

# Pemodelan Dan Simulasi Pengaruh Posisi Dan Ketinggian Nodal Sensor Terhadap *Quality of Services* (QoS) Jaringan Sensor Nirkabel Menggunakan Protokol Zigbee

Inocentius Reynaldo B. Tola<sup>\*)1</sup>, Samy Y. Doo<sup>2</sup>, Don E. D. G. Pollo<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains Dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

<sup>\*)</sup>Corresponding author, [reybhoka06@gmail.com](mailto:reybhoka06@gmail.com)

## Abstrak

Jaringan Sensor Nirkabel diimplementasikan pada area yang cukup luas dengan jumlah *node* sensor yang banyak. Sehingga lebih baik dilakukan pemodelan dan simulasi sebelum diimplementasikan pada kondisi sebenarnya. Salah satu protokol yang sesuai pada jaringan sensor nirkabel yaitu Protokol Zigbee. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh posisi dan ketinggian nodal sensor terhadap *Quality of Services*. Pengujian dilakukan dengan mengubah posisi *node* sensor secara *grid* dan *random* dengan ketinggian PAN *Coordinator* yang divariasikan menggunakan *software Network-Simulator-2* kemudian melakukan perhitungan parameter *routing overhead*, *throughput*, *delay* dan *packet loss* dari *tracefile* hasil simulasi menggunakan program AWK. Hasil pengujian menunjukkan pada pengaruh posisi terhadap QoS dengan jumlah *node* 81 untuk semua ketinggian memiliki performa QoS lebih baik pada posisi *grid*. Pada posisi *grid* dengan ketinggian 0 meter diperoleh nilai pada *routing overhead* 45,84 byte, *throughput* 67,53 kbps, *delay* 35,85 ms dan *packet loss* 33,38 %. Sedangkan posisi *random* diperoleh *routing overhead* 53,77 byte, *throughput* 63,83 kbps, *delay* 37,36 ms dan *packet loss* 38,14 %. Pada pengaruh ketinggian, diperoleh hasil QoS yang bervariasi yaitu pada ketinggian 5 meter, diperoleh nilai pada *routing overhead* 45,82 byte, *throughput* 69,53 kbps, *packet loss* 38,53%, dan *delay* 42,49 ms. Pada ketinggian 10 meter, diperoleh nilai pada *routing overhead* 38,11 byte, *throughput* 68,67 kbps, *packet loss* 27,03%, dan *delay* 39,49 ms. pada ketinggian 15 meter, diperoleh nilai pada *routing overhead* 59,07 byte, *throughput* 59,78 kbps, *packet loss* 40,56% dan *delay* 36,82 ms. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa posisi *node* dan ketinggian PAN *Coordinator* dapat mempengaruhi kinerja QoS pada jaringan sensor nirkabel.

## Abstract

*Wireless Sensor Network is implemented in a large area with a large number of sensor nodes. So it is better to do modeling and simulation before implementing it in actual conditions. One of the appropriate protocols for wireless sensor networks is the Zigbee Protocol. This study aims to determine the effect of sensor nodal position and height on the Quality of Services. The test was carried out by changing the position of the sensor nodes in a grid and randomly with the PAN Coordinator height varied using the Network-Simulator-2 software then calculating the routing parameters of overhead, throughput, delay, and packet loss from the simulated trace file using the AWK program. The test results show that the effect of position on QoS with a total of 81 nodes for all heights has better QoS performance at grid positions. At the grid position with a height of 0 meters, the value of routing overhead is 45.84 bytes, throughput is 67.53 kbps, a delay is 35.85 ms, and packet loss is 33.38%. While the random position obtained a routing overhead of 53.77 bytes, 63.83 kbps throughput, 37.36 ms delay, and 38.14% packet loss. In the influence of altitude, various QoS results were obtained, namely at a height of 5 meters, the value of routing overhead was 45.82 bytes, throughput was 69.53 kbps, packet loss was 38.53%, and the delay was 42.49 ms. At a height of 10 meters, the value of routing overhead is 38.11 bytes, throughput is 68.67 kbps, packet loss is 27.03%, and delay is 39.49 ms. at a height of 15 meters, the value of routing overhead is 59.07 bytes, throughput is 59.78 kbps, packet loss is 40.56% and delay is 36.82 ms. Thus it can be concluded that the position of the node and the height of the PAN Coordinator can affect QoS performance on wireless sensor networks.*

## INFO.

### Info. Artikel:

No. 445

Received. July, 20, 2023

Revised. August, 8, 2023

Accepted. August, 14, 2023

Page. 637 – 648

### Kata kunci:

- ✓ Protokol Zigbee
- ✓ Network simulator-2
- ✓ Quality of Services
- ✓ Jaringan Sensor Nirkabel

## PENDAHULUAN

Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) merupakan suatu jaringan yang terdiri dari *node-node* sensor yang disebarkan pada area tertentu [1]. Pada kondisi sebenarnya, JSN diimplementasikan pada suatu area yang cukup luas dengan jumlah nodal sensor yang sangat banyak. Dikarenakan keadaan alam dengan perbedaan kondisi lingkungan dan ketinggian di masing-masing tempat. Perbedaan Ketinggian dan posisi *node* sensor pada kondisi sebenarnya dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor misalnya seperti bentuk kontur tanah [2]. Hal ini akan mempengaruhi kualitas dari JSN tersebut seperti *routing overhead*, *throughput*, *packet loss* dan *delay* Sehingga akan lebih baik apabila dilakukan pemodelan dan simulasi JSN tersebut sebelum diimplementasikan pada kondisi sebenarnya [2].

Salah satu protokol yang sesuai pada jaringan sensor nirkabel yaitu Protokol Zigbee. Protokol Zigbee merupakan standar yang mendefinisikan sekumpulan protokol komunikasi untuk jaringan tanpa kabel jangkauan pendek dan kecepatan data rendah yang mengacu pada standar IEEE 802.15.4 yang berhubungan dengan *Wireless Personal Area Networks* (WPANs) [3].

