SIMULASI EFISIENSI ENERGI SENSOR *MICAZ MOTE* MENGGUNAKAN ALGORITMA *LEACH* DENGAN NETWORK SIMULATOR 2 PADA *WIRELESS SENSOR NETWORK*

(Skripsi)

Oleh

FENDI ANTONI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG

2016

ABSTRACT

SIMULATION OF ENERGY EFFICIENCY MICAZ MOTE SENSOR USING THE NETWORK SIMULATOR ALGORITHM LEACH IN WIRELESS SENSOR NETWORK 2

By

FENDI ANTONI

Wireless Sensor Networks (WSN) is a wireless network consisting of a set of sensor node which is widespread in certain areas. Each sensor node has the ability to collecting data and communicate with each other sensor node. From a number of problems in the implementation process, the most important issue in WSN is energy consumption. Caused by the power supply at each node sensor using only batteries for operation. there LEACH routing protocol used to improve energy efficiency by clustering method.

This works analyzes the average throughput, average packet loss of energy consumption on the algorithm LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy) against the AODV algorithm in wireless sensor networks. LEACH mechanism proven to save energy because only cluster-head that transmit data to the gateway, while sensor nodes simply send the data to a cluster-head respectively. As a result, energy consumption is reduced so as to optimize the lifetime of sensor networks.

Results of the simulation obtained classified into descriptive and probabilistic models. Based on the average results of simulation performed with 5 times the data collection at each simulation with the same parameters with different algorithm, the optimal value generated in the algorithm LEACH by 0.5 mJ at intervals of censorship 0.5 seconds with the number of nodal sensors used 144 nodal sensor, whereas in AODV algorithm with a maximum energy of 2.4 mJ at intervals of 0.5 seconds censorship primarily to the number of nodal nodal sensor 144. thus the mechanism of LEACH algorithm is more efficient than AODV algorithm.

Keywords*: wireless sensor network, LEACH, AODV, throughput, packetloss*

ABSTRAK

SIMULASI EFISIENSI ENERGI SENSOR *MICAZ MOTE* MENGGUNAKAN ALGORITMA *LEACH* DENGAN NETWORK SIMULATOR 2 PADA *WIRELESS SENSOR NETWORK*

Oleh

FENDI ANTONI

Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) adalah suatu jaringan nirkabel yang terdiri dari sekumpulan nodal sensor yang tersebar luas pada daerah tertentu. Masing-masing nodal sensor memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data dan berkomunikasi dengan nodal sensor lainnya. Dari sejumlah permasalahan pada proses implementasinya, masalah yang paling utama pada JSN adalah konsumsi energi. Hal ini diakibatkan oleh catu daya pada masing-masing nodal sensor hanya menggunakan baterai untuk operasinya, oleh karena itu digunakan protokol routing *LEACH* untuk meningkatkan efisiensi energi dengan metode clustering.

Pada tugas akhir ini menganalisa rata-rata *throughput, packetloss* rata-rata konsumsi energi pada algoritma *LEACH* (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy) terhadap algoritma *AODV* pada jaringan sensor nirkabel. Mekanisme *LEACH* terbukti menghemat energi karena hanya *clusterhead* yang melakukan transmisi data ke G*ateway*, sedangkan nodal sensor cukup mengirim data ke *cluster-head* masing-masing. Akibatnya, konsumsi energi berkurang sehingga mengoptimalkan *lifetime* jaringan sensor.

Hasil dari simulasi yang didapat diklasifikasikan kedalam model deskriptif dan probabilistik. Berdasarkan hasil rata-rata simulasi yang dilakukan dengan 5 kali pengambilan data pada setiap simulasi dengan parameter yang sama tetapi dengan algoritma yang berbeda, maka nilai optimal yang dihasilkan pada algoritma *LEACH* sebesar 0.5 mJ pada interval penyensoran 0.5 detik dengan jumlah nodal sensor yang digunakan 144 nodal sensor, sedangkan pada algoritma *AODV* dengan energi maksimum sebesar 2.4 mJ pada interval penyensoran 0.5 detik denan jumlah nodal 144 nodal sensor. dengan demikian mekanisme algoritma *LEACH* lebih efisien dibandingkan algoritma *AODV.*

Kata Kunci : *wireless sensor network, LEACH, AODV, throughput, packetloss*

SIMULASI EFISIENSI ENERGI SENSOR *MICAZ MOTE* MENGGUNAKAN ALGORITMA *LEACH* DENGAN NETWORK SIMULATOR 2 PADA *WIRELESS SENSOR NETWORK*

Oleh

FENDI ANTONI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016

Judul Skripsi : **SIMULASI EFISIENSI ENERGI SENSOR *MICAZ MOTE* MENGGUNAKAN ALGORITMA LEACH DENGAN NETWORK SIMULATOR 2 PADA *WIRELESS SENSOR NETWORK***

Nama Mahasiswa : Fendi Antoni

Nomor Pokok Mahasiswa : 1015031009

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing Pendamping	Pembimbing Utama
Heri Dian Septama, S.T., Ing.	**Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**
NIP 19850915 200812 1	NIP 19750928 200112 1 002

2. Ketua Jurusan

Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.
NIP 19731128 199903 1 005

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.** .....

Sekretaris : **Heri Dian Septama, S.T., Ing.** .....

Penguji Utama : **Herlinawati, S.T., M.T.** .....

2. Dekan Fakultas Teknik

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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **15 Februari 2016**

SURAT PERNYATAAN

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

Apabila pernyataan saya tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hokum yang berlaku.

Bandar lampung, Februari 2016

Fendi Antoni
1015031009

RIWAYAT HIDUP PENULIS

Penulis dilahirkan di pemalang, Jawa Tengah, pada tanggal 25 maret 1992. Penulis merupakan anak pertama dari Bapak Farihin dan Ibu Roanah.

Penulis pertama kali mengenyam pendidikan tingkat sekolah dasar di SD N 06 Bantar Bolang, lulus tahun 2004, Madrasah Tsanawiyah (MTs) Barokatul Qodiri Pugung Tampak Pesisir Utara, lulus tahun 2007, dan Madrasah Aliyah (MAN) Negeri Krui Pesisir Barat, lulus tahun 2010. Penulis melanjutnya pendidikan ke jenjang perguruan tinggi di Universitas Lampung pada tahun 2010.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Universitas Lampung pada Jurusan Teknik Elektro melalui jalur PKAB (Penelusuran Kemampuan Akademik dan Bakat). Setelah menginjak semester kelima, penulis memfokuskan diri pada konsentrasi teknik telekomunikasi. Selama menjadi mahasiswa, penulis menjabat beberapa jabatan asisten, yaitu sebagai koordinator laboratorium telekomunikasi, asisten pada Praktikum Dasar Telekomunikasi dan Asisten pada Praktikum Sistem Telekomunikasi.

Selama masa kuliah, penulis aktif di lembaga kemahasiswaan yang berada di Jurusan Teknik Elektro, yaitu HIMATRO (Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro), HMI (Himpunan Mahasiswa Islam) Komisariat Teknik Universitas Lampung dan FOPMALA (Forum Penyelam Mahasiswa Lampung).

Dalam masa kuliah, penulis pernah melaksanakan Kerja Praktik (KP) di PT. GPL (Gegha Power lestari) Lampung dalam jangka waktu satu bulan. Dalam melaksanakan Kerja Praktik, penulis ditempatkan pada Divisi Teknikal di bagian Instalasi antena *microwave* pada BTS. Penulis menyelesaikan Kerja Praktik dengan menulis sebuah laporan yang berjudul : "*Proses Setting SNMP Pada Perangkat NEC Ipasolink Di PT GEGHA POWER LESTARI Area Lampung*".

PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan untuk:

1. *Bapak dan Ibu tercinta yang telah memberikan dorongan moril maupun materil dan Do'a dalam penyelesaian skripsi dan perkuliahanku.*
2. *Adik-adiku Irham, Candra, Edwin yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian skripsi dan perkuliahanku.*
3. *Keluarga besar Turiah, yang telah memberikan dukungan moril dan semangat dalam penyelesaian skripsi dan perkuliahanku.*

SANWACANA

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul *"SIMULASI EFISIENSI ENERGI SENSOR MICAZ MOTE MENGGUNAKAN ALGORITMA LEACH DENGAN NETWORK SIMULATOR 2 PADA WIRELESS SENSOR NETWORK*" yang merupakan suatu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Banyak pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan karya tulis ini, penulis ingin mngucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak prof. Suharno, M.Sc., Ph.D. sebagai Dekan Fakultas Teknik
2. Bapak Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T,. M.Sc. sebagai ketua jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Dr.Eng., Helmy Fitriawan, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing utama dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Herry Dian Septama, S.T., Ing. sebagai dosen pembimbing pendamping dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Ibu Herlinawati., S.T., M.T., sebagai dosen penguji utama dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, atas segala pelajaran dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis selama menjadi mahasiswa teknik elektro universitas lampung.
7. Kepala Lab. Telekomunikasi Dr. Ing. Melvi Ulvan atas wejangan dan dukungan yang telah diberikan.

8. PLP Lab. Telekomunikasi Baiqodar, S.T,. atas bantuan dalam proses administrasi.
9. Kelurga Besar Lab. Telekomunikasi Universitas Lampung, terimakasih atas bantuan yang telah diberikan.
10. Mbak ning, mba Dea, mas daryono atas semua bantuannya dalam proses menyelesaikan administrasi dijurusan Teknik Elektro.
11. Kedua Orang Tua Penulis, Bapak Dan Ibu Tercinta, terimkasih atas semua dukungan yang telah diberikan selama proses perkuliahan berlangsung sampai dengan selesai.
12. Adik-adiku, Irham, Candra Dan Edwin, Terimakasih untuk kebersamaan, semangat dan dukungan yang telah diberikan.
13. Nurdiansyah, Adi Saputra, Dan Mita Ria Safitri. Terimakasih untuk kebersamaan, semangat, dan dukungan yang telah diberikan.
14. Novia Malinda selaku patner dalam proses penyelesaian sekripsi, terimakasih atas bantuan yang telah diberikan.
15. Perempuan-Perempuan 2010, Maria Ulfa M, Kiki Apriliya, Novia Malinda, Ayu Sintia Ningrum, Devi Andini, Dian Ninda S, Yang Telah Memeberikan Warna Pada Kami Angkatan 2010.
16. Keluarga besar Eeamubaubau, terimakasih atas kekeluargaan dan kebersamaan yang sangat-sangat luar biasa.
17. Sahabat lorong perjuangan, terimkasih kalian selalu ada.
18. Sahabat-Sahabat KKN 2014, Endah, Dian, Wulan, Destry, Viana, Dina, Dewi, Faris, Angga, terimakasih atas kekompakan yang telah ada.

19. Dan *Jupiter MX*, terimakasih telah banyak membantu dan mengantarkan ke penjuru lampung.
20. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah membantu serta mendukung dari awal kuliah sampai terselesaikanya tugas akhir ini. Penulisa meminta maaf atas segala kesalahan dan ketidak sempurnaan dalam proses penulisan tugas akhir ini. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis demi kemajuan dan kebaikan di masa mendatang. Semoga Allah membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu pada proses penyelesaian perkuliahan ini.

