

**IMPLEMENTASI ROUTING WIRELESS SENSOR  
NETWORK MENGGUNAKAN CLUSTERING LEACH  
DALAM PENERAPAN MULTI SKENARIO  
MONITORING SUHU RUANGAN**



**OLEH:**

**BAYU JANUARDI YASA  
09091001044**

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2016**

**IMPLEMENTASI ROUTING WIRELESS SENSOR  
NETWORK MENGGUNAKAN CLUSTERING LEACH  
DALAM PENERAPAN MULTI SKENARIO  
MONITORING SUHU RUANGAN**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**



**OLEH:**

**BAYU JANUARDI YASA  
09091001044**

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2016**

## **HALAMAN PENGESAHAN**

# **IMPLEMENTASI ROUTING WIRELESS SENSOR NETWORK MENGUNAKAN CLUSTERING LEACH DALAM PENERAPAN MULTI SKENARIO MONITORING SUHU RUANGAN**

## **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

Oleh:

**BAYU JANUARDI YASA**  
09091001044

Indralaya, Mei 2016

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Sistem Komputer



Rossi Passarella, M.Eng.  
NIP. 197806112010121004

Menyetujui,  
Pembimbing



Dr. Reza Firsandaya Malik, M.T.  
NIP. 197604252010121001

## HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Kamis  
Tanggal : 28 Januari 2016

Tim Penguji :

1. Ketua : Dr. Reza Firsandaya Malik, M.T.
2. Anggota I : Deris Stiawan, Ph.D.
3. Anggota II : Ahmad Heryanto, M.T.



Mengetahui,  
Ketua Jurusan Sistem Komputer



**Rossi Passarella, M.Eng.**  
**NIP. 197806112010121004**

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Bayu Januardi Yasa  
NIM : 09091001044  
Judul : Implementasi Routing Wireless Sensor Network Menggunakan  
Clustering LEACH dalam Penerapan Multi Skenario Monitoring  
Suhu Ruangan

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan / *plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan / *plagiat* dalam laporan tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.



Indralaya, Mei 2016



Bayu Januardi Yasa

## HALAMAN PERSEMBAHAN

وَإِذْ تَأَذَّنَ رَبُّكُمْ لَئِنْ شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ وَلَئِنْ كَفَرْتُمْ إِنَّ عَذَابِي لَشَدِيدٌ

*"And [remember] when your Rabb proclaimed, 'If you are grateful, I will surely increase you [in favor]; but if you deny, indeed, My punishment is severe.' ". (Qur'an, Surah Ibrahim Ayat 7)*

إِنَّ اللَّهَ يَرْفَعُ بِهِدَا الْكِتَابِ أَقْوَامًا وَيَضَعُ بِهِ الْآخَرِينَ

*"Surely Allah raises some people by this Book [Al-Qur'an] and lowers others by it." (Hadits, Narrated by Muslim)*

*"Art is both useful & beautiful thing". (Bayu Januardi Yasa)*

*"Art is an exception". (Bayu Stormy)*

*"I hope my song could bring people hope, hope I can always be singing hopeful songs". (Izumi Sakai)*

*"Don't regret your past. Learn from it. Regrets only make a person weaker". (Hideo Kojima)*

*"Action is the foundational key to all success.". (Pablo Picasso)*

*"We need to forget about mistakes and take the positives". (Steven Gerrard)*

*"You should enjoy the little detours. To the fullest. Because that's where you'll find the things more important than what you want". (Yoshihiro Togashi)*

**Karya seni ini kuperuntukkan kepada :**

- ♥ **Mama dan Papa yang saya cintai.**
- ♥ **Adik-Adik yang saya cintai.**
- ♥ **Kakek, Nenek, Embah yang saya cintai.**
- ♥ **Guru yang saya cintai. Guru TK Sumbangsih Palembang, SD Negeri 55 Palembang, SMP Negeri 6 Palembang, dan SMA Negeri 15 Palembang.**
- ♥ **Sahabat seperjuangan Sistem Komputer Angkatan 2009 yang saya cintai.**
- ♥ **Generasi muda yang saya cintai.**
- ♥ **Almamaterku Universitas Sriwijaya**

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah memberikan kemudahan dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir. Shalawat serta salam tidak lupa penulis ucapkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, seorang suri tauladan yang baik bagi umat manusia, dimana beliau telah mengantarkan generasi manusia terkini menjadi manusia yang berilmu dan berakhlak yang baik.

