

ANALISIS KINERJA TRANSMISI DATA UNTUK ALAT MONITORING SUHU RUANGAN MENGUNAKAN MODUL XBEE S2C

Hanafi¹, Hanafi², Fairuz Irsan³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe
Email: hanafi_hf@pnl.ac.id¹, hnfbatubara@yahoo.com², fairuz30irsan@gmail.com³

Abstrak – Xbee merupakan teknologi komunikasi data berdaya rendah. Teknologi ini dapat digunakan untuk mengirimkan data ukuran kecil pada jarak pendek. Pada penelitian ini dibangun sistem komunikasi data nirkabel menggunakan modul Xbee S2C. Jumlah modul yang digunakan sebanyak 4 unit, yaitu 1 unit sebagai *node* koordinator, 1 unit sebagai *node end device*, dan 2 unit sebagai *router* yang berada diantara koordinator dan *end device*. Data yang dikirim dari koordinator ke *end device* adalah data suhu yang berasal dari hasil deteksi suhu sensor DS18B20 yang terhubung ke arduino uno. Sistem diuji dalam mengirimkan data suhu. Pengamatan dilakukan untuk mendapatkan jangkauan maksimal yang bisa dijangkau oleh sistem pada lingkungan *indoor* dan *outdoor*, berdasarkan perolehan nilai RSSI. Parameter lain yang diamati adalah *throughput*, *delay*, dan *packet loss*. Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh bahwa sistem memiliki jangkauan maksimal 30 m pada *indoor*. Sedangkan pada *outdoor*, sistem memiliki jangkauan maksimal 120 meter dengan *router* dan 60 m tanpa *router*. Dalam hal kualitas transmisi data, sistem memiliki *throughput* 0,74-1,75 kbps, dan *delay* 130-183 ms. Sedangkan *packet loss* tertinggi diperoleh 7% pada jangkauan maksimal sistem, dan 0% pada jangkauan dibawahnya. Pada sistem juga didapatkan bahwa meskipun data dikirim dari koordinator ke *end device* melalui *router* 1, data tetap dapat terkirim ke *end device* melalui *router* 2, jika *router* 1 padam.

Kata-kata kunci: Xbee, Jarak, Suhu, Throughput, Delay, Packet Loss

Abstract – Xbee is a low power data communication technology. This technology can be used to transmit small data sizes over short distances. In this study a wireless data communication system was built using the Xbee S2C module. The number of modules used is 4 units, namely 1 unit as a coordinator node, 1 unit as an end device node, and 2 units as a router that is between the coordinator and the end device. The data sent from the coordinator to the end device is temperature data derived from the temperature detection results of the DS18B20 sensor connected to Arduino Uno. The system is tested in sending temperature data. Observations were made to obtain the maximum range that can be reached by the system in indoor and outdoor environments, based on the acquisition of the RSSI value. Other parameters observed are throughput, delay, and packet loss. Based on the measurement results obtained that the system has a maximum range of 30 m in indoor. While outdoors, the system has a maximum range of 120 meters with a router and 60 meters without a router. In terms of data transmission quality, the system has a throughput of 0.74-1.75 kbps, and a delay of 130-183 ms. While the highest packet loss is obtained 7% at the maximum range of the system, and 0% at the lower range. The system also found that even though data is sent from the coordinator to the end device via router 1, data can still be sent to the end device via router 2, if router 1 goes out.

Key words: Xbee, Distance, Temperature, Throughput, Delay, Packet Loss

I. PENDAHULUAN

Teknologi telekomunikasi saat ini sudah banyak mengalami perkembangan. Hal ini didorong oleh kebutuhan pengguna dalam pemakaian teknologi telekomunikasi yang terus meningkat. Berbagai macam teknologi dikembangkan untuk memenuhi segala kebutuhan tersebut. Salah satu teknologi telekomunikasi yang dipakai luas oleh pengguna adalah teknologi komunikasi data.

