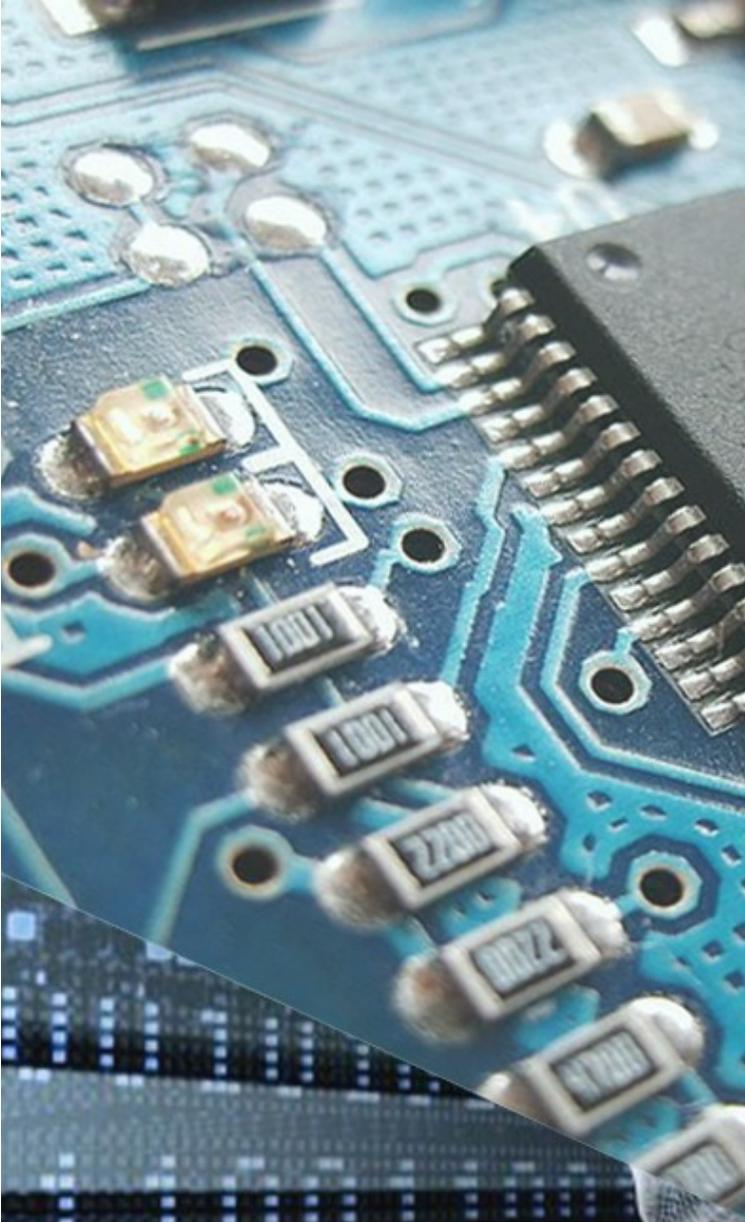


PROCEEDINGS

INTERNATIONAL CONFERENCE 2016
INTERNATIONAL PROCEEDING ON APPLIED ELECTRICAL,
ELECTRONIC, AND INFORMATIC ENGINEERING

infert
2016



Badan Penerbit Universitas Tanjungpura (UNTAN PRESS)
Jl. A. Yani Pontianak 78124, INDONESIA
Telp. : (0561) 739630, Fax. : (0561) 739637

ANGGOTA IKAPI No. 004/KLB/03



ORGANIZER

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Jalan.Ahmad Yani, Pontianak, West Borneo.
Telp:(0561) 736180 / Fax:(0561) 740143
Email:infert2016@gmail.com
Website:http://infert.elektro.polnep.ac.id