Tugas Akhir dengan judul **“Implementasi Routing Wireless Sensor Network Menggunakan Clustering LEACH dalam Penerapan Multi Skenario Monitoring Suhu Ruangan”** dibuat berdasarkan tujuan untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan di Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak atas bantuan dan kemudahannya dalam proses penulisan Tugas Akhir ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Jaidan Jauhari, M.T. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Rossi Passarella, M.Eng. selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
4. Bapak Dr. Reza Firsandaya Malik, M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir. Terima kasih telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Bapak Deris Stiawan, Ph.D. dan Bapak Ahmad Heryanto, M.T. selaku Dosen Penguji sidang Tugas Akhir. Terima kasih telah memberi banyak masukan untuk penulis dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
6. Mama & Papa tercinta. M. Ishaq & Martati. Terima kasih untuk doa, semangat, kasih sayang, dan semua yang diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan pendidikan saat ini.

7. Adik penulis. Rama Tirta, Tandi Nanda, Risti Syifaa Nandini. Terima kasih telah membuat penulis termotivasi menyelesaikan Tugas Akhir.
8. Paman & Bibi tercinta. Terima kasih untuk dukungannya.
9. Guru SD Negeri 55 Palembang, SMP Negeri 6 Palembang, dan SMA Negeri 15 Palembang. Terima kasih untuk semua ilmu dan yang diberikan, karena ilmu tersebut memudahkan penulis dalam menyelesaikan jenjang pendidikan saat ini.
10. Dosen UNSRI yang mengajar penulis. Terima kasih untuk semua ilmu yang diberikan, semoga ilmu tersebut berkah sekaligus bermanfaat.
11. Team WSN, Randi Aditya Kusuma & M Reyhan Zalbina. Terima kasih atas kerjasamanya.
12. Team Stormy. Aan Septiadi, Dimas Permadi, & Medisko Eka Putra. Terima kasih untuk bantuannya. Kalian bisa wahai muridku. Sangkar ini terlalu kecil untuk mengkekang potensi besar kalian.
13. Keluarga Besar Sistem Komputer 2009. Aditya Rizki Eka P, Agustriadi, Ahmad Rezqy F F, Amalia Restu Rini, Asa Faly Rayyan, Asef Saputra, Astri Agustina, Aulia Rahman Thoharsin, Deo Aqli Rayyan, Donny Tri Aprianto, Dwi Maryeni, Dwi Patma Ardiani, Faris Humam, Febby Frasela, Ganesha Ogi Risky I, Githa Erlitasari, Hardi Raharjo, Hendra Setiawan, Husnawati, Indra Apriyadi, Ita Purnamasari, Junkani, Lalitya Ivana, M Alvie Sahrin, M Dieka Rachman, M Fadhil Dzulfikar, M Fitriansyah, M Syahputra Wijaya, Maria Rosari Oktavia, Mas Sunardi, Nys Amrina Rosyada, Rizky Asiawati, Robby Ziamoni, Sarwenda, Satria Putra, Verlly Puspita, Very Chandra, dan lainnya. Terima kasih untuk kebersamaanya wahai sahabat-sahabatku.
14. Kakak dan adik tingkat Sistem Komputer serta penduduk di Lab COMNETS, Kak Tri Wanda Septian, S.Kom., Kak Hepiyani, S.T., M. Ridwan Zalbina, dan lainnya. Terima kasih untuk bantuannya.
15. Arduino Programmer dan Processing Artist. David Andrew Rapp, Ben Fry, Casey Reas, Daniel Shiffman, David Bead, David Mellis, Jack Purdum, Jeffrey Groff, Jeremy Blum, GoToLoop, Michael Margolis, Randy Krum, Rob Faludi, Ruben Laguna, Simon Monk, Steve Spence, & Tom Igoe, dan lainnya. Terima kasih telah membangkitkan potensi penulis dalam pengimplementasian Wireless Sensor Network.

17. Hideo Kojima, Izumi Sakai, Pablo Picasso, Steven Gerrard, & Yoshihiro Togashi sebagai seniman yang menginspirasi penulis selama mengerjakan Tugas Akhir.
18. Bandai Namco Entertainment, Gust, Konami, Marvelous Entertainment, Pixar, & Whopee Camp sebagai perusahaan yang menginspirasi penulis dalam pembuatan sistem pada Tugas Akhir.
19. Civitas akademika Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
20. Semua pihak yang telah membantu dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap karya tulis ini bukanlah karya tulis terakhir dari penulis, penulis berharap akan ada karya tulis lain yang penulis buat setelah ini. Sebelum menulis karya ini, penulis menyadari dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu penulis menerima dengan senang hati kritik dan saran yang bersifat membangun dalam memperbaiki laporan ini. Di akhir pengantar penulis mengharapkan semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan terutama bagi penulis sendiri.

