

# PROSIDING

## SEMINAR NASIONAL FORTEI 2015

Peran Pendidikan Teknik Elektro Dalam  
Mewujudkan Ketahanan dan Keberlanjutan Energi Nasional



FORUM PENDIDIKAN TINGGI  
TEKNIK ELEKTRO  
9-13 NOVEMBER 2015



**PENYELENGGARA**  
Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura  
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi  
Telp: (0561) 577714 / Fax: (0561) 740186  
Email: forteiuntan2015@gmail.com  
Website : <http://forte2015.untan.ac.id/>

## LEMBAR PENGESAHAN

1. Judul : Pengukuran Kinerja Jaringan Nirkabel Berbasis ZigBee
2. Penulis : Helmy Fitriawan, Ahmad Surya Arifin, Danny Mausa, Agus Trisanto
3. Publikasi : Prosiding Forum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro Indonesia (FORTEI) 2015
4. Vol./No./Hal. : - / - / 138-143
5. Bentuk Publikasi : Seminar Nasional
6. ISBN : 978-6-0283-5542-1
7. Penerbit : Universitas Tanjung Pura
8. Tahun Penerbitan : November 2015
9. Website :

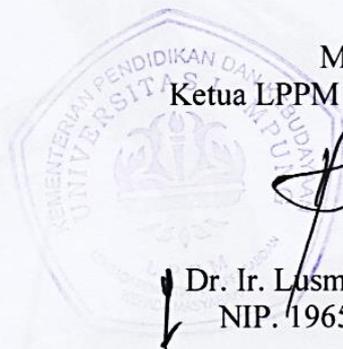


Megetahui,  
Dekan Fakultas Teknik Unila

Prof. Ir. Suharno, M.Sc., Ph.D., IPU.  
NIP. 196207171987031002

Bandar Lampung, 6 Mei 2020  
Penulis,

Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.  
NIP. 197509282001121002



Menyetujui,  
Ketua LPPM Universitas Lampung

Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.  
NIP. 196505101993032008

|  |                   |
|--|-------------------|
| KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN<br>UNIVERSITAS LAMPUNG |                   |
| TGL  | 18.06.2020        |
| NO. SURAT  | 210/P/B/N/FT/2020 |
| JENIS  | Prosiding         |
| PARAF  | Uf                |

**PROSIDING**  
**SEMINAR NASIONAL**  
**FORUM PENDIDIKAN TINGGI TEKNIK ELEKTRO**  
**(FORTEI) 2015**

“PERAN PENDIDIKAN TINGGI TEKNIK ELEKTRO DALAM  
MEWUJUDKAN KETAHANAN DAN KEBERLANJUTAN  
ENERGI NASIONAL”

ISBN: 9786028355421

DEWAN PENYUNTING:

Rudi Kurnianto  
Bomo W. Sanjaya  
Seno D. Panjaitan  
Herry Sujaini

DESAIN SAMPUL: Arif B. P. Negara

© 2015 Universitas Tanjungpura  
Hak cipta dilindungi Undang-undang.

Diterbitkan oleh:  
Badan Penerbit Universitas Tanjungpura (UNTAN Press)  
Jl. A. Yani Pontianak 78124, INDONESIA  
Telp : (0561) 743465 Fax : (0561) 766840  
Email: seminar@fortei2015.untan.ac.id  
Website: <http://fortei2015.untan.ac.id/>



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur marilah selalu kita panjatkan kehadirat Allah Swt. karena atas rahmat dan karunia Nya acara Seminar Nasional dalam rangka Temu Nasional ke 9 Forum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro (FORTEI) 2015 dapat terselenggara dengan baik.

Kami mengucapkan selamat datang dan selamat mengikuti Seminar FORTEI 2015 yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura dan FORTEI di Pontianak tanggal 11 November 2015.

Seminar FORTEI 2015 ini dimaksudkan sebagai forum bagi para pendidik, peneliti, akademisi, dan praktisi untuk mempresentasikan hasil penelitian mereka serta platform untuk membangun atau mengembangkan hubungan kerjasama antara peserta.

Ruang lingkup seminar ini mencakup bidang-bidang : Smart Grid, Optimasi Energi, Manajemen Energi, Teknologi Konversi Energi, Distribusi Energi, Sistem Kendali, Energi baru dan terbarukan, building/home automation, Teknologi Informasi, Teknik Tenaga Listrik, Teknik Tegangan Tinggi, Telekomunikasi, Aplikasi Sistem Energi, Efisiensi Energi, Sistem Instrumentasi & Optimasi, Teknik Komputer, Sistem Cerdas & Kecerdasan Buatan, dan bidang elektro/Informatika/industri terkait lainnya.

Seminar ini diikuti oleh 38 pemakalah dari institusi yang memiliki Jurusan/Program Studi Teknik Elektro di seluruh Indonesia. Proses review dilakukan oleh reviewer dari Institut Teknologi Bandung, Universitas Indonesia, Universitas Jember, Universitas Telkom, Universitas Pasundan, dan Universitas Tanjungpura untuk memastikan kualitas makalah.

Atas terselenggaranya seminar ini, kami sampaikan terima kasih kepada Walikota Pontianak beserta jajarannya, Rektor UNTAN beserta jajarannya, Pimpinan PT. PLN (Persero) WKB beserta jajarannya, Dewan Energi Nasional beserta jajarannya, Ketua FORTEI beserta jajarannya, pemakalah, moderator, peserta dan undangan serta panitia, atas dukungannya.

Semoga seminar yang terselenggara ini dapat memberikan manfaat yang berkesinambungan bagi perkembangan FORTEI ke depan, dan semoga anda menikmati kunjungan ini dan mempunyai pengalaman yang tak terlupakan di Bumi Khatulistiwa ini.

