

ISSN 2302 - 383X

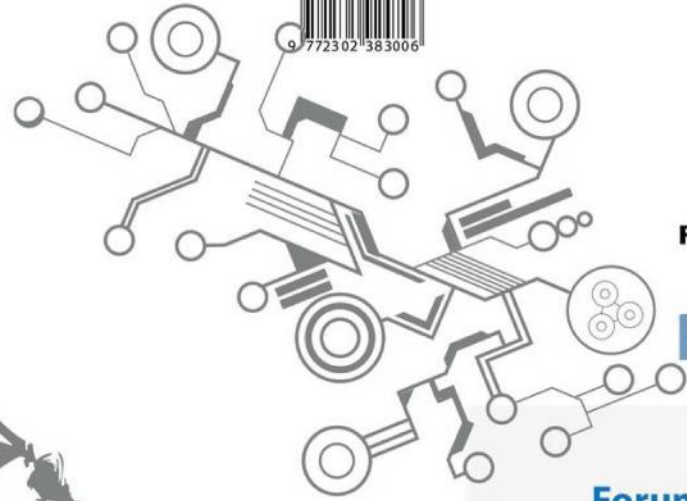


9 772302 383006

ISSN 2302 - 383X



9 772302 383006



Forum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro Indonesia

# PROGRAM BOOK EDISI II

## KONFERENSI NASIONAL KE-7 Forum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro Indonesia (FORTEI) 2013

PADANG, 26 - 28 SEPTEMBER 2013



Supported By:



Sponsored By:



Organized By:



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
UNIVERSITAS ANDALAS

## LEMBAR PENGESAHAN

1. Judul : Pemodelan dan Simulasi Jaringan Sensor Nirkabel IEEE-802.15.4 Dengan Network Simulator-2
2. Penulis : Helmy Fitriawan, Fadil Hamdani, Fajar Ahmad Dewanto
3. Publikasi : Prosiding Forum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro Indonesia (FORTEI) 2013
4. Vol./No./Hal. : -/-/ 180-187
5. Bentuk Publikasi : Seminar Nasional
6. ISSN/e-ISSN : 2302-383X/-
7. Penerbit : Jurusan Teknik Elektro, Universitas Andalas
8. Tahun Penerbitan : 27 September 2013
9. Website :

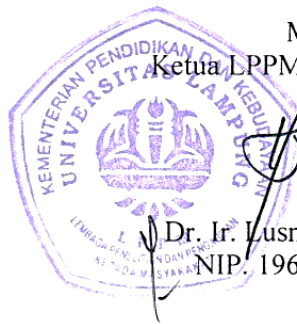


Megetahui,  
Dekan Fakultas Teknik Unila

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

DOKUMENTASI LEMBAR PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT UNIVERSITAS LAMPUNG	
TGL	19-5-2020
NO. INVEN	102 / P / B / N / FT / 2020
JENIS	Prosiding
PARAF	8

## Kata Pengantar

Kami ucapkan selamat datang kepada anda untuk menghadiri Seminar Nasional II yang merupakan bagian acara dari Forum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro Indonesia (FORTEI) VII yang diadakan pada tanggal 26-28 September 2013 di Universitas Andalas, Padang. Seminar Nasional FORTEI ini merupakan forum pertemuan tahunan para akademisi dan peneliti di bidang Teknik Elektro seluruh Indonesia yang akan membahas sejumlah isu dan topik terkini terkait disiplin ilmu Teknik Elektro. Seminar ini juga memberikan kesempatan yang baik untuk bertemunya para ahli, pertukaran informasi, dan penguatan kolaborasi antar para ahli dan institusi.

Sebagai panitia penyelenggara, kami berusaha yang terbaik untuk membuat anda menikmati kunjungan ini dan berharap anda akan mempunyai pengalaman yang tak terlupakan di Bumi Minang, anda dapat menikmati pemandangan pegunungan dan lautan yang indah, budaya matrinal, aneka makanan dan masakan yang lezat.