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Helmy Fitriawan, Hasil yang didapatkan yaitu nilai *throughput* dan *packet loss* yang dihasilkan terlihat bahwa untuk JSN dengan jumlah nodal sensor banyak (lebih dari 25) yang diletakkan secara teratur mempunyai kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan JSN dengan nodal sensor yang disebarkan secara acak [2]. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Novia Malinda, Berdasarkan hasil perbandingan simulasi dengan variasi ketinggian 0 meter dan variasi ketinggian acak, didapatkan nilai optimal untuk hasil QoS yang lebih baik pada variasi ketinggian 0 meter. Hal tersebut menunjukkan bahwa ketinggian nodal sensor berpengaruh terhadap kinerja QoS JSN [4]. Perbedaan penelitian ini dari penelitian sebelumnya yaitu pada penelitian ini melihat pengaruh posisi dan ketinggian sekaligus menggunakan *software network simulator-2*.

*Network simulator-2* merupakan sebuah perangkat lunak simulasi jaringan *open-source* yang digunakan untuk mengembangkan dan mengevaluasi berbagai protokol jaringan, algoritma routing dan skenario jaringan [5]. *Ad-hoc On Demand Distance Vector Routing* (AODV) merupakan sebuah algoritma yang dapat mendukung pengoperasian jaringan *ad-hoc* tersebut. Pada AODV, setiap nodal bertindak sebagai router, dan suatu *route* hanya akan terbentuk jika dibutuhkan atau terdapat permintaan (*on demand*) [6].

Tujuan utama dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh posisi dan ketinggian nodal sensor terhadap *Quality of Services* (QoS) jaringan sensor nirkabel menggunakan protokol Zigbee. Simulasi yang dilakukan dalam penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai data awal sebelum mengimplementasikan Jaringan Sensor Nirkabel.

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah melakukan simulasi pengaruh posisi dan ketinggian nodal sensor dan menganalisa *Quality of Service* (QoS) dari Jaringan Sensor Nirkabel (JSN). Simulasi dilakukan dengan mengubah posisi *node* sensor secara teratur dan acak dengan ketinggian PAN *Coordinator* yang divariasikan. menggunakan *software Network simulator-2* (NS-2) kemudian menghitung parameter *Quality of Service* (QoS) yaitu rata-rata *delay*, rata-rata *throughput*, rata-rata *packet loss* dan rata-rata *routing overhead* dari *trace file* hasil simulasi menggunakan program AWK.

### Konfigurasi Topologi Node

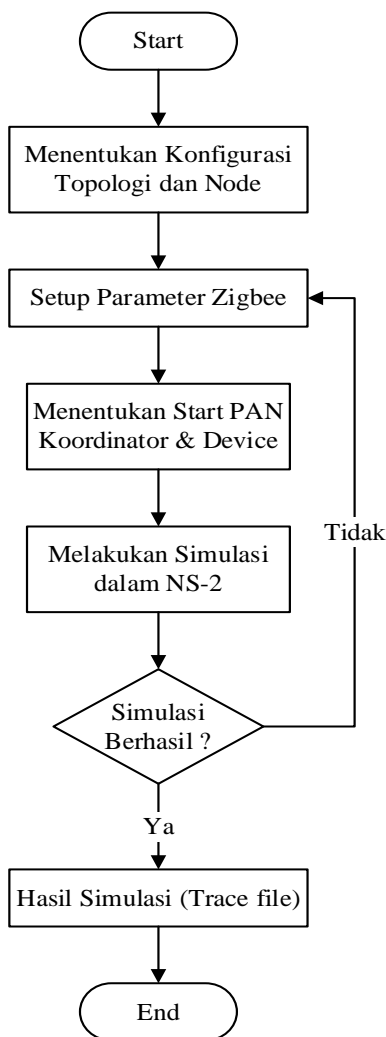
- Skenario pertama nodal sensor diletakkan secara teratur dalam formasi *grid* dengan ketinggian 0 meter dan ketinggian PAN *Coordinator* divariasikan 0 meter, 5 meter, 10 meter dan 15 meter dan skenario kedua nodal sensor disebarkan dan diletakkan dalam posisi acak (*random*) dengan ketinggian 0 meter dan ketinggian PAN *Coordinator* divariasikan 0 meter, 5 meter, 10 meter dan 15 meter.
- Jumlah nodal sensor divariasikan pada setiap skenario yaitu 9, 25, 49, 81 dan 121 *node*, termasuk dengan satu nodal pengumpul/*gateway* (*data sink*).
- Pada formasi *grid*, jarak antar *node* divariasikan yaitu pada 9 *node*: 150 meter, 25 *node*: 75 meter, 49 *node*: 50 meter, 81 *node*: 37.5 meter dan 121 *node*: 30 meter.