Indralaya,

Penulis

# **Implementasi Routing Wireless Sensor Network Menggunakan Clustering LEACH dalam Penerapan Multi Skenario Monitoring Suhu Ruang**

**Bayu Januardi Yasa (09091001044)**

## **ABSTRAK**

LEACH (*Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy*) merupakan salah satu protokol routing pada WSN (*Wireless Sensor Network*) yang berbasis hierarkis *clustering*. Protokol ini bertujuan mendistribusikan konsumsi energi diantara seluruh *node* yang berada di jaringan. LEACH biasanya dirancang untuk aplikasi WSN seperti monitoring suhu ruangan dimana data dari *node* tunggal bisa dikirim langsung ke *sink* atau melalui perantara *node* lainnya. LEACH mendistribusikan konsumsi energi dengan cara mengelompokkan *node-node* ke dalam *cluster-cluster*. Pada setiap *cluster* terdapat *node* CH (*Cluster Head*) yang berperan mengumpulkan paket dari *member cluster*. Peranan CH dirotasikan ke seluruh *node* di jaringan sehingga energi dari *node* tunggal tidak habis. Dalam penelitian ini melakukan implementasi routing LEACH menggunakan node yang terdiri atas XBee & Arduino, kemudian membandingkan konsumsi energi LEACH terhadap transmisi langsung dan *static clustering*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa LEACH mampu mengurangi konsumsi energi dari suatu *node*. Besarnya konsumsi energi pada LEACH yaitu sebesar 1760,305 J, *static clustering* yaitu sebesar 2091,96 J, dan transmisi langsung yaitu sebesar 2112,285 J. Jadi, konsumsi energi pada LEACH lebih efisien sebesar 18,18% terhadap transmisi langsung dan 17,22% terhadap static clustering.

**Kata Kunci:** Wireless Sensor Network, LEACH, Energi

# ***Routing Implementation of Wireless Sensor Network Using Clustering LEACH in Application of Multi Scenario Room Temperature Monitoring***

***Bayu Januardi Yasa (09091001044)***

## **ABSTRACT**

*LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) is one of hierarchical based routing protocols in WSN (Wireless Sensor Network). This protocol aims to distribute energy consumption among all nodes in the network. LEACH commonly designed for WSN applications such as room temperature monitoring where data from a single node can be sent directly to the sink or through other intermediate nodes. LEACH distributes energy consumption by grouping nodes into clusters. In each clusters, there is CH (Cluster Head) node which acts to collect data from cluster members. Role of the CH is rotated among all nodes in the network so that the energy of a single node does not run out. This research implements LEACH routing using nodes consisting of XBee & Arduino, and then compares the energy consumption of LEACH against direct transmission and static clustering. Test results show that LEACH able to reduce the energy consumption of a node. The amount of energy consumption in LEACH is equal to 1760,305 J, static clustering is equal to 2091,96 J, and direct transmission is equal to 2112,285 J. Thus, the energy consumption of LEACH is 18,18% more efficient than the direct transmission and 17,22% more efficient than static clustering.*

**Keywords:** *Wireless Sensor Network, LEACH, Energy*

## DAFTAR ISI

|                                  | <b>Halaman</b> |
|----------------------------------|----------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>       | <b>i</b>       |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>  | <b>ii</b>      |
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b> | <b>iii</b>     |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>   | <b>iv</b>      |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b> | <b>v</b>       |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>       | <b>vi</b>      |
| <b>ABSTRAK .....</b>             | <b>ix</b>      |
| <b>ABSTRACT .....</b>            | <b>x</b>       |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>           | <b>xi</b>      |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>        | <b>xiv</b>     |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>        | <b>xvi</b>     |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>     | <b>xvii</b>    |

### **BAB I PENDAHULUAN**

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang.....         | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah .....       | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah .....       | 3 |
| 1.4 Tujuan dan Manfaat.....     | 3 |
| 1.4.1 Tujuan.....               | 3 |
| 1.4.2 Manfaat.....              | 4 |
| 1.5 Metodologi Penelitian ..... | 4 |
| 1.6 Sistematika Penulisan.....  | 5 |

