OPTIMASI LINTASAN *MOBILITAS SINK NODE* PADA TOPOLOGI *GRID* DARI *WIRELESS SENSOR NETWORK* (WSN) UNTUK APLIKASI PEMANTAUAN PERTANIAN

(Skripsi)

Oleh

CATUR ADJI PRASETYO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2019

ABSTRAK

OPTIMASI LINTASAN MOBILITAS *SINK NODE* PADA TOPOLOGI *GRID* DARI *WIRELESS SENSOR NETWORK* (WSN) UNTUK APLIKASI PEMANTAUAN PERTANIAN

Oleh

CATUR ADJI PRASETYO

Mayoritas penduduk Indonesia memiliki mata pencaharian pada sektor pertanian dengan komoditas utamanya tanaman padi. Produksi tanaman padi mengalami banyak permasalahan seperti adanya hama tikus yang dapat mengurangi hasil atau bahkan mengakibatkan gagal panen. Untuk mendeteksi adanya hama tikus dapat menggunakan *Wireless Sensor Network* (WSN). WSN merupakan jaringan nirkabel terdistribusi yang digunakan untuk melakukan penginderaan terhadap suatu objek dengan menggunakan perangkat sensor. Terdapat *sensor node* untuk melakukan penginderaan dan *sink node* untuk mengumpulkan informasi yang didapat dari nodal-nodal sensor. Permasalahan utama pada WSN adalah umur jaringan (*lifetime*) karena keterbatasan sumber energi *node*. Apabila menggunakan *sink node* statik (*static sink node*) dengan pengiriman data secara *multi hop* maka *sensor node* yang terdekat dengan *sink node* akan menggunakan lebih banyak energi untuk menerima dan meneruskan data yang didapat dari *sensor node* lainnya sehingga mempersingkat *lifetime* jaringan. Oleh karena itu salah satu cara untuk meningkatkan *lifetime* jaringan adalah menggunakan *sink node* bergerak (*mobile sink node*). Pada skripsi ini dipelajari penggunaan *mobile sink node* dengan berbagai lintasan dengan tujuan untuk mengamati pengaruhnya terhadap *lifetime* jaringan pada WSN dengan topologi *grid*. Metode penelitian yang digunakan adalah pemodelan dan simulasi. Pemodelan dibedakan berdasarkan lintasan yang digunakan oleh *mobile sink node*. Hasil simulasi menunjukkan semakin banyak *sensor node* yang dilalui oleh *mobile sink node* yang bergerak dari titik awal hingga kembali ke titik tersebut maka penggunaan energi lebih merata dan *lifetime* yang lebih lama.

Kata kunci: *Wireless Sensor Network* (WSN), *sensor node*, *sink node*, *static sink node*, *lifetime*, lintasan, dan *mobile sink node*.

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF SINK NODE MOBILITY PATH ON THE GRID TOPOLOGY OF WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN) FOR AGRICULTURAL MONITORING APPLICATIONS

By

CATUR ADJI PRASETYO

The majority of Indonesian people has a livelihood in the agricultural sector with rice as the main commodity. Rice production has many problems such as the presence of rat that can reduce yield or even lead to crop failure. Wireless Sensor Network (WSN) can be used to detect rat in the rice field. WSN is a distributed wireless network that is used to sense an object using sensor devices. In WSN, there are sensor nodes to do sensing task and sink node to collect information obtained from sensor nodes. WSN fundamental problem is the network lifetime due to limited node is energy sources. When using a static sink node with multi-hop data transmission, the sensor node which is closest to the sink node will use more energy to receive and to forward the data obtained from other sensor nodes, thus shortening the network lifetime. Therefore, one way to increase network lifetime is to use mobile sink node. In this undergraduate thesis it is explored the use of mobile sink node with various pathways in order to observe its effect on network lifetime in WSN with grid topology. The research methodology used is modeling and simulation. Modeling is differentiated based on the paths used by the mobile sink node. The simulation results show that the more sensor nodes traversed by the mobile sink node that travels from the starting point and returns to that point, the more even distribution of energy and a longer lifetime achieved.

Keywords: Wireless Sensor Network (WSN), sensor node, sink node, static sink node, lifetime, path, and mobile sink node.

OPTIMASI LINTASAN *MOBILITAS SINK NODE* PADA TOPOLOGI *GRID* DARI *WIRELESS SENSOR NETWORK* (WSN) UNTUK APLIKASI PEMANTAUAN PERTANIAN

Oleh:

Catur Adji Prasetyo

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2019

Judul Skripsi	: **OPTIMASI LINTASAN *MOBILITAS SINK NODE* PADA TOPOLOGI *GRID* DARI *WIRELESS SENSOR NETWORK* (WSN) UNTUK APLIKASI PEMANTAUAN PERTANIAN**
Nama Mahasiswa	: **Catur Adji Prasetyo**
Nomor Pokok Mahasiswa	: **1415031036**
Program Studi	: **Teknik Elektro**
Fakultas	: **Teknik**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Misfa Susanto, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 19710525 199903 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. Herman Halomoan Sinaga, S.T., M.T.
NIP. 1971130 199903 1 003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Misfa Susanto, S.T., M.Sc., Ph.D.** .....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.** .....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Yetti Yuniati, S.T., M.T.** .....

2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 15 November 2019

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak ada terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan di dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenakan sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 26 November 2019

Catur Adji Prasetyo

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Sumber Harjo pada tanggal 20 November 1996 dari seorang Bapak bernama Mujiono dan Ibu Umi Sholekhah. Penulis merupakan anak keempat dari lima bersaudara. Penulis bersekolah mulai dari Taman Kanak-Kanak (TK) Masthon pada tahun 2001. Kemudian melanjutkan ke Sekolah Dasar (SD) Negeri 2 Sumber Harjo pada tahun 2002. Lalu melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Buay Madang Timur pada tahun 2008. Setelah itu penulis melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 9 Bandar Lampung pada tahun 2011.

Penulis melanjutkan studi ke Universitas Lampung dan terdaftar sebagai mahasiswa jurusan Teknik Elektro angkatan 2014 melalui jalur SBMPTN. Tahun 2017 Penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di PT. Perusahaan Gas Negara, Tbk dengan judul "KONFIGURASI PERANGKAT DAN *NETWORK MONITORING SYSTEM* KOMUNIKASI RADIO PADA PT. PERUSAHAAN GAS NEGARA *AREA OPERATION* LAMPUNG".

PERSEMBAHAN

Dengan rahmat dan izin Allah Subhanallahu wa Ta'ala , Saya persembahkan Skripsi ini kepada

Ibu dan Bapak Tercinta

Umi Sholekhah dan Mujiono

Kakak-Kakak dan Adikku Tersayang

Evi Fajar Ismiati

Yuni Isnanto

Sigit Triwibowo

Andini Khairunnisa

Almamater, dan Seluruh sahabat-sahabatku

MOTTO

“Maximum Effort!!!“

SANWACANA

Alhamdulillahi rabbil ‘alamin. Puji syukur selalu penulis panjatkan kepada Allah, Tuhan semesta alam. Sholawat serta salam tak lupa penulis ucapkan kepada Rasulullah Muhammad Shollallahu ‘Alaihi Wasalam sehingga izin-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi berjudul “Optimasi Lintasan Mobilitas *Sink Node* Pada Topologi *Grid* Dari *Wireless Sensor Network* (WSN) Untuk Aplikasi Pemantauan Pertanian” disusun sebagai syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penulis telah melalui banyak hal yang di dalamnya juga terdapat orang-orang hebat yang selalu mendukung dan menyemangati serta memberikan contoh yang baik untuk penulis. Adapun mereka ialah:

1. Bapak Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik.
2. Bapak Dr. Herman Halomoan Sinaga, S.T., M.T.selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Misfa Susanto, S.T., M.Sc., Ph.D. sebagai pembimbing utama yang mana telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan dan kritik sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.
4. Bapak Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc. sebagai penguji utama yang mana tanpa beliau penulis tidak akan bisa membuat skripsi ini jadi lebih baik dari sebelumnya.

5. Ibu Yetti Yuniati, S.T., M.T. sebagai penguji pendamping yang mana tanpa beliau penulis tidak akan bisa membuat skripsi ini jadi lebih baik dari sebelumnya.
6. Seluruh dosen yang ada pada Jurusan Teknik Elektro yang telah berbagi dalamnya ilmu dan luasnya pengetahuan mereka kepada penulis selama berkuliah di sana.
7. Seluruh jajaran staf Administrasi Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
8. Sahabat-sahabatku sejak SMA, Ahmad Rijal Arif Fathoni, M. Ridho Lipurnaim Zainuddin, Kresnawan Ramadhan, Prasetyo Putra Ciptadi, Rinaldy Wira Dharma, M. Bintang Parikesit, Rizky Fernando Agrestian, Bambang Hidayat, Igna Zaki Amiga, dan Jordan Dwi Putra, terima kasih telah menjadi tempat berbagi baik saat senang maupun sedih, semoga persahabatan kita akan selalu seperti ini.
9. Sahabat seperjuangan kuliah, Aswin Hidayat, Ahmad Solihin, Dapin Pitra, Christoper Theophilus Prayogo, Agustinus Satrio Krisdian, Rizkima Akbar Setiawan, Bangkit Gigih Nugroho, Roviq Cholifatul Rohman, Candyco Wahyu Fajrian, Sahrul Kais, Rizky Saputra, dan I Nyoman Krishna W., yang senantiasa saling menguatkan untuk mendapatkan gelar sarjana.
10. Teman Teknik Elektro Angkatan 2014 yang telah bersama melewati masa-masa suram hingga sekarang satu per satu telah meraih gelar Sarjana Teknik.
11. Semua pihak yang terlibat dan tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak memberikan masukan dan bantuan dalam penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan di dalam skripsi ini, jauh dari kata sempurna. Namun segala yang terkandung dalam skripsi ini semoga dapat memberikan manfaat bagi pembacanya.

Bandar Lampung, 26 November 2019

Penulis,

Catur Adji Prasetyo

DAFTAR ISI

ABSTRAK
HALAMAN JUDUL
HALAMAN PERSETUJUAN
LEMBAR PENGESAHAN
SURAT PERNYATAAN
RIWAYAT HIDUP
MOTTO
PERSEMBAHAN
SANWACANA
DAFTAR ISI
DAFTAR TABEL
DAFTAR GAMBAR

Halaman

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Tujuan Penelitian 3

1.3 Manfaat Penelitian 3

1.4 Rumusan Masalah 3

1.5 Batasan Masalah 3

1.6 Sistem Penulisan 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka Dari Penelitian yang Berkaitan 6

2.2 Pengertian *Wireless Sensor Network* (WSN) 7

2.3 Prinsip Kerja *Wireless Sensor Network* (WSN) 8

2.4 Arsitektur Wireless Sensor *Network* (WSN) 9

2.5 Topologi *Wireless Sensor Network* (WSN) 12

2.6 Aplikasi Penggunaan *Wireless Sensor Network* (WSN) 16

2.7 Permasalahan Pada *Wireless Sensor Network* (WSN) 17

2.8 Metode *Routing* Pada *Wireless Sensor Network* (WSN) 18

2.9 Model Mobilitas 19

2.10 *Probability Density Function* (PDF) 21

2.11 *Cumulative Distribution Function* (CDF) 21

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 22

3.2 Alat dan Bahan 22

3.3 Metode Penelitian 22

3.3.1 Studi Literatur 22

3.3.2 Pemodelan Sistem 23

3.3.2.1 *Sensor Field* dan Penyebaran *Sensor Node* 24

3.3.2.3 Model Energi 25

3.3.2.4 Skenario Simulasi 26

3.3.2.2 Pemilihan Lintasan 32

3.3.3 Simulasi Menggunakan MATLAB 36

3.4 Diagram Alir Penelitian 37

3.4.1 Diagram Alir Proses Penelitian 37

3.4.2 Diagram Alir Program Simulasi 38

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Probabilitas Aktif Tiap *Sensor Node* 40

4.2 Energi Disipasi 41

4.2.1 Skenario 1 43

4.2.2 Skenario 2 45

4.2.3 Skenario 3 48

4.2.4 Skenario 4 51

4.2.5 Skenario 5 54

4.2.6 Skenario 6 57

4.3 Sebaran Energi 60

4.4 *Lifetime* Jaringan 62

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan 65

5.2 Saran 66

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 3.1 Identitas *sensor node* dalam area simulasi 24