**Konfigurasi Protokol Zigbee**

- Fenomena fisik yang dideteksi adalah kelembaban tanah dan suhu pada tanaman.
- Posisi nodal sensor dan gateway diasumsikan dalam keadaan statis dan memenuhi kaidah *Line-Of-Sight* (LoS).[7]
- Untuk pengiriman dan penerimaan sinyal, nodal sensor menggunakan frekuensi kerja 2,4 GHz.[8]
- Untuk protokol *perutean*, JSN menggunakan protokol AODV.[9]
- Ukuran Paket yang digunakan yaitu 70 byte dengan menggunakan model *traffic* CBR. [10]

**Flowchart Simulasi**

*Flowchart* simulasi adalah Bagan alir sitem (*flowchart* sistem) merupakan bagan (*chart*) yang menunjukkan alir (*flow*) di dalam program atau prosedur sistem secara logika. Bagan alir (*flowchart*) digunakan terutama untuk alat bantu komunikasi dan untuk dokumentasi. *Flowchart* sangat penting untuk diterapkan sebelum kita membuat sebuah program agar program yang kita buat nanti dapat sesuai rencana dan dapat meminimalisir kesalahan-kesalahan pada program [11]. Simulasi jaringan sensor nirkabel menggunakan *network simulator-2* dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1. Flowchart simulasi**

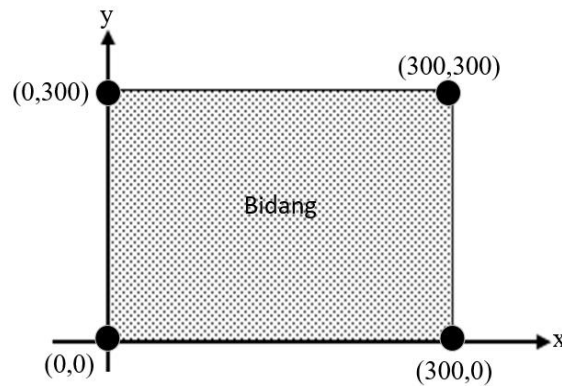
**Analisa Hasil Pengujian**

Data hasil simulasi tersebut akan tersedia dalam bentuk *trace file*. *trace file* tersebut berisi semua kejadian yang terjadi pada saat simulasi berlangsung. Dari *trace file* tersebut dapat diambil data

yang diinginkan untuk melakukan perhitungan parameter QoS seperti *overhead routing*, *throughput*, *delay* dan *packet loss* dengan menggunakan bahasa pemrograman AWK.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

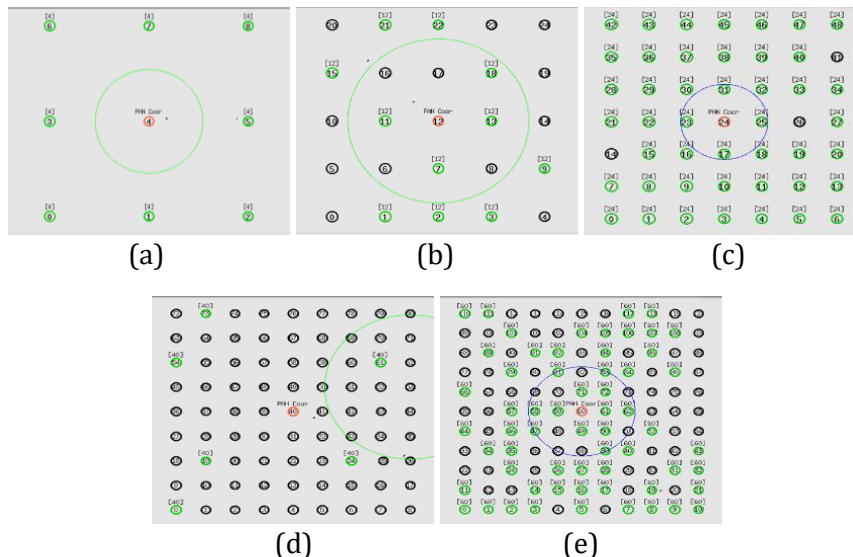
Pemodelan dan simulasi jaringan sensor nirkabel ini dijalankan pada area yang diasumsikan berbentuk bujur sangkar dengan luas bidang 300 m x 300 m seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Luas bidang simulasi 300 m x 300 m

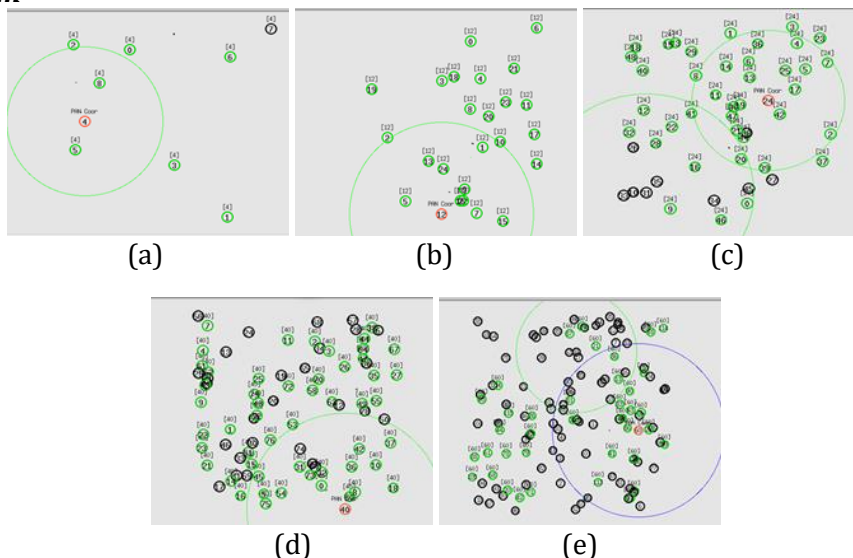
Pada penelitian ini digunakan dua formasi sebagai perbandingan yaitu formasi *grid* dan formasi *Random* dengan jumlah *node* 9, 25, 49, 81 dan 121 *node* dengan ketinggian PAN Coordinator yang divariasikan 0, 0-5, 0-10 dan 0-15 meter. Pada formasi *grid* jarak antar *node* akan disesuaikan dengan luas bidang dan jumlah *node* agar posisi *node* tepat berada di titik koordinat  $x = 0,0$  m dan  $y = 300,300$  m dengan posisi PAN Coordinator berada dipusat bidang (koordinat  $x = 150$  m dan  $y = 150$  m). Model topologi *node* pada formasi *grid* dan *random* dapat dilihat pada gambar 3 dan 4.

