

PENGUKURAN JANGKAUAN JARINGAN SENSOR NIRKABEL MULTIHOP PADA PEMANTAUAN SUHU DAN KELEMBABAN

Faqih Rofii, Fachrudin Hunaini, Devinta R.A. Hadi
Fakultas Teknik Universitas Widyagama Malang

faqih@widyagama.ac.id, fachrudin_H@widyagama.ac.id, devinta@widyagama.ac.id

ABSTRAK. Pengiriman data pada jaringan sensor nirkabel (JSN) seringkali mengalami gangguan akibat terputusnya komunikasi antar node dan juga banyaknya penghalang. Salah satu cara yang digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menerapkan model komunikasi multihop. Multihop adalah sistem komunikasi yang melibatkan beberapa perangkat antara seperti router untuk meneruskan atau mengirimkan data informasi hasil pemantauan dari node slave menuju node master melalui node-node sensor terdekat di sekitarnya. Komunikasi pada JSN ini menggunakan modul wireless nRF24L01 dengan mode adhoc dilengkapi dengan sensor suhu dan kelembaban. Beberapa skenario pengujian untuk mengukur jangkauan JSN ini telah dilakukan pada kondisi terdapat penghalang dan tanpa penghalang dengan menggunakan satu master node dan tiga slave node. Hasil dari pengukuran menunjukkan bahwa jarak jangkauan maksimal mencapai 100 meter. Pada kondisi didalam ruangan kemampuan perangkat JSN berkurang hingga $\pm 61\%$ karena adanya penghalang berupa dinding.

Kata Kunci: *Wireless Sensor Network; Multihop; Adhoc Network; Communication Range*

PENDAHULUAN

Jaringan sensor nirkabel atau Wireless Sensor Network (WSN) merupakan teknologi yang terus berkembang, karena mempunyai aplikasi potensial di bidang pengawasan, pemantauan lingkungan, transportasi, kesehatan, militer dan manajemen bencana. Sebuah WSN memantau suatu lingkungan melalui sensing sifat-sifat fisiknya. WSN adalah sebuah jaringan yang murah dan otonom serta berfungsi untuk mendapatkan, mengolah dan mengirimkan data sensorik ke base transceiver station (BTS) melalui media nirkabel (Sohraby et al., 2007). WSN terbentuk dari kumpulan titik-titik sensor yang sangat banyak dan tersebar tidak beraturan dalam suatu area yang disebut sensor field. Tiap node sensor memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data dan berkomunikasi dengan node sensor lainnya. Keunggulan dari JSN ini adalah mempunyai daya jangkau yang lebih luas, akurat dan juga harga yang lebih murah. Tetapi memiliki kelemahan yaitu sering terjadi losses pada saat pengiriman data dikarenakan cakupan area yang luas dengan terdapat banyak penghalang (Febriyanto et al., 2010). Salah satu cara untuk mengurangi losses komunikasi pada JSN adalah dengan sistem komunikasi multihop (Hoymann et al., 2006).

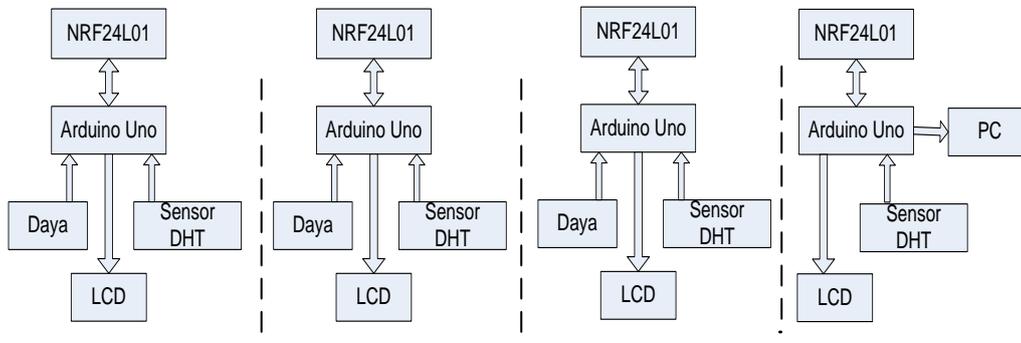
Beberapa penelitian JSN yang terkait dengan model komunikasi multihop menggunakan media antara atau router untuk menghubungkan antar node dalam suatu area (Ahmed and Faisal, 2008; Singh et al., 2010). Pada ini sistem komunikasi yang dibangun didasarkan pada jaringan adhoc, sehingga node-node yang ada dapat digunakan untuk mengirimkan sekaligus menghubungkan dengan node yang lain tanpa tipe konfigurasi jaringan dalam kondisi tanpa penghalang dan dengan penghalang, baik indoor maupun outdoor.