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

|                                                           |   |
|-----------------------------------------------------------|---|
| 2.1 <i>Wireless Sensor Network</i> (WSN) .....            | 6 |
| 2.1.1 Definisi <i>Wireless Sensor Network</i> (WSN) ..... | 6 |
| 2.1.2 Arsitektur WSN .....                                | 7 |

|       |                                                               |    |
|-------|---------------------------------------------------------------|----|
| 2.2   | XBee 802.15.4 .....                                           | 8  |
| 2.2.1 | Mode Operasi XBee .....                                       | 8  |
| 2.2.2 | Paket XBee 802.15.4 .....                                     | 9  |
| 2.3   | Protokol <i>Routing</i> pada WSN .....                        | 13 |
| 2.4   | <i>Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy</i> (LEACH) ..... | 14 |
| 2.5   | Penjadwalan <i>Sleep</i> .....                                | 19 |
| 2.5.1 | Penjadwalan <i>Sleep</i> Arduino .....                        | 19 |
| 2.5.2 | Penjadwalan <i>Sleep</i> XBee .....                           | 20 |
| 2.6   | Parameter Pengukuran .....                                    | 25 |
| 2.6.1 | Daya Listrik .....                                            | 22 |
| 2.6.2 | Energi Listrik .....                                          | 22 |
| 2.6.3 | Muatan Listrik .....                                          | 23 |
| 2.7   | Pembagi Tegangan .....                                        | 24 |

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

|         |                                           |    |
|---------|-------------------------------------------|----|
| 3.1     | Pendahuluan .....                         | 29 |
| 3.2     | Kerangka Kerja .....                      | 29 |
| 3.3     | Studi Literatur .....                     | 30 |
| 3.4     | Perancangan Sistem .....                  | 31 |
| 3.4.1   | Perancangan Topologi .....                | 31 |
| 3.4.2   | Perancangan Perangkat .....               | 33 |
| 3.4.2.1 | Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> ) ..... | 33 |
| 3.4.2.2 | Perangkat Lunak ( <i>Software</i> ) ..... | 40 |
| 3.4.2.3 | Perangkat Komputer .....                  | 41 |
| 3.4.3   | Perancangan Algoritma Program .....       | 42 |
| 3.4.4   | Perancangan Paket .....                   | 48 |
| 3.4.5   | Perancangan Skenario Monitoring .....     | 50 |
| 3.4.6   | Penentuan Lokasi Pengujian WSN .....      | 51 |

### **BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS**

|     |                             |    |
|-----|-----------------------------|----|
| 4.1 | Pendahuluan .....           | 52 |
| 4.2 | Pengaturan Modul XBee ..... | 52 |

|         |                                                      |    |
|---------|------------------------------------------------------|----|
| 4.3     | Pengujian Akurasi Arus dan Tegangan .....            | 54 |
| 4.4     | Pengujian Energi .....                               | 55 |
| 4.4.1   | Pengujian Energi Transmisi Langsung.....             | 56 |
| 4.4.2   | Pengujian Energi <i>Static Clustering</i> .....      | 59 |
| 4.4.3   | Pengujian Energi <i>Routing</i> LEACH .....          | 62 |
| 4.4.3.1 | Penentuan Nilai <i>Threshold</i> LEACH .....         | 62 |
| 4.4.3.2 | Pengujian LEACH .....                                | 63 |
| 4.5     | Pengujian LEACH (Skenario <i>Node</i> Bergerak)..... | 66 |
| 4.6     | Pengujian Skenario Monitoring Suhu Ruangan .....     | 67 |
| 4.6.1   | Pengujian <i>Remote Monitoring Server</i> .....      | 67 |
| 4.6.2   | Pengujian Sinkronisasi <i>File</i> .....             | 69 |
| 4.6.3   | Pengujian Program <i>Client Monitoring</i> .....     | 69 |
| 4.6.4   | Pengujian Program Mengirim <i>Email</i> .....        | 71 |
| 4.6.5   | Pengujian Monitoring dengan <i>Web Server</i> .....  | 74 |
| 4.7     | Analisis Performa Topologi .....                     | 75 |
| 4.7.1   | Perbandingan Paket Dikirim dan Diterima.....         | 75 |
| 4.7.2   | Perbandingan <i>Electric Charge</i> dan Energi ..... | 77 |

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

|     |                 |    |
|-----|-----------------|----|
| 5.1 | Kesimpulan..... | 82 |
| 5.2 | Saran .....     | 82 |

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> ..... | 84 |
|-----------------------------|----|