Bandar Lampung, Februari 2016

Penulis

Fendi Antoni

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL i
ABSTRAK ii
LEMBAR PERSETUJUAN v
LEMBAR PENGESAHAN vi
RIWAYAT HIDUP..... vii
PERSEMBAHAN..... viii
SANWACANA..... ix
DAFTAR ISI xii
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR TABEL..... xvii
DAFTAR ISTILAH xviii
DAFTAR SINGKATAN xx

I. PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Tujuan Penelitian 4
1.3. Manfaat penelitian 4
1.4. Perumusan Masalah 5
1.5. Batasan Masalah..... 5
1.6. Sistematika Penulisan 6

II. TINJAUAN PUSTAKA 7
2.1. Jaringan Sensor Nirkabel 7
2.2. Aplikasi Jaringan Sensor Nirkabel.. 11
2.3. Komponen-komponen Jaringan Sensor Nirkabel 12
2.3.1. Nodal sensor 13
2.3.2. Media nirkabel 14
2.3.3. Nodal *gateway* 15
2.3.4. Perangkat pengguna 15
2.4. Peformasi Jaringan Sensor Nirkabel..... 16
2.5. Lapisan Fisik MICAz Mote..... 18
2.6. *Network Simulator* (Ns) 21
2.6.1 Arsitektur Dasar Ns-2.. 22
2.6.2 komponen pembangunan Ns-2..... 23
2.6.3. Hubungan Antar Komponen Pembangun Ns-2…… 26
2.7. LEACH (*Low-Energy Adaptif Cludter Hirarcy)*……. 27
2.7.1.. Definisi LEACH…… 27
2.7.2. Arsitektur LEACH……... 28
2.7.3. Algoritma LEACH……... 29

III. METODE PENELITIAN..... 31
3.1. Metode Penelitian 31
3.2. Alat dan Bahan 31
3.3. Tahap Penelitian..... 32
3.4. Studi Literatur..... 35
3.5. Instalasi Perangkat Lunak..... 35
3.6. Simulasi……. 36
3.7. analisa perhitungan energi.. 37
3.8. Trace File Hasil Simulasi……. 38
3.9. Penganalisaan Data……..... 39
3.10. Pembuatan Laporan…….. 39

3.11. perancangan simulasi..... 39
3.11.1 .Spesifikasi Teknis Perangkat Jaringan..... 39
3.11.2. Diagram Sistem..... 42

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN..... 45
4.1. Topologi Simulasi Jaringan Sensor Nirkabel..... 48
4.2. Pengukuran Kinerja JSN…… .. 50
4.2.1 Pengukuran dan perbandingan pada algoritma LEACH dan AODV dengan variasi interval penyensoran..... 51
4.2.2. Pengukuran dan perbandingan rata-rata *Throughput* pada algoritma LEACH dan AODV dengan variasi interval penyensoran..... 53
4.2.3. Pengukuran dan perbandingan rata-rata *packetloss* pada algoritma LEACH dan AODV dengan variasi interv penyensoran..... 58
4.2.4. Pengukuran dan perbandingan konsumsi energi pada algoritma LEACH dan AODV dengan variasi interva penyensoran..... 63

V. SIMPULAN DAN SARAN 68
5.1. Simpulan 68
5.2. Saran..... 70

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

1. Komponen Dasar WSN..... 12
2. MPR2400CA..... 19
3. MTS420CC..... 20
4. MIB520CA 20
5. Arsitektur Dasar NS2..... 22
6. Komponen Pembangun NS-2 23
7. Nam Console..... 25
8. Hubungan antar-komponen pembangun NS-2..... 26
9. Arsitektur LEACH..... 28
10. Diagram Alir Penelitian.. 33
11. diagram alir sistem..... 43
12. bidang simulasi JSN..... 49
13. Rata-rata *throughput* dengan interval 0.5 pada algoritma LEACH dan OADV..... 53
14. Rata-rata *throughput* dengan interval 2.0 pada algoritma LEACH dan OADV..... 54
15. Rata-rata *throughput* dengan interval 5.0 detik pada algoritma LEACH dan OADV..... 55
16. Rata-rata *throughput* dengan interval 10.0 detik pada algoritma

LEACH dan OADV..... 55

17. Perbandingan rata-rata *throughput* LEACH dan AODV dengan variasi interval penyensoran 0.5 detik, 2.0 detik, 5.0 detik dan 10.0 detik..... 57

18. Rata-rata *packetloss* dengan interval 0.5 detik pada algoritma LEACH dan OADV…… 58

19. Rata-rata *packetloss* dengan interval 2.0 detik pada algoritma LEACH dan OADV…… 59

20. Rata-rata *packetloss* dengan interval 5.0 detik pada algoritma LEACH dan OADV…… 59

21. Rata-rata *packetloss* dengan interval 10.0 detik pada algoritma LEACH dan OADV…… 60

22. Perbandingan *packetloss* AODV-LEACH dengan variasi interval penyensoran 0.5 detik, 2.0 detik, 5.0 detik dan 10.0 detik…..... 62

23. Rata-rata konsumsi energi (joule) dengan interval 0.5 detik pada algoritma LEACH dan OADV…….. 63

24. Rata-rata konsumsi energi (joule) dengan interval 2.0 detik pada algoritma LEACH dan OADV……... 64

25. Rata-rata konsumsi energi (joule) dengan interval 5.0 detik pada algoritma LEACH dan OADV…… 64

26. Rata-rata konsumsi energi (joule) dengan interval 10.0 detik pada algoritma LEACH dan OADV…… 65

27. Perbandingan rata-rata konsumsi energi (joule) AODV dan LEACH dengan variasi interval penyensoran 0.5 detik, 2.0 detik 5.0 detik dan 10.0 detik..... 66

DAFTAR TABEL

Gambar Halaman

1. Tabel penelitian 3
2. Perbandingan antara ZigBee, *bluetooth* dan *wifi* 8
3. Hasil pengukuran rata-rata *throughput*, *packetloss* dan konsumsi energi pada algoritma LEACH dengan interval 0.5 detik, 2.0 detik, 5.0 detik, dan 10.0 detik..... 51
4. Hasil pengukuran rata-rata *throughput*, *packetloss*dan konsumsi energi pada algoritma AODV dengan interval 0.5 detik, 2.0 detik, 5.0 detik,dan 10.0 detik..... 52

DAFTAR ISTILAH

Gateway	:	Media perantara jaringan sensor nirkabel dengan administrator jaringan.
Nodal	:	Sebutan untuk *transceiver* gelombang radio yang digunakan untuk mengirim dan menerima data hasil pementauan dari sensor.
Nodal sensor	:	Komponen kesatuan dari jaringan yang dapat menghasilkan informasi, biasanya merupakan sebuah sensor atau juga dapat berupa sebuah actuator yang menghasilkan umpan balik pada keseluruhan operasi.
Quality of Service	:	kemampuan sebuah jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik lagi bagi layanan trafik yang melewatinya.
Throughput	:	jumlah total kedatangan paket IP sukses yang diamati di tempat pengukuran pada destination selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut (sama dengan, jumlah pengiriman paket IP sukses per *service-second*).
Packet loss	:	perbandingan seluruh paket IP yang hilang dengan seluruh paket IP yang dikirimkan antara pada *source* dan *destination.*
Network Simulator-2:		sebuah perangkat lunak yang dapat digunakan untuk simulasi jaringan yang sesuai dengan riset.
MICAz Mote	:	modul mote 2,4 GHz yang digunakan pada jaringan sensor.
Protokol	:	Aturan dalam komunikasi untuk menunjang terjalinnya komunikasi antar berbagai perangkat.

Ad Hoc	:	Model komunikasi tanpa infrastruktur yang dibangun untuk suatu tujuan pada waktu tertentu.

DAFTAR SINGKATAN

IEEE	:	*Institute of Electrical and Electronics Engineers* adalah organisasi nirlaba internasional yang merupakan asosiasi profesional utama untuk peningkatan teknologi elektro.
JSN	:	Jaringan Sensor Nirkabel yaitu jaringan sensor yang menggunakan komunikasi nirkabel sebagai media transmisi datanya.
LEACH	:	*Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy* merupakan sebuah algoritma pada proses simulasi jaringn sensor nirkabel pada NS-2
AODV	:	*Ad-hoc On Demand Distance Vector Routing* merupakan sebuah algoritma yang dapat mendukung pengoperasian jaringan ad-hoc tersebut.
NS-2	:	*Network Simulator 2*, yakni sebuah perangkat lunak yang dikembangkan dengan lisensi *open-source.*
Tcl	:	*Tool Command Language*, yaitu komponen bahasa pemrograman yang dilengkapi dengan perangkat Tk,

		sebagai ekstensi bagi Tcl dalam menyediakan pustaka antarmuka grafis pengguna.
MAC	:	*Medium Acces Control* adalah suatu lapisan protokol pertama yang berada diatas *physical layer* (lapisan fisik). Tugas pokok dari protokol ini adalah mengatur akses dari sejumlah nodal ke suatu media yang dapat dibagi cara sedemikian rupa tergantung aplikasi sehingga suatu jaringan komunikasi memiliki kinerja yang memuaskan.
QOS	:	*Quality of Service* yang dapat diterjemahkan secara bebas adalah sebuah bentuk jaminan kualitas atas sebuah layanan.
Otcl	:	*Object-oriented Tool Command Language*, yaitu untuk menangani interaksi langsung antara pengguna dengan simulator serta menangani interaksi antara objek-objek.
UDP	:	*User Datagram Protocol* merupakan protokol *transport* sederhana dengan model layanan yang minimalis.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi komunikasi dan informasi sangantlah pesat, Ini diiringi dengan semakin cepatnya perkembangan perangkat elektronika. Sehingga banyak tercipta perangkat telekomunikasi generasi baru dengan teknologi yang semakin maju. Salah satunya adalah Jaringan Sensor Network (JSN) atau biasa disebut *Wireless Sensor Network*. JSN merupakan kesatuan perangkat sensor yang mengumpulkan data dari alam dan mengirimkan kepada administrator (*sink).* Secara umum JSN terdiri dari dua komponen yaitu nodal sensor dan sink. Nodal sensor merupakan komponen kesatuan dari jejaring yang dapat menghasilkan informasi, biasanya merupakan sebuah sensor atau juga sebuah actuator yang menghasilkan *feedback* pada keseluruhan operasi. *Sink* merupakan kesatuan sensor sehingga dapat melakukan pengolahan informasi dari nodal sensor sehingga dapat melakukan pengolahan informasi lebih lanjut. Keunggulan dari JSN ini adalah mempunyai daya jangkauan yang lebih luas akurat dan juga harga yang lebih murah. Ini dikarenakan kemajuan di bidang desain, konsep dan pemilihan material sehingga diperoleh sensor yang lebih murah, minimalis dan ringan. Simulasi ini dilakukan guna untuk memperoleh penjelasan,deskripsi dan prediksi suatu sistem JSN yang akan di realisasikan kedalam dunia nyata dalam

skala besar guna mengurangi kegagalan dalam realisasi tersebut maka harus dilakukan terlebih dahulu.

Dari sejumlah permasalahan pada implementasinya, masalah yang utama dalam JSN adalah konsumsi energi. Hal ini diakibatkan oleh catu daya pada masing-masing nodal sensor hanya disuplai dengan menggunakan baterai untuk operasinya, sehingga memiliki cadangan energi yang terbatas. Jika salah satu nodal sensor mati maka akan merubah kinerja jaringan dalam hal routing dan topologinya.