Teknologi komunikasi data memanfaatkan peralatan digital dalam mengirim data dari perangkat sumber ke perangkat penerima. Pengiriman data dapat melalui media kabel maupun *wireless*. Banyak aplikasi komunikasi data, terutama teknologi yang menggunakan

media *wireless*, digunakan untuk mengirim informasi secara mudah dan efisien. Contoh aplikasi yang diterapkan adalah pengiriman data informasi antara satu node ke node lain, melalui none-node perantara, atau disebut juga komunikasi data *multi node*. Node yang dipakai berupa perangkat *Wireless Sensor Network* (WSN).

Beberapa penelitian telah dilakukan oleh peneliti terkait kualitas transmisi data menggunakan perangkat WSN. Robby Wildan Muharam, Herryawan Pujiharsono, dan Muntaqo Alfin Amanaf pada [1] menganalisis kualitas transmisi data menggunakan protokol ZigBee (IEEE 802.15.4) terhadap penambahan jumlah *client* pada WSN. Pemilihan penggunaan Zigbee karena keunggulan dari perangkat yang memiliki daya

yang rendah, murah, jangkauan luas, dan mendukung banyak client. Pada penelitian tersebut diamati *throughput*, *delay*, dan *packet loss* yang diperoleh pada sistem dengan topologi star, dengan variasi penambahan jumlah *client*. Hasil yang diperoleh yaitu *throughput* maksimal 7,464 Kbps, *delay* minimal 35 ms, dan *packet loss* tertinggi 60%.

Arief Mahendra Rivaldo dan Yohanes Calvinus pada [2] melakukan penelitian pengukuran jarak antara arduino pemancar dan penerima, dimana terdapat 3 unit Xbee diantara pemancar dan penerima tersebut. *Data counter* yang dikirim adalah paket data 1 hingga 100. Pada penelitian tersebut, Xbee mampu mengirim paket data dengan sempurna pada jarak 120 m.

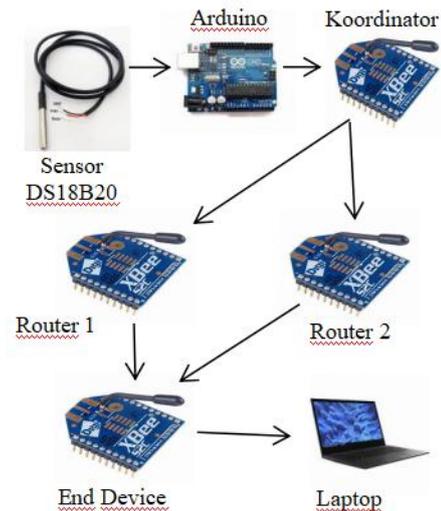
Upik Jamil Shobrina, Rakhmadhany Primananda, dan Rizal Maulana pada [3] menganalisis kinerja pengiriman data Modul *Transceiver* NRF24I01, Xbee, dan Wifi ESP8266 pada WSN. Analisis dilakukan pada perangkat-perangkat *transceiver* tersebut untuk menguji fungsional sistem pada dua node sebagai pengirim dan satu node penerima. Pengiriman data berasal dari sensor akselerometer ADXL335. Pengiriman dan penerimaan data dilakukan secara simultan menggunakan modul *Real Time Clock* (RTC) dengan waktu kirim dan terima 0, 15, 30, dan 45 detik. Hasil uji menunjukkan bahwa modul nRF24L01 lebih unggul dalam hal pengiriman paket data, Xbee memiliki sedikit *noise* dan tabrakan data, sedangkan esp8266 paket data yang diterima banyak terdapat *noise* dan tabrakan data. Pada parameter *delay*, Xbee memiliki *range* terkecil yaitu 0,9 detik sampai 1,09 detik. Untuk rata-rata penggunaan memori pada nRF24L01 lebih dari 32% dari kapasitas RAM, Xbee lebih dari 40% dari kapasitas RAM, dan ESP8266 lebih dari 55% dari kapasitas RAM.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian pengiriman data menggunakan modul Xbee S2C dengan protokol Zigbee. Pengujian dilakukan menggunakan 4 node, yaitu 1 node sebagai *transmitter* (koordinator), 1 node sebagai *receiver* (*end device*), dan 2 node sebagai *router* di antara pengirim dan penerima. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan jangkauan maksimal yang dapat dicapai dalam mengirimkan sinyal data, serta kinerja *throughput*, *delay*, dan *packet loss*. Data yang dikirim adalah data suhu. Sistem diuji pada jarak 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 meter di *indoor*, dan jarak 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, dan 130 meter di *outdoor*.