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                   | Halaman |
|-------------------------------------------------------------------|---------|
| Gambar 2.1. Arsitektur WSN secara umum .....                      | 8       |
| Gambar 2.2. Format frame API XBee .....                           | 10      |
| Gambar 2.3. <i>Frame</i> API XBee 802.15.4.....                   | 11      |
| Gambar 2.4. Format <i>frame Tx Request 16-bit</i> .....           | 12      |
| Gambar 2.5. Format <i>frame Rx Packet 16-bit</i> .....            | 14      |
| Gambar 2.6. Komunikasi LEACH.....                                 | 16      |
| Gambar 2.7. <i>Flowchart</i> fasa <i>setup</i> LEACH.....         | 18      |
| Gambar 2.8. <i>Flowchart</i> fasa <i>steady-state</i> LEACH ..... | 20      |
| Gambar 2.9. Rangkaian pembagi tegangan .....                      | 25      |
| Gambar 3.1. Kerangka kerja penelitian .....                       | 28      |
| Gambar 3.2. Topologi transmisi langsung.....                      | 29      |
| Gambar 3.3. Topologi <i>static clustering</i> .....               | 30      |
| Gambar 3.4. Topologi LEACH.....                                   | 31      |
| Gambar 3.5. Arduino Uno .....                                     | 31      |
| Gambar 3.6. IO Expansion Shield V7 .....                          | 32      |
| Gambar 3.7. XBee USB Adapter .....                                | 33      |
| Gambar 3.8. XBee 1mW Wire Antenna .....                           | 33      |
| Gambar 3.9. Sensor suhu LM35DZ .....                              | 34      |
| Gambar 3.10. <i>Sensor node</i> .....                             | 35      |
| Gambar 3.11. <i>Sink</i> .....                                    | 35      |
| Gambar 3.12. Baterai Nokia BL-5J .....                            | 35      |
| Gambar 3.13. Sensor arus ACS712 x30A.....                         | 36      |
| Gambar 3.14. Rangkaian pengukur energi.....                       | 37      |
| Gambar 3.15. <i>Flowchart</i> program <i>sink</i> .....           | 46      |
| Gambar 3.16. Lokasi pengujian WSN .....                           | 51      |
| Gambar 4.1. Konfigurasi modul XBee menggunakan X-CTU.....         | 54      |
| Gambar 4.2. Penempatan posisi <i>sensor node</i> .....            | 56      |

|              |                                                                                |    |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.3.  | Penempatan posisi <i>sink</i> .....                                            | 56 |
| Gambar 4.4.  | Tampilan program <i>sink</i> (transmisi langsung).....                         | 57 |
| Gambar 4.5.  | Tampilan program <i>sensor node1</i> (transmisi langsung).....                 | 58 |
| Gambar 4.6.  | Tampilan program <i>sensor node3</i> (transmisi langsung).....                 | 58 |
| Gambar 4.7.  | Tampilan program energi <i>sensor node2</i> (transmisi langsung)...            | 59 |
| Gambar 4.8.  | Tampilan program <i>sink</i> ( <i>static clustering</i> ) .....                | 60 |
| Gambar 4.9.  | Tampilan program <i>sensor node1</i> ( <i>static clustering</i> ) .....        | 61 |
| Gambar 4.10. | Tampilan program <i>sensor node3</i> ( <i>static clustering</i> ) .....        | 61 |
| Gambar 4.11. | Tampilan program energi <i>sensor node2</i> ( <i>static clustering</i> ) ..... | 62 |
| Gambar 4.12. | Tampilan program <i>sink</i> (LEACH) .....                                     | 64 |
| Gambar 4.13. | Tampilan program <i>sensor node1</i> (LEACH).....                              | 65 |
| Gambar 4.14. | Tampilan program <i>sensor node3</i> (LEACH).....                              | 65 |
| Gambar 4.15. | Tampilan program energi <i>sensor node2</i> (LEACH).....                       | 66 |
| Gambar 4.16. | <i>Client1</i> me-remote server.....                                           | 68 |
| Gambar 4.17. | <i>Client2</i> me-remote server.....                                           | 68 |
| Gambar 4.18. | <i>File log</i> hasil monitoring.....                                          | 69 |
| Gambar 4.19. | Tampilan program <i>client monitoring</i> ( <i>client1</i> ).....              | 70 |
| Gambar 4.20. | Tampilan program <i>client monitoring</i> ( <i>client2</i> ).....              | 71 |
| Gambar 4.21. | Tampilan program kirim <i>email</i> .....                                      | 72 |
| Gambar 4.22. | Tampilan <i>email</i> peringatan via Mozilla Thunderbird .....                 | 73 |
| Gambar 4.23. | Tampilan <i>email</i> peringatan via Gmail Android .....                       | 73 |
| Gambar 4.24. | Tampilan monitoting via <i>browser</i> ( <i>client1</i> ) .....                | 74 |
| Gambar 4.25. | Tampilan monitoting via <i>browser</i> ( <i>client2</i> ) .....                | 75 |
| Gambar 4.26. | Grafik perbandingan <i>electrical charge</i> .....                             | 78 |
| Gambar 4.27. | Grafik perbandingan energi.....                                                | 78 |
| Gambar 4.28. | Konsumsi arus <i>sensor node2</i> pada fasa <i>sleep</i> dan <i>wake</i> ..... | 81 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                             | Halaman |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------|
| Tabel 1. Perbandingan WSN dengan jaringan <i>wireless</i> tradisional ..... | 7       |
| Tabel 2. Paket transmisi langsung .....                                     | 47      |
| Tabel 3. Paket <i>static clustering</i> .....                               | 47      |
| Tabel 4. Paket <i>routing</i> LEACH.....                                    | 48      |
| Tabel 5. Konfigurasi XBee WSN LEACH .....                                   | 52      |
| Tabel 6. Perbandingan banyaknya paket yang dikirim (Tx) .....               | 75      |
| Tabel 7. Perbandingan banyaknya paket yang diterima (Rx) .....              | 76      |
| Tabel 8. Perbandingan <i>electric charge</i> dan energi.....                | 77      |