Disisi lain, kendala akan muncul jika harus melakukan konservasi energi berulang-ulang atau sesering mungkin karena akan meningkatkan biaya dan mengganggu kinerja jaringan. Konsumsi energi adalah faktor yang sangat penting untuk menentukan *lifetime* suatu jaringan, maka energi yang digunakan harus secara seefisien mungkin agar menghasilkan kinerja yang maksimal. Pada proses penelitian ini, dilakukan dengan tidak menggunakan alat-alat secara langsung, agar lebih mudah dan tidak memakan biaya yang terlalu besar, maka kita menggunakan perangkat lunak *Network Simulator* versi 2 (NS-2), untuk membantu dalam proses simulasi JSN. Berdasarkan pemakaian energi, *lifetime* sensor dapat ditingkatkan dengan dua cara yakni menambahkan persediaan energi dan mengurangi konsumsi energi.

Metode penambahan persediaan energi dapat dilakukan dengan cara menambahkan kapasitas baterai pada nodal sensor. Sedangkan metode mengurangi konsumsi energi dapat dilakukan dengan cara memodifikasi rangkaian sensor, menggunakan *Operating System* yang sederhana serta mendesain protokol dan algoritma jaringan yang menggunakan energi lebih

sedikit. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah efisiensi dalam merancang JSN adalah dengan menggunakan algoritma *Low-Energi Adaptive Clustering Hierarchy* (LEACH). Algoritma LEACH bertujuan mengurangi konsumsi energi pada JSN dengan cara membagi nodal kedalam kluster-kluster sehingga data yang dikirim tidak harus menuju ke *Base Station*, namun cukup melalui *clusterhead* saja.

Tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui kinerja algoritma LEACH pada JSN dan akan dibandingkan dengan kinerja dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Sehingga dapat diketahui kinerja dan pemakaian energi pada JSN.

Penelitian yang berkaitan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Tabel penelitian

No	Nama	NPM	Tahun	Judul Penelitian
1	Fadil Hamdani	0515031047	2010	Pemodelan dan simulasi JSN MICAz Mote berdasarkan standar IEEE 802.15.4
2	Fajar Ahmad Dewanto	0615031077	2011	Simulasi pengaruh posisi Nodal sensor terhadap QOS JSN MICAz Mote dengan Network Simulator 2

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan menganalisa efisiensi energi pada nodal sensor *MICAz Mote* pada jaringan JSN menggunakan alogaritma LEACH sehingga energi yang digunakan saat melakukan transmisi dapat digunakan secara efisien sehingga meningkatkan *lifetime* nodal sensor pada jaringan.

1.3. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat menggunakan dan memahami cara pemanfaatan dari NS-2 sebagai sarana pensimulasian jaringan pada penelitian ini.

2. Diperolehnya hasil pemodelan dan simulasi efisiensi energi pada JSN sehingga memudahkan dalam proses realisasi ke dalam bentuk sebenarnya.

3. Dari hasil simulasi diharapkan mampu menjadi perbandingan untuk melakukan penerapan sensor nirkabel dalam kehidupan nyata, sehingga diperoleh hasil yang optimal.

1.4. Rumusan Masalah

Dalam tugas akhir ini permasalahan pada JSN dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. JSN merupakan salah satu jaringan yang memiliki kapasitas energi terbatas, oleh karena itu perlu dibuat suatu komunikasi protokol agar energi yang digunakan seefisien mungkin.

2. Membutuhkan suatu model jaringan yang memiliki *lifetime* yang panjang agar meningkatkan kinerja jaringan JSN tersebut.

3. Dalam menganalisa kinerja jaringan yang dibuat dengan menggunakan algoritma LEACH, diperlukan suatu model simulasi dengan bantuan Network Simulator NS-2

1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Pada penelitian ini menitikberatkan pada simulasi efisiensi energi pada nodal sensor.

2. Pada peneltian ini tidak membahas sistem kerja dari modul sensor MICAz Mote yang digunakan secara detail.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Memuat latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Membahas tentang teori-teori dasar yang mendukung penelitin ini, seperti pengetian JSN, jenis komunikasi data, topologi jaringan,serta jenis sensor yang digunakan pada penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Memuat langkah-langkah penelitian yang dilakukan diantaranya waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, perancangan simulasi, pembuatan simulasi, dan pengujian simulasi.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

Membahas tentang pengujian dan analisis terhadap kinerja simulasi yang telah dirancang.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Memuat tentang kesimpulan dan saran tentang penelitian yang telah dilakukan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jaringan Sensor Nirkabel

Teknologi tanpa kabel atau *wireless* telah mengalami berkembang yang pesat dan penggunaan teknologi ini sendiri tidak lagi asing bagi masyarakat. Teknologi *wireless* yang banyak digunakan oleh masyarakat seperti *bluetooth*, maupun *wifi*, karena kedua perangkat ini sudah banyak diaplikasikan pada *smartphone*, laptop, dan beberapa *gadget* lainnya. Namun, ZigBee sendiri bukanlah sebuah komunikasi yang digunakan untuk pengiriman data yang besar atau *transfer rate* yang tinggi. *Bluetooth* dan *wifi* merupakan sebuah standar yang bekerja untuk *transfer rate* dari tingkatan sedang hingga tinggi, sehingga cocok digunakan untuk pengiriman data yang besar. Sedangkan untuk sebuah *device transfer rate* rendah dapat kita gunakan standar ZigBee. ZigBee adalah spesifikasi untuk protokol komunikasi tingkat tinggi yang mengacu pada standart IEEE 802.15.4 yang berhubungan dengan *Wireless Personel Area Networks* (WPANs). Teknologi dari ZigBee sendiri dimaksudkan untuk penggunaan pengiriman data secara *wireless* yang membutuhkan transmisi data rendah dan juga konsumsi daya rendah, dan juga tidak lebih mahal dibandingkan dengan WPANs lain seperti *bluetooth*. Standar ZigBee sendiri lebih banyak

diaplikasikan kepada sistem tertanam (*embedded application*) seperti pengendalian industri atau pengendali alat lain secara *wireless*, data *logging*, dan juga sensor *wireless* dan lain-lain. ZigBee memilki *transfer rate* sekitar 250 Kbps, yang lebih rendah dibandingkan dengan WPANs lain seperti *bluetooh* yang mempunyai transfer rate dengan 1 Mbps. Sedangkan jarak atau *range* kerja dari ZigBee sendiri sekitar 76 m, lebih jauh dibandingkan dengan *bluetooth*. Dengan konsumsi daya yang rendah, maka sebuah alat yang menggunakan standar ZigBee dapat menggunakan sebuah baterai yang dapat membuat alat tersebut bertahan selama setengah sampai satu tahun. Prediksinya, bahwa semua *smarthome* akan memilki setidaknya 60 buah ZigBee dimana tiap ZigBee tersebut akan dapat saling berkomunikasi dan melakukan pekerjaan mereka secara bebas. Berikut beberapa perbedaan antara ZigBee, *bluetooth*, dan *wifi* [1].

Tabel 2. Perbandingan antara ZigBee, *bluetooth*, dan *wifi*

Standar	**Jangkauan**	***Bandwidth***	**Konsumsi energi**	**Aplikasi**
Wi-Fi	300 meter	54 Mbps	400 mA	Data dan Voip
ZigBee	120 meter	250 Kbps	30 mA	Jaringan sensor nirkabel dan monitoring
Bluetooth	10 meter	1 Mbps	40 mA	Pengirirman jarak dekat,pengganti kabel

Jaringan Sensor Nirkabel atau dalam banyak literatur disebut *Wireless Sensor Network* (WSN) adalah sebuah jaringan yang menghubungkan perangkat-perangkat seperti *sensor node*, *router* dan *sink node*. Perangkat ini terhubung secara *ad-hoc* dan mendukung komunikasi *multi-hop.* Istilah *ad-hoc* merujuk pada kemampuan perangkat untuk berkomunikasi satu sama lain secara langsung tanpa memerlukan infrastruktur jaringan seperti *router* atau akses point. Sedangkan *multi-hop* yaitu istilah yang merujuk pada komunikasi beberapa perangkat yang melibatkan perangkat antara (*intermediate*), *multi-hop* melibatkan perangkat antara seperti *router* untuk meneruskan sebuah paket dari satu nodal ke nodal lain dalam jaringan. Perkembangan riset yang membahas Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) dan aplikasinya telah berkembang. Banyak aplikasi yang telah dikembangkan menggunakan Jaringan Sensor Nirkabel antara lain dalam bidang kesehatan, yaitu monitoring pasien jantung jarak jauh. Selain itu, dalam bidang pertahanan, sensor yang digunakan untuk memberikan informasi penting di medan perang. Dengan pengertian yang lebih sederhana yaitu JSN sebagai alat untuk monitoring lingkungan, lingkungan dalam pengertian berbagai bidang. Didukung oleh perkembangan dalam berbagai bidang riset seperti riset teknologi jaringan, komunikasi nirkabel, dan fabrikasi mikroprosesor, telah menjadikan perkembangan riset JSN bergerak sangat cepat. JSN dapat dibuat dengan biaya rendah, ukuran yang relatif kecil dan konsumsi daya yang rendah, yang selanjutnya ditempatkan di suatu wilayah dalam jumlah besar untuk memperoleh dan mengumpulkan informasi.

Dalam proses pengumpulan informasi, JSN akan melakukan deteksi menggunakan sensor yang telah terpasang di titik-titik tertentu. Dengan alasan kompleksitas, pada umumnya deteksi dilakukan dengan cara desentralisasi. Deteksi desentralisasi adalah proses pengambilan keputusan terhadap kejadian-kejadian yang terjadi di suatu titik berdasarkan observasi sensor di titik tersebut dan hasil keputusan dari tiap-tiap titik akan dikirim menuju Pusat Informasi Gabungan (PIG) melalui jaringan nirkabel. PIG akan mengkombinasikan sinyal yang dikirim oleh tiap titik untuk membuat sebuah keputusan akhir. Proses pengumpulan informasi akan melalui tahapan sebagai berikut: pengambilan keputusan di masing-masing titik, komunikasi antar titik, dan proses penggabungan keputusan di PIG.

Perangkat sensor tersebut dilengkapi dengan sumber penyimpanan energi dengan kuantitas penyimpanan yang terbatas, kemampuan komputasi, kemampuan pemrosesan dan kemampuan penyimpanan data yang terabatas. Interaksi tiap nodal tersebut dengan lingkungan fisik yang sesunguhnya dilakukan melalui antarmuka penginderaan (*sensing interface*).

Secara umum jaringan sensor nirkabel (JSN) itu terdiri dari dua komponen, yaitu nodal sensor dan *sink*. Nodal sensor merupakan sebuah komponen kesatuan dari jaringan yang dapat menghasilkan informasi, biasanya merupakan sebuah sensor atau juga sebuah aktuator yang menghasilkan *feedback* pada keseluruhan operasi. *Sink* merupakan suatu kesatuan yang mengumpulkan informasi dari nodal sensor sehingga dapat dilakukan pengolahan informasi dilanjut. Pada simulasi kali ini *sink* berupa *gateway* ke jaringan yang lebih besar seperti internet sehingga interaksi dapat

dilakukan dengan jarak yang sangat jauh dan tidak terkoneksi secara langsung dengan jaringan sensor. Pengaplikasian jaringan sensor nirkabel telah banyak dilakukan untuk *sensing* dan *monitoring data*. Kedua aplikasi relative memerlukan *bandwidth* yang kecil [2].