Atas nama panitia

Ketua,



Dr. Eng. Ariadi Hazmi

## **Panitia Penyelenggara**

Dr. Eng. Ariadi Hazmi

Ikhwana Elfitri, Ph.D

Dr. Eng. Rahmadi Kurnia

Refdinal Nazir, Ph.D

Syafii, Ph.D

Zaini, Ph.D

Melda Latif, MT

Fitrilina, MT

Heru DL, MT

Eka Putra Waldi, M. Eng

Abdul Rajab, MT

Syukri Yunus, MSc

Darwison, MT

Mumuh Muharam, MT

Andi Pawawoi, MT

Darmawan, M. Eng

## DAFTAR ISI

1. Sistem Kontrol dan Monitoring Temperatur Berbasis Fuzzy Logic Controller Menggunakan LabVIEW 8.5  
*Saeful Bahri, Husnibes Muchtar, Erwin Dermawan* 1-4
2. Metode Hibrid PSO-JST untuk Peningkatan Akurasi Prediksi Beban Listrik Jangka Pendek  
*A. G. Abdullah, G. M. Suranegara, D.L. Hakim* 5-9
3. Prediksi Beban Listrik Jangka Pendek Berdasarkan Kluster Tipe Beban Hari Libur Menggunakan Algoritma Backpropagation  
*Y. Mulyadi, A. G. Abdullah, U. Harmaen, I. Setiawan* 10-13
4. Analisis Kerusakan Bantalan Pada Berbagai Resolusi Frekuensi  
*L. Sumarno, Tjendro, W. Widyastuti, R.B.D. Wihadi* 14-18
5. Konseptual Desain Aplikasi Sistem Informasi Kebencanaan Online Berbasis Teknologi LBS (ASIK on LBS)  
*Nasaruddin, Yudha Nurdin, Roslidar, M. Dirhamsyah* 19-23
6. Analisis Pengujian Harmonisa Pada Beban Listrik Berdasarkan Standar Ieee 519-1992  
*Tasma Sucita* 24-28
7. Interferensi Uplink-Downlink pada Sistem Komunikasi Satelit Broadband  
*Syahfrizal Tahcfullloh* 29-31
8. Teknik Proteksi Diferensial Transformator Daya Tiga Fasa Menggunakan Transformasi Wavelet  
*Candra Reza, Wasimudin Surya S, Maman Somantri* 32-36
9. Identifikasi Gangguan Kualitas Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan *Fft, Wavelet* dan *Neural Network*  
*I Gede Dyana Arjana, I Nyoman Setiawan, I Nyoman Budiastra* 37-41
10. PENGEMBANGAN SISTEM PENGOPERASIAN MOTOR INDUKSI 3-FASA HUBUNGAN BINTANG PADA SISTEM TENAGA 1-FASA  
*Zuriman Anthony, Erhaneli* 42-46
11. Rekayasa Ulang Proses Perancangan Tata Letak Menggunakan Teknologi Augmented Reality  
*Derisma* 47-52
12. Isolation Coordination Planning of 150 kV Substation Due To Transmission Line Lightning Simulations Using the Electromagnetic Transients Program  
*Yusreni Warmi, Minarni, Dasman.* 53-56
13. Pemanfaatan Sigil Untuk Pembuatan E-Book (*Electronic Book*) Dengan Format EPup  
*Vitria Ratna Sari, Vide Rawi Purnama Ade, Albar, Erwadi, Rahmat Hidayat* 57-61
14. Rancang Bangun Antena Yagi 6 Elemen Untuk Meningkatkan Penerimaan Sinyal EVDO pada Rentang Frekuensi 800-900 MHz 62-65