## DAFTAR LAMPIRAN

|              |                                                          |      |
|--------------|----------------------------------------------------------|------|
| Lampiran 1.  | <i>Flowchart</i> Program LEACH .....                     | A-1  |
| Lampiran 2.  | <i>Design Client-Server Monitoring</i> Suhu Ruangan..... | A-2  |
| Lampiran 3.  | Program Pengukuran Energi .....                          | A-3  |
| Lampiran 4.  | Pengujian Akurasi Arus dan Tegangan.....                 | A-5  |
| Lampiran 5.  | <i>Log</i> Data Transmisi Langsung .....                 | A-7  |
| Lampiran 6.  | <i>Log</i> Suhu Transmisi Langsung .....                 | A-8  |
| Lampiran 7.  | <i>Log</i> Energi Transmisi Langsung .....               | A-9  |
| Lampiran 8.  | <i>Log</i> Data <i>Static Clustering</i> .....           | A-11 |
| Lampiran 9.  | <i>Log</i> Suhu <i>Static Clustering</i> .....           | A-13 |
| Lampiran 10. | <i>Log</i> Energi <i>Static Clustering</i> .....         | A-14 |
| Lampiran 11. | <i>Log</i> Data LEACH.....                               | A-16 |
| Lampiran 12. | <i>Log</i> Suhu LEACH.....                               | A-18 |
| Lampiran 13. | <i>Log</i> Energi LEACH .....                            | A-19 |
| Lampiran 14. | <i>Log</i> Data LEACH <i>Node Bergerak</i> .....         | A-21 |
| Lampiran 15. | <i>Log</i> Suhu LEACH <i>Node Bergerak</i> .....         | A-23 |
| Lampiran 16. | <i>Form</i> Konsultasi Tugas Akhir II.....               | B-1  |
| Lampiran 17. | <i>Form</i> Perbaikan Ujian Tugas Akhir II .....         | B-2  |



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

*Wireless Sensor Network* (WSN) merupakan salah satu perkembangan dalam komunikasi jaringan yaitu berupa perangkat sensor yang disebut *sensor node*. *Sensor node* ini memiliki karakteristik dapat bekerja secara mandiri serta memiliki daya sendiri. *Sensor node* memiliki tugas untuk mengumpulkan dan mengolah data dari suatu lingkungan tempat *node* berada secara efisien, akurat, dan dapat dipercaya. *Sensor node* memiliki kemampuan untuk memantau kondisi fisik dan lingkungan seperti getaran, kelembapan, suhu, tekanan, suara, dan gerakan dengan sumber daya yang kecil dan konsumsi energi yang rendah. Untuk memaksimalkan kemampuan *sensor node*, seluruh *sensor node* ini dihubungkan satu sama lain secara nirkabel dan terdistribusi membentuk sebuah jaringan yang disebut WSN [1].

Salah satu permasalahan utama yang dibahas pada WSN adalah mengatur konsumsi energi dikarenakan WSN menggunakan sumber daya yang terbatas berupa baterai yang mana butuh diganti dan diisi energinya kembali. Untuk beberapa baterai yang tidak bisa diisi kembali, *sensor node* seharusnya dapat beroperasi sampai waktu operasi yang diharapkan habis sehingga baterai dapat diganti sesuai waktunya [2]. Kebanyakan *sensor node* tidak dapat menjalankan tugasnya sesuai waktu operasi dikarenakan besarnya biaya yang digunakan untuk mentransmisikan data. Hal ini mengakibatkan konsumsi energi yang tidak seimbang pada WSN. Pada kasus jenis topologi WSN homogen dengan kemampuan radio terbatas, menggunakan transmisi langsung atau *1-hop* adalah satu-satunya cara agar data berhasil ditransmisikan ke *sink*. Hal ini mengakibatkan *node* yang berada jauh dari *sink* memiliki biaya yang besar untuk mentransmisikan datanya sehingga *node* ini akan cepat mati dibandingkan dengan *node* lainnya [2].