### Formasi Grid



Gambar 3. Topologi *node* pada formasi *grid* untuk (a) 9 *node*, (b) 25 *node*, (c) 49 *node*, (d) 81 *node*, (e) 121 *node*

**Formasi Random**



**Gambar 4. Topologi node pada formasi random untuk (a) 9 node, (b) 25 node, (c) 49 node, (d) 81 node, (e) 121 node**

**Setup Parameter Simulasi**

Dalam melakukan simulasi ini akan ditentukan beberapa parameter yang dibutuhkan. Parameter - parameter yang akan dipakai dalam simulasi ini dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1. Parameter simulasi**

<b>Jenis MAC</b>	802.15.4 (Zigbee)
<b>Frekuensi</b>	2.4 GHz
<b>Protokol Routing</b>	AODV
<b>Luas Bidang</b>	300 × 300
<b>Packet Size</b>	70 byte
<b>Data Rate</b>	250 kbps
<b>Traffic</b>	CBR (Random)
<b>Waktu Simulasi</b>	120 detik

**Perhitungan Dan Hasil Parameter QoS**

Setelah mendapatkan *trace file*, selanjutnya *trace file* tersebut akan digunakan untuk menghitung parameter QoS (*routing overhead, throughput, delay dan packet loss*).

**Routing overhead**

*Routing Overhead* (RO) didefinisikan sebagai total jumlah paket yang di routing-kan berbanding dengan jumlah paket yang diterima oleh penerima. Untuk mendapatkan nilai dari routing overhead setiap skenario, digunakanlah rumus sebagai berikut [12]:

$$RO = \frac{\sum Routing\_Packet}{\sum Packet\_Received}$$

Hasil parameter *routing overhead* pada ketinggian PAN Coordinator 0, 5, 10 dan 15 meter pada formasi *grid* dan formasi *random* dengan jumlah node 9, 25, 49, 81, dan 121 dapat dilihat pada tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Hasil parameter *routing overhead* (byte) pada formasi *grid*

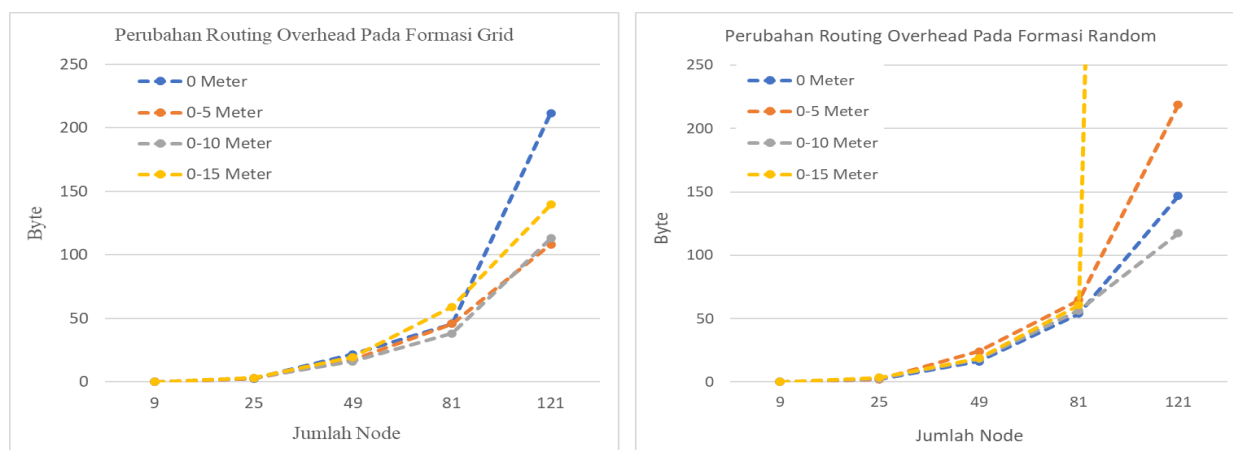
Jumlah Node	0 Meter	0-5 Meter	0-10 Meter	0-15 Meter
9	0,13	0,14	0,14	0,14
25	2,47	2,7	3,08	3,08
49	21,86	17,25	16,02	19,51
81	45,84	45,82	38,11	59,07
121	211,55	108,12	112,94	139,46

Tabel 3. Hasil parameter *routing overhead* (byte) pada formasi *random*

Jumlah Node	0 Meter	0-5 Meter	0-10 Meter	0-15 Meter
9	0,15	0,14	0,12	0,12
25	2,45	2,18	2,72	3,37
49	16,1	24,29	18,18	18,69
81	53,77	64,56	56,56	60,74
121	146,81	218,6	117,36	3039,48

### Analisa Routing Overhead

Berdasarkan grafik pada gambar 4, nilai *routing overhead* yang didapatkan memiliki perbedaan yang kecil pada jumlah *node* yang sama dengan ketinggian 0, 5 dan 10 meter sedangkan pada ketinggian 15 meter nilai *routing overhead* yang didapatkan dengan jumlah *node* 121 memiliki perbedaan cukup besar dikarenakan semakin tinggi PAN *Coordinator* pada posisi *random*, jarak antara beberapa perangkat dengan PAN *Coordinator* memiliki jarak yang lebih jauh dan tidak selalu sama. Hal ini dapat menyebabkan beberapa perangkat memerlukan lebih banyak *node routing* untuk mencapai PAN *Coordinator*, dan akibatnya nilai *overhead routing* akan semakin besar. Nilai *routing overhead* semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah *node*. Hal tersebut dikarenakan semakin padat *traffic* suatu jaringan maka semakin banyak pula byte *routing* yang beredar, sehingga *routing overhead* yang dihasilkan semakin besar.