Pontianak, 11 November 2015  
Atas Nama Panitia Pelaksana FORTEI 2015  
Ketua,

**Dr. Ir. H. M. Iqbal Arsyad, MT.**

# **Panitia Temu Nasional ke 9 FORTEI2015**

## **Pelindung :**

Prof. Dr. H. Thamrin Usman, DEA (Rektor UNTAN)

## **Penanggung Jawab :**

Dr.rer.nat.Ir. R.M Rustamaji, MT (Dekan Fakultas Teknik UNTAN)

Ir. Junaidi, M.Sc (Steering Commite)

## **Ketua :**

Dr. Ir. H. M. Iqbal Arsyad, MT

## **Wakil Ketua :**

Dr. Eng. H. Rudi Kurnianto, ST., MT

## **Bendahara :**

F. Trias Pontia W, ST., MT

## **Sekretaris :**

Ir. Danial, MT

## **Seksi Kesekretariatan :**

Ayong Hiendro, ST., MT

Mayani

Sayed Zakiyul Fuad, SH

Apriani, SE

## **Seksi Seminar**

Dr. Ing. Seno D. Panjaitan, ST., MT

Dr. Bomo Sanjaya, ST., MT

Dr. Redi Ratiandi Yacoub, ST., MT

Dr. Arif B. Putra Negara, ST., MT

Dr. Purwoharjono

Anggar Kesuma, ST

## **Seksi Acara :**

Neilcy T. Mooniarsih, ST., MT

Rosnita, ST

Endah Priyanti, S.Hut

H. Ishak, SE

## **Seksi Transportasi, Akomodasi dan**

### **Field Trip :**

Dr. H. Usman A. Ghani, ST., MT

H. Fitri Imansyah, ST., MT

Ir. Yohanes M. Simanjuntak, MT

## **Seksi Workshop dan Pameran :**

Managam Rajagukguk, ST., MT (Koordinator)

Ir. Bonar Sirait, M.Sc (Wk. Koordinator)

Dr. Eng. Ferry Hadary, ST., M.Eng

Yandri, ST., MT

Ka. Prodi Teknik Informatika

Ka. Prodi Teknik Industri

Ka. Prodi Teknik Mesin

Ka. Prodi Teknik Kimia

Himpunan Mahasiswa Elektro

## **Seksi Perlengkapan :**

Drs. Ade Elbani, MT

Ade Aos Ruspindi, S.Sos

Dedy Noverdy, ST

## **Seksi Konsumsi :**

Widarsih

Fika Susilawati, ST

Yulianti, SP

## **Seksi Informasi dan Dokumentasi :**

Dr. Herry Sujaini, ST., MT

M. Azhar Irwansyah, ST., M.Eng

## DAFTAR ISI

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| Kata Pengantar                    | iii |
| Panitia Temu Nasional Ke 9 Fortei | iv  |
| Daftar isi                        | v   |

| Id. makalah      | Judul   | Penulis   | Hal. |
|------------------|---|---|------|
| Fortei-2015-9114 | Analysis of Universal Mobile Telecommunications Service (UMTS) Planning Using High Altitude Platform Station (HAPS)           | Yosika Dian, Uke Usman, Yuiyun Siti Rohmah                                      | 1    |
| Fortei-2015-9115 | Analisis Penentuan Frekuensi Kerja Propagasi NVIS Komunikasi Radio HF Riau-Bukit Tinggi                                       | Sutoyo  | 6    |
| Fortei-2015-9116 | Watermarking Citra Motif Timor dengan Metode Discrete Cosinus Transform (DCT)   | Silvester Tena, Thysan Yoesph   | 13   |
| Fortei-2015-9119 | Mikrohidro Sebagai Energi Alternatif  | Nina Paramytha Indrayuni Sudiby, Ali Kasim                                      | 18   |
| Fortei-2015-9120 | Analisa Pengujian Lampu LED dengan Menggunakan Metode Penuaan dan Metode Pemeliharaan Lumen                                   | Vica Avianto Artha Dina, <a href="#">Muhammad Khosyi In</a> , Agus Adhi Nugroho | 23   |
| Fortei-2015-9121 | Pengotoran Permukaan Solar Sell Tipe Polycrystalline Mempengaruhi Tegangan Keluaran   | Ahmad Ridho'i   | 29   |
| Fortei-2015-9122 | Simulator Penjumlahan dan Pengurangan Bilangan Biner Dalam Sistem Komplemen-2   | Bunyamin, Wa Ode Zulkaida, Gamal A. N.  | 36   |
| Fortei-2015-9126 | Rancang Bangun Sistem Solar Tracker Untuk Mendapatkan Energi Maksimal Pada Panel Surya Menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535 | Hendri, Irma Husnaini, Diana Yunisari   | 42   |
| Fortei-2015-9127 | Perancangan SCADA pada Mini Plant Proses Pengendalian Level   | Ikwi Adriansyah, Dwi Mahadiyan W.H.   | 47   |
| Fortei-2015-9128 | Disain Prototype Pick and Place dengan Sistem Pneumatik Menggunakan Kontrol PLC Omron Tipe CP1E                               | Aswardi Mawardi, Ali Basrah Pulungan, Kurniadi Lisman                           | 52   |
| Fortei-2015-9130 | Analisis Riak Keluaran Buck Converter   | Asnil   | 58   |
| Fortei-2015-9132 | Smart Home Systems dengan Antarmuka Web dan Terintegrasi Jejaring Sosial  | Kurnia Aryansyah, Hasmina Tari Mokui, Siti Nawal Jaya                           | 63   |
| Fortei-2015-9133 | Implementasi Modul Trainer Digital Berbasis Field Programmable Gate Array   | Eko Mardianto   | 68   |