II. METODOLOGI

A. Topologi Sistem

Sistem komunikasi data yang diuji seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Sistem menggunakan 4 unit Xbee, 1 unit sensor suhu, 1 unit arduino uno, dan 1 unit laptop. Sistem dipasang untuk mengirimkan data suhu yang dideteksi oleh sensor, menuju *end device*. Hasil pembacaan suhu ditampilkan pada laptop.

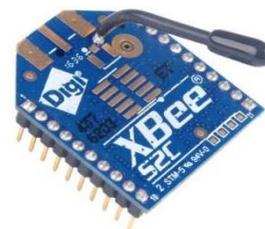


Gbr. 1 Topologi Sistem

Sistem menggunakan sensor suhu digital *one wire* DS18B20. Sensor ini mendeteksi suhu ruangan. Suhu yang dideteksi diproses oleh arduino uno dan dikirimkan ke modul Xbee yang bertindak sebagai koordinator.

Modul Xbee yang digunakan adalah Xbee S2C. Modul ini adalah modul RF *transceiver* 2,4 GHz yang dirancang untuk komunikasi data secara nirkabel. Modul bekerja pada protokol komunikasi mesh ZigBee IEEE 802.15.4. Modul berdaya rendah ini memiliki daya pancar 6,3 mW (8 dBm) dalam mode *boost*, dan 2 mW (3 dBm) dalam mode normal, dengan *data rate* 250 kbps. Modul ini menyediakan konektivitas nirkabel ke *end device* di jaringan mesh ZigBee apa pun termasuk perangkat dari vendor lain [4].

Bentuk fisik modul Xbee S2C seperti diperlihatkan pada Gambar 2 .



Gbr. 2 Modul Xbee S2C [4]

Modul Xbee dapat bekerja dalam 3 konfigurasi, yaitu:

1. Koordinator

Pada jaringan ZigBee harus terdapat minimal 1 koordinator. Perangkat ini yang memulai jaringan, memilih kanal dan PAN ID, yang mendistribusikan alamat-alamat, mengizinkan *router* dan *end device* untuk bergabung ke dalam jaringan. Koordinator mengatur fungsi-fungsi lain seperti mengamankan jaringan dan menjaganya tetap bekerja dengan baik. Perangkat ini harus selalu aktif sepanjang waktu.

2. Router

Modul Xbee yang dikonfigurasi sebagai *router* bekerja sebagai node dalam jaringan mesh. Pada jaringan bisa terdapat beberapa *router*. Perangkat ini dapat bergabung ke dalam jaringan yang sudah ada, mengirim, menerima, dan merutekan informasi. *Router* bertindak sebagai penerus informasi antar perangkat lain yang terlalu jauh. *Router* juga harus selalu aktif sepanjang waktu.

3. End Device

Modul Xbee yang dikonfigurasi sebagai *end device* dapat bergabung ke dalam jaringan yang ada, mengirim atau menerima informasi, tapi tidak dapat bertindak sebagai penerus informasi antar perangkat lain. Modul ini selalu membutuhkan *router* atau koordinator untuk menjadi perangkat induknya agar berfungsi. Perangkat induk membantu *end device* bergabung ke dalam jaringan dan menyimpan pesan ketika *end device* tidak aktif. Jaringan ZigBee dapat memiliki beberapa *end device* [4].

Pada Gambar 1, terdapat 4 modul Xbee yang digunakan. Satu modul sebagai koordinator, 2 modul sebagai *router*, dan 1 modul sebagai *end device*. *End device* dihubungkan dengan laptop. Laptop digunakan untuk mengkonfigurasi arduino uno dan Xbee, serta untuk menampilkan hasil pengukuran.