Gambar 4. Grafik perbandingan *routing overhead* pada formasi *grid* dan *random*

### Throughput

*Throughput* didefinisikan sebagai jumlah total *byte* yang diterima oleh tujuan per detik. Untuk menghitung ini, digunakan rumus sebagai berikut [13]:

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Total bits received}}{\text{simulation time}}$$

Hasil parameter *throughput* pada ketinggian PAN Coordinator 0, 5, 10 dan 15 meter pada formasi *grid* dan formasi *random* dengan jumlah *node* 9, 25, 49, 81, dan 121 dapat dilihat pada tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Hasil parameter *throughput* (kbps) pada formasi *grid*

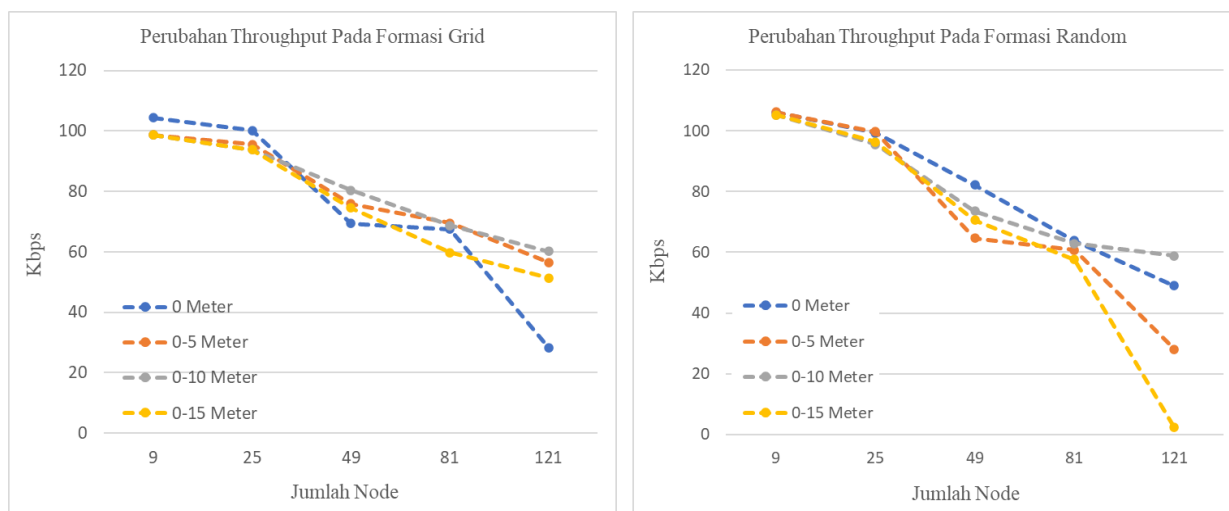
Jumlah Node	0 Meter	0-5 Meter	0-10 Meter	0-15 Meter
9	104,32	98,71	98,71	98,71
25	100,16	95,54	93,78	93,78
49	69,41	75,89	80,39	74,57
81	67,53	69,53	68,67	59,78
121	28,25	56,45	60,19	51,38

Tabel 5. Hasil parameter *throughput* (kbps) pada formasi *random*

Jumlah Node	0 Meter	0-5 Meter	0-10 Meter	0-15 Meter
9	106,06	106,12	105,16	105,16
25	99,21	99,69	95,54	96,34
49	82,17	64,59	73,57	70,53
81	63,83	60,73	62,92	57,56
121	48,99	28,07	58,87	2,36

**Analisa Throughput**

Berdasarkan grafik pada gambar 5, nilai *throughput* yang didapatkan memiliki perbedaan yang kecil pada jumlah *node* yang sama dengan ketinggian 0, 5 dan 10 meter sedangkan pada ketinggian 15 meter nilai *throughput* yang didapatkan dengan jumlah *node* 121 memiliki perbedaan cukup besar dikarenakan besarnya *routing overhead* pada formasi *random* dengan ketinggian PAN Coordinator 15 meter. Nilai *throughput* semakin menurun seiring dengan bertambahnya jumlah *node*. Secara umum nilai *throughput* yang semakin menurun disebabkan karena terjadinya *drop* paket (*packet loss*) ketika dilakukan pengiriman paket data dari *node* sumber ke *node* tujuan dimana nilai *throughput* selalu berbanding terbalik dengan *packet loss* [14]. Apabila *packet loss* meningkat maka nilai *throughput* akan menjadi turun dan begitu juga sebaliknya. Penurunan nilai *throughput* yang disebabkan oleh jarak (formasi) dan ketinggian tidak terlalu signifikan karena perbedaan nilai *throughput* yang kecil.



Gambar 5. Grafik perbandingan *throughput* pada formasi *grid* dan *random*

### Delay

Delay adalah perbedaan antara waktu penerimaan dan pengiriman paket, Rata-rata delay dihitung dengan menggunakan langkah-langkah berikut:

- 1 Untuk setiap paket  $i$  yang diterima, cari delay sebagai:

$$delay_i = ArrivalTime\_Packet_i - sentTime\_Packet_i$$

- 2  $avgdelay = \frac{\sum_{i=1}^n delay_i}{n}$

Hasil parameter delay pada ketinggian PAN Coordinator 0, 5, 10 dan 15 meter pada formasi grid dan formasi random dengan jumlah node 9, 25, 49, 81, dan 121 dapat dilihat pada tabel 6 dan 7.