2.2. Aplikasi Jaringan Sensor Nirkabel

Terdapat berbagai aplikasi JSN yang merupakan pemantauan, pencarian jejak (*tracking*), dan pengendalian (*controlling*). Beberapa aplikasi tersebut di antaranya berupa pemantauan habitat, pencarian jejak objek, pengendalian reaktor nuklir, deteksi kebakaran, dan pemantauan lalu lintas. Pada bidang militer, JSN digunakan untuk pengawasan dan pengintaian di medan perang. Pada pabrik-pabrik, JSN digunakan untuk melakukan pemeliharaan perangkat. Pada bangunan-bangunan, JSN digunakan untuk melakukan pemantauan keadaan infrastruktur. Pada rumah tinggal, JSN digunakan untuk menciptakan sebuah rumah cerdas (*smart home*).

Pemantauan suatu area merupakan salah satu aplikasi JSN. Pada aplikasi ini, sensor-sensor disebarkan pada suatu area untuk memantau suatu fenomena fisik tertentu. Sebagai contoh, sejumlah nodal sensor disebarkan pada medan perang untuk mendeteksi posisi musuh. Ketika sensor-sensor tersebut mendeteksi timbulnya gejala fisik yang menjadi objek pantau (panas, tekanan, suara, cahaya, medan elektromagnetik, getaran, dan sebagainya), hasil deteksi ini dilaporkan ke sebuah

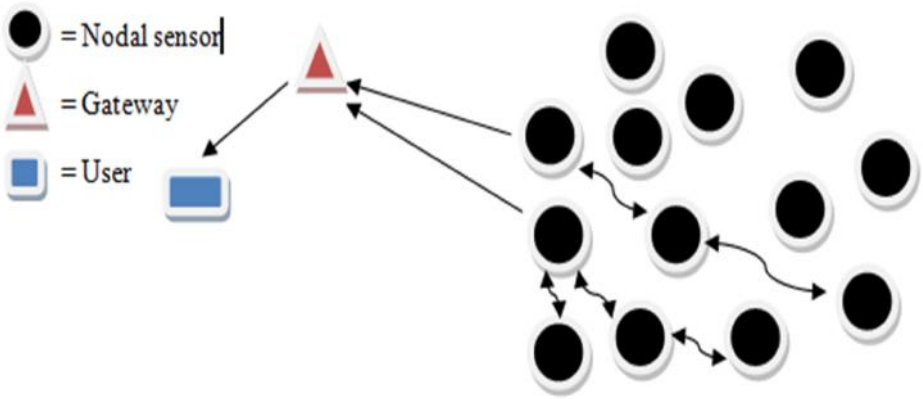
gateway yang menjadi titik pengumpulan data dari JSN. Selanjutnya data pemantauan pada *gateway* akan digunakan oleh administrator jaringan.

2.3. Komponen Jaringan Sensor Nirkabel

Didalam jaringan sensor nirkabel terdapat beberapa komponen dasar yang harus terpenuhi dalam melakukan simulasini ini, yaitu:

1. *Gateway*
2. Sejumlah nodal sensor.
3. Media nirkabel sebagai interkoneksi jaringan.
4. Perangkat pengguna sebagai komponen yang melakukan penyimpanan data yang dikirim oleh sensor

Komponen tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. berikut ini



Gambar 1. Komponen dasar JSN.

Nodal sensor adalah suatu sensor yang berukuran sangat kecil dan disebar dalam jumlah besar disuatu area. Nodal tersebut memiliki kemampuan untuk saling berkomunikasi dan mengirim data dari sumber ketujuan, kemudian data yang dikumpulkan ke nodal yang lain yang berdekatan. Data yang akan dikirim melalui transmisi radio akan diteruskan menuju BS yang merupakan penghubung antara nodal dengan user. Informasi tersebut dapat diakses melalui beberapa platform seperti koneksi internet, atau satelit sehingga memungkinkan user untuk dapat mengakses secara *realtime.*

2.3.1. Nodal Sensor.

Nodal sensor adalah suatu *device* pada JSN yang bertugas melakukan pengambilan data pada daerah tertentu, melakukan pemrosesan fenomena yang di peroleh kemudian dikirim kepada *gateway*. Pengiriman data dapat dilakukan secara langsung antara nodal sensor dan *gateway* atau melakukan kolaborasi antara nodal sensor tersebut agar dipeoleh data yang lebih akurat.

Pada umumnya nodal-nodal sensor harus berukuran kecil, murah, dan efisien dalam mengkonsumsi energi, dilengkapi dengan perangkat sensor yang tepat untuk suatu pemantauan, sehingga mampu meakukan komputasi yang dibutuhkan dan memiliki sumber daya penyimpanan,serta memiliki komunikasi yang cukup.

Nodal sensor itu sendiri pada dasarnya terdapat lima komponen, yaitu:

1. *Controller* adalah sebuah pengendali untuk memroses seluruh data yang di ambil.

2. *Memory* adalah sebagai media penyimpanan data yang telah diambil oleh nodal sensor tersebut.
3. Sensor dan aktuator adalah antar muka nodal sensor dengan lingkungan fisik, dan perangkat ini dapat mengamati parameter fisik dari lingkungan terasebut.
4. Komunikasi adalah merupakan sebuah komponen yang mengharuskan nodal sensor mengirimkan dan menerima informasi melalui media nirkabel.
5. Suplay daya merupakan sumber energi yang menyediakan daya untuk kebutuhan nodal sensor.

2.3.2. Media Nirkabel

Pengertian jaringan nirkabel atau *wireless* adalah salah satu media atau sistem transmisi data yang menggunakan gelombang radio sebagai media transmisinya. Data digital yang dikirim lewat jaringan akan dimodulasi menjadi gelombang radio yang berupa gelombang elektromagnetik. Teknologi *wireless* sangat mudah diterapkan dan cocok untuk daerah pedalaman dimana densitas penduduk masih rendah dan terpisah-pisah dalam jarak yang cukup jauh. Hal ini akan memakan biaya besar jika membangun fasilitas kabel, maka jaringan *wireless* adalah solusinya. Kemampuan menjangkau geografis wilayah yang sangat luas dalam satu kali pembangunan merupakan keuntungan jaringan *wireless*. Pada umumnya jaringan nirkabel menggunakan protokol Wi-Fi (*Wireless Fidelity*). WiFi ini adalah standar yang disebutkan oleh WiFi Alliance untuk memaparkan sistem produk jaringan nirkabel untuk penggunaan pada area lokal (WLAN) dengan sistem standar *Institute of Electrical and Electronics Engineering* (IEEE) bernomor 802.11 dengan varian A, B,

G dan N. Masing-masing hanya dibedakan pada penggunaan frekuensi dan sistem modulasinya yang memberikan kecepatan yang berbeda. Jaringan nirkabel memiliki dua mode yang dapat digunakan, yakni infrastruktur dan *ad-hoc.* Sistem infrastruktur adalah suatu sistem jaringan nirkabel yang menggunakan satu pihak sebagai pusat atau *access point.* Sedangkan sistem *ad-hoc* memungkinkan masing-masing komputer terhubung langsung satu sama lain tanpa melalui *access point.*

2.3.3. *Gateway*

Gateway merupakan sebuah perangkat yang digunakan untuk menghubungkan satu jaringan komputer dengan satu atau lebih jaringan komputer yang menggunakan protokol komunikasi yang berbeda sehingga informasi dari satu jaringan computer dapat diberikan kepada jaringan komputer lain yang protokolnya berbeda.

Pada implementasi JSN tidak cukup jika JSN tersebut hanya berinteraksi dengan dirinya sendiri. JSN harus mampu berinteraksi dengan perangkat yang lainya, seperti PDA maupun perangkat computer pengguna yang memberikan permintaan data dari JSN. Selain dapat melakukan pertukaran data dengan perangkat tersebut, JSN juga harus mampu malakukan pertukaran data data dengan jaringan internet.

2.3.4. Perangkat pengguna

Pernagkat pengguna akan melakukan permintaan terhadap data hasil pemantaun oleh JSN dapat berupa komputer yang dihubungkan langsung kepada *gateway*, selain itu perangkat meminta informasi ini dapat pula dihubungkan kepada daerah yang jauh sehingga perlu dihubungkan melalui jaringan internet [4].

2.4. Peformansi Jaringan Sensor Nirkabel (JSN)

Tingkat performansi Jaringan Sensor Nirkabel (JSN), bergantung pada bidang implementasinya. Kemampuan Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) dalam menyediakan suatu penanganan terhadap permintaan data hasil pemantauan menentukan tingkat peformansi jaringan sensor nirkabel (JSN) tersebut. Mayoritas pengembangan JSN ditujukan untuk melakukan pemantauan terhadap fenomena fisik, seperti suhu, temperatur, kelembaban dan lokasi dari suatu objek. Untuk aplikasi tersebut, maka JSN didesain hanya untuk mendapatkan hasil berupa nilai hasil perhitungan dan pemantauan dengan konsumsi energi yang dapat ditoleransi dan penggunaan *bandwidth* yang minimal atau kecil. Untuk mengetahui kinerja suatu jaringan JSN, perlu dilakukan kuantifikasi terhadap parameter yang dapat mewakili performansi kualitas suatu layanan JSN. Beberapa parameter yang harus diketahui untuk menyatakan kinerja suatu jaringan JSN, yaitu rata-rata konsumsi energi pada setiap nodal sensor.

Perhitungan konsumsi energi awal atau *initial energi* didapat, dapat dilihat pada persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$W = V.I.\ t \tag{2.1}$$

Dimana :

W = energi

V = tegangan

I = kuat arus

t = waktu

Selanjutnya adalah menentukan rata-rata *throughput dan packet loss* untuk menganalisa kinerja dari suatu jaringan yang dibuat.

Pengukuran *throughput* dilakukan dengan megukur sejumlah data yang dikirim dari tujuan ke penerima atau dengan mengukur sejumlah paket data yang dapat diproses pada suatu satuan tertentu. Pada umumnya pengukuran *throughput* dilakukan dalam satuan *bit per second* (bps). Rata-rata *throughput* diperoleh dari perbandingan antara total keseluruhan data yang sampai ketujuan terhadap waktu yang digunakan untuk menyampaikan data tersebut [6]. sesuai dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{rata} - \text{rata}\ throughput = \frac{jumlah\ paket}{waktu\ total} \qquad (2.2)$$

Kemudian selanjutnya *packet loss*, *packet loss* merupakan suatu nilai yang menyatakan jumlah paket data yang tidak sampai ketujuan atau gagal. *Packet loss* dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu antara lain rusaknya paket (*corrupt),* kegagalan pada peranagkat jaringan dan mengalami degradasi sinyal pada kanal jaringan, sehingga menyebabkan ditolaknya paket data pada proses pengiriman data tersebut. Presentase *packet loss* diperolah dari persamaan (2.3) berikut ini [5].

$$Persentase\ Packet\ Loss\ = \frac{Jumlah\ paket\ dikirim - Jumlah\ paket\ sampai}{Jumlah\ paket\ dikirim} \times 100\% \qquad (2.3)$$

2.5. Lapisan Fisik MICAz Mote

Lapisan fisik yang digunakan pada JSN yang dirancang dalam tugas akhir ini meliputi lapisan fisik nodal sensor dan lapisan fisik nodal *gateway*. Lapisan fisik untuk kedua komponen JSN tersebut berdasarkan pada lapisan fisik MICAz Mote. MICAz Mote merupakan modul mote 2,4 GHz yang digunakan pada jaringan sensor. Beberapa fitur yang dimiliki MICAz Mote yaitu :

a. Memiliki *RF Transceiver* yang berdasarkan standar IEEE 802.15.4
b. Beroperasi pada pita frekuens 2,4 GHz sampai 2,48 GHz yang termasuk ke dalam kelompok pita frekuensi ISM.
c. Mengimplementasikan teknik radio *Direct Sequence Spread Spectrum* yang memilik ketahanan terhadap interferens RF.
d. Memiliki data rate hingga 250 kbps.
e. Mampu melakukan komunikasi melalui medium nirkabel dan setiap nodal berkemampuan berfungsi sebagai *router*.
f. Memiliki konektor ekspansi untuk papan sensor cahaya, temperatur, RH, tekanan barometrik, *Accelerator* / *Seismic*, Akustik, Magnetik dan beberapa papan sensor dari Crossbow lainnya

***Processing Board* (MPR2400CA)**

Gambar 2. MPR2400CA

Gambar 2. MPR2400CA merupakan platform radio dan pemrosesan yang berbasiskan pada mikrokontroler Atmel ATmega128L yang merupakan mikrokontroler daya rendah yang mampu menjalankan sistem operasi TinyOS dari *internal flash memory* yang dimiliki mikrokontroler ini. Dengan mengimplementasikan TinyOS, sebuah papan prosesor (MPR2400CA) dapat dikonfigurasi untuk menjalankan aplikasi penyensoran/pemrosesan dan kebutuhan jaringan/komunikasi radio secara bersamaan. Pada MPR2400CA terdapat konektor 51-pin yang merupakan penghubung dengan peripheral eksternal. Perangkat radio MPR2400CA memberikan kemampuan transmisi data kecepatan tinggi (250 kbps).