|                  |   |  |     |
|------------------|---|--|-----|
| Fortei-2015-9134 | Pengaruh Cuaca Pada Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Dengan Jaringan Saraf Tiruan Propagasi Balik Pada Sistem Kelistrikan Kota Kendari   | Wa Ode Siti Nur Alam, Mustarum Musaruddin, Sahabuddin Hay      | 74  |
| Fortei-2015-9137 | Perancangan Prototype Sistem Monitoring Gempa Menggunakan Sensor Inertial Measurement Unit (IMU) Dan Pemanfaatan Metode Frequency Shift Keying (FSK) Melalui Frekuensi Handy Talky (HT) | Kevan Dharma, Hendrick, Ratna Aisuwarya                        | 80  |
| Fortei-2015-9138 | Mengukur Tingkat Stres Pada Manusia Menggunakan Galvanic Skin Response (GSR), Dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan  | Desta Yolanda, Anton Hidayat, Ratna Aisuwarya                  | 86  |
| Fortei-2015-9139 | Analisis Penggunaan Algoritma <i>Extended Word Similarity Based Clustering</i> pada Mesin Penerjemah Bahasa Indonesia-Inggris   | Herry Sujaini, Arif Bijaksana P N                              | 92  |
| Fortei-2015-9140 | Perancangan Antena Mikrostrip Multiband Hairpin untuk Komunikasi Nirkabel   | Teguh Firmansyah, Didik Aribowo, Feti Fatonah                  | 98  |
| Fortei-2015-9141 | Penerapan Silo Pilot FMM 760 Sebagai Alat Pengukur Ketinggian Pada Silo Semen di Plant 6 PT Indocement Tunggal prakarsa, tbk  | Deni Hendarto, Widodo  | 103 |
| Fortei-2015-9142 | Video Streaming dengan Kompresi Adaptif Berdasarkan Kendali Kongesti Proporsional Integral  | Pranoto Hidaya Rusmin, Adrianto                                | 108 |
| Fortei-2015-9143 | Pemodelan dan Simulasi Sel Fotovoltaik Berbasis Rangkaian Listrik   | Kho Hie Khwee, Ayong Hiendro, Junaidi                          | 114 |
| Fortei-2015-9144 | Zat Warna Alam Kayu Tinggi (Ceriops tagal) sebagai Sensitizer Cahaya pada Sel Surya Fotoelektrokimia  | Syahrul Khairi, Ari Yustisia Akbar, Zaky Alfatony              | 120 |
| Fortei-2015-9145 | Penentuan Pasal Tindak Pidana Narkotika Menggunakan <i>Case-Based Reasoning</i> Berbasis Web  | Tursina, Yulianti, Giovani Veraninsky                          | 126 |
| Fortei-2015-9146 | Prototype Software Pendidikan Berbasis Web Berintikan Materi Pelajaran Matematika Kelas X Semester Satu Berfasilitas Bank Soal dan Kunci Jawaban  | Samuel Jie, Gamal Abdel Nasser Masikki, Wa Ode Zulkaida        | 132 |
| Fortei-2015-9147 | Pengukuran Kinerja Jaringan Nirkabel Berbasis Zigbee  | Helmy Fitriawan, Ahmad Surya Arifin, Dany Mause, Agus Trisanto | 138 |
| Fortei-2015-9148 | Rancang Bangun Modul Pengering Ikan Menggunakan Kendali Mikrokontroller Berbasis Teknologi Sel Surya  | Irnanda Priyadi, Reza Satria Rinaldi, Afdhal Kurniawan         | 144 |
| Fortei-2015-9149 | Penguatan Akreditasi Melalui Optimasi Sistem Informasi Eksisting Dengan Integrasi Modul Web Untuk Memenuhi Kebutuhan Spesifik Program Studi   | Amirudin Y. Dako, Rahmat Deddy Rianto Dako, Jumiati Ilham      | 150 |

|                  |   |   |     |
|------------------|---|---|-----|
| Fortei-2015-9150 | Penerapan Logika Fuzzy pada Sistem Penanganan Dini Kebocoran LPG dengan Antarmuka Web dan SMS Gateway                                   | Andi Iswahyuningsih, Kurnia Aryansyah, Isnawaty                 | 161 |
| Fortei-2015-9151 | Potensi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Pasca Gempa Bumi 30-9-2009 di Kabupaten Solok Selatan Provinsi Sumatera Barat | Aslimeri Aslimeri, Oriza Candra, Hasan Maksum                   | 167 |
| Fortei-2015-9152 | Estimasi Kanal OFDM Ranah Frekuensi Pada Sistem DVB-T Mode-2K   | Hasbi Nur Prasetyo Wisudawan                                    | 174 |
| Fortei-2015-9158 | Penerapan Teknologi Sistem Transportasi Cerdas Untuk Peningkatan Efisiensi dan Keselamatan Berkendara di Jalan Raya                     | Ibrahim Abduh, Muh. Ahyar, Lidemar Halide                       | 179 |
| Fortei-2015-9163 | Analisis Peramalan Kebutuhan Energi Kab. Kampar, Provinsi Riau  | Zulfatri Aini   | 185 |
| Fortei-2015-9169 | Pendeteksi Dini Kebakaran Berbantuan AVR ATMEGA 16  | Ali Basrah Pulungan, Aswardi Mawardi, Husni                     | 198 |
| Fortei-2015-9171 | Identifikasi dan Penghitungan Surat Suara Menggunakan Perbandingan Citra  | Satriyo, Agus Riyanto   | 203 |
| Fortei-2015-9175 | Simulasi MISO DC-DC Converter untuk Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan  | Mohammad Taufik   | 207 |
| Fortei-2015-9176 | Perancangan Alat Akuisisi Data Konsumsi Listrik pada Rumah Tangga   | Anggoro Suryo Pramudyo, Bobby Kurniawan, Didik Aribowo          | 210 |
| Fortei-2015-9177 | Kendali $H_\infty$ Umpan Balik Keluaran Fuzzy Polinomial Dengan Pendekatan Sum of Squares (SOS)   | Bomo W. S, Bambang Riyanto T., Arief Syaichu-Rohman, Hilwadi H. | 215 |
| Fortei-2015-9178 | Inisialisasi Kelas Kata Tertutup untuk Meningkatkan Kualitas Mesin Penerjemah Statistik (Studi Kasus Bahasa Indonesia-Melayu Pontianak) | Arif Bijaksana P N, Herry Sujaini, Yusholva                     | 223 |

# Pengukuran Kinerja Jaringan Nirkabel Berbasis Zigbee

Helmy Fitriawan<sup>1</sup>, Ahmad Surya Arifin, Dany Mause, Agus Trisanto

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung  
Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung, Indonesia 35145  
Telp/Fax: 0721-704947, Email: <sup>1</sup>helmy.fitriawan@eng.unila.ac.id

**Abstract**— In this paper, the performance evaluation of wireless networks based on ZigBee module is reported. The developed system consists of an Arduino Uno Board, an Xbee module Series 2, and an Xbee Arduino Shield. Networks QoS (Quality of Service) in terms of average throughput, packet loss and delay is analyzed in single hop as well as multi hop communications. The performance measurements were accomplished in LOS and N-LOS conditions with various packet sizes and distances. The results of our study are important for development of wireless sensor networks (WSN) where multi hop communication between nodes is required.