**Tabel 6. Hasil parameter delay (ms) pada formasi grid**

Jumlah Node	0 Meter	0-5 Meter	0-10 Meter	0-15 Meter
9	398,15	367,72	367,72	367,72
25	156,3	154,14	156,28	156,28
49	66,69	66,71	72,43	73,66
81	35,85	42,49	39,49	36,82
121	11,84	23,33	25,53	24,88

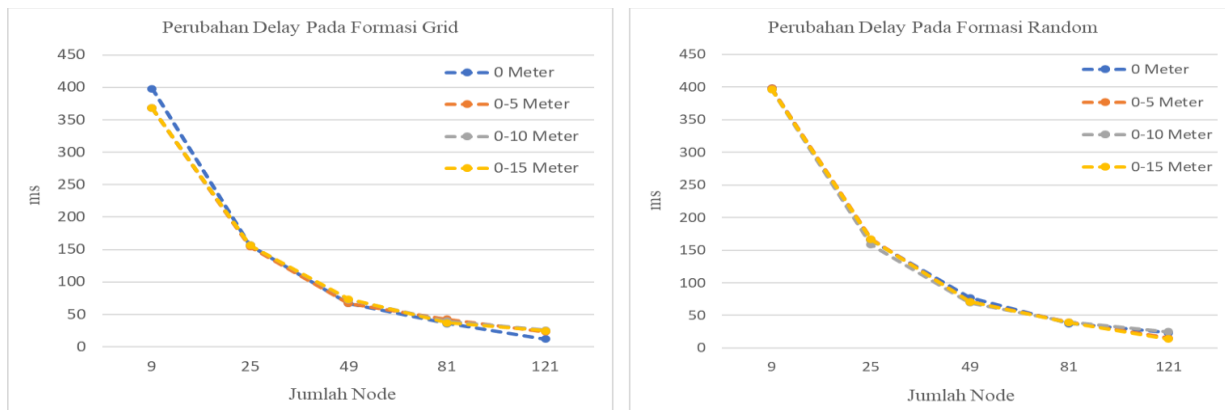
**Tabel 7. Hasil parameter delay (ms) pada formasi random**

Jumlah Node	0 Meter	0-5 Meter	0-10 Meter	0-15 Meter
9	398,04	398,22	396,42	396,42
25	165,67	167,28	158,59	166,59
49	76,91	71,12	69,54	70,75
81	37,36	39,39	39,6	38,97
121	23,43	15,33	25,2	13,73

### Analisa Delay

Berdasarkan grafik pada gambar 6, Delay yang terjadi pada simulasi dengan jumlah node yang sedikit akan menyebabkan delay yang lebih besar karena masing-masing node memiliki jarak yang jauh dari PAN Coordinator, sedangkan semakin banyak jumlah node maka jarak antar node akan semakin kecil sehingga nilai delay juga ikut menurun. Besarnya nilai delay juga dipengaruhi oleh jarak antara node sumber dan node penerima, semakin dekat node sumber dengan node penerima maka nilai delay yang didapatkan juga akan semakin kecil. Jarak antar node tergantung oleh posisi dan ketinggian sensor node dan PAN Coordinator yang digunakan. Pada posisi grid, delay pada node pengirim ke node penerima cenderung tidak mengalami perubahan yang signifikan seiring dengan bertambahnya ketinggian pada PAN Coordinator dikarenakan jarak antar node pengirim ke penerima yang sama dan teratur sehingga nilai delay yang didapatkan tidak mengalami perubahan yang signifikan. Sedangkan pada posisi random, delay pada node pengirim ke penerima bervariasi pada masing-masing ketinggian dikarenakan jarak antar node pengirim ke penerima yang tidak menentu dan jarak antara pengirim yang bisa saling berdekatan.





Gambar 6. Grafik perbandingan delay pada formasi grid dan random

**Packet loss**

Packet loss didefinisikan sebagai jumlah paket yang tidak diterima dari total paket yang dikirim. Lebih khusus lagi pada persentase kehilangan paket, yang menghitung jumlah paket yang hilang dari setiap 100 paket yang dikirim. Rumusnya dapat ditulis sebagai berikut [15]:

$$Packet Loss = \frac{\sum Paket Hilang}{\sum Paket Hilang + \sum Paket Terima}$$

Hasil parameter delay pada ketinggian PAN Coordinator 0, 5, 10 dan 15 meter pada formasi grid dan formasi random dengan jumlah node 9, 25, 49, 81, dan 121 dapat dilihat pada tabel 8 dan 9.

Tabel 8. Hasil parameter Packet loss (%) pada formasi grid

Jumlah Node	0 Meter	0.5 Meter	0.10 Meter	0.15 Meter
9	0,7	0,74	0,74	0,74
25	9,27	12,36	12,12	12,12
49	40,11	27,33	23,92	35,37
81	33,38	38,53	27,03	40,56
121	36,04	44,62	43,4	49,86

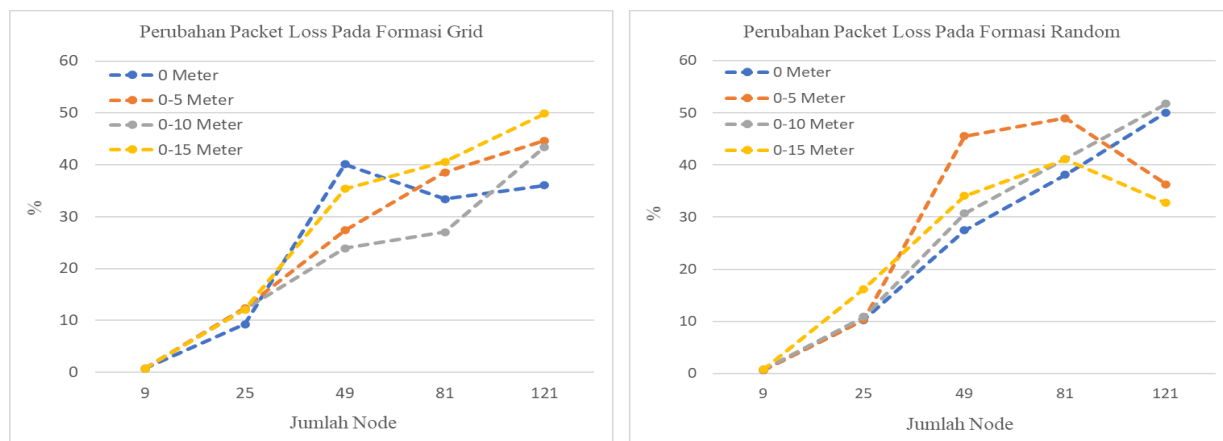
Tabel 9. Hasil parameter Packet loss (%) pada formasi random