Tabel 3.2 Pemilihan lintasan 34

Tabel 3.3 Parameter Simulasi 37

Tabel 4.1 *Probability Density Function* (PDF) setiap skenario 42

Tabel 4.2 *Cumulative Distribution Function* (CDF) setiap skenario 60

Tabel 4.3 *Lifetime* jaringan 63

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 *Wireless Sensor Networks* (WSN) 9

Gambar 2.2 *Bus Topology* 13

Gambar 2.3 *Tree Topology* 13

Gambar 2.4 *Star Topology* 14

Gambar 2.5 *Ring Topology* 14

Gambar 2.6 *Mesh Topology* 15

Gambar 2.7 *Circular Topology* 15

Gambar 2.8 *Grid Topology* 16

Gambar 2.9 *Routing* Pada *Wireless Sensor Network* (WSN) 19

Gambar 3.1 Sebaran *sensor node* 25

Gambar 3.2 *Static sink node* skenario 1 26

Gambar 3.3 Mobilitas *mobile sink n*ode skenario 2 27

Gambar 3.4 Mobilitas *mobile sink n*ode skenario 3 28

Gambar 3.5 Mobilitas *mobile sink n*ode skenario 4 29

Gambar 3.6 Mobilitas *mobile sink n*ode skenario 5 30

Gambar 3.7 Mobilitas *mobile sink n*ode skenario 6 31

Gambar 3.8 Pemilihan lintasan 33

Gambar 3.9 Diagram Alir Penelitian 38

Gambar 3.10 Diagram alur program simulasi 39

Gambar 4.1 Probabilitas Aktif Tiap *Sensor Node* 41
Gambar 4.2 Sebaran energi disipasi pada skenario 1 43
Gambar 4.3 PDF skenario 1 44
Gambar 4.4 Frekuensi tiap *sensor node* menjadi *relay* pada skenario 1 45
Gambar 4.5 Sebaran energi disipasi pada skenario 2 46
Gambar 4.6 PDF skenario 2 47
Gambar 4.7 Frekuensi tiap *sensor node* menjadi *relay* pada skenario 2 48
Gambar 4.8 Sebaran energi disipasi pada skenario 3 49
Gambar 4.9 PDF skenario 3 50
Gambar 4.10 Frekuensi tiap *sensor node* menjadi *relay* pada skenario 3 51
Gambar 4.11 Sebaran energi disipasi pada skenario 4 52
Gambar 4.12 PDF skenario 4 53
Gambar 4.13 Frekuensi tiap *sensor node* menjadi *relay* pada skenario 4 54
Gambar 4.14 Sebaran energi disipasi pada skenario 5 55
Gambar 4.15 PDF skenario 5 56
Gambar 4.16 Frekuensi tiap *sensor node* menjadi *relay* pada skenario 5 57
Gambar 4.17 Sebaran energi disipasi pada skenario 6 58
Gambar 4.18 PDF skenario 6 59
Gambar 4.19 Frekuensi tiap *sensor node* menjadi *relay* pada skenario 6 59
Gambar 4.20 CDF 61
Gambar 4.21 *Lifetime* Jaringan 64

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris, dikarenakan mayoritas penduduk Indonesia memiliki mata pencaharian pada sektor pertanian. Sektor pertanian ini memiliki sub sektor yang meliputi tanaman pangan, hortikultura, peternakan, perkebunan, dan kelautan. Menurut sensus pertanian pada tahun 2017 mata pencaharian yang paling banyak yaitu pada sub sektor tanaman pangan. Jumlah komoditas yang paling banyak produksinya adalah tanaman padi [1]. Pada proses produksi padi ini mengalami banyak permasalahan yang menyebabkan hasil panennya tidak maksimal bahkan gagal panen. Permasalahan tersebut di antaranya adalah karena adanya hama pengganggu seperti tikus. Masalah tersebut dapat diatasi menggunakan teknologi *Wireless Sensor Network* (WSN).

WSN merupakan kumpulan perangkat sensor berdaya pancar rendah yang berkomunikasi antara satu dengan yang lainnya untuk memantau kondisi lingkungan yang dicakup, kemudian dikelola menjadi informasi mengenai lingkungan tersebut. Pada WSN terdapat beberapa komponen yaitu *sensor node* yang berfungsi untuk melakukan penginderaan terhadap kondisi lingkungan, *sink node* yang berfungsi mengumpulkan informasi yang didapat oleh *sensor node*.

Untuk mengirim informasi tersebut ke *server* ataupun pengguna akhir maka dibutuhkan *gateway*.

Masalah utama pada WSN adalah efisiensi energi. Hal tersebut merupakan faktor penting untuk mendapatkan umur jaringan yang optimum. Umur jaringan tersebut biasa disebut dengan *lifetime*. Terdapat beberapa cara untuk mengoptimalkan *lifetime* WSN seperti pemilihan metode *routing* dan mobilitas *node* (*sensor node* dan/atau *sink node*).

Penelitian ini menggunakan *mobile sink node* agar dapat mengoptimalkan *lifetime* WSN sehingga lebih efisien untuk *monitoring* keberadaan hama tikus pada area persawahan. Beberapa skenario dengan lintasan *mobile sink node* yang berbeda akan disimulasikan, kemudian akan dievaluasi pengaruh lintasan *mobile sink node* terhadap *lifetime* jaringan.

Pada referensi [2] telah dilakukan penelitian tentang WSN dengan topologi *grid* yang digunakan untuk pemantauan area penangkaran gajah. Penelitian tersebut mengusulkan penggunaan *mobile sink node* pada skenario jaringan yang direncanakan. Hasil penelitian pada [2] menunjukkan jika penggunaan *mobile sink node* meningkatkan *lifetime* jaringan dibandingkan dengan penggunaan *static sink node*. Penelitian pada skripsi ini ditujukan untuk penggunaan topologi *grid* dari WSN untuk aplikasi pertanian, yaitu area yang diamati adalah sawah. Kemudian efek beberapa lintasan *mobile sink node* akan dipelajari untuk mengetahui pengaruhnya dan mendapatkan lintasan *mobile sink node* yang optimal.

1.2 Tujuan Penelitian

Dari uraian pada sub-bab latar belakang, maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh lintasan *mobile sink node* yang digunakan pada pemantauan sawah.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh beberapa lintasan *mobile sink node* terhadap *lifetime* jaringan WSN dengan topologi *grid*.

1.4 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat skenario pemodelan,
2. Menentukan parameter simulasi,
3. Menyimulasikan skenario yang telah dibuat dengan menggunakan *software* MATLAB.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini menggunakan *mobile sink node,*
2. Topologi yang digunakan adalah topologi *grid,*
3. Diasumsikan *sink node* memiliki energi tidak terbatas,
4. *Sensor node* diasumsikan mengetahui posisinya,
5. Metode pengiriman data antara *sensor node* secara *multihop*,
6. *Mobile sink node* akan bergerak kemudian berhenti untuk mengumpulkan data dari *sensor node* dan akan bergerak kembali apabila semua transmisi data telah selesai.

7. Penggunaan bit hanya untuk mewakilkan *payload data* dan *format frame* tidak mengacu pada protokol jaringan tertentu.
8. Pengiriman data dari *sensor node* ke *sink* akan mengadopsi pemilihan lintasan yang telah diasumsikan.
9. *Lifetime* WSN akan berakhir jika salah satu *sensor node* mengalami kehabisan energi,
10. Simulasi dilakukan menggunakan *software* MATLAB
11. WSN ini digunakan untuk mendeteksi pergerakan hama tikus pada *sensor field*,

1.6 Sistem Penulisan

Adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini memuat tentang latar belakang, tujuan penulisan, manfaat penulisan rumusan masalah, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat tinjauan berupa literatur dari beberapa hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik dari skripsi ini, *Wireless Sensor Network* (WSN), arsitektur WSN, aplikasi WSN, metode *routing* pada WSN, model energi, dan model mobilitas yang ada pada WSN.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memuat tentang langkah-langkah penelitian yang dilakukan, seperti pemodelan sistem dan simulasi.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat tentang hasil dari simulasi yang dilakukan dan pembahasan hasil dari simulasi yang telah dilakukan.

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat simpulan tentang keseluruhan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan berisi saran untuk perbaikan di waktu yang akan datang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka dari Penelitian yang Berkaitan

Pada pengerjaan penelitian ini, terdapat beberapa literatur yaitu penelitian sebelumnya yang membahas tentang *Wireless Sensor Network* (WSN). Perbedaan penilitian ini terhadap penelitian sebelumnya yaitu model, metode serta masalah yang akan dibahas.

Penelitian [2] berjudul "*Impact of Mobile Sink on Grid Topology of Wireless Sensor Network*". Jurnal ini meneliti tentang WSN dengan topologi *grid* yang digunakan untuk pemantauan area penangkaran gajah. Penelitian tersebut mengusulkan penggunaan *mobile sink node* pada skenario jaringan yang direncanakan. Hasil penelitian menunjukkan jika penggunaan *mobile sink node* meningkatkan *lifetime* jaringan dibandingkan dengan penggunaan *static sink node*.

Penelitian [3] berjudul "*An Efficient Mobile Sink Path Selection for Wireless Sensor Networks*". Jurnal ini menggunakan *mobile sink node* untuk tujuan meningkatkan masa pakai jaringan sensor nirkabel dengan *node* yang memiliki energi terbatas. Penulis mengusulkan algoritma yang disebut dengan *Rendezvous Point* (RP). *Sensor node* yang melakukan *relay* data terbanyak pada saat *mobile sink node* berada di posisi awal maka akan dipilih menjadi RP. Setelah itu akan dipilih RP kembali untuk menjadi tujuan *mobile sink node* selanjutnya.

Penelitian [4] berjudul "*A Survey of Sink Mobility Models for Wireless Sensor Networks*". Pada jurnal ini membahas tentang model mobilitas *sink node*. Model mobilitas *sink node* tersebut dibagi menjadi dua garis besar yaitu *homogenous* dan *heterogenous*. Tujuan dari jurnal ini adalah untuk menjabarkan masing-masing model dan menunjukan kelebihan serta kekurangannya.

Penelitian [5] berjudul "*Energy efficient path selection for mobile sink and data gathering in wireless sensor networks*". Penelitian ini mengusulkan algoritma untuk merancang lintasan efisien untuk *mobile sink node* berdasarkan *rendezvous points* (RP). Pada penelitian ini diusulkan teknik penjadwalan untuk pengumpulan data dan pembentukan jalur *mobile sink node*. Untuk pembentukan jalur terdapat dua metode yaitu *Reduced k-Means* (RkM) and *Delay Bound Reduced K-means* (DBRkM). Efektivitas dari algoritma yang diusulkan ditunjukkan melalui simulasi dan perbandingan.

2.2 Pengertian *Wireless Sensor Network* (WSN)

Secara umum *Wireless Sensor Network* (WSN) merupakan salah satu dari jenis jaringan nirkabel terdistribusi, yang menggunakan sistem komputer dengan perintah yang spesifik yaitu untuk melakukan penginderaan dan terdapat perangkat sensor atau yang biasa disebut dengan *sensor node*. *Sensor node* berfungsi sebagai perangkat yang menangkap informasi berdasarkan karakteristik dan penyajian informasi terhadap objek yang diamati. Parameter-parameter yang dapat dideteksi oleh *sensor node* diantaranya adalah suhu, kelembapan, ketinggian, kecepatan benda bergerak dan lain-lain. WSN banyak sekali digunakan karena biaya yang dibutuhkan dalam pembentukannya lebih murah apabila dibandingkan dengan jaringan kabel.