Node-node pada JSN bertugas untuk mengumpulkan data hasil pantauan dan mengirimkan data tersebut ke pusat data, misal suhu, tekanan udara, kelembapan udara dan beberapa parameter lingkungan lainnya (Adiptya and Wibawanto, 2015). Sensor node tersebut diletakkan ditempat-tempat berbeda untuk memantau kondisi suatu plan. Pada penelitian ini, menggunakan perangkat nirkabel nRF24L01, baik sebagai master node maupun slave node. nRF24L01 adalah sebuah modul yang memanfaatkan gelombang radio pada frekuensi 2,4 GHz ISM (Industrial, Scientific and Medical) dan menggunakan antarmuka SPI untuk berkomunikasi. Tegangan kerja dari modul ini 5V DC, lebih kecil dibandingkan daya yang dibutuhkan perangkat nirkabel lain. Perangkat ini memiliki true ULP solution memungkinkan daya tahan baterai berbulan atau bertahun-tahun. Selain itu, pada data rate 2 Mbps, nRF24L01 dicapai kecepatan maksimal yaitu 68 Kbps dan dapat mentransmisikan lebih cepat dari modul wireless lainnya, misalnya Xbee (Fajriansyah et al., 2016)

METODE PENELITIAN

Rancangan Skema Sistem Komunikasi JSN Multihop

Sistem komunikasi JSN multihop yang dikembangkan terdiri dari 4 node, yaitu 1 node sebagai master node yang terhubung langsung dengan komputer dan 3 node slave yang digunakan untuk komunikasi dan mengumpulkan data (sensor). Node master terdiri dari arduino Uno R3, mikrokontroler ATmega328P, Nrf24L01, LCD dan komputer. Sedangkan slave node terdiri dari Arduino Uno R3, mikrokontroler ATmega328P, Nrf24L01, sensor suhu dan kelembaban (DHT 11), LCD dan daya sebagaimana pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan skema sistem komunikasi JSN multihop

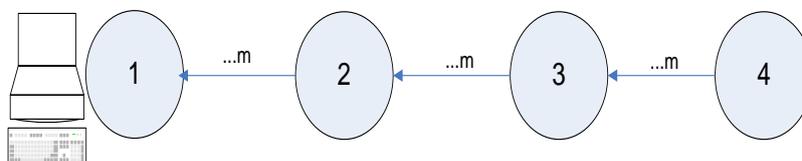
Mode transmisi komunikasi ini adalah *half-duplex*, artinya master dan slave node akan saling berkomunikasi secara bergantian, yaitu ketika master node sedang mengirimkan data maka slave node akan berfungsi hanya sebagai penerima, begitu juga sebaliknya. Master node berlaku sebagai pengatur jalannya komunikasi dimana pada kondisi *default* master node akan selalu meminta data ke node slave 1, dan menunggu respon dari slave node 1 selama maksimal 30 detik, jika tidak ada respon dari slave node 1 maka master node akan meminta kembali data ke slave node 1 hingga mendapat respon balik. Topologi jaringan komunikasi yang dibangun pada sistem komunikasi JSN multihop ini adalah topologi mesh, bus dan bintang.