**Keywords**- ZigBee, arduino, mesh networks, network performances

**Abstrak**— Makalah ini melaporkan penelitian pengembangan dan evaluasi kinerja jaringan nirkabel berbasis ZigBee. Sistem dibangun dengan menggunakan Arduino Uno board, Xbee module Series 2, and Xbee Arduino Shield. Kualitas layanan (QoS) jaringan diukur melalui nilai rata-rata *throughput*, *packet loss* dan *delay* baik pada jaringan komunikasi *single hop* dan *multi hop*. Pengujian kinerja jaringan juga dilakukan pada kondisi LOS dan N-LOS dengan variasi ukuran paket data dan jarak. Hasil penelitian ini berguna untuk pengembangan jaringan sensor nirkabel (JSN) yang memerlukan komunikasi multi hop antar nodal.

**Keywords**- ZigBee, arduino, jaringan *mesh*, Kinerja jaringan

## I. PENDAHULUAN

Teknologi jaringan komunikasi nirkabel berkembang sangat pesat pada beberapa tahun terakhir serta banyak dibangun dan digunakan di berbagai aplikasi. Teknologi ini menyediakan fleksibilitas dan mobilitas karena mendukung jaringan dengan akses lebih luas tanpa kabel [1]. Salah satu contoh teknologi ini adalah *Wireless Personal Area Networks* (WPAN) yang dapat dipergunakan untuk aplikasi jarak pendek. ZigBee yang dikembangkan pada lapisan atas standar IEEE 802.15.4 dispesifikasikan untuk WPAN berkecepatan rendah.

ZigBee adalah standar teknologi komunikasi nirkabel yang dikelola oleh sebuah konsorsium yaitu ZigBee Alliance [2]. ZigBee dikembangkan berdasarkan pada lapisan fisik dan MAC standar IEEE 802.15.4 [3]. ZigBee bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dengan kecepatan transfer data maksimum 250 kbps sehingga sangat sesuai untuk aplikasi yang membutuhkan jaringan nirkabel jarak pendek dengan kecepatan rendah. Teknologi ZigBee mempunyai kemampuan menyediakan jaringan nirkabel yang berdaya rendah, murah, dan handal untuk aplikasi pengawasan dan pengendalian otomatis di rumah, perkantoran, dan industri. ZigBee mendukung jaringan dengan topologi *point-to-point*, *star* dan *mesh*. Dengan kemampuannya pada komunikasi multi hop dan *mesh*, ZigBee dapat digunakan untuk aplikasi dengan jaringan dinamis yang lebih luas [4]. Terdapat beberapa aplikasi yang menggunakan jaringan komunikasi *mesh*, seperti: pengamatan lingkungan dan hewan, teknologi pertanian presisi, dan otomasi pengawasan dan pengendalian di rumah dan industri.

Makalah ini melaporkan pengembangan dan implementasi jaringan nirkabel berbasis ZigBee untuk kemudian dilakukan pengukuran dan analisa kualitas kinerja jaringan tersebut baik pada jaringan *single hop* dan *multi hop*.

## II. JARINGAN ZIGBEE

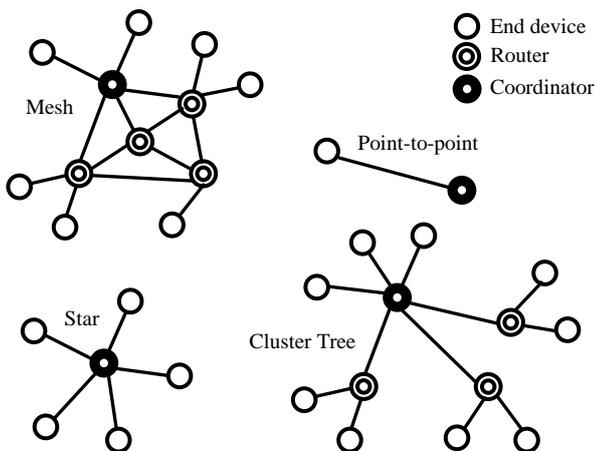
Secara umum jaringan nirkabel berbasis ZigBee terdiri dari tiga jenis divais yaitu nodal koordinator, *router* dan *end device* [5]:

- *Nodal koordinator*: nodal ini berfungsi memulai jaringan dengan memilih *channel* dan PAN ID, mengijinkan *router* dan *end device* bergabung

dengan jaringan. Koordinator juga dapat mengirim dan menerima data serta mengalirkan/merutekan data ke jaringan *mesh*.

- *Router*: Nodal ini berfungsi untuk mengirimkan dan menerima data serta membantu proses routing paket data di jaringan.
- *End device*: Divais ini bertugas mengirimkan paket data dan tidak bisa membantu dalam proses perutean data seperti halnya *router*.

Sekelompok nodal yang terdiri dari satu koordinator, beberapa *router* dan beberapa *end device* membentuk suatu jaringan komunikasi ZigBee. Nodal nodal tersebut menerima dan mengirimkan paket data didalam sebuah jaringan melalui media komunikasi nirkabel. Dengan demikian, salah satu hal yang penting dari sebuah jaringan nirkabel adalah bagaimana mendistribusikan dan menempatkan nodal secara fisik dan meningkatkan komunikasi jaringan. Pada jaringan ZigBee, nodal dapat terhubung satu sama lain dalam struktur topologi jaringan yang berbeda seperti diilustrasikan pada Gambar 1, yaitu *point-to-point*, *star*, *mesh* atau *cluster tree*.



Gambar. 1 Bentuk topologi jaringan *point-to-point*, *mesh*, *star* dan *cluster tree*.