Table Of Contents

- Optimum Orientation and Tilt Angle for Estimating Performance of a PV module
Ayong Hiendro, Muhammad Hasbi, Makbul A.M. Ramli (6-11)
- Design And Analysis Of The Automatic Braking Control System On City Car Manual Transmission With Decision Support System Intelligent
Doddy Satrya Perbawa, Freska Rolansa (12-17)
- Akurasi algoritma *hough transform* untuk deteksi lingkaran pada simulator mesin pengebor PCB otomatis
Fitri Wibowo, Satriyo (18-23)
- Analisis Kinerja Photovoltaik Pada Stand Alone Dan Operasi Bersama Dengan PLN
Herman HR, Najamuddin Harun, Syafruddin, Nasrun Kadir (24-33)
- Pemetaan Potensi Lahan Untuk Energi Alternatif Biodiesel Berbasis Sistem Informasi Geografis
Hilda (34-40)
- Kajian Wireless Sensor Network (WSN) Untuk Manajemen Energi Gedung Pintar Di Politeknik Negeri Pontianak
Yunita, Mariana Syamsudin (41-45)
- Design Considerations of Diode Source Protection in Multiple Input Buck Converter
Maxwell Muscarella, Jeston Mitchell, Taufik Taufik (46-51)
- Stand-Alone Photovoltaic Supply System: Design And Performance Analysis of 'Balance of System'
Rama Rao Lachanna and Ananthi Jeyaraju, Chelvakumari Arumugam (52-57)
- FPGA-Base Non-Adjacent Form Scalar Multiplication in Elliptic Curve Cryptography
Sahbuddin Abdul Kadir (58-61)
- Student Engagement in the E-Learning Process and the Impact on Their Grades in English Language Education at STKIP PGRI Pontianak, West Kalimantan, Indonesia
Nurul Fadillah (62-68)

- Membangun Sistem Informasi Akademik Berbasis Web
Wendhi Yuniarto, Ahmad Gunawan, Hasan (69-72)
- The Design of Direct Memory Access Controller Core Based on Advanced Microcontroller Bus Architecture
Wendhi Yuniarto, Mariana Syamsudin, Irawan Suharto (73-76)
- Sistem Informasi Geografis Kejahatan di Pontianak menggunakan Protokol Data Dynamic Exchange (DDE)
Freska Rolansa (77-80)
- Audit Sistem Informasi Kepegawaian Pada Kementerian Kebudayaan dan Pariwisata
Muhammad Hasbi, Neny Firdyanti (81-93)
- PLT Angin Hibrid Dengan Plt Surya Untuk Memenuhi Kebutuhan Energi Listrik Pengganti Lampu Petromaks Pada Nelayan Bagan Tancap
Taufik Muzakkir (94-97)
- Early Warning System Bencana Banjir Dan System Penyebaran Informasi Dengan Menggunakan Komunikasi Radio Link
Umar Katu, Muh Tola, Saleh Pallu, Zulfajri B Hasanuddin, Achmad zubair (98-107)
- Pengaruh Beban Non Linier(LEDs) Pada Pola Harmonisa Dan Besarnya Arus Pada Penghantar Netral Didalam Sistem 3 Phase
Achmad Marzuki, Ramli (108-114)

Kajian Wireless Sensor Network (WSN) Untuk Manajemen Energi Gedung Pintar Di Politeknik Negeri Pontianak

Yunita
Electrical Engineering Department
State Polytechnic of Pontianak
Indonesia
u.nita.muhamam@gmail.com

Mariana Syamsudin
Electrical Engineering Department
State Polytechnic of Pontianak
Indonesia
mariana.syamsudin@gmail.com

Abstraksi- Salah satu teknologi untuk manajemen energi listrik adalah *Wireless Sensor Network (WSN)*, yaitu teknologi nirkabel yang dilengkapi dengan sensor sebagai pemonitor keadaan sekitar seperti suhu, suara, getaran dan lain-lain. Agar terhubung antara satu dan yang lainnya, sensor tersebut dilengkapi dengan radio transceiver, mikro-kontroler kecil dan baterai.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan pengkajian manajemen energi dengan menggunakan WSN pada laboratorium Teknik Informatika Politeknik Negeri Pontianak. Proses yang dilakukan adalah melalui simulasi yang dilakukan pada dua skenario, skenario 1 menggunakan 15 node dan skenario 2 menggunakan 6 node. Masing-masing skenario disimulasikan menggunakan dua jenis trafik yang berbeda, yaitu TCP/FTP dan UDP/CBR. Jumlah node pada WSN sangat mempengaruhi performansi WSN. Nilai PDR pada skenario 1 untuk trafik TCP/FTP dan UDP/CBR secara berurutan adalah sebesar 95,25% dan 97,96%. Sedangkan untuk skenario 2, nilai ini menjadi 73,68% dan 93,75%. Nilai throughput minimum dan maksimum pada trafik UDP/CBR sama untuk kedua skenario yaitu sebesar 0,56 kbps dan 2,8 kbps secara berurutan. Sedangkan pada kondisi trafik TCP/FTP mempunyai nilai throughput yang jauh berbeda yaitu mulai dari 0,96 kbps hingga 44,16 kbps untuk skenario 1 dan pada skenario 2 mulai dari 0,48 kbps hingga 3,48 kbps.