	<i>Tommi Hariyadi, Zanjuma Saretra, Iwan Kustiawan</i>	
15.	Perbandingan Pelacakan Wayang Menggunakan MSER dan MSER Efisien	66-70
	<i>Dodi Sudiana, Aneta</i>	
16.	Evaluasi Kestabilan Dan Kekokohan Tanggapan Tegangan Sistem Eksitasi Generator dengan Metoda Penempatan Kutub Menggunakan Algoritma Ackerman	71-75
	<i>Heru Dibyo Laksono, Noris Fredi Yulianto</i>	
17.	Analisis Kinerja Jaringan Wireless Distribution System Menggunakan Access Point 802.11g	76-79
	<i>Rizal Munadi, Ridha Wahyudi, Fardian, Ardiansyah</i>	
18.	Akselerasi dan Geomagnetik Berkaitan dengan Gempa Bumi	80-82
	<i>Ariadi Hazmi, Eka Putra Waldi, Darwison</i>	
19.	Peramalan beban jangka pendek Bali menggunakan ANN dan ANFIS	83-87
	<i>I Gede Dyana Arjana, I Nyoman Setiawan, I Nyoman Budiastra</i>	
20.	Breakdown Strength of Biodegradable Dielectric Liquid: The effect of Contaminant	88-92
	<i>Rudi Kurnianto, Kresna D. J, Managam R, and Zainuddin Nawawi</i>	
21.	Computation Time Comparison of Fast Decoupled Load Flow Solving in Dual-Core Processors Computer	93-97
	<i>Syafii</i>	
22.	Perancangan Thermogeneratorsederhana Sebagai Pembangkit Energi Alternatif	98-103
	<i>Melda Latif, Mumuh Muharam, Andika Nugraha Putra</i>	
23.	Objective Difference Grade (ODG) Scores of Closed-loop Spatial Audio Coding	104-108
	<i>Ikhwana Effitri</i>	
24.	Meningkatkan Keanekaragaman Produk Batubara Kualitas Rendah Untuk Energi Listrik	109-111
	<i>Hasmawaty. AR, Nina Paramyta IS</i>	
25.	Perancangan Alat Ukur Daya Listrik Dan Cosphi Meter Digital Satu Phasa Berbasis Mikrokontroller	112-114
	<i>Arnita, Patria Perdana Putra</i>	
26.	Investigasi protokol OBD-II dengan Picoscope dan Aplikasi Hyperterminal	115-119
	<i>Zaini, Astri Rezti R</i>	
27.	Prototipe Alat Deteksi Dini Dan Mandiri Penyakit Jantung Menggunakan Sistem Pakar Vcirs, Arduino Dan Handphone	120-124
	<i>Fadilla Zennifa, Fitrilina, Husnil Kamil</i>	
28.	Breakdown Strength of Biodegradable Dielectric Liquid: The effect of Contaminant	125-128
	<i>Rudi Kurnianto, Kresna D. J, Managam R, Zainuddin Nawawi</i>	