B. Skenario Pengujian

Sistem diuji dalam mengirimkan data suhu ruangan yang dideteksi oleh sensor ke *end device*. Pengujian dilakukan pada lingkungan *indoor* dan *outdoor*, dengan menggunakan 4 skenario, yaitu:

1. Skenario 1; semua *node* (koordinator, *router* 1, *router* 2, dan *end device*) aktif.
2. Skenario 2; saat semua *node* aktif dan mengirimkan data, *router* 1 dinonaktifkan.
3. Skenario 3; koordinator dan *end device* aktif, sedangkan *router* 1 dan *router* 2 non aktif.

Skenario pengujian diatas dilakukan pada setiap variasi jarak koordinator dengan *end device*, yaitu mulai dari 10 - 35 meter, dengan kelipatan jarak ukur 5 meter untuk lingkungan *indoor*, serta 10-130 meter, dengan kelipatan jarak ukur 10 meter untuk lingkungan *outdoor*.

Adapun parameter yang diukur adalah RSSI, *throughput*, *delay*, dan *packet loss*. Parameter RSSI diukur untuk menentukan jarak yang dapat dijangkau oleh Xbee dalam mengirimkan data, sementara *throughput*, *delay*, dan *packet loss* untuk mendapatkan nilai kualitas jaringan ZigBee. Pengukuran dilakukan menggunakan software XCTU yang telah terinstal pada laptop. Software XCTU ini juga digunakan untuk mengkonfigurasi Xbee. Semua hasil yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan Standar TIPHON.

C. Standar TIPHON

Standar TIPHON yang digunakan adalah standar nilai RSSI, *delay*, dan *packet Loss*. Keempat standar ini seperti diperlihatkan pada Tabel 1 sampai 4.

Tabel I.
Standar RSSI berdasarkan TIPHON [5]

Kategori RSSI	Signal Strength (dBm)	Indeks
Sangat Bagus	>-70 dBm	4
Bagus	-70 dBm s/d -85 dBm	3
Sedang	-86 dBm s/d -100 dBm	2
Buruk	-100 dBm	1

Tabel II
Standar Delay Berdasarkan TIPHON [6]

Kategori Latensi	Besar Delay	Indek
Buruk	> 450 ms	1
Sedang	300 – 450 ms	2
Bagus	150 – 300 ms	3
Sangat Bagus	< 150 ms	4

Tabel III
Standar Packet Loss Berdasarkan TIPHON [6]

Kategori Packet Loss	Packet Loss	Indek
Buruk	>25%	1
Sedang	15 – 24%	2
Bagus	3 – 14%	3
Sangat Bagus	0 – 2%	4

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Skenario 1

Pada skenario 1, monitoring suhu dilakukan dengan mengaktifkan semua *node*. Data suhu ruangan ditransmisikan melalui *node* Koordinator. *Router* 1 menerima data tersebut dan meneruskan data ke *End Device*. Sementara *router* 2 tidak menerima data apapun.

1. Hasil Pengujian Transmisi Data

Hasil transmisi data terbaca pada *end device*, seperti diperlihatkan pada Tabel 4. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa data hanya dapat dibaca oleh *end device* pada jarak maksimal 30 m pada *indoor* dan 120 m pada *outdoor*.

2. Hasil Pengukuran RSSI

Hasil pengukuran RSSI pada *indoor* seperti diperlihatkan pada Tabel 5. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa RSSI terendah terjadi pada jarak 30 m, dengan nilai -32 dBm untuk *local* RSSI dan -33 dBm untuk *remote* RSSI. Nilai-nilai ini masih dalam kategori Sangat Bagus berdasarkan standar TIPHON karena masih lebih besar dari -70 dBm.

Tabel IV
Hasil Pembacaan Suhu pada *End Device*

Jarak (m)	Suhu (°C)	
	<i>Indoor</i>	<i>Outdoor</i>
10	29,00	29,00
20	29,00	29,00
30	28,75	28,75
40	-	28,00
50	-	28,25
60	-	28,25
70	-	28,25
80	-	28,25
90	-	28,25
100	-	28,00
110	-	28,00
120	-	28,00
130	-	-

Tabel V
Hasil Pengukuran RSSI pada *Indoor*

Jarak (m)	RSSI (dBm)	
	<i>Local RSSI</i>	<i>Remote RSSI</i>
5	-10	-14
10	-16	-16
15	-24	-20
20	-27	-23
25	-29	-27
30	-32	-33

Hasil pengukuran RSSI pada *outdoor* seperti diperlihatkan pada Tabel 6. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa RSSI terendah terjadi pada jarak 120 m, dengan nilai -91 dBm untuk *local* RSSI dan -94 dBm untuk *remote* RSSI. Nilai-nilai ini masih dalam kategori Sedang berdasarkan standar TIPHON.