Papan Sensor MTS420CC

Gambar 3. MTS420CC

Gambar 3. MTS420CC merupakan papan sensor yang memiliki kapabilitas untuk melakukan pemantauan temperatur lingkungan. Jangkauan operasional dalam pemantauan temperatur ini berkisar dari -10°C hingga 60°C. Papan sensor MTS420CC dihubungkan dengan papan pemrosesan MPR2400CA melalui konektor 51-pin.

Mote Interface Board/MIB **(MIB520CA)**

Gambar 4. MIB520CA

Gambar 4. MIB520CA merupakan sebuah komponen MICAz Mote yang berfungsi sebagai *gateway* pada jaringan sensor. MIB520CA dihubungkan dengan papan pemrosesan MPR2400CA melalui konektor 51-pin [6].

2.6. Network Simulator (NS-2)

NS2 adalah sebuah *even-driven* yang didesain secara spesifik untuk penelitian dalam bidang telekomunikasi khsusnya dibidang simulasi jaringan. Sejak kemunculanya pada tahun 1989, NS-2 terus menerus memperoleh minat khususnya dikalangan akademik. NS-2 (Network Simulator 2) dikembangkan pertama kali di UCB (University of Berkeley) yanag didukung oleh DARPA. NS2 merupakan suatu sistem yang berkerja pada sistem Unix/Linux,. NS-2 juga dapat dijalankan dalam sistem windows namun harus menggunakan Cygwin sebagai linux Environmentnya.

NS2 bersifat *open-source* dibawah GPL (Gnu Pubilc License), sehingga dapat diunduh dan digunakan secara gratis melalui *website* NS-2. Sifat *open source* tersebut mengakibatkan pengembangan yang dinamis. NS-2 dibangun dengan menggunakan 2 bahasa pemrograman yaitu C++, sebagai library yang bersifat *eventsceduler, protocol,* dan *network component* yang diimplementasikan pada simulasi oleh *user*. Kedua adalah bahasa Tcl/Otcl yang digunakan pada script simulasi yang ditulis oleh NS *user*. Otcl juga berfungsi sebagai *interpreter*.

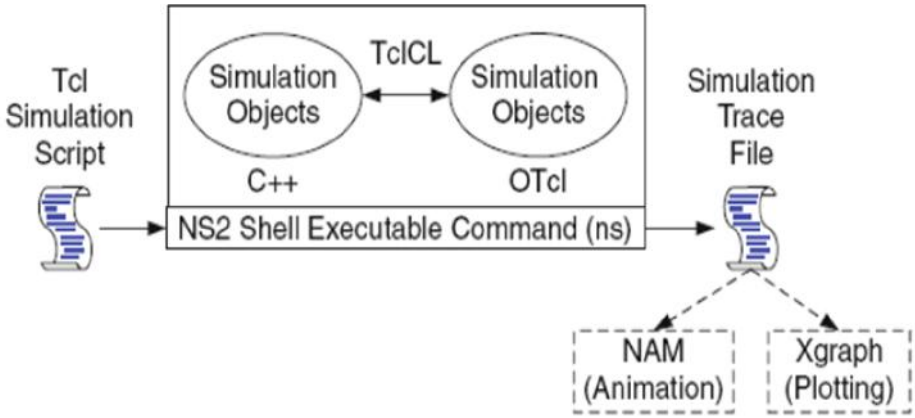
Bahasa C++ digunakan library karena C++ mampu mendukung *runtime* yang cepat, meskipun simulasi melibatkan simulasi sejumlah paket dan sumber data dalam jumlah besar. Sedangkan bahasa Tcl memberikan respon *runtime* yang lambat

daripada C++ namun jika terjadi kesalahan, respon Tcl terhadap kesalahan *syntax* dan perubahan *script* berlangsung cepat dan interaktif.

2.6.1. Arsitektur Dasar NS-2

NS-2 terdiri dari 2 bahasa utama yaitu C++ dan *Object-oriented Tool Language*(Otcl). Apabila C++ mendefinisikan mekanisme internal dari objek simulasi dengan mengumpulkan dan mengatur simulasi, maka Otcl menyusun simulasi dengan mengumpulkan dan mengatur objek. C++ dan Otcl terhubung oleh Otcl.

Arsitektur dasar NS-2 dapat lihat pada Gambar. 5 sebagai berikut:



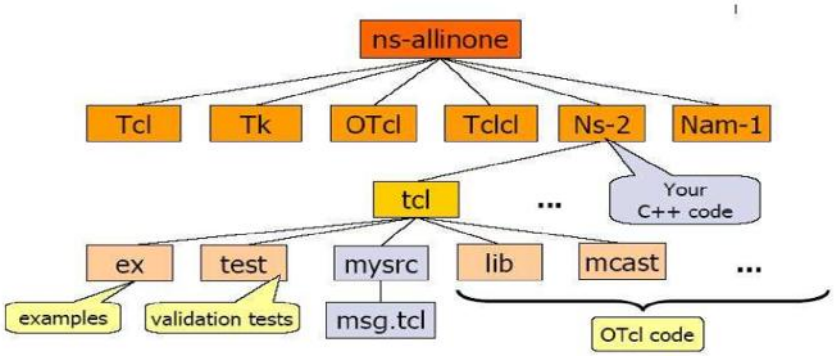
Gambar 5. Arsitektur Dasar NS2

Simulator NS-2 dijalankan dengan menggunakan dua bahasa pemrograman, yaitu C++ dan *Object-orientes tool command language* (Otcl). Adapun fungsi dri C++ yaitu menangani mekanisme internal pada simulasi dengan NS-2. Sedangkan fungsi dari Otcl yaitu menangani interaksi langsung antara pengguna dengn simulator serta menangani interaksi objek-objek Otcl lainya. C++ dan Otcl saling terhubung dengan

menggunakan komponen TclCl. Variabel-variabel pada domain Otcl di petakan pada objek C++. Variabel ini cenderung dikenal sebagai *handle*. Secara konsep, sebuah *handle* sebuah kalimat atau karakter biasa yang memiliki fungsional apapun dalam domain Otcl. Fungsional *handle* tersebut didefinisikan pada objek C++ yang dipetakan (misal, pada kelas *Connector* pada domain C++). Dalam domain Otcl, sebuah *handle* berfungsi sebagai substansi untuk menangani interaksi simulator dengan pengguna, maupun interaksi dengan objek Otcl lainya. Dalam menjalankan fungsi ini, sebuah *handle* dapat didefinisikan sendiri prosedur (*procedure)* dan variable (*variable)* untuk memfasilitasi tersebut. Pada domain Otcl , *procedure* dan *variable* disebut dengan *instance procedure (instproc)* dan *instance variable (instvar)* secara beurutan

2.6.2. Komponen Pembangun NS-2

Pengetahuan tentang komponen pembangun NS dan letaknya akan sangat berguna dalam membangun simulasi. Komponen pembangun NS dapat dilihat Gambar. 6 dibawah ini.



Gambar 6. Komponen Pembangun NS-2

NS-2 dapat diperoleh dari situs resmi pendistribusian perangkat lunak simulator jaringan. Perangkat lunak NS-2 dijalankan dengan dukungan dari komponen-komponen utama pendukung NS-2, yaitu Tcl/Tk, OTcl, dan TclCL. Tcl/Tk merupakan komponen bahasa pemrograman Tcl (*Tool Command Language*) yang dilengkapi dengan perangkat Tk, sebagai ekstensi bagi Tcl dalam menyediakan pustaka antarmuka grafis pengguna (*graphical user interface*) untuk berbagai sistem operasi. OTcl merupakan komponen utama untuk NS-2 untuk bahasa pemrograman OTcl (*Object-oriented Tool Command Language*). TclCL merupakan komponen penghubung antara C++ dengan OTcl.

Keterangan:

a. Tcl (tool Command Language) :*scripting programming* untuk konfigurasi *nework simulator.*

b. Otcl (Object Tcl) : Tcl Interpreter yang melakukan inisisasi *event schedhuler,* membangun topologi jaringan berbasis objek serta memberitahu sumber *traffic* saat memulai dan mengakhiri pengiriman paket melalui *event schedhuler.*

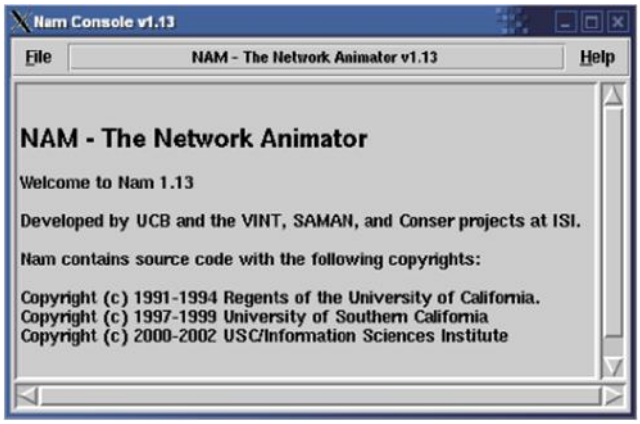
c. Tk : Tool Kit

d. Tclcl : merupakan bahasa pemrogaraman untuk menyediakan *linkage* antara C++ dan Otcl berupa *class hierarchy, object instation, variabel binding* dan *command dispatching.*

e. NS-2 : Network Simulator Versi 2

f. Nam (Network animator) : NAM memyediakan interpretasi *visual* dari topologi jaringan yang dibuat.

Setelah simulasi, output dari hasil NS-2 berupa *txt-based* dan *animation-based*. Untuk mempresentasikan hasil output secara grafis dan interaktif, digunakan sebuah *tool* seperti NAM (*Network Animator*) dan Xgraph. Untuk melakukan analisa *behavior* dan jaringan, *user* dapat mengekstrak bagian yang melakukan relavan dari hasil yang *txt-based* dan mengubah kedalam bentuk yang mudah dipahami. Berikut ini Gambar 7. tampilan pada NAM (*network animator*).