Keywords—*Wireless Sensor Network; 802.15.4; ZigBee; Politeknik Negeri Pontianak*

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik yang terus bertambah membuat PT. PLN sebagai pemasok tunggal energi listrik kesulitan dalam memenuhi semua kebutuhan tersebut. Hal ini ditulis di beberapa media seperti tempo.co pada Sabtu, 28 Juni 2008 20:37 WIB dengan judul artikel “PLN Kewalahan Atasi Tingginya Permintaan Listrik” dan bisnis.liputan6.com pada Jumat, 13 Juni 2014 20:48 WIB dengan judul artikel

“Pertamina dan PLN Sudah Kewalahan Penuhi Energi Untuk Rakyat”. Solusi dari kurangnya pasokan listrik ini adalah dengan menggunakan sumber daya tak habis pakai seperti penggunaan solar sel, tenaga air, angin dan lain-lain. Solusi lain yang sedang dikembangkan adalah manajemen energi

listrik yaitu pengaturan penggunaan listrik dengan seefisien mungkin dan mengurangi penggunaan listrik.

Penggunaan listrik dengan efisien harus disertai dengan kesadaran dari pengguna untuk mengurangi penggunaan listrik yang tidak diperlukan. Politeknik Negeri Pontianak sebagai sebuah institusi pendidikan memiliki beberapa gedung perkuliahan yang digunakan oleh mahasiswa untuk proses belajar mengajar. Kurangnya kesadaran pengguna dan tidak adanya manajemen gedung, sehingga banyak sekali penggunaan listrik yang tidak perlu di gedung-gedung tersebut, seperti lampu lorong yang menyala di siang hari atau penyejuk ruangan yang bekerja di saat tidak ada seorang pun di dalam ruangan. Hal ini merupakan suatu pemborosan energi listrik, sehingga untuk mengatasi hal itu perlu dibuat manajemen energi gedung pintar dengan menggunakan Wireless Sensor Network (WSN).

Wireless Sensor Network (WSN) adalah teknologi nirkabel yang dilengkapi dengan sensor sebagai pemonitor keadaan sekitar seperti suhu, suara, getaran dan lain-lain. Agar terhubung antara satu dan yang lainnya, sensor tersebut dilengkapi dengan radio transceiver, mikro-kontroler kecil dan baterai. Terdapat banyak komponen perangkat keras untuk aplikasi WSN yang masing-masing memiliki standar komunikasi yang berbeda-beda seperti ZigBee, 6LowPAN dan WirelessHART, sehingga harus dilakukan riset, baik itu berupa studi literatur maupun simulasi, untuk mengetahui komponen dan standar komunikasi yang tepat sesuai dengan kegunaannya dan arsitektur jaringannya.

Jurnal ini dibagi menjadi empat bagian utama. Yang pertama adalah Pendahuluan yang membahas latar belakang dan tujuan dari dibuatnya penelitian ini. Bagian kedua membahas teori-teori dasar yang digunakan dalam penelitian ini. Parameter simulasi seperti simulator yang digunakan, data awal, topologi, trafik, jenis antenna, model propagasi,

protokol ruting dibahas pada bagian ketiga. Hasil simulasi berupa evaluasi performansi seperti packet delivery ratio, throughput, dan end to end delay ditampilkan pada bagian keempat.