29.	Studi Komparatif Qos Pots Dan Voip Di Tangerang Dari Parameter Delay dan Respons Spektral <i>William Andreas, H. P. Uranus, dan Junita</i>	129-133
30.	Inverter HEPWM 1-Fasa dengan Indeks Modulasi Positif dan Negatif <i>Rudi Kurnianto, Ayong Hiendro</i>	134-137
31.	PENGARUH WAVELET TRANSFORM DAN BLOCK MATCHING ALGORITHM (BMA) PADAKOMPRESI BERKASVIDEO <i>Silvester Tena</i>	138-143
32.	Fabrikasi dan Karakterisasi Solar Sel Sederhana menggunakan Oksida Tembaga <i>S. Basuki, H. P. Uranus, dan J. Pangaribuan</i>	144-147
33.	Co-Channel and Co-Polar Interference in Satellite Mobile Communication Systems <i>Syahfrizal Tahcfulloh</i>	148-150
34.	Pengukuran Kinerja Metode Histogram Ekualisasi untuk Binerisasi Citra Dokumen Sintetis Secara Objektif dan Subjektif <i>Fitri Arnia, Afkar, Sayed Muchallil, Fardian, Khairul Munadi</i>	151-155
35.	Kelayakan Operasi Pemutus Tenaga (PMT) Tegangan Tinggi Bermedia Gas Sulphur Hexaflouride (SF6) Berdasarkan Kualitas Gas, Keserempakan Operasi Titik-titik Kontak, dan Nilai-nilai Resistans <i>Arief Goeritno, Syofyan Rasiman</i>	156-166
36.	Breakdown on Low Density Poly Ethylene film due to Partial Discharge in Air Gap and Its Correlation with Electrical Properties and Surface Degradation <i>Darwison, Eka Putra Waldi, Ariadi Hazmi, Syukri Arief, Hairul Abral, Z. Nawawi, N Hozumi</i>	167-170
37.	Perencanaan dan Simulasi Optimasi Lokasi Antena Wireless LAN di Gedung Kuliah Universitas Andalas <i>D. Harinitha, L. A. Asri, Fitrilina</i>	171-174
38.	Model Publikasi Parawisata dan Industrikreastif Berbasis Peta Interaktif Online (Studi Kasus Sumatera Barat) <i>Erwadi Bakar , Roswaldi SK, ' Hendyawan A Mooduto</i>	175-179
39.	Pemodelan dan Simulasi Jaringan Sensor Nirkabel IEEE-802.15.4 Dengan Network Simulator-2 <i>Helmy Fitriawan, Fadil Hamdani, Fajar Ahmad Dewanto</i>	180-184
40.	Perancangan alat deteksi longsor berbasis fiber optik <i>Hafsah Nirwana, Muh.Tola, Najamuddin Harun, Rusdi W, Zahir Z</i>	185-187

# Pemodelan dan Simulasi Jaringan Sensor Nirkabel IEEE-802.15.4 Dengan Network Simulator-2

Helmy Fitriawan, Fadil Hamdani, Fajar Ahmad Dewanto  
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung, Bandar Lampung

**Abstract**—Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) merupakan jaringan *ad-hoc* menggunakan komponen elektronika dengan konsumsi energi rendah berbasis komunikasi nirkabel. Simulasi akurat dan realistis diperlukan sebelum JSN diinstalasi di lapangan untuk melakukan pengukuran dan pemantauan fenomena fisik. Pada penelitian ini, perangkat lunak Network Simulator-2 (NS-2) dan *mannasim* dipergunakan untuk melakukan pemodelan dan simulasi JSN IEEE-802.15.4. Hasil simulasi kemudian dianalisa untuk menentukan tingkat kinerja jaringan. Kinerja jaringan dilihat dari parameter kualitas layanan (QoS) jaringan yang didapat yaitu *throughput*, *delay* dan *packet*.

**Keywords**—simulasi, kinerja jaringan, jaringan sensor nirkabel (JSN), NS-2, QoS

## I. PENDAHULUAN

Berbagai fenomena atau proses fisik di lingkungan harus dapat dimonitor dan dikendalikan. Sebagian besar fenomena tersebut mungkin saja berada di wilayah yang jauh dan tidak dapat dijangkau oleh manusia. Untuk memonitor dan mencatat fenomena atau proses fisik tersebut dibutuhkan suatu sistem aplikasi elektronik yang dapat menjangkau wilayah tersebut. Beberapa aplikasi pemantauan fenomena fisik tersebut diantaranya terdapat pada pemantauan lingkungan, flora-fauna di hutan, pertambangan bawah tanah, saluran pipa transmisi, eksplorasi minyak dan gas, pendeteksian kebakaran di terowongan, dll [1]. Pemantauan fenomena fisik pada cakupan daerah yang luas tentu saja memerlukan penggunaan sejumlah sensor yang dapat bekerjasama dan membentuk jaringan. Masalah tersebut diatasi dengan jaringan sensor nirkabel (JSN) berbasis jaringan *ad-hoc* menggunakan komponen elektronika dengan konsumsi energi rendah dan komunikasi nirkabel yang efisien. Nodal-nodal sensor tersebut saling bekerja sama melakukan pemantauan dan pencatatan terhadap satu atau beberapa besaran fisik di lingkungan seperti temperatur, kelembaban, suara, getaran, tekanan, gerakan, atau posisi [2].