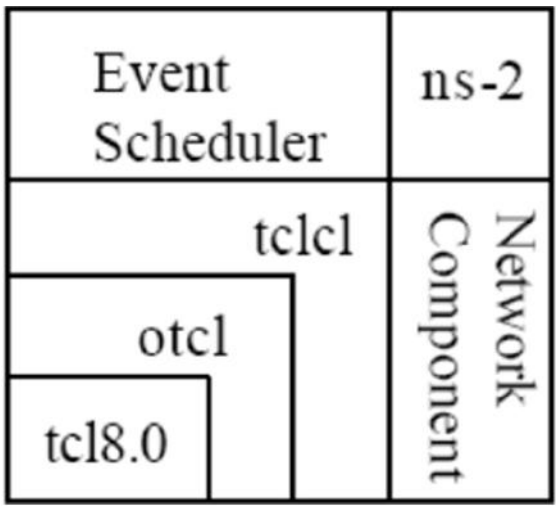
Gambar 7. Nam Console

OTcl merupakan komponen utama untuk NS-2 untuk bahasa pemrograman OTcl (*Object-oriented Tool Command Language*). TclCL merupakan komponen penghubung antara C++ dengan OTcl. Tanpa adanya komponen-komponen tersebut, simulator NS-2 tidak dapat berjalan sebagaimana mestinya. Selain komponen-komponen utama di atas, terdapat pula komponen-komponen pendukung yang bersifat opsional. Komponen-komponen opsional ini di antaranya adalah NAM (*Network Animator*), Zlib, dan Xgraph. NAM merupakan komponen untuk

memvisualisasikan simulasi jaringan dan perjalanan paket pada simulasi. Zlib adalah file pustaka (*library*) yang dibutuhkan oleh NAM.

2.6.3. Hubungan Antar Komponen Pembangun NS-2

Deskripsi dibawah ini menujukan struktur umum hubungan antar komponen pembangun NS.



Gambar 8. Hubungan antar-komponen pembangun NS-2

Pada deskripsi ini pengguna NS berada di pojok kiri bawah, melakukan desain dan menjalankan simulasi dalam bahasa Tcl. Dalam simulasi, pengguna memanggil dan menggunakan objek simulator pada library Otcl. *Event Scheduler* dan sebagian besar *network component* pada NS-2 ditulis dalam bahasa C++ [8].

2.7. LEACH (*Low-Energy Adaptif Clusdter Hirarcy)*

2.7.1. Definisi LEACH

Dari sejumlah masalah yang yang sering terjadi dalam implementasi JSN, konsumsi energi merupakan masalah yang sangat penting. Hal ini dikarenakan nodal sensor hanya disuplai oleh baterai yang energinya sangat terbatas dalam melakukan operasinya. Jika dalam simulasi salah satu noda lsensor mati, maka akan mengganggu kinerja keseluruhan pada simulasi tersebut, terutama dalam hal topologi dan routingnya.

Pada penelitian ini difokuskan untuk mengatasi kekurangan energi dalam melakukan simulasi, selama jaringan aktif maka secara langsung berpengaruh terhadap masa aktif dari suatu jaringan. Metode yang digunakan adalah dengan cara memperkirakan penggunaan energi selama melakukan pengiriman, penerimaan dan dalam proses sensing. Karena energi adalah suatu yang sangat terbatas, maka algoritma routing untuk menentukan *route* yang menggunakan energi agar lebih efisien menjadi prioritas utama dalam mendisain sebuah JSN. Salah satu solusinya adalah meningkatkan efisiensi energi dalam JSN adalah dengan menggunakan algoritma LEACH (*low-Energi Adaptif Claustering Hierarchy).*

LEACH merupakan penemuan oleh Wendi Heinzelman pada tahun 2002. LEACH merupakan sebuah protokol routing yang membentuk cluster dari sekumpulan nodal sensor berdasarkan kekuatan sinyal yang diterima. Algoritma dimulai dengan pemilihan suatu nodal sebagai *Clouster-Head* (CH) lalu algoritma *clustering* memilih nodal non-CH sebagai anggota sehingga membentuk *cluster*. Mekanisme ini sangat menghemat energi karena hanya CH yang melakukan transmisi data ke *Base*

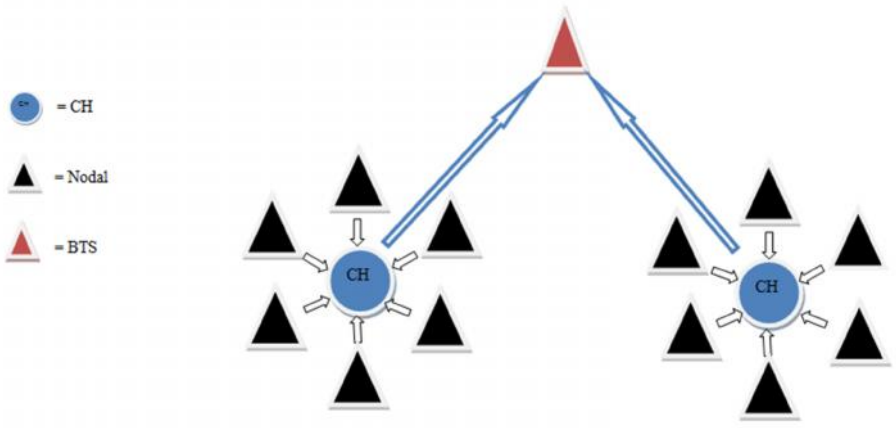
Station, sedangkan tiap nodal hanya cukup mengirimkan data ke CH masing-masing. Dengan demikian konsumsi energi menjadi berkurang, sehingga meningkatkan *lifetime* jaringan sensor menjadi maksimal [9].

Karateristik dari LEACH dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Memiliki kanal propagasi yang simetris
2. *Base Station* (BS) diletakan jauh dari nodal sensor dan bersifat simetris.
3. Semua nodal sensor dapat mengirim data ke BS
4. CH mampu mengkompresi data
5. Nodal sensor memiliki sifat homogen satu sama lain, baik dari jumlah energi, bentuk, ukuran dan sebagainya.

2.7.2. Arsitektur LEACH

Arsitektur LEACH secara sederhana dapat dipresentasikan oleh Gambar. 9 sebagai berikut.



Gambar 9. Arsitektur LEACH.

Pada awalnya node-nodal yang tersebar dalam jumlah besar pada suatu area dan proses pengiriman data masih terpusat pada *base station*. Namun dengan adanya alogaritma LEACH, node-nodal tersebut dikelompokan dalam beberapa *cluster* pada satu jaringan JSN. Masing-masing *cluster* memiliki sebuah *cluster head* yang bertugas untuk mengkoordinir pengiriman data dari sensor ke BS.

LEACH memiliki beberapa fitur-fitur sebagai berikut.

1. *Data fusion :* penggabungan data sehingga mengurangi disipasi energi dan menambah lifetime jaringan.
3. *Adaptive* : mudah untuk menyeseuaikan diri saat pembentukan formasi kluster.
4. *Local compression* : mengkopresai data agar ukuran data yang dikirim ke BS lebih kecil
5. *Randomization rotation* : perputaran kedudukan CH secara acak.
6. *Self*-Organization : tiap nodal memiliki sikap pengambilan keputusan sendiri terhadap CH.[10]

2.7.3. Algoritma LEACH

Operasi LEACH terbagi kedalam beberapa sesi, tergantung dari jumlah CH yang diinginkan dan masa observasi. LEACH memastikan tiap nodal akan menjadi CH untuk sesi. Akibatnya, kedudukan CH menjadi tidak tetap atau bergantian sehingga suatu *cluster* memiliki formasi yang dinamis atau berubah-ubah setiap sesi.

Proses algoritma LEACH dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Fase setup

   Pada fase setup terjadi penentuan CH dan proses pembentukan clouster atau sering juga disebut algoritma *clustering*.

2. Penentuan CH

   Penentuan CH dilakukan dengan alur sebagai berikut :

   Algoritma dimulai dengan memutuskan terlebih dahulu persentasi CH yang diinginkan dan masa aktif nodal tersebut selama menjadi CH. Selain itu, tiap nodal memutuskan apakah menjadi CH atau tidak selama sesi tersebut berdasarkan level energi yang tersedia. Pengambilan keputusan dilakukan oleh nodal *n* yang memilih angka secara acak diantara 0 dan 1. Jika angka tersebut kurang dari batas *threshold*, maka nodal tersebut menjadi CH untuk sesi tersebut.

3. Pembentukan *cluster*

   Setelah nodal bertindak menjadi CH, berikutnya dia akan mengumumkan pesan kepada nodal non-CH lain yang tersisa. Nodal non-CH menerima pesan dan akan memberitahu kepada CH untuk menggabungkan diri sebagai anggota dalam *cluster* tersebut. Kriteria pemilihan anggota *cluster* berdasarkan kekuatan sinyal yang diterima oleh non-CH maupun banyak faktor lainya. Setelah menerima sinyal informasi penggabungan diri, maka CH membuat TDMA *schedule* dan menyebarkannya ke seluruh nodal. TDMA *schedule* membagi waktu kedalam beberapa slot, dimana jumlah slot sama dengan jumlah nodal dalam *cluster* [11].

III. METODE PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai metode penelitian, waktu dan tempat penelitian, jadwal penelitian, alat dan bahan penelitian, langkah penelitian, diagram alir penelitian dan diagram sistem penelitian.

3.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah pemodelan dan simulasi. Pemodelan melalui variabel-variabel dilakukan terhadap parameter-parameter JSN. Simulasi dilakukan terhadap JSN yang telah dimodelkan dengan menggunakan program Network Simulator versi 2 (NS-2) yang telah ditambah dengan modul-modul Mannasim untuk mendukung simulasi JSN. Metode ini digunakan karena merupakan suatu metode yang praktis dan menghemat biaya, di mana semua parameter-parameter yang dibutuhkan serta hasil yang diinginkan dapat langsung dimodelkan dengan menggunakan program komputer.

3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

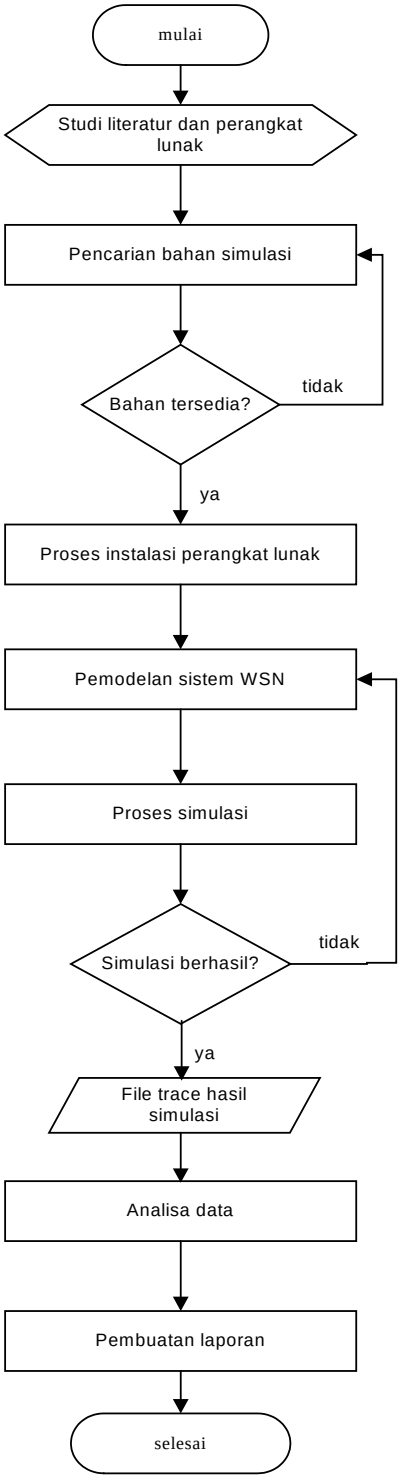
1. Sebuah *Personal Computer* (PC) Intel® Core(TM) M 330 (2,16 GHz) dengan RAM 2 GB.