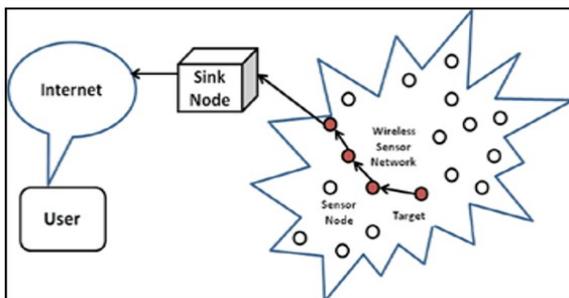
II. WIRELESS SENSOR NETWORK

I. *Wireless Sensor Network*

Wireless Sensor Network (WSN) adalah gabungan dari beberapa proses yaitu proses sensing, komputasi dan komunikasi radio dalam suatu jaringan. [1] WSN terdiri dari node-node dimana node tersebut memiliki satu sensor, prosesor, penyimpanan, radio berdaya rendah dan biasanya dioperasikan dengan baterai. Sensor ini digunakan untuk mengukur, merekam dan memonitor kondisi fisik dan lingkungan pada beberapa lokasi seperti suhu, temperatur, tekanan, getaran, gerakan, dan lain-lain. [2]

WSN digunakan pada beberapa area baik itu industri maupun aplikasi sipil. Aplikasi WSN dapat dibagi menjadi tiga kelas, yaitu pengumpulan data lingkungan, pemonitor sekuriti dan treking node sensor. [1] Dari aplikasi-aplikasi tersebut, maka WSN memiliki karakteristik-karakteristik sebagai berikut:

- Dapat digunakan pada daya yang terbatas
- Dapat ditempatkan pada kondisi lingkungan yang keras
- Dapat digunakan untuk kondisi dan pemrosesan data secara mobile.
- Mempunyai topologi jaringan yang dinamis, dengan sistem node yang heterogen
- Dapat dikembangkan untuk skala besar.[3]



Gambar 1. Arsitektur WSN [2]

1. *IEEE 802.15.4*

IEEE 802.15.4 diselesaikan pada tahun 2003 adalah standar teknis penggunaan Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs) khususnya pada lapisan fisik, kontrol MAC untuk LR-WPANs. IEEE 802.15.4 bekerja pada frekuensi 868/ 915/ 2450 MHz.

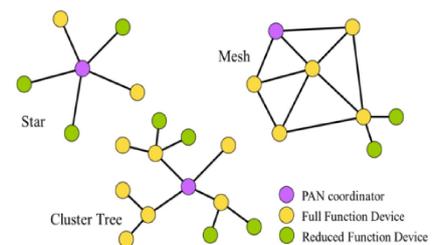
IEEE 802.15.4 tidak mendefinisikan lapisan-lapisan di atas lapisan MAC, sehingga hal ini diserahkan kepada para produsen hardware untuk pengembangannya. Hardware yang bekerja dengan standar ini adalah ZigBee, WirelessHART, MiWi, dan lain-lain. 6LoWPAN sebagai hardware yang bekerja pada standar IPv6 juga dapat digunakan bersamaan dengan standar ini.

Fokus utama IEEE 802.15.4 adalah lapisan jaringan yang *low-cost* dan komunikasi *low-speed*. Jarak komunikasi bisa mencapai 10 meter dengan kecepatan transfer data sebesar 250 kbps. Nilai ini bisa diperkecil lagi pada node-node yang memerlukan daya rendah, sehingga dapat mengurangi konsumsi daya pada node yang menyimpan sumber daya yang kecil berupa baterai. [4]

J. *ZigBee*

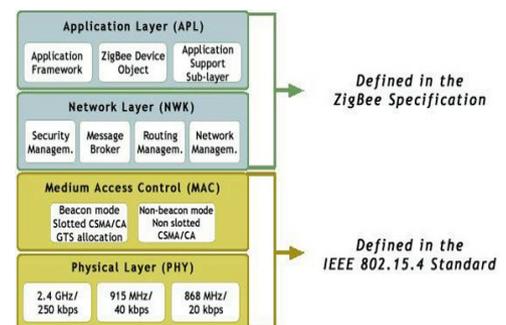
ZigBee dengan developer utamanya adalah ZigBee alliance merupakan jaringan komunikasi nirkabel yang termasuk dalam standar IEEE 802.15.4. ZigBee sudah banyak diaplikasikan untuk otomasi rumah/gedung, implementasi energi pintar, dan masih banyak lagi aplikasi lainnya. Hal ini dikarenakan ZigBee tidak memerlukan daya yang cukup besar dalam pengoperasiannya, ZigBee juga memiliki waktu hidup yang cukup lama hingga beberapa tahun. ZigBee dibuat oleh tim peneliti yang bekerjasama dengan industri untuk menghasilkan sebuah standar yang dapat dipakai untuk aplikasi WSN. Jaringan komunikasi ZigBee dapat memiliki 10.000 lebih node dalam suatu jaringan, sehingga ZigBee dapat dikembangkan untuk jaringan komunikasi skala besar. [5]