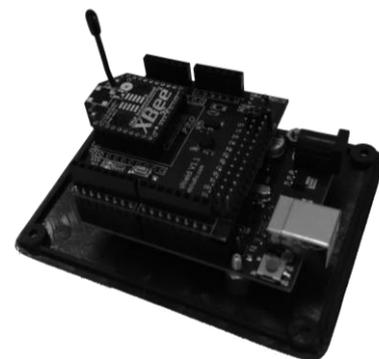
Topologi jaringan tersebut menjelaskan bagaimana modul RF (*Radio Frequency*) pada nodal terhubung secara logika satu sama lain. Setiap paket data yang dikirimkan oleh modul RF tersebut memiliki alamat sumber dan alamat tujuan. Setiap modul ZigBee mempunyai alamat 64 bit yang bersifat permanen dan unik dari produsen

modul ZigBee tersebut. Modul ZigBee juga memiliki alamat 16 bit yang di set pada jaringannya.

Jaringan ZigBee termasuk pada *Personal Area Network* (PAN), sehingga nodal-nodal pada jaringan tersebut didefinisikan dengan menggunakan PAN ID yang unik dan berbeda. Jaringan ZigBee dibentuk secara otomatis oleh modul ZigBee. Nodal koordinator membentuk jaringan ZigBee dengan memilih PAN ID dan sebuah kanal yang tidak sedang digunakan. Untuk bergabung pada suatu jaringan, perangkat ZigBee (*end device* atau *router*) dikonfigurasi dengan sebuah PAN ID atau menemukan jaringan terdekat dan memilih sebuah PAN ID untuk bergabung dengan jaringan tersebut.

### III. RANCANGAN SISTEM DAN UJI COBA

Penelitian ini mengembangkan jaringan ZigBee baik untuk jaringan *single hop* dan *multi hop* dengan beberapa nodal nirkabel. Nodal tersebut dibangun dari modul arduino, Xbee shield dan modul Xbee, seperti terlihat pada Gambar 2. Sistem yang dikembangkan menggunakan Arduino UNO R3 yang memiliki chip mikrokontroler ATmega328 [6]. Arduino merupakan platform perangkat keras sederhana bersifat terbuka (*open source*) untuk mikrokontroler single-board dengan dukungan embedded I/O dan bahasa pemrograman standar. Arduino dikendalikan dan diprogram oleh komputer melalui koneksi USB. Arduino mempunyai 14 input/ouput digital dan 6 input analog, 16 MHz clock dan sebuah tombol reset.



Gambar. 2 Nodal nirkabel terbuat dari modul Xbee dan arduino.

Xbee S2 digunakan untuk fungsi komunikasi pada sistem. Dirancang untuk beroperasi dengan protokol ZigBee, Xbee S2 mendukung aplikasi

yang membutuhkan daya yang rendah dan harga yang masih terjangkau. Modul Xbee S2 bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dan kecepatan data 250 kbps [5]. Dengan antena kawat, seperti terlihat pada Gambar 2, Xbee dapat digunakan untuk jaringan *mesh*. Jarak jangkauan pada kondisi LOS (*Line of sight*) di luar ruangan (*out door*) adalah 120 m dan penggunaan didalam ruangan (*in door*) terbatas pada 40 m saja. Sementara, Xbee shield digunakan untuk menghubungkan modul Xbee dengan Arduino board. Xbee shield mempunyai antarmuka ganda diatas dan bawah untuk konfigurasi kaskad dengan arduino. Terdapat 3 indikator LED untuk Xbee (ON/SLEEP, RSSI dan ASS) [7].

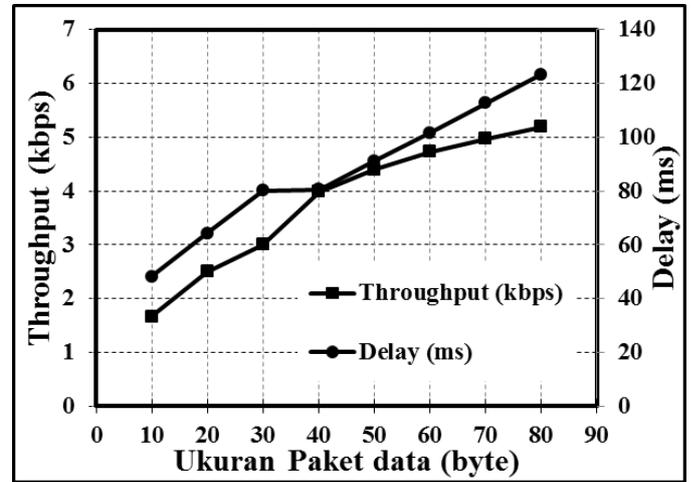
Arduino Uno board diprogram dengan menggunakan aplikasi Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) yang berbasis *open source* [8]. Arduino IDE mempunyai kemampuan sebagai editor program, kompiler kode program dan mengunduhnya ke mikrokontroler. X-CTU yang disediakan oleh Digi [9] digunakan untuk mengupgrade *firmware*, mengubah tipe perangkat, mengkonfigurasi dan memantau parameter sistem modul Xbee.

Setelah jaringan nirkabel berbasis ZigBee sudah terbentuk, maka dilakukan pengukuran dan analisa kualitas layanan jaringan (*Quality of Service/QoS*) untuk mengetahui kinerja jaringan tersebut. Parameter yang diukur tersebut diantaranya adalah rata-rata *throughput*, *delay* dan *packet loss*. Rata-rata *throughput* dideskripsikan sebagai ukuran total paket data yang berhasil sampai ke tujuan per satuan waktu. Sementara rata-rata *delay* merupakan rata-rata waktu yang dibutuhkan suatu paket data dikirimkan dari sumber dan berhasil sampai ke tujuan. Banyaknya jumlah paket data yang mengalami kegagalan dalam pengiriman berlangsung diperhitungkan dengan persentase *packet loss*. Nilai ini mendiskripsikan persentase paket data yang tidak berhasil sampai kepada tujuan pengiriman paket data tersebut dari 100% paket yang dikirimkan.