Skenario Pengukuran Jangkauan Komunikasi JSN Multihop

Model ini bertujuan untuk menghasilkan pengukuran jangkauan komunikasi JSN multihop pada berbagai topologi jaringan, pada kondisi tanpa penghalang dan dengan penghalang di antara node-nodenya dan ditempatkan pada indoor dan outdoor.

a. Skenario 1. Topologi bus tanpa penghalang pada kondisi outdoor

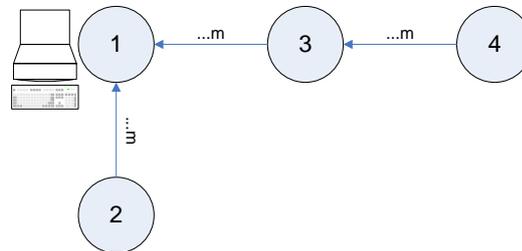
Pada skenario 1, node master dan node slave ditempatkan pada suatu ruang terbuka tanpa penghalang. Node 1 berfungsi sebagai node master yang terhubung dengan komputer, sedangkan tiga node lainnya berfungsi sebagai node slave. Node 2 dan node 3 menjadi repeater untuk node 4 agar dapat mengirim data kepada node 1 (node master). Selain sebagai repeater, node 2 dan node 3 juga dapat mengirimkan data masing-masing hasil pemantauan (suhu dan kelembaban) kepada node master.



Gambar 2. Rancangan pengukuran skenario 1

b. Skenario 2. Topologi bus-bintang tanpa penghalang pada kondisi outdoor

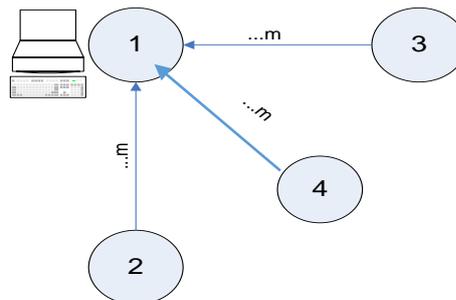
Pada skenario 2, node master dan node slave ditempatkan pada suatu ruang terbuka tanpa penghalang. Node 1 berfungsi sebagai node master yang terhubung dengan komputer, sedangkan tiga node lainnya berfungsi sebagai node slave. Node 2 diletakkan di wilayah yang berlawanan arah dengan node 3 sehingga node 2 langsung terhubung dengan node master. Node 3 difungsikan sebagai repeater agar node 4 dapat mengirimkan data kepada node master.



Gambar 3. Rancangan pengukuran skenario 2

c. Skenario 3. Topologi bintang tanpa penghalang pada kondisi outdoor

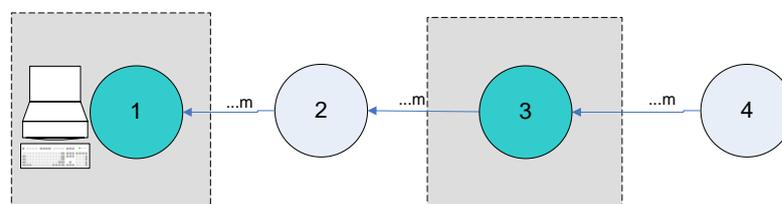
Pada skenario 3, node master dan node slave ditempatkan pada suatu ruang terbuka tanpa penghalang. Node 1 berfungsi sebagai node master yang terhubung dengan komputer, sedangkan tiga node lainnya berfungsi sebagai node slave. Pada skenario ini, tidak ada node slave yang berfungsi sebagai repeater. Masing- masing node (node 2, node 3, dan node 4) berada di titik yang berbeda dan tidak pada satu arah.



