NRF24L01, Xbee dan Wifi ESP8266 Pada Wireless Sensor Network*. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, 2017. **2**(4): p. 1510-1517.
- [2] Arya, T.F., M. Faiqurahman, and Y. Azhar, *Aplikasi Wireless Sensor Network untuk Sistem Monitoring dan Klasifikasi Kualitas Udara*. Jurnal Sistem Informasi, 2018. **14**(2): p. 74-82.
- [3] Fajriansyah, B., M. Ichwan, and R. Susana, *Evaluasi Karakteristik XBee Pro dan nRF24L01+ sebagai Transceiver Nirkabel*. Jurnal Elkomika, 2016. 4.
- [4] Dargie, W. and C. Poellabauer, *Fundamentals of Wireless Sensor Networks: Theory and Practice*. 2011.
- [5] Guerrieri, A., G. Fortino, and W. Russo, *An Evaluation Framework for Buildings-Oriented Wireless Sensor Networks*. 2014 14th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing, 2014: p. 670-679.
- [6] Nordic, S., *nRF24L01 Single Chip 2.4GHz Transceiver Product Specification*. 2007.