Perangkat lunak *Docklight V2.0* [10] digunakan untuk memantau aliran komunikasi data dan pengukuran parameter QoS dalam jaringan nirkabel tersebut. Pengujian dilakukan pada skenario jaringan star dan *mesh* baik dengan kondisi *line of sight* (LOS) dan *Non line of sight* (NLOS).

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini ditampilkan hasil pengukuran beberapa parameter QoS dari jaringan nirkabel yang telah dikembangkan. Masing-masing hasil kemudian dianalisa untuk melihat kinerja dari jaringan tersebut.

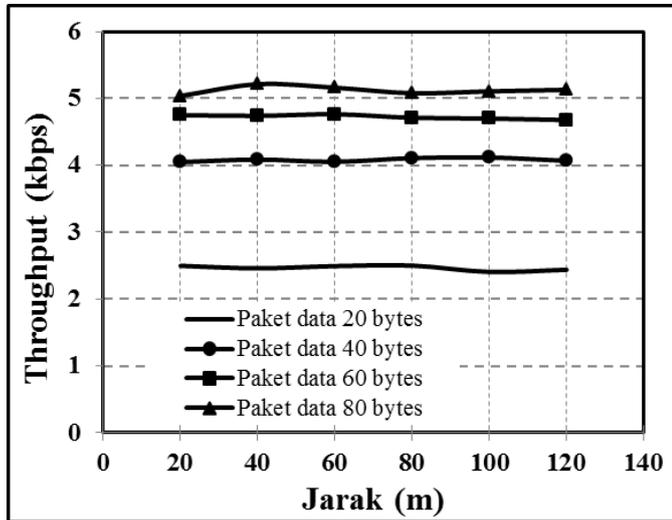


Gambar. 3 Grafik rata-rata throughput dan rata-rata delay sebagai fungsi dari ukuran paket data yang dikirimkan.

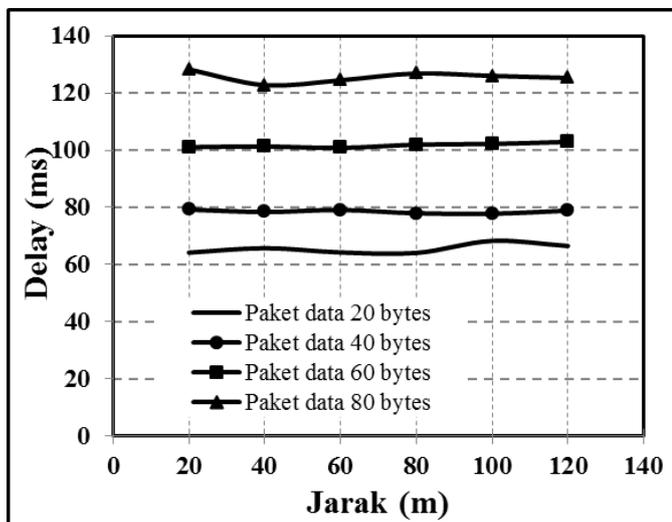
Gambar 3 memperlihatkan kinerja jaringan dalam parameter *throughput* dan *delay* sebagai fungsi dari ukuran paket data. Nilai *throughput* dan *delay* yang diperlihatkan pada gambar tersebut merupakan nilai rata-rata dari 120 kali percobaan pengiriman paket data dengan interval waktu pengiriman setiap 1 detik dari suatu nodal ke nodal koordinator (*point-to-point*). Kedua nodal tersebut diposisikan 20 cm diatas permukaan tanah dengan jarak 3 m pada kondisi *line of sight* (LOS). Dari hasil percobaan ini terlihat bahwa rata-rata *delay* mengalami kenaikan seiring bertambahnya ukuran paket yang terkirim secara sukses. Semakin besar ukuran paket data membutuhkan waktu proses yang lebih lama, hal ini disebabkan modul Xbee yang digunakan mengirimkan paket data secara berurutan per satuan waktu atau secara serial. Paket data akan ditampung dalam serial *buffer* sebelum dikirimkan oleh modul Xbee. Dengan semakin besarnya ukuran paket data yang akan dikirimkan menyebabkan antrian paket pada serial *buffer* yang lebih panjang sehingga menyebabkan *delay* transmisi yang semakin lama. Sementara nilai rata-rata *throughput* yang didapat

merupakan ukuran paket data yang terkirim sukses dibagi dengan rata-rata *delay*.

Kinerja jaringan juga diukur sebagai fungsi dari jarak transmisi antar nodal untuk melihat apakah parameter tersebut berpengaruh pada kinerja jaringan yang ditunjukkan oleh nilai parameter *throughput* dan *delay*.



Gambar. 4 Grafik rata-rata *throughput* sebagai fungsi dari jarak antar nodal.

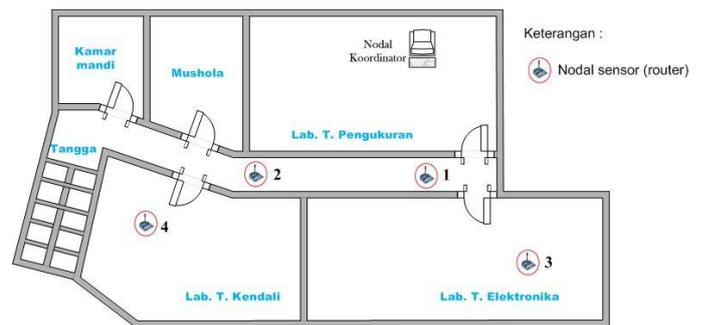


Gambar. 5 Grafik rata-rata *delay* sebagai fungsi dari jarak antar nodal.