Pada sampai saat ini sudah banyak penelitian yang berhasil merancang dan mengembangkan prototipe sensor nirkabel, diantaranya UCB Motes yang dikembangkan University of California Berkeley [3]. Kemudian uAMPS [4] dikembangkan oleh MIT, PC104 [5] dan WINS [6] yang dikembangkan oleh UCLA.

Pada kondisi sebenarnya, JSN diimplementasikan pada suatu area yang cukup luas dengan jumlah nodal

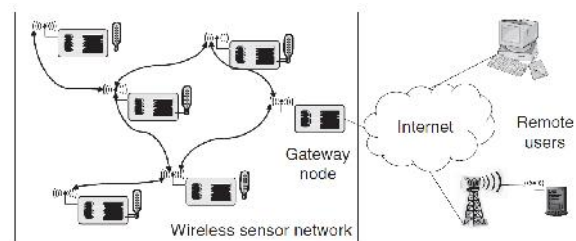
sensor yang sangat banyak. Sehingga lebih baik apabila dilakukan pemodelan dan simulasi jaringan tersebut sebelum diimplementasikan di lapangan. Pemodelan dan simulasi dengan sistem komputasi diperlukan dalam memvalidasi dan mengevaluasi kinerja jaringan sensor pada kondisi lingkungan tertentu.

Pada penelitian ini pemodelan dan simulasi jaringan sensor nirkabel dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak NS-2 [7] yang telah ditambah dengan modul *mannasim* [8]. Hasil simulasi memperlihatkan kinerja suatu jaringan yang berarti seberapa baik jaringan tersebut beroperasi [9]. Hal tersebut dapat dilihat dari beberapa parameter kualitas layanan (*Quality of Service*), diantaranya yaitu *throughput*, *delay* dan *packet loss*.

## II. SIMULASI JARINGAN SENSOR NIRKABEL

### A. Arsitektur JSN

Jaringan sensor nirkabel (JSN) merupakan jaringan terdistribusi terdiri dari banyak sensor dalam satu cakupan area tertentu yang dihubungkan melalui media transmisi nirkabel. JSN mempunyai empat komponen dasar, seperti terlihat pada Gambar 1, yaitu; nodal sensor, media komunikasi nirkabel, nodal *gateway* sebagai pengumpul informasi dan perangkat pengguna sebagai peminta data sensor.



Gambar 1: Komponen Jaringan Sensor Nirkabel [10]

Nodal sensor merupakan divais elektronika yang melakukan pemantauan atau penyensoran fenomena fisik tertentu, untuk kemudian melakukan pemrosesan data hasil penyensoran tersebut, dan terakhir melaporkan data tersebut kepada *gateway*. Nodal-nodal tersebut berukuran kecil, harganya murah, konsumsi daya secara efisien, dilengkapi sensor yang tepat untuk suatu aplikasi pemantauan, mampu melakukan kemampuan komputasi, mempunyai media penyimpanan (*memory*) terbatas, serta mempunyai fasilitas komunikasi. Biasanya fasilitas



komunikasi yang digunakan berbasis nirkabel, dimana sinyal berupa gelombang elektromagnetik merambat bukan pada media terbatas seperti halnya pada media komunikasi kabel. Aplikasi JSN menggunakan pita frekuensi 2,4 GHz yang merupakan frekuensi untuk penggunaan *Industrial, Scientific, and Medical* (ISM), dimana alokasi frekuensi dapat digunakan tanpa lisensi (*free license*).

Secara praktis, JSN harus dapat berinteraksi dengan perangkat pengguna berupa perangkat komputer, tablet atau *smartphone* yang berfungsi melakukan permintaan data hasil pemantauan. Perangkat pengguna tersebut terhubung melalui suatu nodal *gateway* terhadap JSN. *Gateway* tersebut selain berfungsi sebagai pengumpul data juga sebagai penghubung JSN dengan perangkat pengguna lainnya baik secara langsung ataupun melalui jaringan global Internet.