Beberapa skema dilakukan untuk mengatasi permasalahan energi pada WSN. Salah satunya adalah dengan menerapkan metode *clustering* [2-4]. Metode *clustering* dapat menyeimbangkan beban energi pada WSN sehingga memperpanjang waktu operasi masing-masing *sensor node*. Heinzelman et.al [5] memperkenalkan protokol *clustering* LEACH [5]. LEACH merupakan protokol *clustering* probabilistik acak dimana diasumsikan setiap *sensor node* dapat berkomunikasi langsung dengan *sink*. Pada LEACH, *node-node* mengorganisir dirinya ke dalam *cluster*, dimana satu *node* berperan sebagai *cluster head* sedangkan sisanya menjadi *member cluster*. Pada LEACH, *cluster head* (CH) berperan melakukan agregasi data dari *member node*-nya. Selain melakukan agregasi data, CH juga mengatur penjadwalan *sleep* kepada *member node*-nya. Dengan melakukan penjadwalan *sleep*, *member node* dapat menghemat energi sambil menunggu waktu untuk mentransmisikan datanya. Peranan *cluster head* dirotasi ke seluruh *node* yang ada di jaringan. Hal ini mengakibatkan terdistribusinya beban energi ke seluruh *node* sehingga memperlama usia jaringan dimana LEACH mengurangi kemungkinan sebuah *node* mati lebih cepat.

Heinzelman et.al [5], dalam penelitiannya menerapkan protokol LEACH menggunakan simulasi MATLAB dengan jumlah *node* sebanyak 100 *node* yang tersebar acak. Pada penelitiannya, Heinzelman mendapatkan hasil bahwa LEACH mampu mengurangi konsumsi energi sistem sebanyak 8x lebih baik dibandingkan dengan transmisi langsung dan Minimum-Transmission-Energy (MTE) routing. Merujuk pada penelitian yang dilakukan Heinzelman, penulis akan melakukan uji coba dan evaluasi performa dari protokol LEACH terhadap transmisi langsung dan *static clustering*. Untuk pengujiannya, penulis membangun sistem WSN menggunakan *node* yang terdiri atas Arduino & XBee. Sistem WSN yang dibangun bertujuan untuk monitoring suhu ruangan pada Laboratorium Riset Jaringan Komputer dan Keamanan Informasi (COMNETS), Fasilkom Unsri Indralaya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana mengimplementasikan sistem WSN menggunakan Arduino dan XBee 802.15.4 untuk monitoring suhu ruangan.
2. Bagaimana menerapkan *routing* LEACH pada WSN untuk efisiensi energi.
3. Bagaimana mengukur konsumsi energi dari suatu *node* WSN.

## 1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih fokus pada permasalahan inti, dibuatlah pembatasan masalah. Pembatasan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. WSN terdiri dari 3 *sensor node* yang homogen.
2. Sebaran *sensor node* WSN berada dalam 1 ruangan dan tetap (*fix*).
3. Mengabaikan permasalahan yang menyangkut *layer* ZigBee (di atas 802.15.4), misalnya *multihop*, *security*, dan lain-lain.
4. Penjadwalan *sleep* yang diimplementasikan yaitu Pin Hibernate (XBee) dan Idle Sleep (Arduino).
5. Parameter yang diuji yaitu arus dan tegangan yang dikaitkan dengan konsumsi energi.
6. Skenario pengujian dengan kondisi node tidak bergerak (*immobile*).
7. Pengukuran konsumsi energi hanya dilakukan pada 1 *sensor node*.
8. Satuan pengukuran menggunakan SI (Standar Internasional) kecuali untuk suhu (dalam °C).

## 1.4 Tujuan dan Manfaat

### 1.4.1 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam melakukan penelitian ini, yaitu:

1. Mengimplementasikan sistem monitoring suhu ruangan menggunakan WSN.
2. Menghasilkan algoritma *clustering* LEACH dalam mengatasi permasalahan efisiensi energi pada WSN.

### 1.4.2 Manfaat

Adapun manfaat yang didapat dalam melakukan penelitian ini, yaitu:

1. Dapat menerapkan secara langsung penggunaan komponen dalam WSN seperti XBee, Arduino Uno, dan LM35DZ.
2. Dapat menerapkan algoritma *routing* LEACH pada WSN menggunakan Arduino dan XBee.
3. Dapat menerapkan skenario *offline* dan *online monitoring* pada WSN.
4. Dapat menerapkan skenario untuk pengukuran energi menggunakan Arduino.