Tabel VI
Hasil Pengukuran RSSI pada *Outdoor*

Jarak (m)	RSSI (dBm)	
	<i>Local RSSI</i>	<i>Remote RSSI</i>
10	-48	-53
20	-51	-54
30	-53	-59
40	-55	-62
50	-59	-66
60	-63	-71
70	-67	-74
80	-70	-79
90	-75	-82
100	-80	-86
110	-87	-91
120	-91	-94
130	-	-

3. Hasil Pengukuran *Throughput*

Hasil pengukuran *throughput* pada *indoor* seperti diperlihatkan pada Tabel 7. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai *throughput* terbesar diperoleh 1,7 kbps pada jarak 5 m, dan *throughput* terendah diperoleh 1,3 kbps pada jarak 30 m. Berdasarkan nilai yang diperoleh, data suhu berukuran kecil dapat dikirim dengan *throughput* yang kecil.

Tabel VII
Hasil Pengukuran *Throughput* pada *Indoor*

Jarak (m)	<i>Throughput</i> (kbps)
5	1,70
10	1,65
15	1,63
20	1,60
25	1,54
30	1,30

Hasil pengukuran *throughput* pada *outdoor* seperti diperlihatkan pada Tabel 8. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai *throughput* terbesar diperoleh 1,4 kbps pada jarak 10 m, dan *throughput* terkecil 0,74 kbps pada jarak 120 meter.

Tabel VIII
Hasil Pengukuran *Throughput* pada *Outdoor*

Jarak (m)	<i>Throughput</i> (kbps)
10	1,40
20	1,38
30	1,38
40	1,30
50	1,24
60	1,20
70	1,15
80	1,05
90	0,90
100	0,88
110	0,75
120	0,74
130	-

4. Hasil Pengukuran *Delay*

Hasil pengukuran *delay* pada *indoor* dan *outdoor* seperti diperlihatkan pada Tabel 9 dan 10. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa *delay* pada lingkungan *indoor* diperoleh antara 130 - 140 ms, sementara *delay* pada lingkungan *outdoor* diperoleh antara 130 - 180 ms. Nilai ini masih dalam kategori Bagus berdasarkan standar TIPHON.

5. Hasil Pengukuran *Packet Loss*

Hasil pengukuran *packet loss* pada *indoor* dan *outdoor* seperti diperlihatkan pada Tabel 11 dan 12. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa *packet loss* masih dalam kategori Bagus pada jarak maksimum 120 m. Di atas jarak tersebut, maka data akan *loss* 100%.

Tabel IX
Hasil Pengukuran Delay pada Indoor

Jarak (m)	Delay (ms)
5	130
10	130
15	130
20	130
25	140
30	140

Tabel X
Hasil Pengukuran Delay pada Outdoor

Jarak (m)	Throughput (kbps)
10	130
20	130
30	130
40	140
50	140
60	140
70	140
80	160
90	160
100	160
110	160
120	180
130	-

Tabel XI
Hasil Pengukuran Packet Loss pada Indoor

Jarak (m)	Packet Loss (%)
5	0
10	0
15	0
20	0
25	0
30	0

Tabel XII
Hasil Pengukuran Packet Loss pada Outdoor

Jarak (m)	Packet Loss (%)
10	0
20	0
30	0
40	0
50	0
60	0
70	0
80	0
90	0
100	0
110	0
120	5
130	100

B. Skenario 2

Pada Skenario 2, monitoring suhu dilakukan dengan menonaktifkan *router* 1, sehingga data dikirim oleh koordinator ke *end device* melalui *router* 2.