Gambar 4. Rancangan pengukuran skenario 3

d. Skenario 4. Topologi bus dengan penghalang pada kondisi indoor

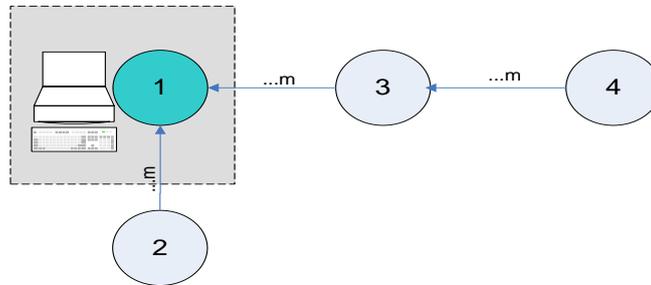
Pada skenario 4, node master dan node slave ditempatkan pada suatu ruang tertutup dengan penghalang berupa dinding ruangan. Node 1 berfungsi sebagai node master yang terhubung dengan komputer, sedangkan tiga node lainnya berfungsi sebagai node slave. Pada skenario ini, node 1 dan 3 ditempatkan pada dinding ruangan tertutup, sedangkan node 2 dan 4 diletakkan pada ruang terbuka. Posisi setiap node membentuk garis lurus dimana node 3 dan 4 difungsikan sebagai repeater untuk membentuk komunikasi multihop.



Gambar 5. Rancangan pengukuran skenario 4

- e. Skenario 5. Topologi bus-bintang dengan penghalang pada kondisi indoor

Pada skenario 5, node master dan node slave ditempatkan pada suatu ruang tertutup dengan penghalang berupa dinding ruangan. Node 1 berfungsi sebagai node master yang terhubung dengan komputer, sedangkan tiga node lainnya berfungsi sebagai node slave. Pada skenario ini, node 1 ditempatkan pada dinding ruangan tertutup, sedangkan node 3 dan 4 diletakkan pada ruang terbuka dengan posisi sejajar dan saling terhubung, dimana node 3 difungsikan sebagai repeater. Node 2 berada pada ruang terbuka dan langsung terhubung dengan node 1 dan tidak terhubung dengan node 3 dan 4.



Gambar 6. Rancangan pengukuran skenario 5

Pengujian Komunikasi JSN Multihop

Pada sistem ini, komunikasi yang dibangun menggunakan perangkat pemancar-penerima nirkabel nRF24L01 yang beroperasi pada frekuensi 2,4 GHz, sedangkan sensor yang digunakan untuk memantau suhu dan kelembaban adalah DHT11 yang diletakkan pada board arduino dan dinyatakan sebagai node. Terdapat 4 node yang digunakan, yaitu 1 node sebagai master dan 3 node sebagai slave. Alur pengujian adalah menempatkan seluruh perangkat sesuai skenario yang direncanakan, kemudian mengaktifkan seluruh perangkat agar dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Jika seluruh node telah aktif, selanjutnya node master akan *request* data ke node slave 1, setelah node slave 1 menerima sinyal *request* data dari node master selanjutnya node slave 1 akan melakukan *sensing* suhu dan kelembaban, hasil *sensing* akan ditampilkan di LCD sekaligus dikirim ke node master.

Untuk *request* data dari node yang lebih jauh, maka master node akan mengirimkan sinyal *request* kepada node yang dituju melalui node terdekat yang berfungsi sebagai repeater atau 'hop' untuk diteruskan hingga sampai kepada node yang dituju. Setelah sinyal *request* diterima oleh node yang dituju, maka node tersebut akan melakukan *sensing* dan mengirimkan hasil *sensing* tersebut ke master node melalui node terdekat. Untuk mengetahui jarak jangkauan komunikasi antar node, dilakukan pengukuran jarak antara node master dan node slave terjauh. Jarak maksimum didapat, jika program aplikasi pengukuran pada komputer sudah tidak mampu membaca hasil pengukuran, yang berarti komunikasi antar node terputus (di atas ambang batas penerimaan sinyal).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan sesuai dengan skenario yang direncanakan, maka dapat ditampilkan data-data hasil pengujian dan analisis pembahasannya.