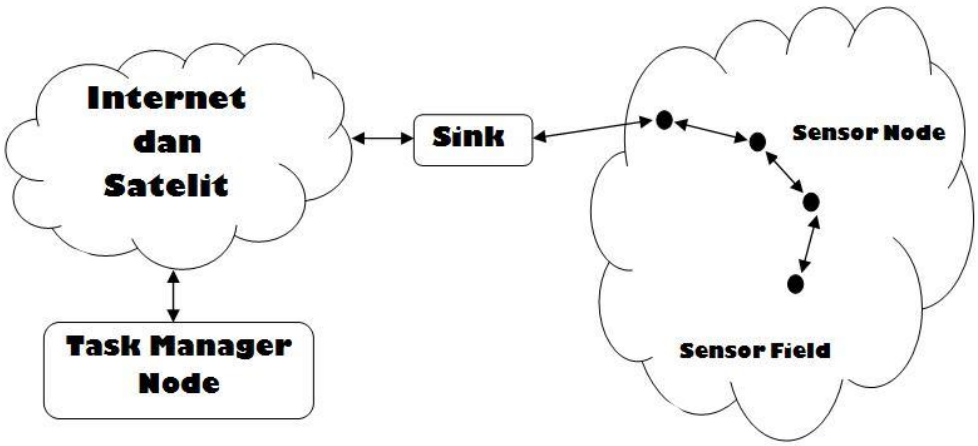
2.3 Prinsip Kerja *Wireless Sensor Network* (WSN)

Secara umum WSN bekerja dengan cara *sensor node* menangkap suatu fenomena dalam suatu area (*sensor field*) kedalam bentuk nyata yang kemudian dapat diubah dan diproses sehingga dapat digunakan untuk keperluan lainnya [6]. Pada WSN terdapat beberapa jenis *node* yaitu:

a. *Sensor node* yaitu *node* berfungsi untuk membaca data lingkungan atau objek yang dipantau untuk keperluan penginderaan atau *sensing*. Pada *sensor node* terdapat perangkat sensor. Berdasarkan kemampuannya, terdapat dua jenis *node* yaitu yang pertama, *node* standar dan kedua yaitu *node* yang dilengkapi fasilitas pelengkap seperti *CCD camera*, *wireless LAN*, *logger*, *Webserver*, *GPS*, dan lain-lain. Jenis *node* kedua memiliki kelebihan kemampuan komputasi yang lebih kompleks dibanding jenis pertama akan tetapi memiliki kelemahan yaitu lebih banyak konsumsi energi yang dibutuhkan.
b. *Router*: yaitu *node* yang bertugas untuk meneruskan paket data dari sebuah *node* ke *node* yang lainnya. Karena kemampuannya tersebut maka *node* ini diperlukan pada komunikasi multi-hop. Dalam pengaplikasiannya sebuah *Sensor node* dapat diprogram sehingga dapat bertindak sebagai *router*.
c. *Sink Node*: yaitu *node* memiliki fungsi untuk mengumpulkan data penginderaan atau hasil *sensing* dari *Sensor Node*, di mana hasil tersebut kemudian akan diolah dan diteruskan ke perangkat ataupun sistem lainnnya, contohnya ke *database server* untuk penyimpanan. Selain fungsi tersebut, *sink node* juga bertugas menyebarkan paket dari perangkat atau sistem lain ke WSN, contohnya apabila diperlukan pemrograman atau konfigurasi ulang *sensor node*.

2.4 Arsitektur *Wireless Sensor Network* (WSN)

Pada penerapannya, WSN dapat terdiri dari ratusan bahkan ribuan *sensor node* yang disebar di dalam *sensor field*. *Sensor node* akan bertugas untuk mendeteksi peristiwa lingkungan kemudian data tersebut akan dikirimkan ke *sink node*. *Sink node* tidak memiliki kemampuan penginderaan (*sensing*) akan tetapi memiliki kemampuan penyimpanan dan pengolahan data serta komunikasi. Pengiriman ke pengguna akhir (*task manager node*) bisa menggunakan internet atau satelit. Pengiriman ini berfungsi agar data lebih mudah dipantau. Secara umum penggunaan WSN dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Wireless Sensor Networks* (WSN)

Arsitektur WSN tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor. Adapun faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut [7]:

a. Arsitektur yang fleksibel dan *scalable*

   Pada WSN, jumlah *sensor node* yang digunakan mungkin mencapai ratusan, ribuan, atau jutaan sehingga kita dapat dengan mudah memperluas ukuran jaringan. Protokol komunikasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga penyebaran *node* dalam jumlah banyak pada jaringan tidak mengalami masalah di pengiriman paket data. Dengan kata lain, jaringan harus menjaga

stabilitasnya. Menambahkan lebih banyak *node* ke dalam jaringan berarti bahwa terdapat pesan komunikasi tambahan yang akan dipertukarkan, sehingga *node* tersebut akan diintegrasikan ke dalam jaringan yang ada.

b. Toleransi kesalahan dan kemampuan beradaptasi

Toleransi kesalahan berarti menjaga fungsi jaringan sensor tanpa gangguan kegagalan *node.* Dalam jaringan sensor setiap *node* memiliki energi yang terbatas. Kegagalan *node* tunggal tidak mempengaruhi tugas keseluruhan dari jaringan. Jaringan mampu beradaptasi dengan mengubah konektivitasnya jika terjadi kesalahan. Dalam hal ini, algoritma *routing* yang efisien digunakan untuk mengubah keseluruhan konfigurasi jaringan.

c. Infrastruktur

Jaringan sensor adalah infrastruktur yang secara sederhana berarti di mana *node* dapat berkomunikasi dengan *base station*. Hal tersebut menggunakan *relay* radio *multi hop* dan jumlah *base station* tergantung pada daerah yang dicakup oleh *node* dan jangkauan radionya.

d. Penyebaran *node*

Jaringan sensor dapat digunakan secara acak di area geografis. Dalam penyebaran *node* terdapat dua kategori yaitu penyebaran padat dan penyebaran jarang. Dalam penyebaran padat, jumlah *sensor node* di bidang yang ditargetkan relatif tinggi sedangkan dalam penyebaran jarang memiliki lebih sedikit *node*.

e. Realtime

Dalam WSN *Realtime* sulit untuk dicapai. WSN harus mendukung *bandwidth* maksimum, *delay* minimum dan beberapa parameter QOS lainnya. Masalah ini dapat mempengaruhi algoritma sinkronisasi waktu.

f. Konsumsi Daya

Sensor node nirkabel adalah perangkat mikroelektronik yang artinya alat ini dilengkapi dengan sumber daya yang terbatas. *Node* tergantung pada daya baterai. Oleh karena itu konservasi daya dan manajemen daya merupakan masalah penting dalam WSN. Karena alasan ini peneliti berfokus pada penggunaan *mobile node* untuk memaksimalkan *lifetime* jaringan.

g. Biaya produksi

Dalam jaringan sensor banyak sekali *node* yang digunakan, jadi apabila satu *node* memiliki harga yang tinggi maka biaya dari seluruh jaringan akan sangat tinggi. Oleh sebab itu maka harga setiap *sensor node* harus rendah. Jadi perhitungan biaya produksi merupakan hal yang penting.

h. Short Range Transmission

Dalam WSN kita harus mempertimbangkan *short range transmission* untuk mengurangi daya transmisi yang tinggi.

i. Lingkungan operasi

Sensor node harus dapat bekerja di lingkungan apapun seperti di dasar laut, bangunan, di dalam suatu mesin, dan lain-lain.

j. Kesederhanaan

Kesederhanaan adalah poin penting dalam WSN karena terbatasnya energi *sensor node* sehingga komputasi dan komunikasi yang digunakan harus efisien.

k. Operasi tanpa pengawasan

Setelah *node* diterapkan, operasinya tidak memerlukan campur tangan manusia. Oleh karena itu *node* bertanggung jawab untuk konfigurasi ulang jika ada modifikasi berupa penambahan *node* baru atau kegagalan *node*. *Node* tidak bergantung satu sama lain sehingga perlu pemeliharaan otonom.

l. Keamanan

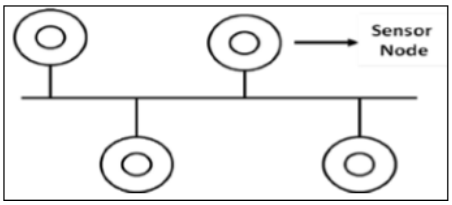
Keamanan merupakan parameter yang sangat penting dalam jaringan sensor karena jaringan sensor bersifat data sentris sehingga tidak ada identitas khusus yang terkait dengan *sensor node* dan penyerang dapat dengan mudah memasukkan dirinya ke dalam jaringan dan mencuri data penting dengan menjadi bagian dari jaringan tanpa sepengetahuannya. Jadi sulit untuk mengidentifikasi apakah informasi tersebut diotentikasi atau tidak.

2.5 Topologi Pada*Wireless Sensor Network* (WSN)

Pada WSN terdapat beberapa topologi yang sering digunakan sesuai dengan kebutuhan. Beberapa topologi jaringan tersebut yaitu sebagai berikut [8]:

a. *Bus Topology*

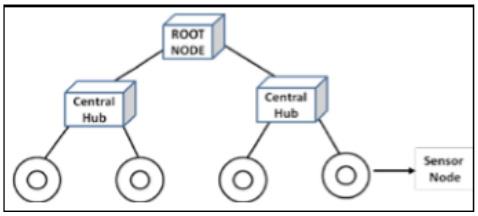
Dalam topologi ini, *node* akan mengirimkan data secara *broadcast* ke semua *node* akan tetapi hanya penerima yang dituju yang benar-benar menerima dan memproses data tersebut. Topologi bus mudah dipasang tetapi akan bekerja dengan baik apabila jumlah *node* yang sedikit karena apabila menggunakan banyak *node* maka akan mengurangi kinerja jaringan. Topologi jaringan ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Bus Topology*

b. *Tree Topology*

Pada topologi ini menggunakan *hub* pusat yang disebut *root node* yang berfungsi sebagai *router* komunikasi utama atau bisa juga disebut dengan *sink*. Terdapat *central hub* yang berada satu tingkat di bawah dari *root node* atau bisa disebut juga dengan *clusterhead node*. Tingkat yang lebih rendah akan membentuk *star topology*. Pengiriman data yang digunakan bisa secara *single hop* atau *multi hop*. Dengan menggunakan jalur terpendek untuk pengiriman data maka dapat mengoptimalkan *lifetime* jaringan. Apabila terdapat jalur yang terputus *di central hub* ke *root node* pada rute aktif maka komunikas tidak dapat dilakukan. Toplogi ini dapat dilihat pada Gambar 2.3.

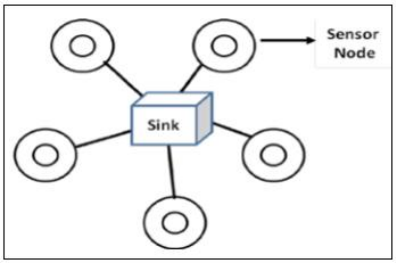


Gambar 2.3 *Tree Topology*

c. *Star Topology*

Pada topologi ini semua *node* terhubung ke *hub* yang terdapat pada *sink*. *Node* tidak dapat berkomunikasi secara langsung satu sama lain. Seluruh komunikasi harus diarahkan melalui *hub* tersebut. Setiap *node* kemudian menjadi "*client*" sementara

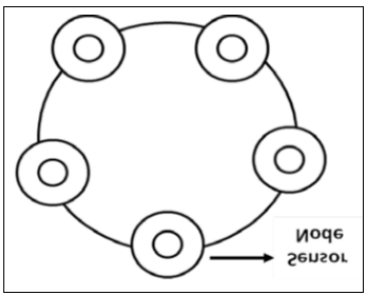
hub adalah "*server*". Kerugianya yaitu komunikasi hanya menggunakasi jalur tunggal.



Gambar 2.4 *Star Topology*

d. *Ring Topology*

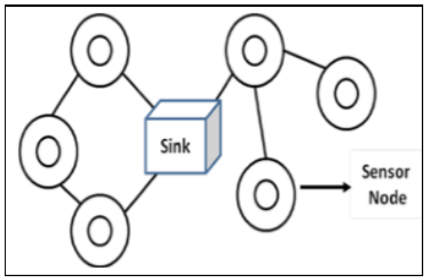
Pada topologi ini, setiap *node* memiliki dua *node* tetangga untuk tujuan komunikasi. Data dikirimkan ke arah yang sama baik "searah jarum jam" atau "berlawanan arah jarum jam". Apabila salah satu *sensor node* mengalami kegagalan maka akan menghentikan pengiriman data dan dapat mematikan seluruh jaringan. Topologi ini dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Ring Topology*

e. *Mesh Topology*

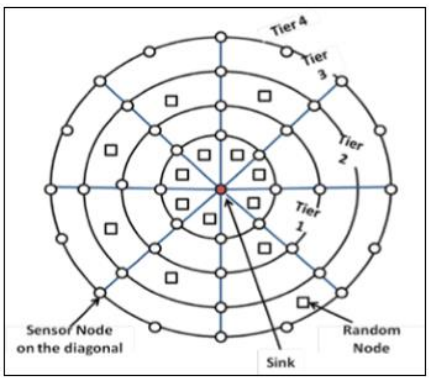
Pengiriman data dari *sensore node* menuju *sink node* pada topologi ini dapat melalui beberapa jalur. Pada jaringan *mesh*, setiap *node* terhubung satu sama lain yang disebut dengan *full mesh*. Contoh topolgi mesh dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Mesh Topology*

f. *Circular Topology*

Dalam topologi ini, *sensor field* berbentuk melingkar dan *sink* terletak di tengah. *Sensor node* melakukan *sensing* dan mengirimkan data tersebut ke *sink* yang terletak di tengah *sensor field*. Penyebaran *node* dibagi menjadi dua yaitu *Sensor node* diagonal dan *random*. Tergantung pada jarak dari *node* ke *sink*, data dapat dikirimkan baik secara *single hop* ataupun *multi hop*. Topologi ini lebih mudah dibentuk, mudah dirawat, dan lebih efisien.