### 1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini memiliki beberapa tahap, yaitu:

1. Tahap Pertama (Studi Pustaka / Literatur)  
Tahap ini dilakukan dengan cara mencari dan membaca literatur & referensi mengenai "Efisiensi Energi pada WSN Menggunakan *Clustering*" baik yang menggunakan protokol LEACH maupun protokol lainnya.
2. Tahap Kedua (Perancangan dan Pembuatan *node* WSN)  
Tahap ini dilakukan dengan merancang dan merakit *node* WSN menggunakan *hardware* yang terdiri dari Arduino Uno, IO Expansion Shield, dan sensor suhu LM35DZ.
3. Tahap Ketiga (Magang di Laboratorium)  
Tahap ini dilakukan dengan menempatkan *node* di beberapa titik lokasi di ruangan laboratorium kemudian menentukan skenario untuk efisiensi energi dan skenario monitoring suhu ruangan pada WSN.
4. Tahap Keempat (Pengujian dan Validasi WSN)  
Tahap ini dilakukan dengan menguji komunikasi pada WSN, menggunakan topologi transmisi langsung, *static clustering*, dan LEACH. Setelah komunikasi berhasil, tahap selanjutnya adalah melakukan pengukuran konsumsi energi pada masing-masing topologi.

Selain itu, dilakukan juga pengujian untuk skenario monitoring suhu ruangan.

#### 5. Tahap Kelima (Analisis Sistem)

Tahap ini dilakukan dengan menganalisis hasil dari pengujian pada tahap sebelumnya. Analisis ini berupa konsumsi energi pada *sensor node*. Konsumsi energi ini diamati dengan teliti untuk mengetahui kekurangan pada hasil perancangan, faktor penyebabnya, dan juga solusinya sehingga didapatkan skenario ideal untuk WSN yang digunakan pada penelitian ini serta dapat dijadikan rujukan untuk penelitian selanjutnya.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dalam menyusun tugas akhir ini dan memperjelas isi dari setiap bab yang ada pada penelitian ini, maka dibuatlah sistematika penulisan sebagai berikut.

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan mengenai teori-teori tentang WSN, karakteristik XBee 802.15.4, protokol *clustering* LEACH, penjadwalan *sleep* WSN, serta parameter pengujian pada penelitian.

#### **BAB III METODOLOGI**

Bab ini menjelaskan mengenai langkah-langkah perancangan kemudian pembangunan WSN dan tahapan terperinci untuk mengumpulkan data yang akan dianalisis.

#### **BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS**

Bab ini menjelaskan mengenai hasil pengujian dari WSN yang telah dilakukan serta analisis data dari hasil pengujian tersebut.

#### **BAB IV KESIMPULAN**

Bab ini berisi kesimpulan tentang apa yang diperoleh dari penelitian serta merupakan jawaban dari setiap tujuan yang ingin dicapai pada Bab I (Pendahuluan).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fernando Martincic dan Loren Schwiebert, 2005. **Introduction to Wireless Sensor Networking**. Wayne State University, Michigan, USA.
- [2] Waltenergus Dargie dan Christian Poellabauer, 2010. **Fundamentals Of Wireless Sensor Networks Theory And Practice**. Wiley, United Kingdom.
- [3] Ameer Ahmed Abbasi dan Mohamed Younis, 2007. **A Survey on Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks**. Elsevier, Netherland.
- [4] Yan Zhang, Laurence T. Yang, dan Jiming Chen, 2010. **RFID And Sensor Networks**. CRC Press, USA.
- [5] Wendi Heinzelman, Anantha Chandrakasan, dan Hari Balakrishnan, 2000. **Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks**. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA.
- [6] Titus, Jonathan, 2012. **The Hands-on XBee Lab Manual Experiments that Teach you XBee Wireless Communications**. Newness Publisher, USA.
- [7] International, Digi, 2012. **XBee® / XBee-PRO® RF Modules**. IEEE® 802.15.4 RF Modules.
- [8] Heinzelman, Wendi, 2000. **Application-Specific Protocol Architectures for Wireless Networks**. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA.

- [9] Atmel, **Atmel 8 bit AVR Microcontroller with 4/8/16/32K Bytes In-System Programmable Flash**, Atmega 328 datasheet, Oktober 2009.
- [10] Gussow, Milton. 1983. **Basic Electricity**. McGraw-Hill, USA.
- [11] Texas Instrument, **LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors**, LM35DZ datasheet, Januari 2015.
- [12] Allegro, **Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current**, ACS712 datasheet, November 2012.