Gambar 4 dan 5 memperlihatkan kinerja jaringan dalam parameter *throughput* dan *delay* sebagai fungsi dari jarak antar dua nodal. Nilai *throughput* dan *delay* yang diperlihatkan pada gambar tersebut merupakan nilai rata-rata dari 60 kali percobaan

pengiriman paket data dengan interval waktu pengiriman setiap 2 detik dari suatu nodal ke nodal koordinator (*point-to-point*). Kedua nodal tersebut diposisikan 20 cm diatas permukaan tanah dengan jarak divariasikan mulai 20 m sampai dengan 120 m pada kondisi LOS. Percobaan ini dilakukan untuk ukuran paket data 20, 40, 60 dan 80 byte. Hasil percobaan memperlihatkan bahwa jarak antar nodal tidak terlalu berpengaruh pada kinerja jaringan baik pada rata-rata *throughput* ataupun rata-rata *delay*. Hal ini dimungkinkan arena jarak antar kedua nodal masih termasuk relatif dekat atau masih pada jarak jangkauan dari modul Xbee tersebut sehingga tidak terlalu berpengaruh pada kecepatan pengiriman paket data.

Salah satu parameter kinerja jaringan yang cukup penting adalah persentase *packet loss* yang menunjukkan seberapa banyak paket data yang gagal terkirimkan dari suatu nodal ke nodal koordinator. Skenario pengukuran persentase *packet loss* dilakukan pada kondisi *line of sight* (LOS) dan *Non line of sight* (NLOS).



Gambar. 6 Skema posisi nodal sensor terhadap nodal koordinator untuk pengujian *packet loss* pada kondisi NLOS.

Percobaan pengukuran pada kondisi LOS dilakukan dengan menggunakan jaringan *point-to-point* antara dua nodal pengirim dan penerima yang diposisikan dengan jarak divariasikan mulai 20 m sampai dengan 120 m. Paket data yang dikirimkan berukuran 20, 40, 60 dan 80 byte, dengan interval waktu pengiriman 2 detik. Pada Tabel 1 terlihat bahwa pada kondisi tidak ada halangan antara dua nodal tersebut (LOS), jumlah paket data yang diterima sama dengan jumlah paket data yang dikirim. Hal ini terjadi di semua ukuran paket data pada seluruh jarak yang divariasikan.

Sementara pada pengujian pada kondisi NLOS dilakukan didalam ruangan dimana posisi nodal koordinator pada poisis tetap dan nodal sensor ditempatkan seperti terlihat pada Gambar 6. Pada Tabel 2 terlihat bahwa semakin jauh posisi nodal penerima dari nodal pengirim menyebabkan

penurunan jumlah paket data yang terkirim sukses. Untuk semua skenario ukuran paket data, persentase hilangnya paket data (*packet loss*) semakin besar yang disebabkan jarak transmisi yang semakin jauh dan semakin banyaknya penghalang antara nodal pengirim dan penerima.

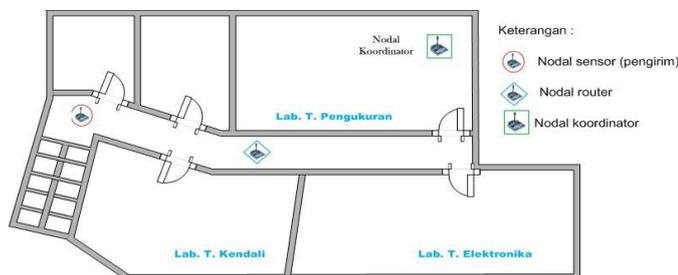
Tabel 1: Data jumlah paket yang dikirim oleh nodal dan diterima oleh nodal koordinator pada kondisi LOS.

| Jarak (m) | Paket data 20 bytes |                     | Paket data 40 bytes |                     | Paket data 60 bytes |                     | Paket data 80 bytes |                     |
|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|           | paket data dikirim  | paket data diterima |
| 20        | 127                 | 127                 | 123                 | 123                 | 124                 | 124                 | 129                 | 129                 |
| 40        | 124                 | 124                 | 122                 | 122                 | 130                 | 130                 | 120                 | 120                 |
| 60        | 122                 | 122                 | 125                 | 125                 | 122                 | 122                 | 121                 | 121                 |
| 80        | 124                 | 124                 | 122                 | 122                 | 122                 | 122                 | 121                 | 121                 |
| 100       | 123                 | 123                 | 132                 | 132                 | 122                 | 122                 | 126                 | 126                 |
| 120       | 124                 | 124                 | 122                 | 122                 | 118                 | 118                 | 103                 | 103                 |

Tabel 2: Data jumlah paket yang dikirim oleh nodal dan diterima oleh nodal koordinator pada kondisi NLOS.

| Posisi Nodal Sensor | Paket data 20 bytes |                     |                 | Paket data 40 bytes |                     |                 | Paket data 60 bytes |                     |                 | Paket data 80 bytes |                     |                 |
|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------|---------------------|---------------------|-----------------|---------------------|---------------------|-----------------|---------------------|---------------------|-----------------|
|                     | paket data dikirim  | paket data diterima | Packet Loss (%) | paket data dikirim  | paket data diterima | Packet Loss (%) | paket data dikirim  | paket data diterima | Packet Loss (%) | paket data dikirim  | paket data diterima | Packet Loss (%) |
| 1                   | 123                 | 123                 | 0               | 123                 | 123                 | 0               | 129                 | 129                 | 0               | 122                 | 122                 | 0               |
| 2                   | 121                 | 113                 | 6,61            | 126                 | 125                 | 0,79            | 124                 | 120                 | 3,23            | 121                 | 117                 | 3,31            |
| 3                   | 158                 | 154                 | 2,53            | 122                 | 112                 | 8,2             | 122                 | 89                  | 27,05           | 122                 | 72                  | 40,98           |
| 4                   | 123                 | 57                  | 53,67           | 123                 | 64                  | 47,98           | 123                 | 46                  | 62,6            | 128                 | 6                   | 95,31           |