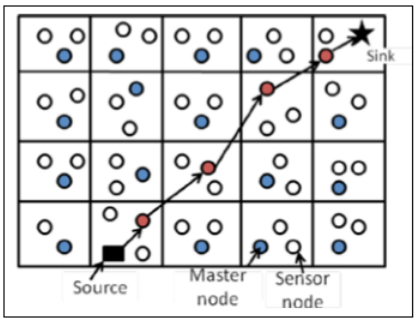


Gambar 2.7 *Circular Topology*

g. *Grid Topology*

Sensor field dibagi menjadi kotak persegi dengan ukuran yang sama. Terdapat setidaknya satu *node* dalam keadaan bekerja di setiap *grid*. Apabila terdapat lebih dari satu node dalam setiap *grid*, satu *node* akan dipilih sebagai kepala *grid* yang

bertanggung jawab untuk meneruskan informasi *routing* dan mengirimkan paket data. Perutean dilakukan secara *grid-by-grid*.



Gambar 2.8 *Grid Topology*

2.6 Aplikasi Penggunaan *Wireless Sensor Nework* (WSN)

Seiring kemajuan teknologi jaringan sensor, WSN banyak digunakan dalam berbagai bidang di antaranya adalah sebagai berikut [9]:

a. Pengamatan lingkungan.

   WSN dapat digunakan untuk memantau hal-hal yang terjadi terhadap lingkungan. Contohnya adalah deteksi pencemaran lingkungan oleh penggunaan pestisida yang berlebih. *Sensor node* ditempatkan disuatu tempat dan aktif ketika mendeteksi polutan.

b. Transportasi

   WSN dapat digunakan dalam sarana transportasi. Contohnya digunakan untuk mendeteksi ketersediaan parkir atau yang biasa disebut dengan *smart parking*, mendeteksi kepadatan lalu lintas, dan mendeteksi kecepatan kendaraan.

c. Pemantauan bencana

   WSN juga dapat digunakan untuk pendeteksian bencana seperti tanah longsor, gunung meletus, bahkan tsunami. Hal tersebut tentunya sangat bermanfaat bagi

semua orang karena dapat memberi peringatan dini sebelum bencana terjadi sehingga dapat meminimalkan korban.

d. Kesehatan

Sensor untuk mengamati tingkat kesehatan seorang pasien untuk memaksimalkan perawatannya. Sensor yang ditanamkan di pakaian ataupun aksesoris yang digunakan oleh seorang pasien yang dapat mendeteksi tingkat kesehatannya.

2.7 Permasalahan Pada *Wireless Sensor Network* (WSN)

Penggunaan WSN terdapat banyak permasalahan atau tantangan. Adapun permasalahan-permasalahan tersebut diantaranya [10]:

a. Manajemen daya

Energi pada *sensor node* sangat terbatas. Saat ini proses pengembangan baterai sangat lambat sehingga kendala ini akan susah untuk diselesaikan. Selain itu *sensor node* kemungkinan diletakan pada tempat yang susah dijangkau ataupun berbahaya sehingga penggantian baterai bukanlah solusi yang dapat disarankan.

b. Keamanan dan privasi

Setiap sistem memiliki permasalahan pada keamanan. Untuk melindungi sistem maka keamanan harus dimasukkan ke dalam setiap komponen, karena komponen yang dirancang tanpa keamanan dapat menjadi titik serangan.

c. *Realtime*

Pada WSN diperlukan proses yang cepat dari awal mendapatkan data yang didapat dari sensor hingga pengolahannya sehingga dapat diambil tindakan

secepat mungkin untuk kasus tertentu. Hal tersebut menyebabkan *realtime* menjadi salah satu permasalahan pada WSN.

d. Lokalisasi

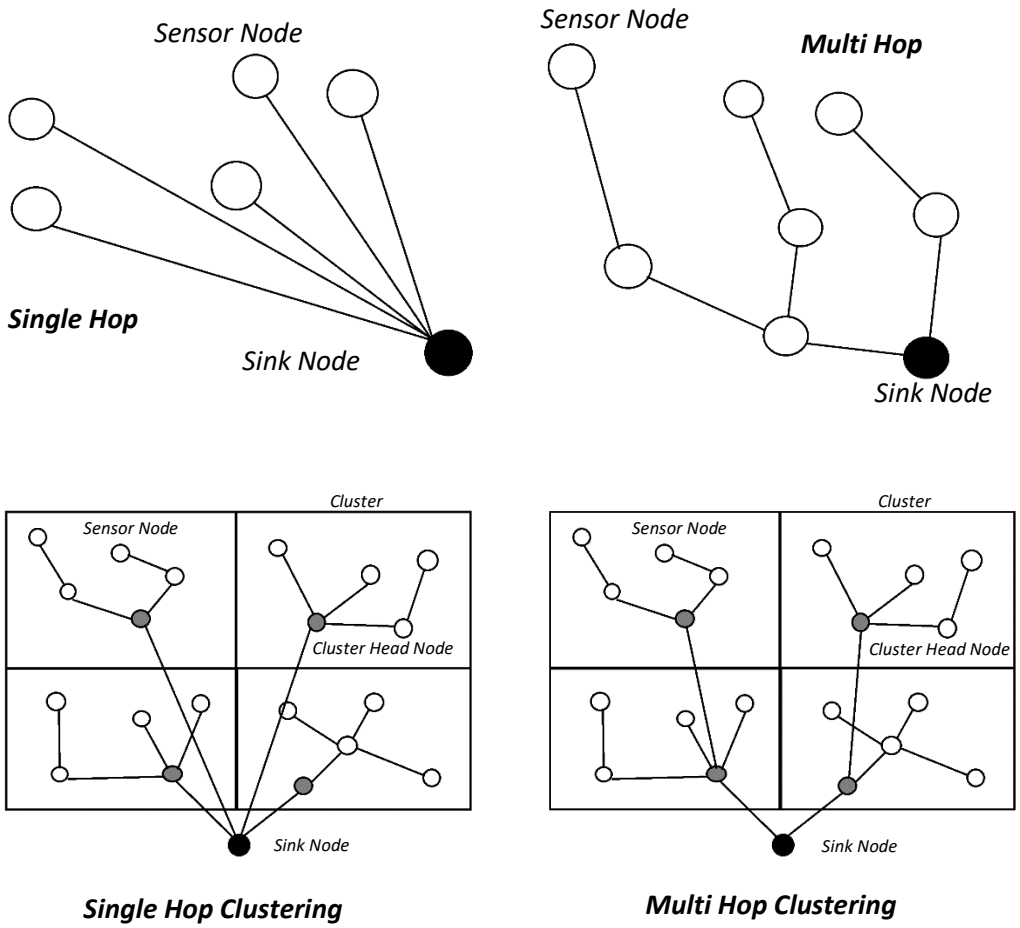
Peletakan *sensor node* sangat begantung pada tipe area yang akan diamati. *Sensor node* dapat diletakkan pada tempat yang telah ditentukan sedangkan untuk kasus tertentu dapat disebarkan secara acak.

2.8 Metode *Routing* Pada *Wireless Sensor Network* (WSN)

Secara umum, metode *routing* yang digunakan pada WSN adalah metode *routing single hop* dan *multi hop*. Pada metode *single hop*, *sensor node* akan mengirimkan data hasil pengamatan secara langsung ke *sink node*. Hal yang menjadi permasalahan utama pada metode ini yaitu keterbatasan jarak dan juga lingkungan yang berakibat pada melemahnya sinyal pengiriman.

Untuk mengatai hal tersebut bisa diatasi menggunakan *relay* yang berfungsi untuk mengantarkan paket data dengan metode *store and forward*. Cara tersebut biasa disebut dengan metode *multi hop*. Pada metode ini *sensor node* akan mengirimkan data hasil pengamatan ke *sensor node* yang letaknya dekat dengannya dan seterusnya hingga mencapai *sink node*. Pada metode ini energi yang dibutuhkan untuk mengirimkan data lebih sedikit jika dibandingkan dengan metode *single hop* sehingga akan lebih hemat energi. Kelemahan pada metode ini yaitu *sensor node* yang dekat dengan *sink node* akan cepat habis energi karena terus-menerus melakukan aktifitas baik *sensing* ataupun melakukan *forward data* yang diterimanya dari *sensor node* lain ke *sink node* [11].

Selain metode tersebut, terdapat metode gabungan yang disebut dengan *clustering*. Pada metode ini *sensor node* akan dibagi menjadi beberapa *cluster* yang mana setiap *cluster* akan memiliki *cluster head node*. *Cluster head node* ini bertugas untuk mengirimkan data secara langsung ke *sink node*. Meskipun telah menggabungkan kedua metode dasar akan tetapi masih memiliki kelemahan dalam masalah efisiensi energi. Metode *routing* yang terdapat pada WSN dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 *Routing* Pada *Wireless Sensor Network* (WSN)

2.9 Model Mobilitas

Permasalahan utama yang dihadapi dalam penggunaan WSN yaitu penggunaan energi. Semakin sedikit penggunaan energi maka akan dapat memperpanjang

lifteme jaringan. Banyak sekali cara yang digunakan untuk mengatasi masalah tersebut, salah satunya adalah penggunaan *mobile node*. Pada penelitian ini digunakan *mobile sink node*. Berikut ini merupakan bentuk-bentuk mobilitas *sink node* [5].

A. *Homogenous Model*: Pada model ini beberapa *mobile sink* dalam satu jaringan akan menggunakan gerakan yang sama. Model ini dibagi menjadi dua yaitu *controlled model* (arahnya ditentukan) dan *random model* (arahnya acak). Pada *random model* terdapat dua jenis yaitu *partially random* (arah geraknya saling bergantung) dan *totally random* (tidak saling bergantung).

B. *Heterogenous Model*: Pada model ini *mobile sink* dalam satu jaringan akan bergerak dengan mempertimbangkan gerakan *mobile sink* lainnya. Model ini dibagi menjadi empat jenis yaitu:

1) *Random model*: *mobile sink node* bergerak secara acak. Setelah berada di posisi baru kemudian akan berada pada posisi jeda sebelum mulai bergerak lagi. Kecepatan yang digunakan acak.
2) *Controlled model*: *mobile sink node* akan mendatangi *sensor node* dengan waktu tertentu yang telah ditentukan. Arah pergerakan *mobile sink node* telah ditentukan.
3) *Predictible model*: *mobile sink node* bergerak ke arah yang telah ditentukan, akan tetapi *sink* akan sleep selama tidak ada pengiriman data yang terjadi.
4) *Geographic model*: *mobile sink node* akan bergerak berdasarkan parameter lain berdasarkan kondisi lingkungan yang diamati seperti adanya penghalang.

2.10 *Probability Density Function* (PDF)

Probability Density Function (PDF) merupakan nilai probabilitas dari munculnya suata nilai acak yang secara matematika dapat dituliskan persamaan 2.1:

$$f(\mathrm{x}) = \mathrm{P}(X = x) \tag{2.1}$$

di mana:

x : Nilai acak,

$f(x)$: PDF dari nilai acak,

$P(X = x)$: Probabilitas nilai acak yang sama dengan x.

2.11 *Cumulative Distribution Function* (CDF)

Cumulative Distribution Function (CDF) merupakan penjumlahan probabilitas dari suatu nilai acak yang kurang atau sama dengan nilai acak lain yang menjadi acuan. Persamaan matematika dari CDF dapat dilihat pada persamaan 2.2.

$$\mathrm{F}(\mathrm{x}) = \mathrm{P}(X \leq x) \tag{2.2}$$

di mana:

x : Nilai acak,

$\mathrm{F}(x)$: CDF dari nilai acak,

$P(X = x)$: Probabilitas nilai acak yang kurang dari atau sama dengan x.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Adapun waktu dan tempat penelitian untuk skripsi ini adalah sebagai berikut.