Jaringan komunikasi ZigBee dapat digunakan di tiga topologi, yaitu star, cluster tree dan mesh seperti yang terlihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 2. Arsitektur jaringan ZigBee [5]

ZigBee sebagai bagian dari IEEE 802.15.4 mempunyai stack protokol seperti di gambar 3, dengan frekuensi yang bisa digunakan adalah tiga frekuensi bebas lisensi, yaitu 2,4 GHz, 915 MHz dan 868 MHz.



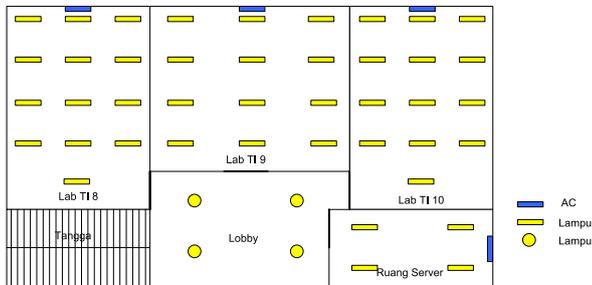
Gambar 3. Stack protokol ZigBee (sumber: www.wireless.arcada.fi) [5]

III. PARAMETER SIMULASI

Dalam penelitian ini menggunakan simulator NS-2 dengan parameter-parameter simulasi WSN yang akan dijelaskan berikut ini.

1. Denah Laboratorium Teknik Informatika POLNEP

Pengambilan data dilakukan di Laboratorium Teknik Informatika (Lab TI) POLNEP. Data yang diambil berupa jumlah lampu dan penyejuk ruangan yang ada di Lab TI berupa denah seperti pada gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Denah lantai 2 Laboratorium TI Polnep

Dari gambar 4 di atas dapat diketahui bahwa jumlah lampu di Lab TI 8 dan Lab TI 10 masing-masing sebanyak 13 lampu, di ruangan Lab TI sebanyak 12 lampu, 4 buah lampu di Ruang Server dan 4 buah lampu di lobby. Terdapat penyejuk ruangan dengan total 4 buah penyejuk ruangan di Lab TI untuk masing-masing ruangan.

1. NS-2

NS-2 atau The Network Simulator lebih banyak digunakan untuk penelitian, merupakan simulator yang berbasis object-oriented, yang ditulis dengan bahasa C++ dan OTcl. NS-2 menyediakan banyak sekali source code protokol yang dapat digunakan dan dikembangkan seperti 802.11, 802.16, IR-UWB, BlueTooth dan 802.15.4 [6]

Kelebihan dari NS-2 adalah sebagai berikut:

- Merupakan simulator jaringan yang open source atau free,
- Mendukung protokol jaringan kabel dan nirkabel yang terdapat pada tabel 1 di bawah ini:

TABEL 1. Protokol pada NS-2

Jaringan kabel	Jaringan nirkabel
Ruting: Unicast, Multicast, dan Hierarchical Ruting	Ad-Hoc ruting dan mobile IP
Transportasi: TCP, UDP, dan lain-lain	Protokol Ruting: AODV, DSDV, DSR, dan lain-lain
Sumber trafik: web, ftp, telnet, cbr, dan lain-lain	Protokol lapisan MAC: TDMA, CDMA, IEEE MAC 802.x
Jenis antrian: drop-tail, RED, FQ, DRR, dan lain-lain	Lapisan fisik: different channels, directional antenna
QoS: IntServ, Diffserv	Sensor networks: diffusion
Wireless Networking	

Sangat populer digunakan dalam penelitian dan memiliki banyak dukungan dari komunitas-komunitas pengguna internet.