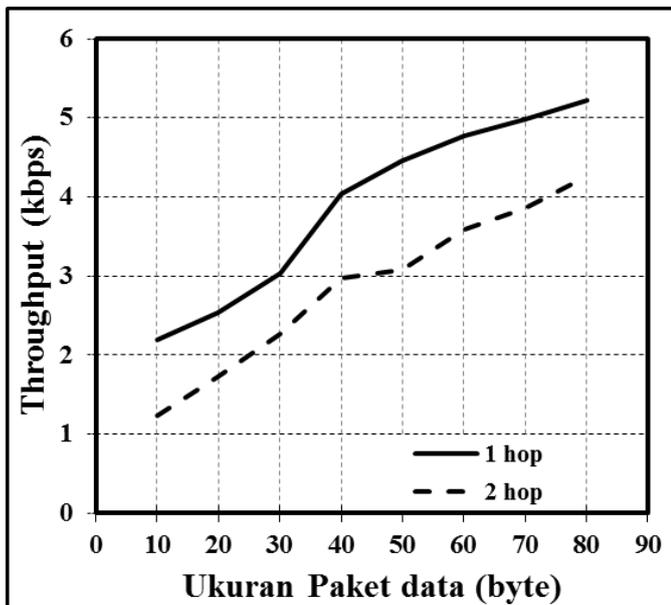
Jaringan *mesh* merupakan jaringan komunikasi dengan nodal router yang meneruskan paket data dari nodal pengirim ke nodal penerima. Skema penempatan nodal-nodal pada pengujian untuk jaringan *mesh* (2 hop) diilustrasikan pada Gambar 7.



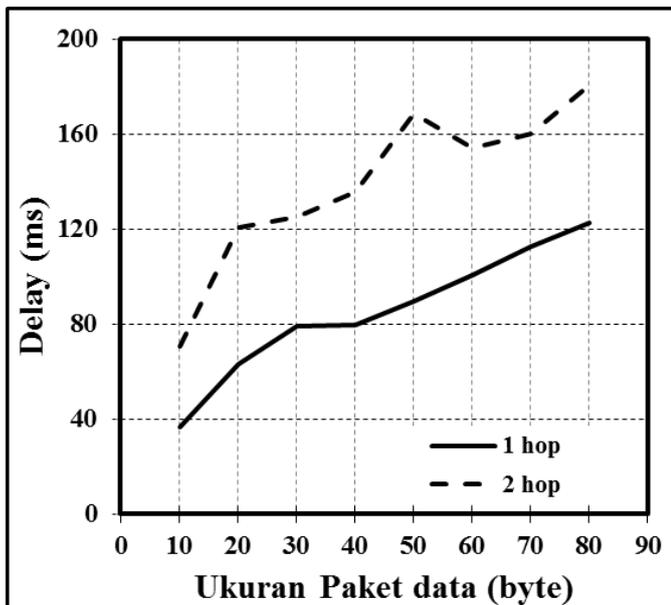
Gambar. 7 Skema posisi nodal sensor terhadap nodal koordinator untuk pengujian *packet loss* pada kondisi NLOS.

Pada pengujian ini, nodal sensor mengirimkan paket data dengan ukuran mulai dari 20 sampai dengan 80 byte, dimana setiap ukuran paket data dikirimkan sebanyak 120 kali dengan interval 5 detik. Kinerja jaringan pada topologi *mesh* (2 hop) dibandingkan dengan kinerja pada topologi *point-to-point* (1 hop).

Dari hasil pengujian terlihat bahwa jaringan *mesh* dengan 2 hop mempunyai kinerja yang rendah dibandingkan dengan jaringan *point-to-point* dengan 1 hop. Hal ini terlihat untuk jaringan 2 hop mempunyai nilai rata-rata *throughput* yang lebih rendah (Gambar 8) dan nilai rata-rata *delay* yang lebih lama (Gambar 9) dibandingkan dengan jaringan 1 hop.



Gambar. 8 Grafik perbandingan rata-rata *throughput* untuk jaringan 1 hop dan 2 hop.



Gambar. 9 Grafik perbandingan rata-rata delay untuk jaringan 1 hop dan 2 hop.

## V. KESIMPULAN

Jaringan nirkabel berbasis ZigBee dikembangkan menggunakan Arduino Uno board, Xbee shield dan modul Xbee Series 2. Dari hasil pengujian kinerja jaringan disimpulkan beberapa hal berikut ini:

1. Pada jaringan *point-to-point*, ketika ukuran paket data yang dikirimkan semakin besar, maka nilai rata-rata *throughput* semakin besar tetapi waktu

yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan akan semakin lama.

2. Jarak antara nodal pengirim dan penerima tidak terlalu berpengaruh terhadap kinerja jaringan baik nilai rata-rata *throughput* ataupun *delay* berapapun ukuran paket data yang dikirimkan, selama jarak tersebut masih termasuk jangkauan maksimum modul Xbee yang digunakan.
3. Pada kondisi *line of sight* (LOS), seluruh paket data dapat dikirimkan secara sukses di nodal penerima. Tetapi pada kondisi *Non line of sight* (NLOS), akan semakin banyak paket data yang hilang pada proses pentransmision seiring dengan jarak yang semakin jauh.
4. Kinerja jaringan *point-to-point* (1 hop) lebih baik dibandingkan kinerja jaringan *mesh* (2 hop), baik dilihat dari rata-rata *throughput* dan *delay*.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan atas bantuan finansial untuk penelitian ini melalui Hibah Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2014-2015.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Stalling, *Wireless Data Communications*, 2nd ed., Pearson Prentice Hall Upper, 2005.
- [2] ZigBee Alliance. *ZigBee Specification*. 2012. [online]. Available: <http://www.zigbee.org>.
- [3] C. Ergen, Sinem, "ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary," Electrical Engineering and Computer Science, University of California, Berkeley, 2004.
- [4] V. Mayalarp, N. Limpaswadpaisarn, T. Poombansao, and S. Kittipayakul, "Wireless Mesh Networking with Xbee," in *Proc. ECTI-CARD*, 2010.
- [5] Digi International Digi International Inc. *XBee/XBee-Pro ZB RF Modules Product Manual*. 2014. [online]. Available: <http://www.digi.com>.
- [6] Arduino Uno Overview. [online]. Available: <http://www.arduino.cc>.
- [7] XBee Shield V1.1 Overview. [online]. Available: <http://www.iteadstudio.com>
- [8] Ide Arduino Software. [online]. Available: <http://www.arduino.cc>.
- [9] X-CTU Software. [online]. Available: <http://www.digi.com>.
- [10] Docklight Software. [online]. Available: <http://www.docklight.de>.