Hasil Pengujian

Berikut data-data hasil pengujian sesuai dengan skenario pengujian masing-masing :

- a. Skenario 1. Topologi bus tanpa penghalang pada kondisi outdoor

Tabel 1. Hasil pengujian jarak jangkauan, suhu dan kelembaban pada skenario 1

Susunan Node	Jarak Total (m)	Node	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
2 - 1	34	1	32	59
3 - 2 - 1	64	2	28	61
4 - 3 - 2 - 1	100	3	30	61
-	-	4	33	46

- b. Skenario 2. Topologi bus-bintang tanpa penghalang pada kondisi outdoor

Tabel 2. Hasil pengujian jarak jangkauan, suhu dan kelembaban pada skenario 2

Susunan Node	Jarak Total (m)	Node	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
2 - 1	35	1	32	61
3 - 1	53	2	31	54
4 - 3 - 1	66	3	33	47
-	-	4	33	43

- c. Skenario 3. Topologi bintang tanpa penghalang pada kondisi outdoor

Tabel 3. Hasil pengujian jarak jangkauan, suhu dan kelembaban pada skenario 3

Susunan Node	Jarak Total (m)	Node	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
2 - 1	35	1	32	59
3 - 1	30	2	26	49
4 - 1	35	3	30	52
-	-	4	33	46

- d. Skenario 4. Topologi bus dengan penghalang pada kondisi indoor

Tabel 4. Hasil pengujian jarak jangkauan, suhu dan kelembaban pada skenario 4

Susunan Node	Jarak Total (m)	Node	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
2 - 1	11	1	31	60
3 - 2 - 1	18	2	30	56
4 - 3 - 2 - 1	27	3	31	57
-	-	4	37	36

- e. Skenario 5. Topologi bus-bintang dengan penghalang pada kondisi indoor

Tabel 5. Hasil pengujian jarak jangkauan, suhu dan kelembaban pada skenario 4

Susunan Node	Jarak Total (m)	Node	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
--------------	-----------------	------	-----------	----------------

2 - 1	12	1	31	60
3 - 1	9	2	29	56
4 - 3 - 1	39	3	30	57
-	-	4	39	39

PEMBAHASAN

Hasil pengujian pada skenario 1 pada tabel 1, dapat dinyatakan bahwa pada topologi bus dengan kondisi outdoor tanpa penghalang, jarak terjauh untuk 3 node (4 – 3 – 2 – 1) mencapai 100 m dengan rata-rata jarak jangkauan antar node sejauh 33,33 m. Hasil pengujian pada skenario 2 dengan topologi bus-bintang pada kondisi outdoor tanpa penghalang, jarak terjauh 2 node (4 – 3 – 1) mencapai 66 m dengan rata-rata jarak jangkauan antar node sejauh 33 m. Pada skenario ini, node 2 diletakkan di area yang berlawanan dengan node 3, sedangkan node 4 searah dengan node 3, dimana node 3 menjadi repeater atau ‘hop’ agar node 4 dapat mengirim data ke node 1 sebagai node master. Meskipun sebagai repeater, node 3 juga dapat mengirimkan data langsung ke node master dengan jarak 30 meter. Dengan adanya node 3, maka jarak node 4 yang berada 66 meter dari node master dapat dijangkau, sebagaimana pada tabel 2.

Pada skenario 3 dengan topologi star pada kondisi outdoor masing-masing node slave diletakkan pada tempat yang berbeda, dimana masing-masing node slave tidak dapat berkomunikasi satu dengan yang lainnya. Masing-masing node slave langsung terhubung dengan node master. Pada skenario ini, jarak antara node master dengan slave terjauh mencapai 35 meter (node 4 – 1) sedangkan terpendek 35 m (node 3 – 1). Pada skenario 4 topologi bus dengan penghalang pada kondisi indoor, berdasarkan tabel 4 hasil pengujian, dapat di ketahui jarak maksimal pengiriman data dengan penghalang adalah 11 meter (node 2 – 1). Perbedaan jarak jangkauan node lainnya berkisar ± 2 meter. Jarak jangkauan node 3 ke node 2 adalah 7 meter, dan jarak jangkauan node 4 ke node 3 adalah 9 meter. Dengan sistem komunikasi multihop, jarak total antara node 4 ke node 1 yaitu sejauh 27 meter.