Jumlah Node	0 Meter	0.5 Meter	0.10 Meter	0.15 Meter
9	0,63	0,64	0,77	0,77
25	10,24	10,37	10,89	16,18
49	27,43	45,53	30,7	34,1
81	38,14	48,99	41,13	41,11
121	50,02	36,32	51,76	32,74

**Analisa Packet loss**

Berdasarkan grafik pada gambar 7, nilai packet loss yang didapatkan memiliki perbedaan yang kecil pada jumlah node yang sama dan formasi serta ketinggian yang berbeda. Nilai packet loss mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah node. Secara umum Nilai packet loss yang semakin meningkat disebabkan karena terjadinya drop paket (packet loss) ketika dilakukan pengiriman paket data dari node sumber ke node tujuan. Penyebab packet loss pada jaringan zigbee ialah

menurunnya kualitas sinyal yang diindikasikan dengan kode LQI (*Link Quality Indicator*). LQI sendiri disebabkan karena masalah *hidden node* yaitu adanya dua atau lebih *node* yang terlibat dalam transmisi tidak dapat mendeteksi keberadaan *node* lain dan tetap mengirimkan paket karena tidak menyadari transmisi dari *node* lain [16]. Peningkatan nilai *packet loss* ditandai dengan semakin banyaknya data yang masuk secara bersamaan sehingga tidak dapat diterima dengan baik oleh *Coordinator*. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan pewaktuan dari masing-masing *node* dalam melakukan transmisi data menuju *Coordinator*, agar data yang sampai tidak saling tumpang tindih.



Gambar 7. Grafik perbandingan *packet loss* pada formasi *grid* dan *random*

### Pengaruh Posisi dan Ketinggian *Node* Sensor Terhadap QoS

Pada analisis pengaruh posisi terhadap QoS dengan jumlah *node* 81 menunjukkan pada posisi *grid* untuk semua ketinggian memiliki performa QoS yang lebih baik dibandingkan formasi *random*. Analisis dilakukan dengan jumlah *node* 81 dikarenakan pada jumlah *node* 9, 25, 49 dan 121 didapatkan perbandingan parameter QoS yang bervariasi antara formasi *grid* dan *random*.

### Pengaruh Posisi Terhadap QoS

Pada posisi *grid* berdasarkan simulasi yang dilakukan dengan ketinggian 0 meter yang didapatkan cenderung mengurangi *routing overhead* yang ditandai dengan perolehan nilai sebesar 45,84 byte, meningkatkan *throughput* dengan perolehan nilai sebesar 67,53 kbps, mengurangi *delay* dengan perolehan nilai sebesar 35,85 ms dan mengurangi *packet loss* dengan perolehan nilai sebesar 33,38 %. Hal ini dikarenakan posisi PAN *Coordinator* yang berada tepat di pusat bidang sehingga *node-node* sensor berada dalam jarak yang relatif dekat sehingga memiliki jalur komunikasi yang lebih stabil. Sedangkan posisi *random* dapat meningkatkan *routing overhead* hingga 53,77 byte, mengurangi *throughput* hingga 63,83 kbps, meningkatkan *delay* hingga 37,36 ms, dan meningkatkan *packet loss* hingga 38,14 %. Hal ini dikarenakan posisi PAN *Coordinator* dan *node-node* sensor tersebar secara acak dengan jarak yang bervariasi dan memerlukan upaya tambahan untuk menemukan *route* yang optimal.

### Pengaruh Ketinggian Terhadap QoS

Pada posisi *grid* dengan ketinggian 5 meter, terjadi penurunan *routing overhead* sedangkan *throughput*, *packet loss*, dan *delay* terjadi peningkatan, dengan perolehan nilai masing-masing sebesar 45,82 byte, 69,53 kbps, 38,53 % dan 42,49 ms. Pada ketinggian 10 meter, terjadi penurunan *routing overhead*, *throughput*, *packet loss*, dan *delay*, dengan nilai masing-masing sebesar 38,11 byte, 68,67 kbps, 27,03 % dan 39,49 ms. Sedangkan pada ketinggian 15 meter, terjadi peningkatan *routing overhead* dan *packet loss*, namun pada *throughput* dan *delay* terjadi penurunan, dengan perolehan nilai masing-masing sebesar 59,07 byte, 59,78 kbps, 40,56 % dan 36,82 ms.

Pada posisi *random* dengan ketinggian 5 meter, terjadi peningkatan *routing overhead*, *packet loss*, dan *delay*, sedangkan pada *throughput* terjadi penurunan, dengan perolehan nilai masing-masing sebesar 64,56 byte, 60,73 kbps, 48,99 % dan 39,39 ms. Pada ketinggian 10 meter, terjadi penurunan

*routing overhead* dan *packet loss*, namun pada *throughput* dan *delay* terjadi peningkatan, dengan perolehan nilai masing-masing sebesar 56,56 byte, 62,92 kbps, 41,13 % dan 39,6 ms. Sedangkan pada ketinggian 15 meter, terjadi peningkatan *routing overhead*, namun pada *throughput* terjadi penurunan, *packet loss*, dan *delay*, dengan perolehan nilai masing-masing sebesar 60,74 byte, 57,56 kbps, 41,11 % dan 38,97 ms.