2. Sistem Ubuntu (ter-*install* pada PC) dilengkapi paket *General Compiler Collection* (GCC).
3. Perangkat lunak ns-allinone-2.34
4. Modul-modul Mannasim untuk NS-2.34
5. Perangkat lunak iNSpect sebagai visualisator NS-2.

3.3. Tahapan Penelitian

Pengerjaan tugas akhir ini dilaukan dengan mengikuti diagram alir yang tertera pada Gambar 10.

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur baik dari buku maupun jurnal yang berkaitan denga konsep JSN. Selain dilakukan pula studi mengenai perangkat lunak yang akan digunakan, perangkat lunak yang digunakan guna menunjang pada penelitian ini yaitu program simulasi dan sistem operasi komputer yang mendukung program simulasi tersebut. Studi mengenai perangkat lunak ini dilakukan dengan mencari informasi yang berkaitan dengan perangkat lunak tersebut melalui berbagai sumber mulai dari internet dan dari dokumentasi yang sudah pernah ada. Studi ini meliputi cara instalasi perangkat lunak, cara penggunaanya dan mekanisme kerja perangkat lunak tersebut.



Gambar 10. Diagram alir penelitian

Setelah dipahami mengenai perangkat lunak yang diperlukan untuk simulasi JSN ini, langkah selanjutnya yaitu pencarian dan pemilihan alat dan bahan, bahan berupa perangkat lunak yang mendukung proses penelitian sedangkan alat berupa *personal computer* (PC). Setelah alat dan bahan tersedia maka proses selanjutnya adalah instalasi perangkat lunak yang akan digunakan pada penelitian ini. Instalasi pertama dengan penginstalan Sistem Operasi ubuntu 14.10 pada PC. Setelah Sistem Operasi terinstall, maka langkah berikutnya adalah penginstalan ns-2 dengan menambahkan modul-modul Mannasim untuk pensimulasian JSN.

Jika instalasi perangkat lunak gagal, akan dilakukan penganalisaan dari kegagalan tersebut, jika kesalahan terjadi pada cara instalasi maka akan dilakukan penginstalan ulang terhadap perangkat lunak, jika tidak maka akan dilakukan pencarian ulang terhadap perangkat lunak baik dengan versi yang sama maupun dengan versi yang berbeda. Dengan selesainya proses instalasi di atas maka tahap penyediaan alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini telah selesai.

Langkah selanjutnya adalah melakukan pemodelan terhadap sistem yang akan disimulasikan. Sebelum melakukan pemodelan sistem, dilakukan penentuan parameter-parameter dari JSN yang akan digunakan. Setelah sistem dimodelkan, dilakukan realisasi dari sistem tersebut ke perangkat lunak. Realisasi ini dilakukan dengan cara penulisan baris-baris kode program yang merepresentasikan model sistem JSN di atas. Dalam hal ini bahasa pemrograman yang digunakan adalah *Tool Command Language* (Tcl). Pengujian terhadap realisasi model dilakukan dengan mengeksekusi program tersebut. Eksekusi dilakukan melalui *terminal* pada sistem operasi. Jika pengujian tidak berhasil, akan dilakukan penganalisaan terhadap kegagalan tersebut. Jika kegagalan terjadi

pada penerjemahan ke dalam bahasa pemrograman, maka akan dilakukan perbaikan terhadap kode program tersebut, jika tidak maka akan dilakukan peninjauan kembali mengenai konsep model yang dibuat. Selanjutnya, jika tahap di atas berhasil, maka akan dihasilkan file hasil dari simulasi ini

3.4. Studi Literatur

Pada tahap penelitian ini dilakukan kajian mengenai JSN dan hal-hal yang berhungan dengan jaringan secara umum. Kajian pada penelitian ini dikhususkan pada topik performasi dari JSN berupa pengukuran efisiensi energi pada tiap nodal sensor.

Selain studi literatur, dilakukan pula studi mengenai perangkat lunak yang akan digunakan, perangkat lunak yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah program simulasi dan Sistem Operasi komputer yang mendukung program simulasi tersebut. Studi mengenai perangkat lunak ini dilakukan dengan mencari informasi berkaitan dengan perangkat lunak tersebut melalui dokumentasi perangkat lunak bersangkutan. Studi ini meliputi cara instalasi perangkat lunak tersebut, cara pengoperasian, maupun mekanisme kerja perangkat lunak tersebut.

3.5. Instalasi Perangkat Lunak

Pada tahap ini dilakukan instalasi perangkat lunak yang akan digunakan untuk mendukung proses penelitian ini. Instalasi pertama dengan penginstalan Sistem Operasi ubuntu 14.10 pada PC. Setelah Sistem Operasi terinstall, maka langkah berikutnya adalah penginstalan NS-2 dengan menambahkan modul-modul Mannasim untuk pensimulasian JSN.

Perangkat lunak iNSpect merupakan perangkat lunak visualisator simulasi. Penginstalan perangkat lunak ini dapat berhasil dilakukan dengan tersedianya file-file pustaka OpenGL dan GLUT pada sistem operasi. Perangkat lunak visualisator lainnya adalah perangkat lunak visualisator grafik. Visualisator grafik ini dapat berupa perangkat lunak xgraph maupun perangkat lunak lain yang dapat menerjemahkan data-data numerik ke dalam bentuk grafik.

Jika proses instalasi perangkat lunak berhasil, maka akan dilakukan pencarian ulang terhadap perangkat lunak baik dengan versi yang sama maupun dengan versi yang berbeda. Namun jika proses instalasi perangkat lunak gagal, maka akan dilakukan analisa penyebab dari kegagalan tersebut, jika kesalahan terjadi pada cara instalasi maka akan dilakukan penginstalan ulang terhadap perangkat lunak. Dengan selesainya proses instalasi di atas maka tahap penyediaan alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini telah selesai.

3.6. Simulasi

Pada tahap ini dilakukan proses simulasi. Sebelum melakukan simulasi, dilakukan penentuan parameter-parameter dari JSN yang akan digunakan. Parameter yang termasuk didalamnya seperti luas bidang simulasi, waktu simulasi, penambahan jumlah nodal, dan interval waktu simulasi.

Adapun parameter yang dipakai adalah luas bidang simulasi 500 m x 500 m, dengan waktu simulasi 100 detik, jumlah nodal sensor 4, 16, 25, 49, 64, 100 dan 144 nodal sensor, posisi nodal sensor secara acak, dan interval penyensoran 0,5 detik, 2 detik dan 5 detik, dan 10 detik. Pada simulasi ini, dilakukan 5 kali percobaan pada tiap-tiap nodal sensor dan tiap-tiap interval waktu penyensoran.

Setelah itu dilakukan realisasi dari sistem tersebut ke perangkat lunak. Realisasi ini dilakukan dengan cara menuliskan baris-baris kode program yang merepresentasikan model sistem JSN di atas. Dalam hal ini bahasa pemrograman yang digunakan adalah *Tool Command Language* (Tcl). Pengujian terhadap realisasi model dilakukan dengan mengeksekusi program tersebut. Eksekusi dilakukan melalui *terminal* pada sistem operasi. Jika pengujian tidak berhasil, akan dilakukan penganalisaan terhadap kegagalan tersebut. Jika kegagalan terjadi pada penerjemahan ke dalam bahasa pemrograman, maka akan dilakukan perbaikan terhadap kode program tersebut, jika tidak maka akan dilakukan peninjauan kembali mengenai konsep model yang dibuat. Selanjutnya, jika tahap di atas berhasil, maka akan dihasilkan file hasil dari simulasi ini.

3.7. Analisa perhitungan energi

Energy pada Ns-2 dimodelkan dengan mempresentasikan level energi pada masing-masing nodal sensor. Perhitungan energi awal atau *initial energy* didapatkan dari asumsi baterai yang digunakan oleh masing-masing nodal adalah baterai tpe AA dengan tegangan sebesar 1.5V dan arus yang di atur secara konstan sebesar 15 mA dan memiliki waktu waktu hidup sekitar 170 jam.

Energy (dalam Joule) = power (dalam Watt) x waktu (dalam detik)

Energy (dalam Joule) = $(1.5 \times 15.10^{-3}) \times (170 \times 60 \times 60)$

Energy (dalam joule) = 13770 joule

Untuk penerimaan data dengan ukuran sama di pakai arus sebesar 19.7 mA dan tegangan sebesar 3V, sehingga besar daya yang dipakai adalah:

txPower = 19.7 mA x 3V

txPower = 0.0591 watt

sedangkan untuk perhitungan energy yang di pakasi saat penerimaan data dengan paket yang sama, maka dipakai arus sebesar 17 mA dan tegangan 3V, sehingga besar daya yang digunakan adalah:

txPower = 17 mA x 3V

txPower = 0.0510 watt

sebagaimana terlihat pada perhitungan konsumsi energi, pada masing masing nodal sensor memiliki energi awal sebesar 100 watt. Maka akan mengalami penurunan jumlah energi pada setiap melakukan pengiriman dan penerimaan paket data pada masing-masing nodal sensor, dan apabila level energi terus berkurang hingga sampai nol, maka tidak ada paket data yang dikirim dan diterima pada setiap nodal sensor.

3.8. Trace File Hasil Simulasi

Pada tahap ini sebuah *trace file* akan dihasilkan sebagai keluaran simulasi. File ini berisikan seluruh kejadian yang terjadi pada saat simulasi JSN dilakukan. Jika pengujian dari simulasi berhasil maka akan menghasilkan file hasil dari simulasi tersebut. Trace file hasil simulasi merupakan nilai realisasi dari fungsi yang dibuat pada program sesuai dengan parameter yang telah disesuaikan. Dalam hal ini trace file hasil simulasi menunjukkan besar konsumsi energi pada masing-masing nodal senso, jumlah nodal dan waktu simulasi. Penganalisaan hasil simulasi dilakukan terhadap *trace file* yang dihasilkan dari simulasi.

Setelah didapatkan hasil simulasi, dilakukan pengujian untuk besaran rata-rata *throughput*, rata-rata *packet loss.*dan rata-rata konsumsi energi. Dengan diperoleh Hasil tersebut maka dapat diketahuai kualitas dari simulasi JSN yang dilakukan

3.9. Penganalisaan Data

Pada tahap ini dilakukan penganalisaan data dari file yang dihasikan oleh simulasi dan juga grafik. *Output* yang dihasilkan berupa nilai dari parameter rata-rata *throughput*, rata-rata *packet loss*, dan rata-rata konsumsi energi. Sehingga dapat dilihat kulaitas adri simulasi yang telah dilakukan.

3.10. Pembuatan Laporan

Akhir dari penelitian ini adalah pembuatan laporan akhir mengenai keseluruhan kegiatan yang dilakukan dalam penelitian.