Waktu : November 2018 - September 2019

Tempat : Laboratorium Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro Teknik, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Satu buah laptop,
2. *Software* MATLAB.

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pemodelan dan simulasi. Terdapat beberapa tahapan kerja yang dilakukan dalam metode ini. Adapun tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut.

3.3.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan proses awal yang dilakukan dengan cara mencari informasi yang berkaitan dengan topik penelitian yang dilakukan, baik dari buku,

jurnal, internet maupun dari penelitian-penelitian lainnya yang telah dilakukan sebelumnya.

3.3.2 Pemodelan Sistem

Pada sistem yang dibangun, ditetapkan beberapa asumsi yang diterapkan pada simulasi yaitu sebagai berikut:

a. *Sensor field* berupa sawah berbentuk persegi dengan luas 4 hektar atau 40 km^2 dengan panjang sisi 200 m,
b. Jarak antara *sensor node* 10 m,
c. *Sensor node* mengirimkan data informasi yang didapat ke *sink node* yang diletakkan pada *drone*,
d. *Sink node* memiliki energi yang tidak terbatas,
e. *Sensor node* diasumsikan mengetahui posisinya
f. Menggunakan *mobile sink node* dengan mobilitas *controlled model,*
g. Metode pengiriman data secara *multi hop,*
h. Data informasi yang didapat kemudian dikirimkan ke pusat data melalui internet,
i. Simulasi berakhir apabila terdapat salah satu *sensor node* yang kehabisan energi.
j. WSN ini digunakan untuk mendeteksi pergerakan hama tikus pada *sensor field*

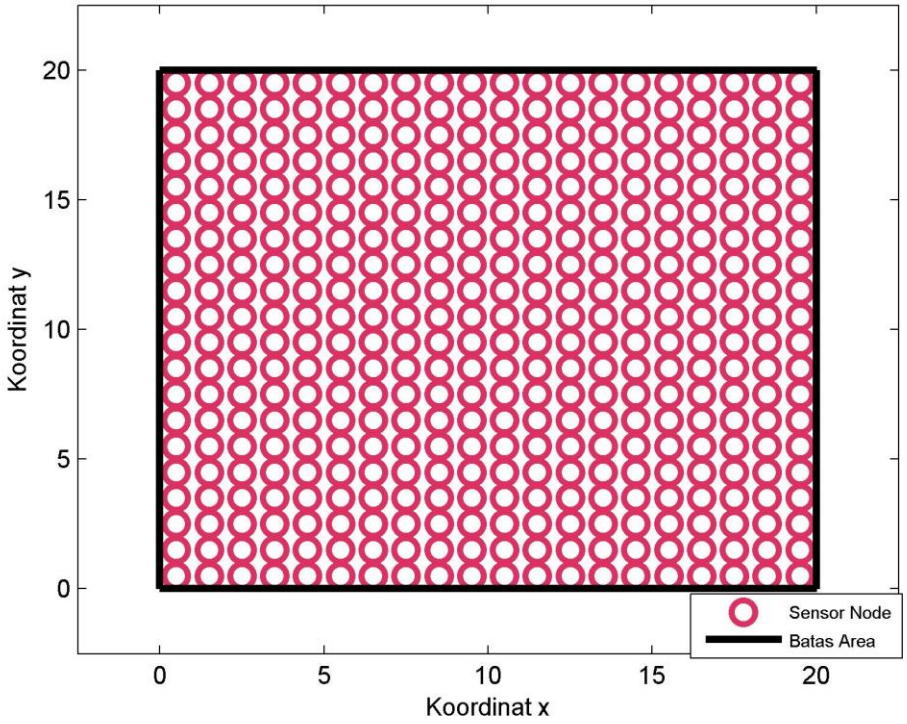
Penelitian ini menggunakan beberapa skenario. Semua asumsi pada tiap skenario sama, yang menjadi perbandingan adalah pengaruh perbedaan lintasan *mobile sink node* terhadap *lifetime* WSN. Sehingga pergerakan *mobile sink node* pada tiap skenario berbeda-beda. Secara rinci asumsi-asumsi tersebut dijelaskan pada sub-bab berikut.

3.3.2.1 *Sensor Field* dan Penyebaran *Sensor node*

Sensor field pada penelitian ini diasumsikan berupa sawah berbentuk persegi dengan luas 2 hektar atau 40 km^2 dengan panjang sisi 200 m. *Sensor node* yang digunakan sebanyak 400 *node* diletakkan di *sensor field* dengan membentuk *grid* 20 × 20 pada bidang datar dengan koordinat x dan koordinat y di mana jarak antar *grid* adalah 10 m. *Sensor node* diletakkan ditengah *grid*. *Sensor node* pertama diletakkan pada koordinat (0,5 ; 0,5) dan *sensor node* terakhir diletakkan pada koordinat (19,5 ; 19,5). Setiap *sensor node* diberi identitas dari 1 hingga 400. Idenitas *sensor node* dimulai dari *node* pada koordinat (0,5 ; 0,5) yang memiliki identitas *node* 1 dan terus berlanjut horizontal berurutan sampai *sensor node* pada koordinat (0,5 ; 9,5) yang memiliki identitas *node* 20. Kemudian identitas *node* 21 hingga 40 dimulai dari *sensor node* pada koordinat (1,5 ; 0,5) secara horizontal berurutan sampai *sensor node* pada koordinat (1,5 ; 19,5). Selanjutnya identitas *node* 41 hingga 60 dimulai dari *sensor node* pada koordinat (2,5 ; 0,5) horizontal berurutan. Selanjutnya identitas *node* 61 hingga 80 dimulai dari *sensor node* pada koordinat (3,5 ; 0,5) horizontal berurutan. Begitu seterusnya hingga *sensor node* terakhir pada koordinat (19,5 ; 19,5) yang identitas *node*-nya adalah 400.

Tabel 3.1 Identitas *sensor node* dalam area simulasi

Koordinat y	**Koordinat x**						
	0,5	1,5	2,5	…	17,5	18,5	19,5
19,5	1	2	3	…	18	19	20
18,5	21	22	23	…	38	39	40
17,5	41	42	43	…	58	59	60
…	…	…	…	…	…	…	…
2,5	341	342	343	…	358	359	360
1,5	361	362	363	…	378	379	380
0,5	381	382	383	…	398	399	400



Gambar 3.1 Sebaran *sensor node*

3.3.2.2 Model Energi

Pada penelitian ini diasumsikan *sink node* memiliki energi yang tak terbatas, sedangkan *sensor node* dalam mengirim dan menerima data memerlukan energi yang dapat dihitung dengan persamaan berikut [12]:

$$Tx\ (d) = (E_{elect} \times k) + (\varepsilon_{amp} \times k \times d^2)$$

$$Rx\ (d) = E_{elec} \times k$$

dengan:

Tx : Energi untuk mengirimkan data (J)

Rx : Energi untuk menerima data (J)

E_{elec} : Energi untuk mengoperasikan *wireless sensor node* (J/bit)

ε_{amp} : Energi untuk memperkuat sinyal data (J/bit/m^2)

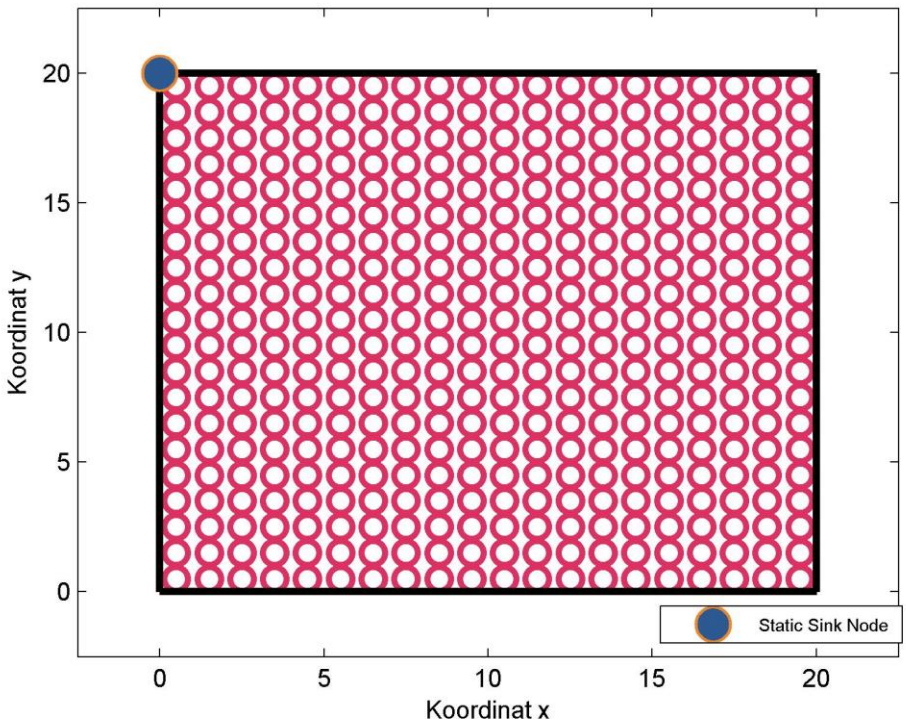
k : Ukuran panjang paket data (bit)

d : Jarak antara pengirim dan penerima (m)

3.3.2.3 Skenario Simulasi

Pada penelitian ini menggunakan model yang digunakan adalah *controlled model* di mana tujuan dari pergerakan *sink node* ditentukan dan bergerak menuju tujuan tersebut melalui jalur yang telah ditentukan. Setelah tiba, *sink node* berhenti sebentar untuk jeda waktu tertentu dan lagi memilih tujuan baru untuk gerakan berikutnya. Prosedur ini diulang hingga simulasi berakhir. Selain itu terdapat satu skenario dengan menggunakan *static sink node* yang menjadi *baseline*. Adapun beberapa skenario yang digunakan yaitu:

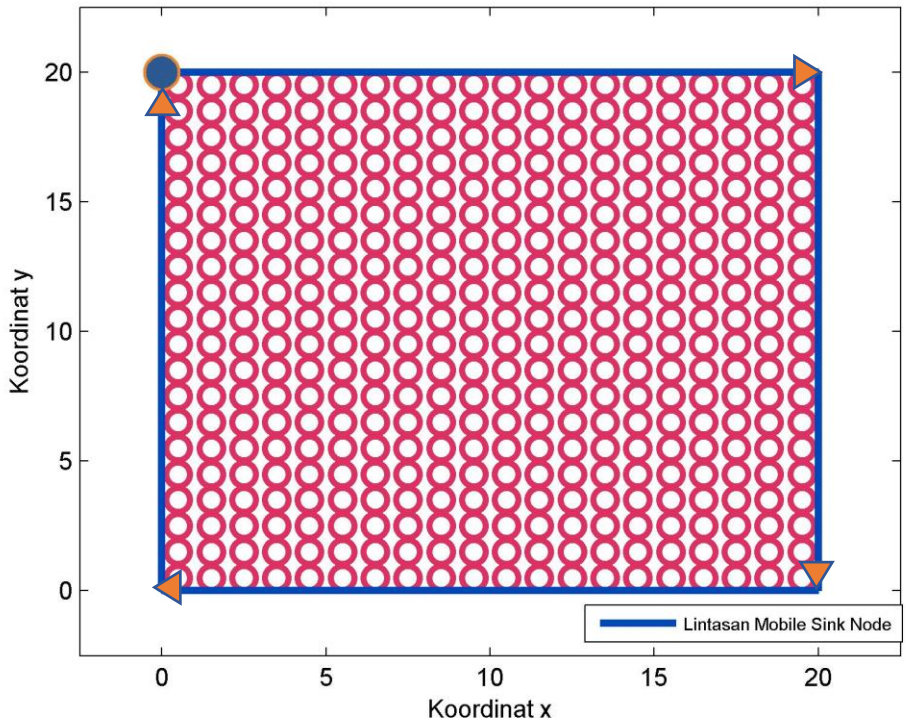
a. *Static sink node* skenario 1



Gambar 3.2 S*tatic sink node* skenario 1

Pada skenario ini *sink node* bersifat statik, letak *sink node* berada koordinat (0,0 ; 20,0). Setiap *node* aktif mengirimkan data ke *sink node* secara *multi hop*. Simulasi berhenti apabila salah satu *sensor node* kehabisan energi.