Pada pengaruh ketinggian yang diperoleh dapat dilihat bahwa seiring dengan bertambahnya ketinggian PAN *Coordinator* 5, 10 dan 15 meter diperoleh hasil QoS yang bervariasi baik posisi *grid* maupun posisi *random*. Hal ini dapat disebabkan oleh jarak yang semakin jauh dan kemungkinan terjadinya interferensi sehingga dapat mempengaruhi kualitas sinyal dan pengiriman data antara *node* sensor dengan PAN *Coordinator*.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa posisi *node* dan ketinggian PAN *Coordinator* dapat mempengaruhi kinerja QoS pada jaringan sensor nirkabel dan untuk mendapatkan nilai overhead *routing*, *throughput*, *packet loss* dan *delay* yang baik berdasarkan simulasi yang dilakukan yaitu menggunakan formasi *grid* dengan jumlah 81 *node* serta ketinggian 10 meter. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Helmy Fitriawan dan Fadil Hamdani [2]. Penelitian ini membandingkan QoS dari posisi *node* sensor secara teratur dan acak dimana nilai *throughput* dan *packet loss* dengan jumlah nodal sensor lebih dari 25 yang diletakkan secara *grid* mempunyai kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan nodal sensor yang disebar secara *random*.

## KESIMPULAN

Analisis pengaruh posisi terhadap QoS dengan jumlah *node* 81 menunjukkan pada posisi *grid* untuk semua ketinggian memiliki performa QoS yang lebih baik dibandingkan formasi *random*.

Pada posisi *grid* dengan ketinggian 0 meter yang didapatkan cenderung mengurangi *routing overhead* meningkatkan *throughput*, mengurangi *delay* dan mengurangi *packet loss*. Hal ini dikarenakan posisi PAN *Coordinator* yang berada tepat di pusat bidang sehingga *node-node* sensor berada dalam jarak yang relatif dekat sehingga memiliki jalur komunikasi yang lebih stabil. Sedangkan posisi *random* dapat meningkatkan *routing overhead*, mengurangi *throughput*, meningkatkan *delay*, dan meningkatkan *packet loss*. Hal ini dikarenakan posisi PAN *Coordinator* dan *node-node* sensor tersebar secara acak dengan jarak yang bervariasi dan memerlukan upaya tambahan untuk menemukan *route* yang optimal.

Pada pengaruh ketinggian berdasarkan simulasi yang dilakukan dapat dilihat bahwa seiring dengan bertambahnya ketinggian PAN *Coordinator* 5, 10 dan 15 meter diperoleh hasil QoS yang bervariasi baik posisi *grid* maupun posisi *random*. Hal ini dapat disebabkan oleh jarak yang semakin jauh dan kemungkinan terjadinya interferensi sehingga dapat mempengaruhi kualitas sinyal dan pengiriman data antara *node* sensor dengan PAN *Coordinator*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Lebda, "Simulasi dan Analisa Kinerja Protokol 802.15.4 (Zigbee) pada Jaringan Sensor Nirkabel," *Tek. Pomits*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2013.
- [2] F. A. D. Helmy Fitriawan, Fadil Hamdani, "Pemodelan dan Simulasi Jaringan Sensor Nirkabel IEEE-802.15.4 Dengan Network Simulator-2," *Jur. Tek. Elektro, Univ. Lampung, Bandar Lampung*, pp. 180–184, 2013.
- [3] Y. I. Suryanto, Sukiswo, and A. A. Zahra, "Analisis Kinerja Zigbee (802.15.4) Wsn Pada Topologi Tree Dan Star Mode Non Beacon Menggunakan Network Simulator 2," *Transient*, vol. 4, no. 3, pp. 1-7, 2015.
- [4] N. Malinda, "Simulasi Pengaruh Ketinggian Nodal Sensor Terhadap Quality Of Service (QoS) Jaringan Sensor Nirkabel Dengan Ns-2," *Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 10, no. 2, p. 110, 2016.
- [5] K. Fall and K. Varadhan, "The network simulator (ns-2)," 2007. Accessed: Sep. 16, 2022. [Online]. Available: <https://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [6] C. Perkins, E. Belding-Royer, and S. Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," Santa Barbara, 3561, 2003.
- [7] V. P. Rao, "The simulative Investigation of Zigbee/IEEE 802.15.4," Dresden University Of Technology, 2019.
- [8] Z. Alliance, *ZigBee Specification*. 2015.
- [9] R. Arief, R. Anggoro, and F. X. Arunanto, "Implementation of AODV routing protocol with vehicle movement prediction in vanet," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.

- [10] Surender.R and P. Samundiswary, "Performance Analysis of IEEE 802.15.4 Based Wireless Sensor Networks using LAR protocol for CBR and Zigbee Traffic Applications," *Int. J. Comput. Technol.*, vol. 10, no. February 2014, pp. 1201–1229, 2018.
- [11] R. I. Nugraha and A. R. Nugraha, "Simulasi smart home berbasis arduino," *J. Manaj. dan Tek. Inform.*, vol. 01, no. 01, pp. 241–250, 2018.
- [12] I. B. I. Iswara and W. Wibisono, "Pemilihan Node Tetangga yang Handal Dengan Memperhitungkan Signal Strength dan Link Quality Pada Zone Routing Protocol Di Lingkungan MANET," *J. Ilmu Komput.*, vol. 6, no. 2, pp. 35–48, 2013.
- [13] A. K. Nayak, S. C. Rai, and R. Mall, *Computer Network Simulation Using NS2*. London: Taylor & Francis Group, LLC, 2016.
- [14] Asriyad and R. Kurnia, "Unjuk Kerja Protokol Zigbee Pada Jaringan Wsn," vol. 3, no. 1, pp. 1–10, 2014.
- [15] U. K. Usman, A. G. Permana, and G. Wibisono, *Jaringan Telekomunikasi dan Teknologi Informasi*. Bandung: Penerbit Informatika, 2022.
- [16] S. Farahani, *ZigBee Wireless Networks and Transceivers*. Oxford: Elsevier Ltd, 2008.