Memiliki dokumentasi dan contoh-contoh yang lengkap.

Sedangkan kekurangan NS-2 adalah sebagai berikut:

Struktur yang rumit

Bugs pada realibilitas dan validasi simulasi

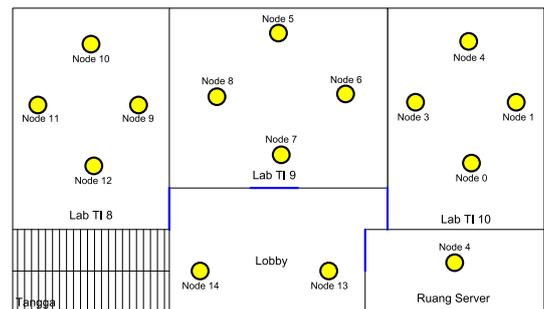
Simulasi abstraksi yang tidak realistis

Kecepatan dan memori

Terdapat dua hasil simulasi pada NS-2 yaitu animasi pada tools nam berupa berkas dengan ekstensi .nam yang sangat berguna untuk demonstrasi. Hasil simulasi yang kedua adalah berupa berkas trace dengan ekstensi .tr. Berkas trace ini berupa text file yang berisi data mentah hasil simulasi yang berisi rekaman event berdasarkan waktu simulasi. [7]

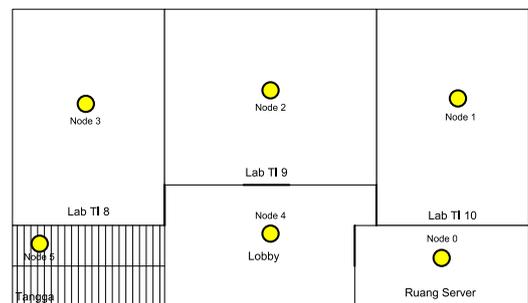
1. Perencanaan topologi jaringan

Simulasi dilakukan dengan membandingkan performansi dari dua variasi jumlah node. Topologi jaringan WSN yang digunakan adalah topologi Mesh. Penentuan jumlah dan lokasi node didapat dari gambar 4, sehingga jumlah node yang akan disimulasikan yaitu sebanyak 15 node, dan selanjutnya akan disebut Skenario 1 yang dapat dilihat pada gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Skenario 1 dengan 15 node

Variasi jumlah node berikutnya adalah menggunakan 6 node yang selanjutnya akan disebut Skenario 2 yang dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Skenario 2 dengan 6 node.

I. Evaluasi Performansi

Terdapat 3 parameter performansi yang akan diukur, yaitu : packet delivery ratio, throughput, dan end to end delay. Adapun pengertian dari masing-masing dijelaskan berikut ini:

Throughput adalah jumlah paket/byte yang diterima oleh sumber per satuan waktu. Biasanya dilambangkan dalam bits per second (bit/s atau bps)

$$Throughput = \frac{\sum P_{RSIZE}}{\sum(t_{st}) - \sum(t_{sp})} \quad (1)$$

Dimana P_{RSIZE} = Ukuran paket yang diterima, t_{st} = waktu mulai, dan t_{sp} = waktu stop

Packet delivery ratio (PDR) adalah rasio antara jumlah paket yang terkirim dan total paket yang dikirimkan.

$$PDR = \frac{\sum P_R}{\sum P_S} \times 100 \quad (2)$$

Dimana P_R = Jumlah paket yang diterima, dan P_S = Jumlah paket yang dikirim.