b. Mobilitas *mobile sink node* skenario 2

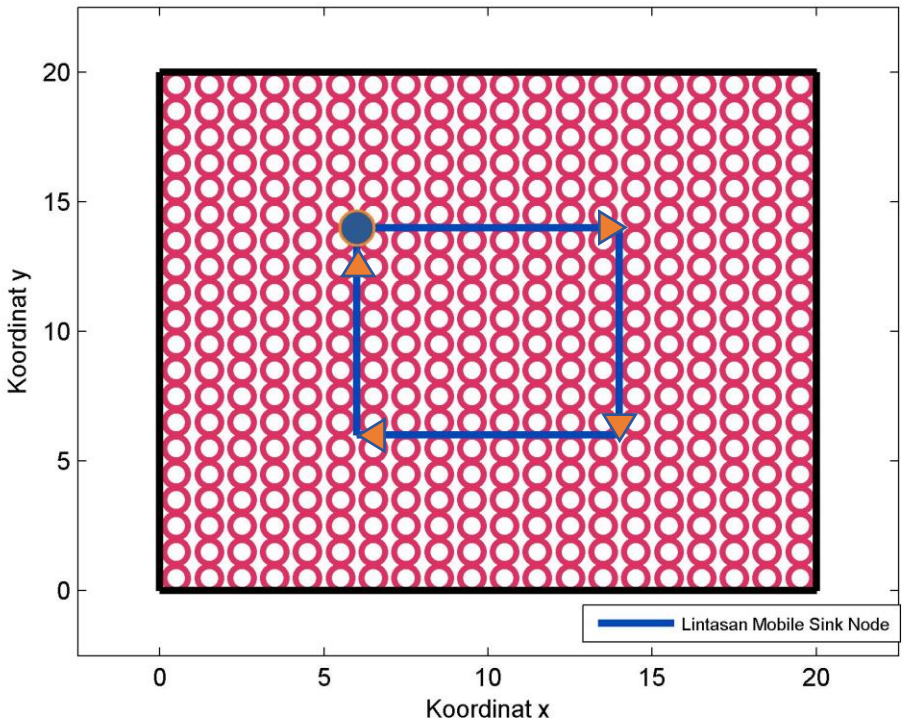


Gambar 3.3 Mobilitas *mobile sink node* skenario 2

Pada skenario ini *mobile sink node* bergerak pada batas area simulasi. Posisi awal dari *mobile sink node* yaitu berada pada koordinat (0,0 ; 20,0). Setelah itu bergerak secara horizontal menuju koordinat (20,0 ; 20,0) di mana setiap penambahan iterasi maka nilai koordinat x bertambah 1 (kecepatan *mobile sink node* 10m) sedangkan koordinat y tetap. Setelah sampai ke titik tujuan kemudian *mobile sink node* kembali bergerak ke koordinat (20,0 ; 0,0) dengan setiap penambahan iterasi maka nilai koordinat y berkurang 1 dan koordinat x tetap . Kemudian bergerak kembali ke

koordinat (0,0 ; 0,0) dengan setiap penambahan iterasi maka nilai koordinat x berkurang 1 dan koordinat y tetap. Kemudian pergerakan selanjutnya kembali ke koordinat awal (0,0 ; 20,0) dengan setiap penambahan iterasi maka nilai koordinat y bertambah 1 dan koordinat x tetap dan berulang seterusnya hingga simulasi berakhir.

c. Mobilitas *mobile sink node* skenario 3

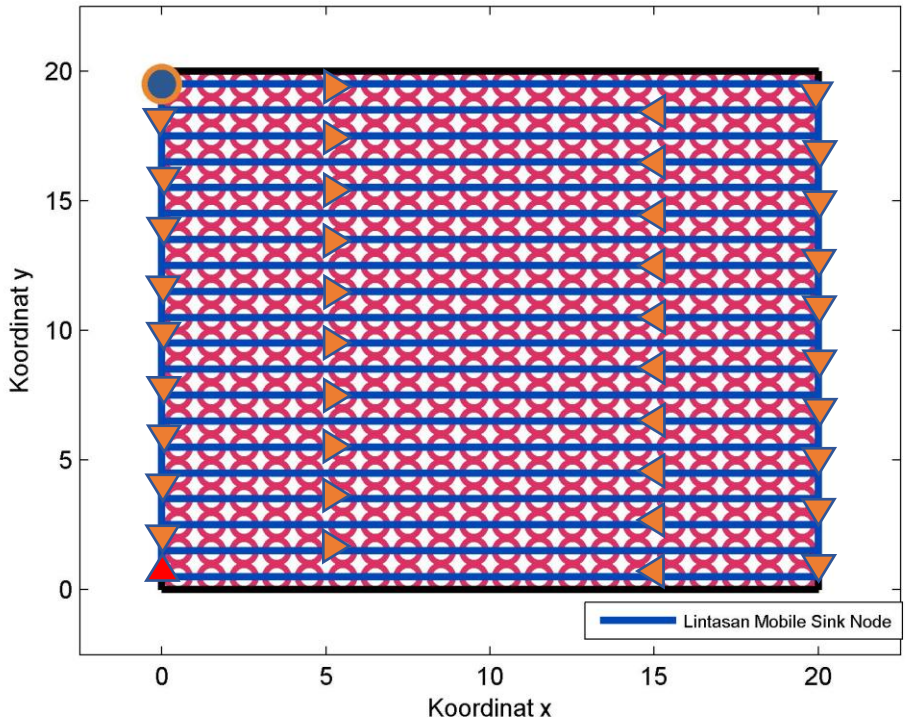


Gambar 3.4 Mobilitas *mobile sink node* skenario 3

Pada skenario ini *mobile sink node* bergerak di dalam area simulasi. Posisi awal dari *mobile sink node* yaitu berada pada koordinat (6,0 ; 14,0). Setelah itu bergerak secara horizontal menuju koordinat (14,0 ; 14,0) dengan setiap penambahan iterasi maka nilai koordinat x bertambah 1 dan koordinat y tetap. Setelah sampai ke titik tujuan kemudian *mobile sink node* kembali bergerak ke koordinat (14,0 ; 6,0) dengan setiap penambahan iterasi maka nilai koordinat y berkurang 1 dan koordinat

x tetap. Kemudian bergerak kembali ke koordinat (6,0 ; 6,0) dengan setiap penambahan iterasi maka nilai koordinat x berkurang 1 dan koordinat y tetap. Kemudian pergerakan selanjutnya kembali ke koordinat awal (6,0 ; 14,0) dengan setiap penambahan iterasi maka nilai koordinat y bertambah 1 dan koordinat x tetap dan berulang seterusnya hingga simulasi berakhir. Simulasi dianggap berakhir apabila salah satu *sensor node* mengalami kehabisan energi.

d. Mobilitas *mobile sink node* skenario 4

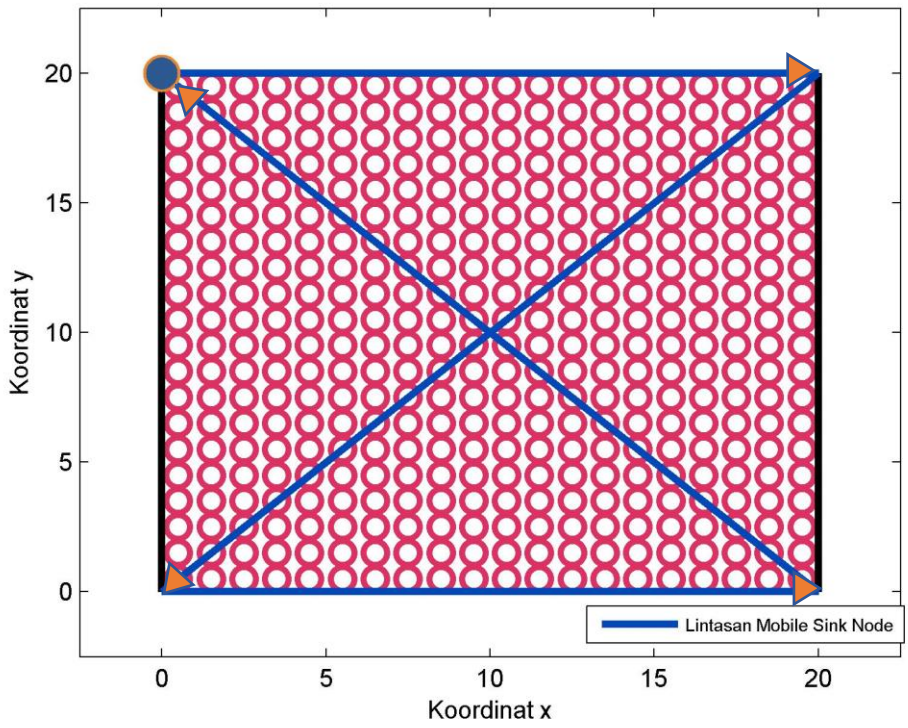


Gambar 3.5 Mobilitas *mobile sink node* skenario 4

Pada skenario ini *mobile sink node* mula-mula berada pada koordinat (0,0 ; 19,5), kemudian bergerak menuju koordinat (20,0 ; 19,5) dengan setiap penambahan iterasi maka nilai koordinat x bertambah 1 dan koordinat y tetap. Selanjutnya bergerak ke koordinat (20,0 ; 18,5) dengan setiap penambahan iterasi maka nilai

koordinat y berkurang 1 dan koordinat x tetap. Setelah itu menuju koordinat (0,0 ; 8,5) dengan setiap penambahan iterasi maka nilai koordinat x berkurang 1 dan koordinat y tetap. Seterusnya sumbu y terus berkurang sebanyak satu untuk setiap dua periode waktu sedangkan sumbu x dari 0 sampai 20 dan sebaliknya setiap dua periode. Begitu seterusnya hingga mencapai koordinat (0,0 ; 0,5). Setelah itu *mobile sink node* dianggap mengulang kembali ke titik awal. Simulasi dianggap berakhir apabila salah satu *sensor node* mengalami kehabisan energi.

e. Mobilitas *mobile sink node* skenario 5

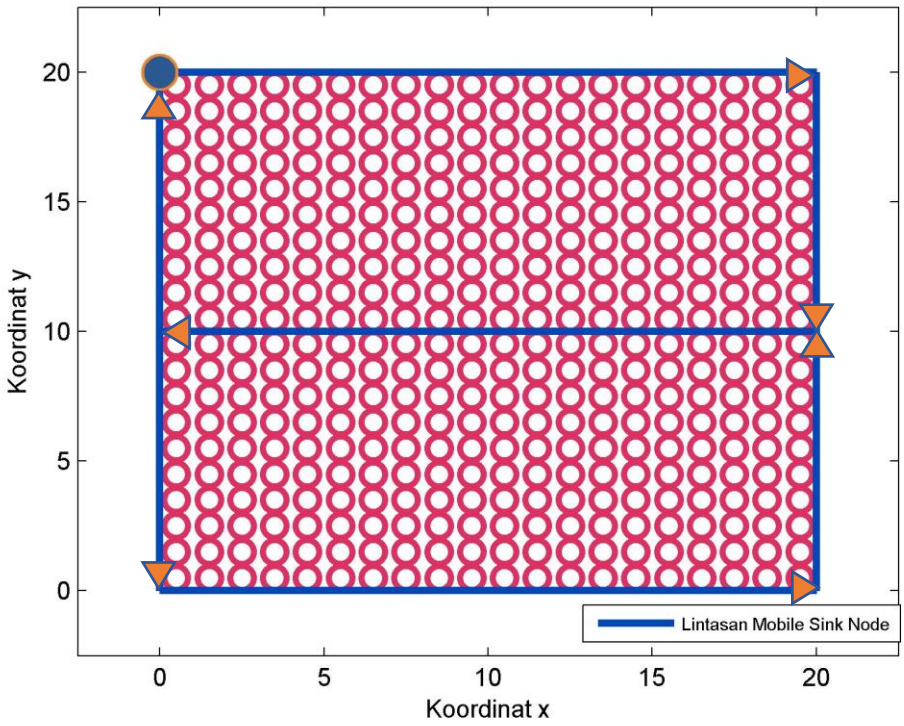


Gambar 3.6 Mobilitas *mobile sink node* skenario 5

Posisi awal dari *mobile sink node* yaitu berada pada koordinat (0,0 ; 20,0). Setelah itu bergerak secara horizontal menuju koordinat (20,0 ; 20,0) dengan setiap penambahan iterasi maka nilai koordinat x bertambah 1 dan koordinat y tetap.