3.11. Perancangan Simulasi

3.11.1. Spesifikasi Teknis Pemodelan

Perancangan skenario simulasi JSN dilakukan berdasarkan spesifikasi teknis perangkat JSN (MICAz Mote), jenis kanal dan beberapa spesifikasi parameter umum simulasi berikut:

I. Nodal (MICAz Mote)

a. *Processing Board* (MPR2400CA)

- Dimensi Papan

1. Panjang : 5,715 cm
2. Lebar : 3,175 cm

3. Tinggi : 0,635 cm

➢ Baterai

1. Tipe : AA
2. Diameter alas : 1,450 cm
3. Kapasitas : 2000 mA-hr (2 baterai)
4. Energi Penuh : 2000 mA-hr × 3 V = 6 Watt-hour

   = 21600 joule (1Watt-hour = 3600 J)
5. Daya keluaran : 2,7 – 3,6 VDC (3 VDC assumed)
6. Konsumsi Arus

- Prosesor (operasi penuh) : 12 mA (7,37 MHz)
- Prosesor (keadaan tidur) : 0,010 mA
- Radio (menerima) : 19,7 mA
- Radio (memancarkan) : 17,4 mA
- Radio (tidur) : 0,001 mA
- Sensor (operasi penuh) : 5 mA
- Sensor (tidur) : 0,005 mA

➢ RF Transceiver

1. Standar Radio : IEEE 802.15.4 (Lapisan MAC dan Fisik)
2. Chip radio : Chipcon CC2420
3. Modulasi :

- O-QPSK dengan *half sine pulse shaping* (oleh CC2420)
- DSSS dengan 9 dB *spreading gain* (oleh 802.15.4)

4. Mikrokontroller : Atmega 128L (8 MIPS)
5. Instruksi perdetik : 8000

6. Pita frekuensi : 2400 MHz – 2483,5 MHz
7. Frekuensi operasi : 2.4 GHz
8. *Bandwidth* digital : 250 kbps (Maximum data rate)
9. *Bandwidth* analog : 2 MHz
10. Nomor kanal radio : 11 (2,405 GHz) – 26 (2,480 GHz)
11. Faktor rugi-rugi system : 1,0
12. *Carrier sense threshold* *:* $3{,}90625\times10^{-18}$ W (diasumsikan sama dengan *receiving threshold*)

- Antena

1. Pola radiasi : *Omnidirectional*
2. *Gain* antenna : 1,0
3. Panjang antenna : 0,03125 m
4. Jangkauan (luar ruang) : 75 – 100 m (diasumsikan 80 m pada kondisi LOS)
5. Ketinggian peletaka: Tinggi papan + Diameter baterai

= 0,635 cm + 1,450 cm

= 2,085 cm

≈ 2 cm

- Memori

1. Tipe *interface query* *:* Droptail
2. Panjang *interface query* *:* 200 paket

b. *Sensor Board* (MTS420CC)

- Objek penyensoran : Temperatur
- Jangkauan penyensoran : -40°C – 80°C

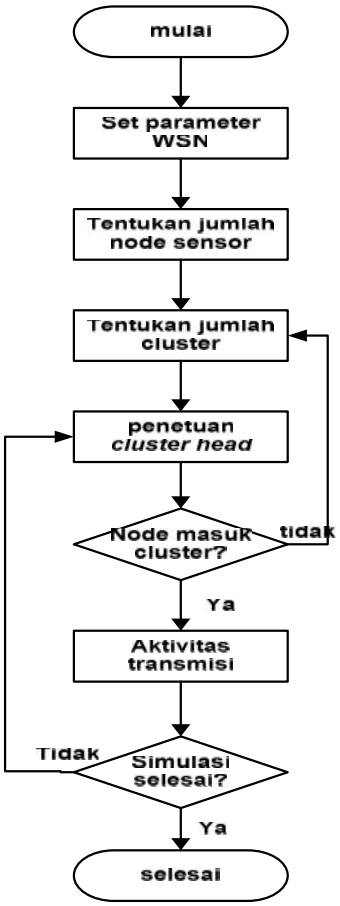
- Akurasi penyensoran : ± 2°C
- Tegangan kerja : 2,4 – 3,6 VDC
- Pemancaran data
  - Tipe : kontinyu
  - Interval antar diseminasi : 0,1 detik
- Proses penyensoran
  - Tipe : kontinyu
  - Interval antar penyensoran : 1,0 detik,
- Pengukuran penyensoran
  - Rata-rata data penyensoran : 25°C
  - Standar deviasi data : 1,0

3.11.2. Diagram sistem

Diagram sistem merupakan bentuk dari sistem yang akan digunakan untuk melakukan simulasi dalam penelitian, diagram system ini terdiri dari model sistem dan skenario penelitian yang dapat dijelaskan sebagai berikit.

A. Diagram Sistem

Diagram dari sistem yang akan dilakukan ditunjukan pada gambar berikut:



Gambar 11. Diagram alir sistem.

B. Skenario Simulasi

pada simulasi JSN ini, langkah pertama yaitu dengan mengatur parameter-parameter yang ada didalam jaringan JSN. Parameter tersebut meliputi jumlah node sensor, luas area simulasi, dan *clusterhead* (CH) yang diinginkan serta node-node yang menjadi CH kluster tersebut. Setelah CH ditentukan secara acak, maka kluster yang dibentuk ditandai dengan konfirmasi penggabungan diri dari node-node di sekitar CH. Setelah semua node masuk kedalam kluster. Maka simulasi dapat dimulai dan menganalisa output hasil dari simulasi tersebut. Pada simulasi yang

telah dilakukan dengan parameter-parameter yang telah ditentukan, antara lain jumlah nodal sensor 4, 16, 25, 49, 64, 100, 121, 144 nodal sensor, waktu simulasi 100 detik dan interval penyensoran 0.5, 2, 5, dan 10 detik, serta luas bidang 500x500 meter. Adapun skenario proses pengiriman data dari masing-masing nodal sensor ke *gateway* yaitu, pada saat simulasi dengan jumlah nodal sensor yang ada, maka salah satu nodal sensor akan bertanggung jawab menjadi CH dengan dipilih secara acak yang berfungsi mengirimkan data yang diterima dari masing-masing nodal sensor dan dilanjutkan oleh CH menuju *gateway*, kemuadian didapat data yang dikirim oleh masing nodal sensor untuk di analisa lebih lanjut seperti data *throughput, packetloss* dan komsunsi rata-rata energi dengan demikian dapat disimpulakn kualitas JSN pada simulasi tersebut.

V. KESIMPULAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan simulasi terhadap rata-rata konsumsi energi pada sensor MICAz Mote pada jaringan sensor nirkabel dengan bantuan menggunakan network simulator 2 maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai rata-rata konsumsi energi yang diperoleh pada simulasi menggunakan jumlah nodal sensor sebanyak 4, 16, 25, 49, 64, 100, 121, dan 144 dengan waktu simulasi 100 detik dan interval penyensoran 0.5, 2, 5, dan 10.0 detik. Nilai optimal rata-rata konsumsi energi disetiap simulasinya didapat pada interval penyensoran 0.5 detik.
2. Nilai optimal rata-rata konsumsi energi pada algoritma LEACH didapat pada simulasi dengan menggunakan interval penyensoran 0.5 detik. Dan akan mengalami kenaikan rata-rata konsumsi energi seiring bertambahnya interval penyensoran. Berbeda dengan algoritma AODV, rata-rata konsumsi energi akan mengalami penurunan berdasarkan jumlah interval simulasi yang digunakan.

3. Kinerja JSN optimum mayoritas dicapai pada simulasi dengan jumlah nodal sensor sebanyak 25, 49, dan 64 nodal. Nilai ini diperoleh dengan memperhatikan tingkat performansi yang diperoleh pada simulasi dengan interval penyensoran 0.5 detik, 2.0 detik, 5.0 detik dan 10.0 detik. Hal ini disebabkan karena rata-rata *throughput* yang diperoleh pada simulasi tersebut mencapai nilai maksimum rata-rata *throughput* dengan nilai rata-rata persentase *packet loss* yang cenderung rendah dibandingkan dengan simulasi menggunakan jumlah nodal sensor lainnya.
4. Kinerja JSN optimum dicapai pada simulasi JSN dengan jumlah nodal sensor sebanyak 144 nodal dan interval penyensoran 0.5 detik. Pada simulasi tersebut diperoleh peningkatan rata-rata *throughput* yang besar dibarengi dengan persentase *packet loss* yang rendah.
5. Variasi interval penyensoran 0.5 detik, 2 detik, 5 detik, dan 10 detik sangat berpengaruh pada rata-rata konsumsi energi dan tidak berpengaruh pada rata-rata jumlah *throughput* dan *packetloss* pada setiap simulasi.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan dan kesimpulan yang telah didapat maka disarankan,

1. Pada penelitian selanjutanya agar dilakukan dengan skalabilitas yang lebih banyak, meliputi parameter jumlah CH yang lebih banyak, jumlah nodal sensor yang lebih banyak, interval penyensoran dan interval pengiriman sehingga mendapatkan parameter QoS yang mendekati sebenarnya.
2. Pada peneilitian selanjutnya agar dapat menganalisa antara posisi acak dan teratur pada nodal sensor, dan dibandingkan rata-rata energi yang digunakan pada tiap simulasi.
3. Pada penelitian selanjutnya agar dapat menganalisa lebih lanjut pada algoritma LEACH dengan variasi interval penyensoran.
4. Pada penelitian selanjutnya agar dapat menambahkan proses visualisasi pada simulasi, agar lebih jelas dalam proses penganalisaan hasil simulasi.

DAFTAR PUSTAKA

[1] ZigBee Alliance, ZigBee and Wireless Radio Frequency Coexistence, White paper date june 2007.

[2] B. Azzedinne, “Algorithms and Protocols for Wireless Sensor Networks“, John Wiley and Sons, 2005.

[3] Faludi, Robert. *Building Wireless Sensor Networks*. O’Reilly Media Inc. 2011

[4] I.F. Akyildiz, T. Melodia, K.R. Chowdury, “Wireless multimedia sensor networks: a survey”, IEEE Wireless Communications, Vol. 14, Issue 6, pp. 32-39, December 2007.

[5] Hamdani, Fadil. “Pemodelan dan Simulasi Jaringan Sensor Nirkabel Micaz Mote Berdasarkan Standar IEEE 802.15.4”. 2010.

[6] Dewanto, Fajar Ahmad. “Simulasi Pengaruh Posisi Nodal Sensor Terhadap QoS Jaringan Sensor Nirkabel Micaz Mote dengan NS 2”. 2011.

[7] Y. Yu, V. K. Prasanna, B. Krishnamachari, “information processing and routing in wireless sensor networks”, World Scientific Publishing, 2006.

[8] Ns-2 tutorial handbook(edisi pre-revisi). Jakarta.

[9] Pradipta Stefanus Enggar. 2008.*analisa algoritma LEACH pada jaringan sensor nirkabel*, institute teknologi Telkom. Bandung

[10] Bagus Khirul Rijal. Achmad, “simulasi komunikasi multihop pada jaringan sensor nirkabel menggunakan algoritma H-leach”, 2008

[11] Ahmad Arrozaqi, Ubaidilla “simulasi routing protocol pada jaringan sensor nirkabel dengan menggunakan metode cluster based”. 2010

[12]. Network Simulator, www.isi.edu/nsnam/ns/, diakses pada tanggal 14 Agustus 2015 pukul 13.30 WIB