1. Hasil Pengukuran Transmisi Data

Hasil transmisi data terbaca pada *end device*, seperti diperlihatkan pada Tabel 13. Data dapat dibaca oleh *end device* pada jarak maksimal 120 m.

Tabel XIII
Hasil Pembacaan Suhu pada End Device

Jarak (m)	Suhu (°C)	
	Indoor	Outdoor
10	30,00	30,00
20	29,75	29,75
30	29,75	29,75
40	-	29,00
50	-	29,00
60	-	29,00
70	-	28,75
80	-	28,75
90	-	28,75
100	-	28,75
110	-	28,75
120	-	28,50
130	-	-

2. Hasil Pengukuran RSSI

Hasil pengukuran RSSI pada *indoor* seperti diperlihatkan pada Tabel 14. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa RSSI terendah terjadi pada jarak 30 m, dengan nilai -35 dBm untuk *local* RSSI dan -33 dBm untuk *remote* RSSI. Nilai-nilai ini masih dalam kategori Sangat Bagus berdasarkan standar TIPHON karena masih lebih besar dari -70 dBm.

Tabel XIV
Hasil Pengukuran RSSI pada Indoor

Jarak (m)	RSSI (dBm)	
	Local RSSI	Remote RSSI
5	-15	-17
10	-16	-20
15	-21	-25
20	-26	-28
25	-29	-31
30	-35	-33

Hasil pengukuran RSSI pada *outdoor* seperti diperlihatkan pada Tabel 15. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa RSSI terendah terjadi pada jarak 120 m, dengan nilai -92 dBm untuk *local* RSSI dan -93 dBm untuk *remote* RSSI. Nilai-nilai ini masih dalam kategori Sedang berdasarkan standar TIPHON.

Tabel XV
Hasil Pengukuran RSSI pada *Outdoor*

Jarak (m)	RSSI (dBm)	
	Local RSSI	Remote RSSI
10	-47	-50
20	-49	-58
30	-51	-60
40	-56	-65
50	-56	-68
60	-66	-70
70	-70	-72
80	-72	-75
90	-77	-85
100	-80	-89
110	-87	-90
120	-92	-93
130	-	-

3. Hasil Pengukuran *Throughput*

Hasil pengukuran *throughput* pada *indoor* seperti diperlihatkan pada Tabel 16. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai *throughput* terbesar diperoleh 1,72 kbps pada jarak 5 m, dan *throughput* terendah diperoleh 1,34 kbps pada jarak 30 m.

Tabel XVI
Hasil Pengukuran *Throughput* pada *Indoor*

Jarak (m)	<i>Throughput</i> (kbps)
5	1,72
10	1,68
15	1,63
20	1,59
25	1,55
30	1,34

Hasil pengukuran *throughput* pada *outdoor* seperti diperlihatkan pada Tabel 17. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai *throughput* terbesar diperoleh 1,30 kbps pada jarak 10 m, dan *throughput* terkecil 0,80 kbps pada jarak 120 meter.

Tabel XVII
Hasil Pengukuran *Throughput* pada *Outdoor*

Jarak (m)	<i>Throughput</i> (kbps)
10	1,30
20	1,29
30	1,23
40	1,19
50	1,21
60	1,18
70	1,15
80	1,10
90	1,10
100	1,09
110	1,03
120	0,80
130	-

4. Hasil Pengukuran *Delay*

Hasil pengukuran *delay* pada *indoor* dan *outdoor* seperti diperlihatkan pada Tabel 18 dan 19. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa *delay* pada lingkungan *indoor* diperoleh antara 130 - 140 ms, sementara *delay* pada lingkungan *outdoor* diperoleh antara 130 - 180 ms. Nilai ini masih dalam kategori Bagus berdasarkan standar TIPHON.