Setelah sampai ke titik tujuan kemudian *mobile sink node* kembali bergerak diagonal ke koordinat (0,0 ; 0,0) dengan setiap penambahan iterasi maka nilai koordinat x berkurang 1 dan koordinat y berkurang 1. Kemudian bergerak kembali ke koordinat (20,0 ; 0,0) dengan setiap penambahan iterasi maka nilai koordinat x bertambah 1 dan koordinat y tetap. Kemudian pergerakan selanjutnya kembali ke koordinat awal (0,0 ; 20,0) dengan setiap penambahan iterasi maka nilai koordinat x berkurang 1 dan koordinat y berkurang 1. Kemudian berulang seterusnya hingga simulasi berakhir. Simulasi dianggap berakhir apabila salah satu *sensor node* mengalami kehabisan energi.

f. Mobilitas *mobile sink node* skenario 6



Gambar 3.7 Mobilitas *mobile sink node* skenario 6

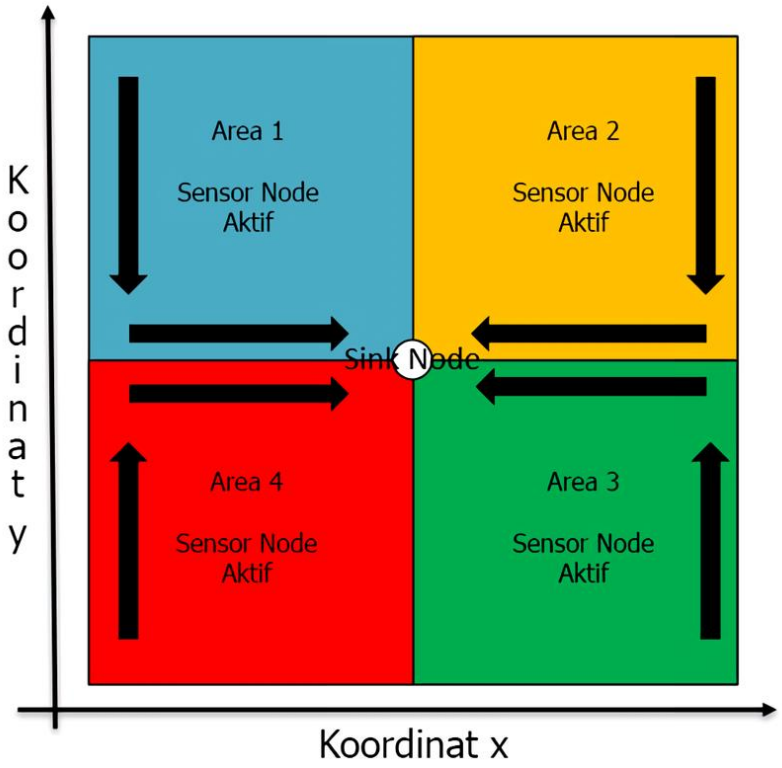
Posisi awal dari *mobile sink node* yaitu berada pada koordinat (0,0 ; 20,0). Setelah itu bergerak secara horizontal menuju koordinat (20,0 ; 20,0) dengan setiap penambahan iterasi maka nilai koordinat x bertambah 1 dan koordinat y tetap. Setelah sampai ke titik tujuan kemudian *mobile sink node* kembali bergerak ke koordinat (20,0 ; 10,0) dengan setiap penambahan iterasi maka nilai koordinat y berkurang 1 dan koordinat y tetap. Kemudian bergerak kembali ke koordinat (0,0 ; 10,0) dengan setiap penambahan iterasi maka nilai koordinat x berkurang 1 dan koordinat y tetap. Kemudian pergerakan selanjutnya ke koordinat (0,0 ; 0,0) dengan setiap penambahan iterasi maka nilai koordinat y berkurang 1 dan koordinatx tetap.

Selanjutnya menuju koordinat (20,0 ; 0,0) dengan setiap penambahan iterasi maka nilai koordinat x bertambah 1 dan koordinat y tetap. Setelah itu bergerak menuju koordinat (20,0 ; 10,0) dengan setiap penambahan iterasi maka nilai koordinat y bertambah 1 dan koordinat x tetap. Setelah sampai ke titik tujuan kemudian *mobile sink node* kembali bergerak ke koordinat (0,0 ; 10,0) dengan setiap penambahan iterasi maka nilai koordinat x berkurang 1 dan koordinat y tetap. Kemudian bergerak kembali ke koordinat awal (0,0 ; 20,0) dengan setiap penambahan iterasi maka nilai koordinat y bertambah 1 dan koordinat x tetap. Kemudian pergerakan dimulai lagi seperti semula begitu seterusnya hingga simulasi berakhir.

3.3.2.4 Pemilihan Lintasan

Sensor node aktif ketika mendeteksi pergerakan hama tikus dan kemudian mengirimkan informasi tersebut ke *sink*. Penelitian ini menggunakan distribusi acak uniform untuk menentukan *sensor node* yang aktif sehingga setiap *sensor node* mempunyai probabilitas yang sama untuk aktif selama simulasi. Selanjutnya *sensor node* tersebut mengirimkan data informasi identitasnya berupa kombinasi 9 bit (2^9

= 512) ke *sink*. Posisi *sensor node* aktif tersebut menentukan lintasan pengiriman paket datanya. *Sensor node* mengirimkan paket data dengan lintasan vertikal dan kemudian horizontal. Pemilihan lintasan pengiriman paket data suatu *sensor node* aktif dipengaruhi oleh koordinat *sensor node* aktif tersebut terhadap koordinat *sink node*.



Gambar 3.8 Pemilihan lintasan

Gambar 3.8 merupakan pemilihan lintasan untuk mengirim paket data dari *sensor node* ke *sink*. Tabel 3.2 menjelaskan letak *sensor node* aktif terhadap *sink node*. Posisi *sink node* dituliskan dalam koordinat (*Xs* ; *Ys*), *sensor node* aktif (*Xa* ; *Ya*), dan *sensor node* terdekat dengan *sink node* (*Xd* ; *Yd*). Poin-poin penjelasan pengiriman paket data berdasarkan area *sensor node* aktif terhadap *sink node* adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 Pemilihan Lintasan

	Sink node	*Sensor node* aktif	Area 1	Area 2	Area 3	Area 4
Koordinat x	Xs	Xa	$Xa < Xs$	$Xa > Xs$	$Xa > Xs$	$Xa < Xs$
Koordinat y	Ys	Ya	$Ya > Ys$	$Ya > Ys$	$Ya < Ys$	$Ya < Ys$

Berdasarkan Tabel 3.2 maka diketahui jika:

a. Ketika *sensor node* aktif berada di area 1 atau area berwarna biru di mana $Ya > Ys$ dan $Xa < Xs$ pada saat iterasi tertentu. Kemudian ditentukan *sensor node* yang dilewati atau terdekat dengan *sink node*. Apabila terdapat *sensor node* yang dilalui *sink node* pada saat iterasi tertentu maka nilai $Xd = Xs$ dan $Yd = Ys$. Jika tidak terdapat *sensor node* yang dilalui maka akan dicari yang terdekat dengan *sink node*. Nilai koordinat *sensor node* terdekat dengan *sink node* yaitu $Xd = Xs - 0{,}5$ dan $Yd = Ys + 0{,}5$. Sehingga lintasan pengiriman paket data melalui beberapa *sensor node* dengan koordinat ($X(n) : Y(n)$) yang dapat dirumuskan dengan;

$$Y(n) = Ya - n \quad (3.1)$$

$$X(n) = Xa$$

Kemudian apabila mencapai nilai $Y(n) = Yd$, maka hop selanjutnya yaitu;

$$X(n) = Xa + n \quad (3.2)$$

$$Y(n) = Xd$$

Nilai n = 1, 2, 3, 4…, apabila $Y(n) = Yd$ maka nilai *n* kembali dari awal.

b. Ketika *sensor node* aktif berada di area 2 atau warna kuning di mana $Xa > Xs$ dan $Ya > Ys$ pada saat iterasi tertentu. Apabila terdapat *sensor node* yang dilalui *sink node* pada saat iterasi tertentu maka nilai $Xd = Xs$ dan $Yd = Ys$. Jika tidak

terdapat *sensor node* yang dilalui maka akan dicari yang terdekat dengan *sink node.* Nilai koordinat *sensor node* terdekat dengan *sink node* yaitu *Xd = Xs* + 0,5 dan *Yd = Ys* + 0,5. Sehingga lintasan pengiriman paket data melalui beberapa *sensor node* dengan koordinat (*X(n)* : *Y(n)*) yang dapat dirumuskan dengan;

$$Y(n) = Ya - n \quad (3.3)$$

$$X(n) = Xa$$

Kemudian apabila mencapai nilai *Y(n) = Yd*, maka *hop* selanjutnya yaitu;

$$X(n) = Xa - n \quad (3.4)$$

$$Y(n) = Xd$$

Nilai n = 1, 2, 3, 4…, apabila $Y(n) = Yd$ maka nilai *n* kembali dari awal.

c. Ketika *sensor node* aktif berada di area 3 atau area berwarna hijau di mana *Xa > Xs* dan *Ya < Ys* pada saat iterasi tertentu. Apabila terdapat *sensor node* yang dilalui *sink node* pada saat iterasi tertentu maka nilai *Xd = Xs* dan *Yd = Ys*. Jika tidak terdapat *sensor node* yang dilalui maka akan dicari yang terdekat dengan *sink node.* Nilai koordinat *sensor node* terdekat dengan *sink node* yaitu *Xd = Xs* + 0,5 dan *Yd = Ys* - 0,5. Sehingga lintasan pengiriman paket data melalui beberapa *sensor node* dengan koordinat (*X(n)* : *Y(n)*) yang dapat dirumuskan dengan;

$$Y(n) = Ya + n \quad (3.5)$$

$$X(n) = Xa$$

Kemudian apabila mencapai nilai *Y(n) = Yd*, maka *hop* selanjutnya yaitu;

$$X(n) = Xa - n \quad (3.6)$$

$$Y(n) = Xd$$

Nilai n = 1, 2, 3, 4…, apabila $Y(n) = Yd$ maka nilai *n* kembali dari awal.

d. Ketika *sensor node* aktif berada di area 4 atau area berwarna merah di mana *Xa* < *Xd* dan *Ya* < *Yd* pada saat itrasi tertentu. Apabila terdapat *sensor node* yang dilalui *sink node* pada saat iterasi tertentu maka nilai *Xd* = *Xs* dan *Yd* = *Ys*. Jika tidak terdapat *sensor node* yang dilalui maka akan dicari yang terdekat dengan *sink node.* Nilai koordinat *sensor node* terdekat dengan *sink node* yaitu *Xd* = *Xs* - 0,5 dan *Yd* = *Ys* - 0,5. Sehingga lintasan pengiriman paket data melalui beberapa *sensor node* dengan koordinat (*X(n)* : *Y(n)*) yang dapat dirumuskan dengan;

$$Y(n) = Ya + n \quad (3.7)$$

$$X(n) = Xa$$

Kemudian apabila mencapai nilai *Y(n)* = *Yd*, maka *hop* selanjutnya yaitu;

$$X(n) = Xa + n \quad (3.8)$$

$$Y(n) = Xd$$

Nilai n = 1, 2, 3, 4…, apabila $Y(n) = Yd$ maka nilai *n* kembali dari awal.