Pada skenario 5 topologi bus-bintang dengan penghalang pada kondisi indoor, berdasarkan tabel 5 hasil pengujian, dapat di ketahui jarak maksimal pengiriman data dengan penghalang adalah 12 m (antara node 2 dan node 1). Node 4 searah dengan node 3 sehingga node 3 menjadi repeater atau ‘hop’ agar node 4 dapat mengirim data ke node 1 sebagai node master. Meskipun sebagai repeater, node 3 juga dapat mengirimkan data langsung ke node master dengan jarak 30 meter. Pada skenario ini, node 2, 3 dan 4 berada diluar ruangan, sedangkan node 1 (master) berada didalam ruangan sehingga jarak jangkauan antara node 3 ke node 1 hanya mencapai 9 meter. Node 4 ke node 3 yang berada di ruangan bisa mencapai 30 meter, sedangkan node 2 yang berada berlawanan tempat dengan node 3 dapat dijangkau sejauh 12 meter.

Berdasarkan hasil pengujian tiap skenario, dapat diketahui node 3 adalah node yang jarak jangkauannya paling pendek, dengan jarak jangkau 30 meter pada outdoor, sedangkan untuk kondisi indoor dengan adanya penghalang kemampuan pengiriman data hanya mencapai 7 meter. Ini dapat disebabkan karena masing-masing perangkat nrf24L01 memiliki akurasi ketepatan jangkauan yang berbeda dengan yang lainnya. Sedangkan perbedaan sudut transmisi antar node pada setiap skenario tidak mempengaruhi jarak jangkauan. Delay pengiriman antar node diketahui sebesar 400 ms.

Range toleransi jangkauan antar node berbeda-beda berdasarkan pengujian, yaitu berkisar ± 5 meter, sebagaimana pada node 3 yang hanya mampu mentransmisikan data sejauh 30 m, sedangkan node 2 dan node 4 mampu mentransmisikan data hingga jarak maksimal 35 – 36 meter. Perlakuan kondisi lingkungan (*indoor / outdoor*) juga mempengaruhi kemampuan perangkat nirkabel nrf24L01 untuk mengirimkan atau menerima data hasil pengujian sistem. Pada kondisi *indoor* dan berpenghalang, kemampuan perangkat nRF24L01 berkurang hingga 24 m karena adanya penghalang berupa dinding. Hal ini dapat diketahui dari hasil perhitungan perbandingan skenario 1 dengan 4 dengan pola jaringan yang sama yaitu topologi bus pada node 2 ke node 1.

$$\text{Rasio Jarak jangkauan} = \frac{\text{Node}_{i-j} \text{ indoor}}{\text{Node}_{i-j} \text{ outdoor}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Rasio Jarak jangkauan} = \frac{\text{Node}_{2-1} \text{ indoor}}{\text{Node}_{2-1} \text{ outdoor}} \times 100\% = \frac{11}{34} \times 100\% = 32,35\%$$

Tabel 6. Rasio jarak jangkauan kondisi dengan penghalang dan tanpa penghalang *indoor*

Skenario	Node	Rasio jarak jangkauan (%)
1 vs 4	2 – 1	32,35
2 vs 5	2 – 1	34,28
3 vs 6	2 – 1	34,28
4 vs 6	4 – 1	40
Rata-rata		35,22