Tingkat kinerja JSN ditentukan oleh kemampuan JSN dalam menyediakan penanganan terhadap permintaan data hasil penyensoran. JSN dirancang untuk mendapatkan data hasil pemantauan dengan *delay* yang dapat ditoleransi dan menggunakan lebar pita (*bandwidth*) yang kecil. Untuk mengetahui kinerja suatu jaringan sensor nirkabel, dilakukan pengukuran parameter kualitas layanan jaringan yaitu *throughput*, *delay*, dan presentase *packet loss* [11]. *Throughput*, dinyatakan dalam satuan *bits per second* (bps), diukur dengan cara menghitung jumlah paket data yang terkirim secara sukses dalam suatu satuan waktu. Perhitungan *throughput* hanya memperhitungkan data aktual (*payload*) yang dikirimkan, tidak memperhitungkan *frame header* yang mungkin disisipkan selama proses pengiriman paket data. Sementara *delay* atau waktu tunda merupakan waktu yang dibutuhkan suatu paket untuk dikirimkan dari pengirim ke penerima. *Packet loss* dinyatakan sebagai presentase sejumlah paket yang gagal dikirimkan secara sukses ke tujuan. Kegagalan tersebut dapat diakibatkan oleh berbagai faktor, diantaranya pelemahan kekuatan sinyal saat proses transmisi, paket yang rusak, kegagalan perangkat jaringan, kegagalan perutean (*routing*), dan sebagainya.

## B. Skenario Simulasi JSN

Pada penelitian ini, jaringan sensor nirkabel (JSN) dimodelkan dan disimulasikan menggunakan perangkat lunak NS-2 [12]. NS-2 menyediakan sebuah perintah ns yang dapat dieksekusi oleh pengguna. Perintah ini membutuhkan argumen masukan yang berasal dari skrip simulasi tcl (*tool command language*) [15], yang berisikan skenario simulasi serta konfigurasi dan spesifikasi jaringan. Untuk menyimulasikan JSN dengan NS-2, dibutuhkan tambahan modul yang merepresentasikan spesifikasi protokol yang terdapat pada JSN. Salah satu modul tersebut adalah *mannasim* [8] yang merupakan perangkat lunak tanpa berbayar dan didistribusikan dengan GNU *General Public License*.

Simulasi menghasilkan *trace file* yang berisikan rekaman seluruh kejadian (*events*), posisi, dan tingkat

energi yang dimiliki setiap nodalnya. Hasil simulasi divisualisasikan dengan perangkat lunak iNSpect [14] berdasarkan *trace file* yang dihasilkan sebagai hasil simulasi NS-2 [13]. Visualisator iNSpect menterjemahkan setiap baris pada *trace file* dan memvisualisasikan untuk menunjukkan kejadian selama simulasi berlangsung. Sementara untuk mendapatkan data kuantitas kinerja jaringan seperti *throughput*, *delay* dan *packet loss*, *trace file* kemudian dibaca oleh perangkat lunak pengolah kata AWK [16].

Pada penelitian ini simulasi dijalankan dengan skenario dan parameter sebagai berikut:

- Skenario pertama nodal sensor diletakkan secara teratur dalam formasi grid dan skenario kedua nodal sensor disebar dan diletakkan dalam posisi acak (*random*). Pada kondisi nyata, letak nodal sensor memang pada posisi acak dan tidak dalam keadaan teratur.
- Jumlah nodal sensor divariasikan pada setiap skenario yaitu 4, 16, 25, 49, 64, dan 100 ditambah dengan satu nodal pengumpul/*gateway* (*data sink*).
- Nodal sensor diasumsikan dalam level energi tinggi.
- Frekuensi pendeteksian fenomena fisik rendah. Fenomena fisik yang dideteksi adalah temperatur dan tipe penyensoran adalah kontinyu dengan interval waktu antar pendeteksian sebesar 1.0 detik.
- Antar sensor berkomunikasi dengan tipe nirkabel (*wireless*) dengan model propagasi *ground reflections* (*2-ray*).
- Posisi nodal sensor dan *gateway* diasumsikan dalam keadaan statis dan memenuhi kaidah *line-of-sight* (LoS).