End to End delay adalah waktu yang dibutuhkan untuk seluruh data/paket/pesan terkirim dari sumber ke tujuan.

$$\begin{aligned} \text{Average End - to - End Delay} \\ = \sum t_{PR} - \sum t_{PS} \end{aligned} \quad (3)$$

Dimana, t_{PR} = waktu penerimaan paket, t_{PS} = waktu pengiriman paket. [8]

I. Parameter Simulasi

Parameter umum yang digunakan dalam simulasi tercantum pada Tabel 2 berikut:

TABEL 2. Parameter Simulasi

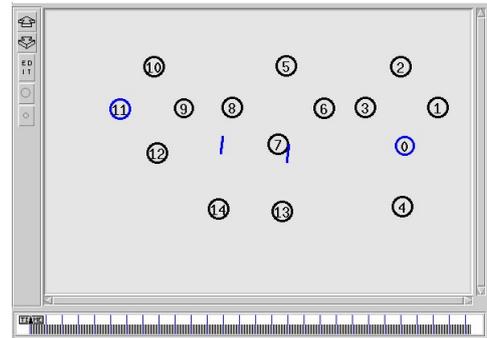
No.	Parameter	Nilai
1	Channel	Wireless
2	Propagation	Two Way Ground
3	MAC Protocol	802.15.4
4	Routing Queue	Drop Tail/PriQueue
5	Antenna	Omni Directional
6	Protokol Ruting	AODV
7	Simulation Area	20*10
8	Simulation stop time	10 s
9	Initial Energi	1 Joule
10	Daya transmit	0,3 Joule
11	Daya terima	0,3 Joule
12	Trafik	UDP/CBR atau TCP/FTP

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

I. Hasil Simulasi

Simulasi dilakukan pada dua skenario, skenario 1 menggunakan 15 node dan skenario 2 menggunakan 6 node.

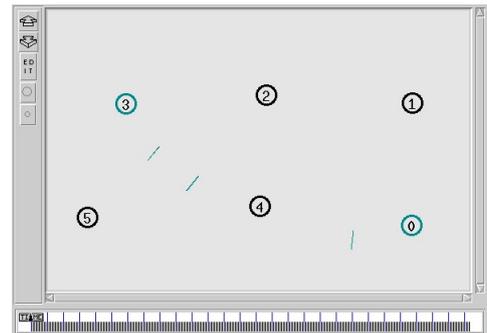
Masing-masing skenario disimulasikan menggunakan dua jenis trafik yang berbeda, yaitu TCP/FTP dan UDP/CBR. Pada skenario 1, hasil simulasi ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Hasil simulasi Skenario 1

Pada skenario 1, node 0 sebagai sumber dan node 11 sebagai tujuan. Dari data yang diperoleh, untuk trafik UDP/CBR paket yang dikirim oleh node 0 sebanyak 49 dan diterima oleh node 11 sebanyak 48 sehingga PDR bernilai 97,96%, yang dapat dilihat pada tabel 3. Sedangkan untuk trafik TCP/FTP, paket yang dikirim sejumlah 737 dan yang diterima sejumlah 702 sehingga PDR bernilai 95,25%.

Pada skenario 2, hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 8 berikut dengan node 0 menjadi sumber dan node 3 adalah tujuan.



Gambar 8. Hasil simulasi Skenario 2

Pada simulasi dengan trafik UDP/CBR, paket yang dikirim oleh sumber adalah sebanyak 48 paket, dan yang diterima di tujuan sebanyak 45, sehingga besar PDR adalah 93,75%. Nilai PDR yang lebih kecil untuk simulasi dengan trafik TCP/FTP yaitu sebesar 73,68%, dengan paket yang diterima sebesar 140 dari 190 paket yang dikirim.

I. Pembahasan Hasil Simulasi

Hasil simulasi pada tabel 3 menunjukkan bahwa performansi WSN untuk skenario 1 lebih bagus dari pada skenario 2. Dapat dilihat pada nilai throughput dan PDR yang lebih besar, baik itu untuk kondisi trafik TCP/FTP maupun UDP/CBR.

Rata-rata waktu yang ditempuh paket untuk sampai ke tujuan lebih kecil pada skenario 1, yaitu sebesar 0,02022 ms untuk trafik TCP/FTP dan 0,00939 ms untuk trafik UDP/CBR. Sedangkan pada skenario 2, waktu yang

dibutuhkan adalah 0,08483 ms dan 0,02037 ms secara berurutan untuk trafik TCP/FTP dan UDP/CBR.

Jumlah node juga mempengaruhi penggunaan energi pada node. Dapat dilihat pada tabel 3 bahwa pada skenario 2, energi yang tersisa sudah mendekati 0, dari nilai energi awal sebesar 1 Joule.