Dari hasil perhitungan tabel 6, maka dapat diketahui tingkat peneurunan kemampuan jarak jangkauan perangkat adalah sebesar $100 - 35,22\%$ atau sama dengan $64,78\%$.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk model pengukuran jarak jangkauan pada komunikasi JSN multihop dengan menerapkan beberapa node sebagai ‘hop’ menggunakan perangkat nirkabel nRF24L01 sebagai media transmisi komunikasi. Hasil pengujian pada beberapa skenario menunjukkan bahwa jarak terjauh pada topologi bus dapat mencapai 100 m dengan kondisi outdoor tanpa penghalang. Sedangkan pada kondisi topologi bus dengan penghalang pada kondisi indoor, dapat di ketahui jarak maksimal pengiriman data dengan penghalang adalah 11 meter, dimana perbedaan jarak jangkauan node lainnya berkisar ± 2 meter. Berdasarkan hasil pengujian dapat diketahui juga bahwa node 3 adalah node yang jarak jangkauannya paling pendek, dengan jarak jangkau 30 meter pada outdoor, sedangkan untuk kondisi indoor dengan adanya pengalng kemampuan pengiriman data hanya mencapai 7 meter. Ini dapat disebabkan karena masing-masing perangkat nrf24L01 memiliki akurasi ketepatan jangkauan yang berbeda dengan dengan lainnya. Sedangkan perbedaan sudut transmisi antar node pada setiap skenario tidak mempengaruhi jarak jangkauan. Delay pengiriman antar node diketahui sebesar 400 ms. Range toleransi jangkauan antar node berbeda-beda berdasarkan pengujian, yaitu berkisar ± 5 meter, sebagaimana pada pada node 3 yang hanya mampu mentransmisikan data sejauh 30 m, sedangkan node 2 dan node 4 mampu mentransmisikan data hingga jarak maksimal 35 – 36 meter. Perlakuan kondisi lingkungan (*indoor / outdoor*) juga mempengaruhi kemampuan perangkat nirkabel nrf24l01 untuk mengirimkan atau menerima data hasil pengujian sistem. Pada kondisi *indoor* dan berpenghalang, kemampuan perangkat nRF24L01 berkurang hingga 24 m karena adanya penghalang berupa dinding. Hal Ini dapat diketahui dari hasil perhitungan perbandingan skenario 1 dengan 4 dengan pola jaringan yang sama yaitu topologi bus pada node 2 ke node 1. Rasia jarak jangkauan pada node yang sama dengan kondisi indoor berpenghalang dan outdoor tanpa penghalang kemampuan jarak jangkauan menurun sebesar $64,78\%$.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiptya, M.Y.E., Wibawanto, H., 2015. Sistem Pengamatan Suhu dan Kelembaban Pada Rumah Berbasis Mikrokontroller ATmega8. J. Tek. Elektro 5.
- Ahmed, A.A., Fisal, N., 2008. A real-time routing protocol with load distribution in wireless sensor networks. Comput. Commun. 31, 3190–3203.

- Fajriansyah, B., Ichwan, M., Susana, R., 2016. Evaluasi Karakteristik XBee Pro dan nRF24L01+ sebagai Transceiver Nirkabel. *J. Elkomika* 4.
- Febriyanto, D., Santoso, T.B., others, 2010. Rancang Bangun Sistem Komunikasi Multihop pada Jaringan Sensor Nirkabel. *EEPIS Final Proj.*
- Hoymann, C., Klagges, K., Schinnenburg, M., 2006. Multihop communication in relay enhanced IEEE 802.16 networks, in: *Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2006 IEEE 17th International Symposium on*. IEEE, pp. 1–4.
- Singh, S.K., Singh, M.P., Singh, D.K., 2010. A survey of energy-efficient hierarchical cluster-based routing in wireless sensor networks. *Int. J. Adv. Netw. Appl. IJANA* 2, 570–580.
- Sohraby, K., Minoli, D., Znati, T., 2007. *Wireless sensor networks: technology, protocols, and applications*. John Wiley & Sons.