3.3.3 Simulasi Menggunakan MATLAB

Berdasarkan asumsi di atas maka dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak MATLAB. Hasil dari simulasi diharapkan berupa perbandingan *lifetime* jaringan yang dipengaruhi oleh model mobilitas *mobile sink node* sesuai dengan skenario yang digunakan. Hasil tersebut direpresentasikan dalam bentuk grafik berdasarkan perhitungan MATLAB. Parameter yang digunakan pada simulasi yaitu:

Tabel 3.3 Parameter Simulasi

No	Parameter	Nilai
1	Jumlah *sensor node*	400
2	Energi *sensor node* [14]	10 J
3	Cakupan *sensor node* [13]	15 m
4	Energi elektronik [15]	50 nJ/bit
5	Energi amplifikasi [15]	10 pJ/bit/m^2
6	Panjang paket data	9 bit
7	Kecepatan *mobile sink node*	10 m/iterasi

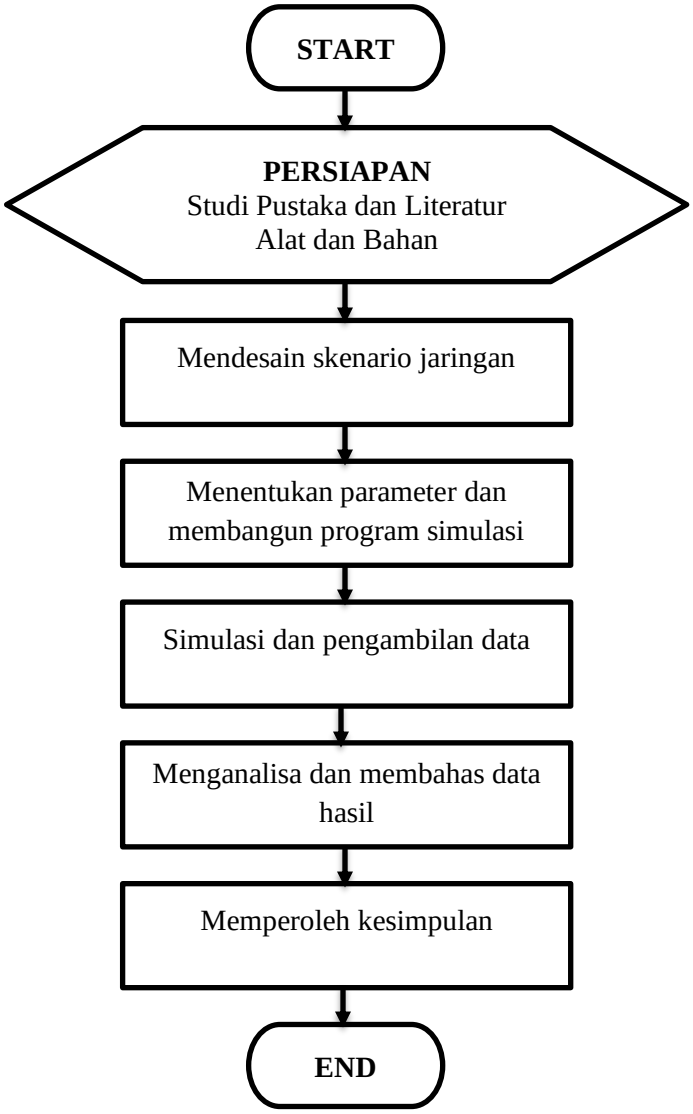
Adapun parameter-parameter yang digunakan pada penelitian ini yaitu terdapat 400 *sensor node* yang tersebar disepanjang *sensor field*. Panjang paket data untuk mengakomodasi seluruh *sensor node* sebesar 9 bit (2^9 = 512). Energi sensor *node* awal sebesar 10 J, energi elektroniknya sebesar 50 nJ/bit, energi amplifikasi sebesar 10 pJ/bit/m^2, dan Kecepatan *mobile sink node* sebesar 10 m/iterasi.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Terdapat dua diagram alir pada penelitian skripsi ini yaitu diagram alir proses penelitian dan diagram alir program simulasi. Adapun masing-masing diagram alir digambarkan pada sub bab 3.4.1.

3.4.1 Diagram Alir Proses Penelitian

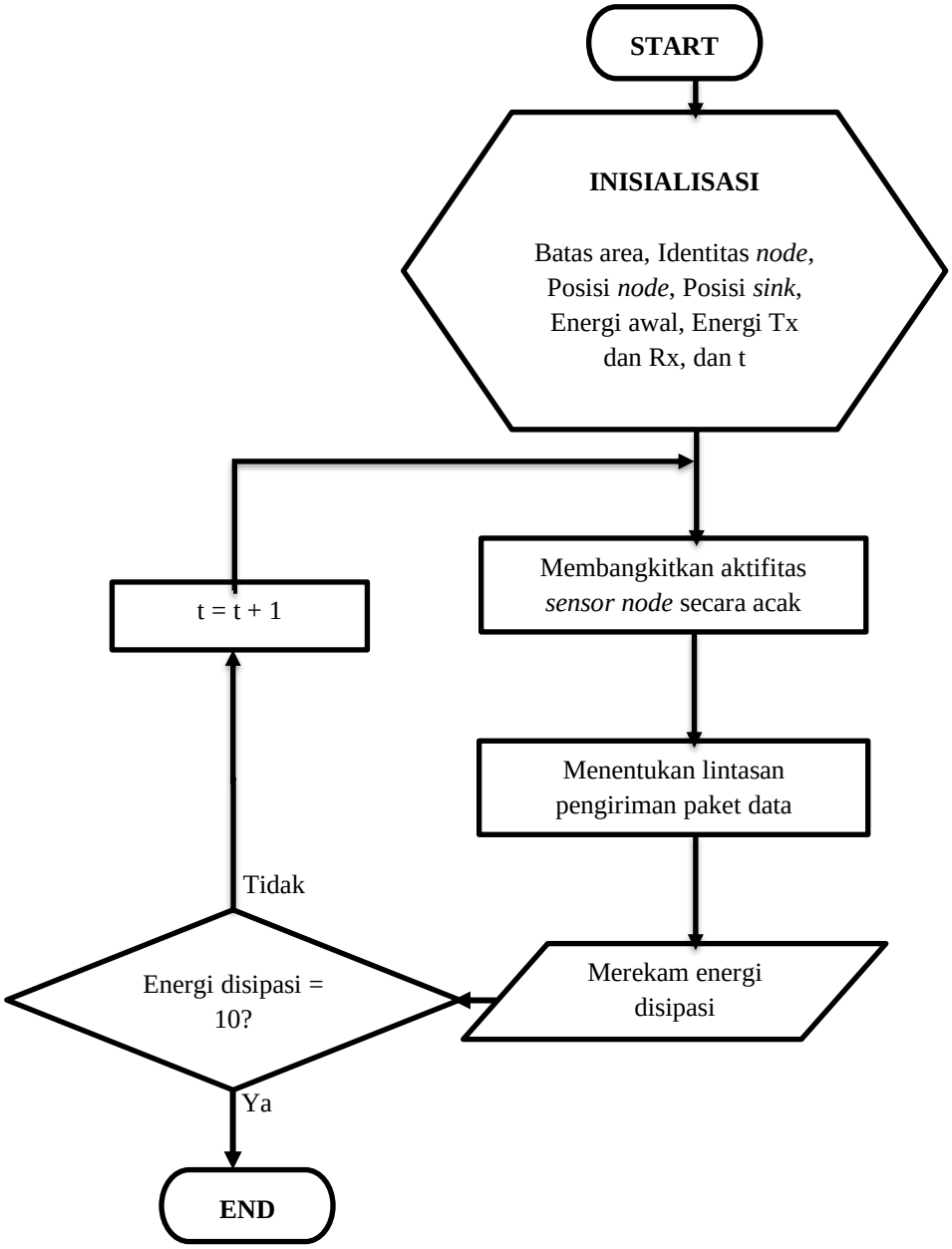
Diagram alir (*flow chart*) proses penelitian dalam pembuatan skripsi ini dapat dilihat pada gambar 3.9



Gambar 3.9 Diagram Alir Penelitian

3.4.2 Diagram Alir Program Simulasi

Untuk mempermudah pembuatan program simulasi maka terlebih dahulu dibuat *flow chart*. *Flow chart program* simulasi yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Diagram alur program simulasi

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dijabarkan simpulan yang didapat berdasarkan simulasi yang telah dibahas pada bab sebelumnya dan juga saran untuk penelitian selanjutnya.

5.1 Simpulan

Berdasarkan analisa hasil simulasi maka dapat diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Pergerakan *sink node* mempengaruhi *lifetime* dari jaringan, di mana dapat dilihat iterasi rata-rata pada skenario 1 yang menggunakan *statik sink node* sebesar 5.5071, sedangkan untuk skenario menggunakan *mobile sink node* iterasi paling sedikit pada skenario 3 yaitu sebanyak 320.191,1 iterasi.
2. *Lifetime* jaringan terpanjang yaitu pada skenario 4 di mana *mobile sink node* bergerak melewati semua *sensor node* yang terdapat pada area simulasi, iterasi rata-rata pada skenario ini berjumlah 1.135.495.
3. *Lifetime* jaringan untuk skenario yang menggunakan *mobile sink node* dari yang tercepat hingga terlama secara berurutan yaitu skenario 3, skenario 2, skenario 5, skenario 6, dan skenario 4 dengan nilai masing-masing iterasinya yaitu 320.191,1 ; 381.901,3 ; 381.969,5 ; 489.829,4 ; 1.135.495.
4. Dari beberapa skenario yang dilakukan, dapat dikatakan bahawa semakin banyak *sensor node* yang dilalui oleh *mobile sink node* maka akan semakin lama *lifetime* jaringannya.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, saran yang dapat diajukan setelah menyelesaikan penelitian ini adalah melakukan modifikasi pemilihan lintasan pengiriman paket data (*routing*) untuk mengoptimalkan penyebaran energi disipasi untuk setiap *sensor node*.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Muliany, H., Widianingsih, R., Heni, T., Suryani, R., Statistik Pertanian 2017, Indonesia: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2017.

[2] Susanto, M., Annisa, Y., Alam, S., "Impact of Mobile Sink on Grid Topology of Wireless Sensor Network," *International Conference on Broadband Communication, Wireless Sensors and Powering (BCWSP)*, pp. 1 – 6, 2017.

[3] Sabha, S., Azharuddin, M., "An Efficient Mobile Sink Path Selection For Wireless Sensor Networks," *International Journal Of Innovative Research In Management, Engineering And Technology*, Vol. 2, No. 6, pp. 17 – 24, June 2017.

[4] Taleb, A., Alhmeidat, T., Hassan, O., "A Survey of Sink Mobility Models for Wireless Sensor Networks," *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*, Vol. 4, No. 9, pp. 680-685, September 2013.

[5] Kaswan, A., Nitesh, K., Jana, P.,"Energy efficient path selection for mobile sink and data gathering in wireless sensor networks," *International Journal of Electronics and Communications*, Vol. 73, No. 1, pp. 110-118, January 2016.

[6] Chen, J., et al, "Systematic Development of a Wireless Sensor Network for Piezo-Based Sensing," *Hindiawi Journals of Sensors,* Vol. 2018, No. 1, pp. 1-12, August 2018.

[7] Farjamnia, G., Gasimov, Y., *"*Wireless Sensor Networks Architecture,*"* *International Research Journal of Computer Science (IRJCS),* Vol. 3, No. 1, pp. 39-42, January 2016.

[8] Sharma, D., Verma, S., and Sharma, K., "Network Topologies in Wireless Sensor Networks: A Review," *International Journal of Electronics & Communication,* Vol. 4, No. 3, pp. 93-97, June 2013.

[9] Prasanna, S., and Rao, S., "An Overview of Wireless Sensor Networks Aplication and Security," *International Journal of Soft Computing and Engineering*, Vol. 2, No. 2, pp. 538-540, Mey 2012.

[10] Rajkumar, et al, "Research Challenges and Characteristic Features in Wireless Sensor Networks," *Int. J. Advanced Networking and Applications*, Vol. 9, No. 1, pp. 3321-3328, July 2018.

[11] Hamza, E., and Alhayani, H., "Energy Consumption Analyzing in Single hop Transmission and Multi-hop Transmission for using Wireless Sensor Networks," *Al-Khwarizmi Engineering Journal*, Vol. 14, No. 1, pp. 156- 163, March 2018.

[12] Lakshmi, S., and Jibukumar, M., "Network Lifetime Enhancement of Multi-Hop Wireless Sensor Network by RF Energy Harvesting," *The 32st International Conference on Information Networking*, pp. 738-743, 2018.El-Kadeer, S., and

[13] El-Basioni, B., “Precision Farming Solution in Egypt Using the Wireless Network Technology,” *Egyptian Informatics Journal*, Vol. 14, No. 3, pp. 221-223, July 2013.

[14] Guo, J., "Sink Mobility Schemes in Wireless Sensor Networks for Network Lifetime Extension," *Electronic Theses and Dissertations*, pp. 43, 2012.

[15] Purkar, S., Deshpande, R., “Energy Efficient Clustering Protocol to Enhance Performance of Heterogeneous Wireless Sensor Network: EECPEP-HWSN”, *Hindiawi Journals of of Computer Networks and Communications,* Vol. 2018, No. 1, pp. 1-12, May 2018.