TABEL 3. Performansi WSN Skenario 1 dan 2

Performansi	Skenario 1		Skenario 2	
	TCP/FTP	UDP/CBR	TCP/FTP	UDP/CBR
Throughput min (kbps)	0,96	0,56	0,48	0,56
Throughput max (kbps)	44,16	2,8	3,48	2,8
PDR (%)	95,25	97,96	73,68	93,75
End To End Delay Rata-Rata (ms)	0,02022	0,00939	0,08483	0,02037
Energi tersisa (J) - node sumber	0,02379	0,01433	0,0098	0,00057

Untuk nilai throughput pada skenario 1 dan 2 dipengaruhi oleh kondisi trafik. Trafik UDP/CBR memberikan nilai throughput yang sama untuk kedua skenario tersebut, sedangkan pada trafik TCP/FTP nilai throughput minimum adalah 0,96 dan 0,48 kbps. Sedangkan untuk nilai throughput maksimum sebesar 44,16 dan 3,48 kbps.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Jumlah node pada WSN sangat mempengaruhi performansi WSN. Hal ini dapat dilihat dari hasil simulasi yang menunjukkan performansi WSN skenario 1 lebih bagus dari pada skenario 2, dengan nilai PDR yang lebih besar baik itu untuk trafik TCP/FTP atau UDP/CBR.

Nilai PDR pada skenario 1 untuk trafik TCP/FTP dan UDP/CBR secara berurut adalah sebesar 95,25% dan 97,96%. Sedangkan untuk skenario 2, nilai ini menjadi 73,68% dan 93,75%. Nilai throughput minimum dan maksimum pada trafik UDP/CBR sama untuk kedua

skenario yaitu sebesar 0,56 kbps dan 2,8 kbps secara berurutan. Sedangkan pada kondisi trafik TCP/FTP mempunyai nilai throughput yang jauh berbeda yaitu mulai dari 0,96 kbps hingga 44,16 kbps untuk skenario 1 dan pada skenario 2 mulai dari 0,48 kbps hingga 3,48 kbps.

Untuk kedepannya penelitian ini dapat dilanjutkan dengan melakukan instalasi jaringan WSN dengan menggunakan modul sensor ZigBee ataupun 6LoWPAN.

VI. PENGHARGAAN

Penelitian ini dapat terlaksana berkat bantuan dana dari Simlitabmas Dikti skema Penelitian Dosen Pemula untuk satu tahun yang diperoleh pada tahun 2016.

REFERENSI

- [1] Hill, J., L., "Sistem Architecture for Wireless Sensor Networks", Disertasi, Universitas California, Berkeley, 2003.
- [2] Divya et.al., "Network Topologies in Wireless Sensor Networks: A Review", IJECT Vol. 4, Issue SPL - 3, April - June 2013.
- [3] Sibarani M., "Implementasi Sistem Wireless Sensor Network Berbasis Internet Protokol (IP) untuk Pemantauan Tingkat Polusi Udara", Tugas Akhir, Program Studi Teknik Elektro, Departemen Tekni, Elektro, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 2008.
- [4] "IEEE 802.15.4", Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4, diakses pada tanggal 1 November 2016, pukul 10.00 WIB.
- [5] Nandagoban, A., Viho C., "D4.2 - First report on state of the art, requirements on architecture and needs for IoT testing", Project Deliverable, UR1, Oktober 2012.
- [6] Qutaiba I. Ali, "Simulation Framework of Wireless Sensor Network (WSN) Using MATLAB/ SIMULINK Software", Intech, 2012, <http://dx.doi.org/10.5772/46467>
- [7] Bakhshi, B., "(An Incomplete) Introduction to NS-2", High Speed Networks Lab., CE & IT Department, Amirkabir University of Technology. Diambil dari www.ceit.aut.ac.id/~bakhshis/ns-2/NS-2.pdf diakses pada tanggal 20 November 2016, pukul 12.00 WIB.
- [8] Sharma, R., Gupta, K., "Comparison based Performance Analysis of UDP/CBR and TCP/FTP Traffic under AODV Routing Protocol in MANET", International Journal of Computer Applications (0975 - 8887), Vol. 56 – No.15, October 2012.