Tabel XVIII
Hasil Pengukuran *Delay* pada *Indoor*

Jarak (m)	<i>Delay</i> (ms)
5	130
10	130
15	130
20	140
25	140
30	140

Tabel XIX
Hasil Pengukuran *Delay* pada *Outdoor*

Jarak (m)	<i>Throughput</i> (kbps)
10	130
20	130
30	130
40	140
50	140
60	140
70	150
80	160
90	160
100	160
110	170
120	180
130	-

5. Hasil Pengukuran *Packet Loss*

Hasil pengukuran *packet loss* pada *indoor* dan *outdoor* seperti diperlihatkan pada Tabel 20 dan 21. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa *packet loss* masih dalam kategori Bagus pada jarak maksimum 120 m. Di atas jarak tersebut, maka data akan *loss* 100%.

Tabel XX
Hasil Pengukuran *Packet Loss* pada *Indoor*

Jarak (m)	<i>Packet Loss</i> (%)
5	0
10	0
15	0
20	0
25	0
30	0

Tabel XXI
Hasil Pengukuran *Packet Loss* pada *Outdoor*

Jarak (m)	<i>Packet Loss</i> (%)
10	0
20	0
30	0
40	0
50	0
60	0
70	0
80	0
90	0
100	0
110	0
120	7
130	100

Tabel XXIII
Hasil Pengukuran RSSI pada *Indoor*

Jarak (m)	RSSI (dBm)	
	<i>Local</i> RSSI	<i>Remote</i> RSSI
5	-15	-17
10	-18	-19
15	-20	-26
20	-29	-35
25	-36	-43
30	-40	-47

Hasil pengukuran RSSI pada *outdoor* seperti diperlihatkan pada Tabel 24. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa RSSI terendah terjadi pada jarak 60 m, dengan nilai -89 dBm untuk *local* RSSI dan *remote* RSSI. Nilai ini masih dalam kategori Sedang berdasarkan standar TIPHON.

C. Skenario 3

Pada Skenario 3, monitoring suhu dilakukan dengan menonaktifkan *router 1* dan *router 2*, sehingga data dikirim langsung oleh koordinator ke *end device* tanpa melalui *router*.

1. Hasil Pengukuran Transmisi Data

Hasil transmisi data terbaca pada *end device*, seperti diperlihatkan pada Tabel 22. Data dapat dibaca oleh *end device* pada jarak maksimal 120 m.

Tabel XXII
Hasil Pembacaan Suhu pada *End Device*

Jarak (m)	Suhu (°C)	
	<i>Indoor</i>	<i>Outdoor</i>
10	29,50	29,50
20	29,25	29,25
30	29,25	29,25
40	-	29,00
50	-	29,00
60	-	29,00
70	-	29,00
80	-	28,75
90	-	28,75
100	-	28,75
110	-	28,50
120	-	28,50
130	-	-

2. Hasil Pengukuran RSSI

Hasil pengukuran RSSI pada *indoor* seperti diperlihatkan pada Tabel 23. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa RSSI terendah terjadi pada jarak 30 m, dengan nilai -40 dBm untuk *local* RSSI dan -47 dBm untuk *remote* RSSI. Nilai-nilai ini masih dalam kategori Sangat Bagus berdasarkan standar TIPHON karena masih lebih besar dari -70 dBm.

Tabel XXIV
Hasil Pengukuran RSSI pada *Outdoor*

Jarak (m)	RSSI (dBm)	
	<i>Local</i> RSSI	<i>Remote</i> RSSI
10	-22	-32
20	-35	-41
30	-49	-54
40	-60	-70
50	-77	-81
60	-89	-89
70	-	-

3. Hasil Pengukuran *Throughput*

Hasil pengukuran *throughput* pada *indoor* seperti diperlihatkan pada Tabel XXV. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai *throughput* terbesar diperoleh 1,75 kbps pada jarak 5 m, dan *throughput* terendah diperoleh 1,4 kbps pada jarak 30 m.

Tabel XXV
Hasil Pengukuran *Throughput* pada *Indoor*

Jarak (m)	<i>Throughput</i> (kbps)
5	1,75
10	1,69
15	1,65
20	1,59
25	1,54
30	1,4

Hasil pengukuran *throughput* pada *outdoor* seperti diperlihatkan pada Tabel 26. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai *throughput* terbesar diperoleh 1,70 kbps pada jarak 10 m, dan *throughput* terkecil 1,10 kbps pada jarak 60 meter.

Tabel XXVI
Hasil Pengukuran *Throughput* pada *Outdoor*

Jarak (m)	<i>Throughput</i> (kbps)
10	1,70
20	1,69
30	1,50
40	1,30
50	1,15
60	1,10
70	-

4. Hasil Pengukuran *Delay*

Hasil pengukuran *delay* pada *indoor* dan *outdoor* seperti diperlihatkan pada Tabel 27 dan 28. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa *delay* pada lingkungan *indoor* diperoleh antara 130 - 140 ms, sementara *delay* pada lingkungan *outdoor* diperoleh antara 130 - 180 ms. Nilai ini masih dalam kategori Bagus berdasarkan standar TIPHON.

Tabel XXVII
Hasil Pengukuran *Delay* pada *Indoor*

Jarak (m)	<i>Delay</i> (ms)
5	130
10	130
15	130
20	140
25	140
30	140

Tabel XXVIII
Hasil Pengukuran *Delay* pada *Outdoor*

Jarak (m)	<i>Throughput</i> (kbps)
10	130
20	130
30	130
40	140
50	140
60	140
70	-

5. Hasil Pengukuran *Packet Loss*

Hasil pengukuran *packet loss* pada *indoor* dan *outdoor* seperti diperlihatkan pada Tabel 29 dan 30. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa *packet loss* masih dalam kategori Bagus pada jarak maksimum 60 m. Di atas jarak tersebut, maka data akan *loss* 100%.

Tabel XXIX
Hasil Pengukuran *Packet Loss* pada *Indoor*

Jarak (m)	<i>Packet Loss</i> (%)
5	0
10	0
15	0
20	0
25	0
30	4

Tabel XXX
Hasil Pengukuran *Packet Loss* pada *Outdoor*

Jarak (m)	<i>Packet Loss</i> (%)
10	0
20	0
30	0
40	0
50	0
60	3
70	100

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisis di atas dapat diambil kesimpulan:

1. Pada sistem dengan router, data dikirim dari koordinator ke *end device* melalui *router* 1. Jika *router* 1 padam, maka rute transmisi data berpindah melalui *router* 2.
2. Berdasarkan nilai RSSI, sistem dapat mengirim data sampai 30 m pada *indoor*.
3. Berdasarkan nilai RSSI, sistem dengan *router* dapat mengirim data sampai jarak maksimal 120 m, dan sistem tanpa *router* dapat mengirim data sampai jarak maksimal 60 m pada *outdoor*.
4. Sistem dapat mengirimkan data dengan *throughput* 0,74-1,75 kbp,s dan *delay* 130-180 ms.
5. *Packet loss* tertinggi diperoleh 7% pada jarak maksimal, dan 0% untuk jarak dibawahnya.

REFERENSI

- [1] Muharam, R. W., Pujiharsono, H., & Amanaf, M. A. (2018). Analisis Performansi Transmisi Data Protokol Zigbee (IEEE 802.15. 4) terhadap Penambahan Jumlah Client Pada Wireless Sensor Network. *Prosiding SENIATI*, 4(1), 263-269.
- [2] Rivaldo, A. M., & Calvinus, Y. (2021). Studi Pengukuran Jarak Antara Tiga Xbee dengan Arduino sebagai Data Counter. *JURNAL TEKNIK INDUSTRI*, 8(1), 31-45.
- [3] Shobrina, U. J., Primananda, R., & Maulana, R. (2018). Analisis Kinerja Pengiriman Data Modul Transceiver NRF24101, Xbee dan Wifi ESP8266 Pada Wireless Sensor Network. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(4), 1510-1517.
- [4] Components101. (2018). Xbee S2C - RF Module. Diakses 1 Februari 2023, dari Components101: <https://components101.com/wireless/xbee-s2c-module-pinout-datasheet>.
- [5] Riadi, M. (2019). Pengertian, Layanan dan Parameter Quality of Service (QoS). *Kajian Pustaka.com*.
- [6] ETSI. (1999). Telecommunication and Internet Protocol Harmonization Over Network (TIPHON); General Aspects of Quality of Service (QoS). *ETSI*, 2.1.1, 1-37.