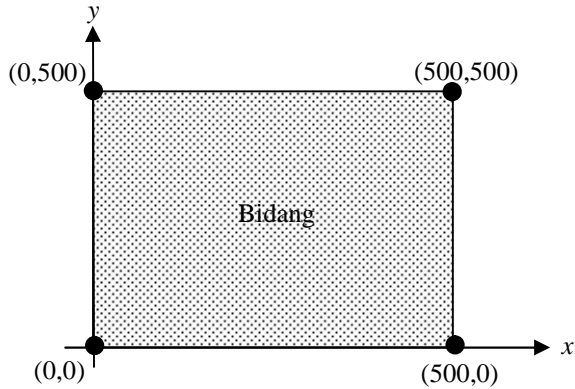
Pada simulasi ini, spesifikasi pemodelan nodal sensor mengacu pada spesifikasi teknis perangkat MICaz Mote [18-20]. Sementara lapisan MAC dan fisik dari jaringan sensor nirkabel diasumsikan mengikuti standar IEEE 802.15.4 [17]. Untuk pengiriman dan penerimaan sinyal, nodal sensor menggunakan frekuensi kerja 2,4 GHz.

Untuk protokol perutean, JSN menggunakan protokol AODV [21]. Pada protokol perutean ini nodal sensor melakukan pemancaran pesan awal (pesan halo) untuk mencari nodal *gateway* melalui nodal-nodal sensor di sekitarnya. Nodal sensor penghubung akan menyampaikan pesan halo tersebut hingga terbentuk jalur saluran komunikasi sampai ke *gateway*. Apabila, jalur komunikasi tersebut tidak berhasil terbangun, maka pesan halo dikembalikan ke nodal sensor pengirim. Nodal sensor pengirim kemudian akan mencari jalur komunikasi ke *gateway* melalui nodal penghubung lainnya di sekitar nodal sensor pengirim tersebut. Apabila pesan halo telah sampai di nodal *gateway*, nodal *gateway* akan mengirimkan pesan umpan balik (*acknowledge*) kepada nodal sensor pengirim melalui jalur komunikasi yang telah dibangun.

Proses pengiriman paket datanya sendiri dilakukan secara *multihop* melalui nodal-nodal perantara. Nodal perantara mengimplementasikan manajemen penjadwalan

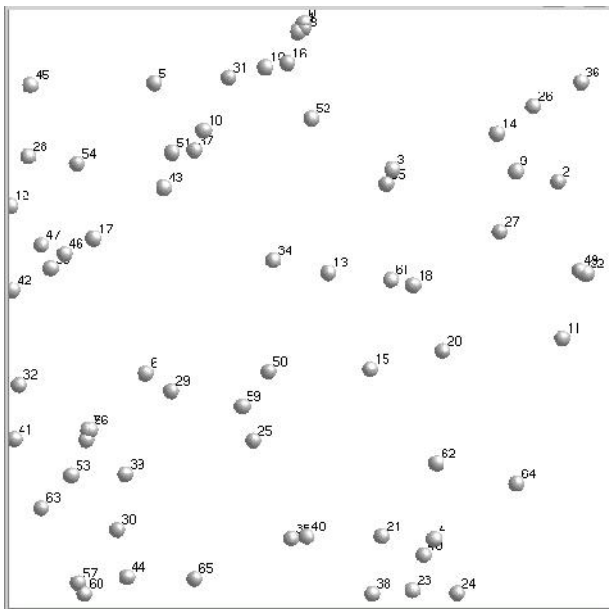
dan antrian, dimana paket data yang pertamakali datang akan pertama kali diteruskan. Apabila ruang antrian (*memory buffer*) pada nodal perantara penuh maka paketyang datang akan dibuang (*packet dropping*).

### III. ANALISA HASIL SIMULASI

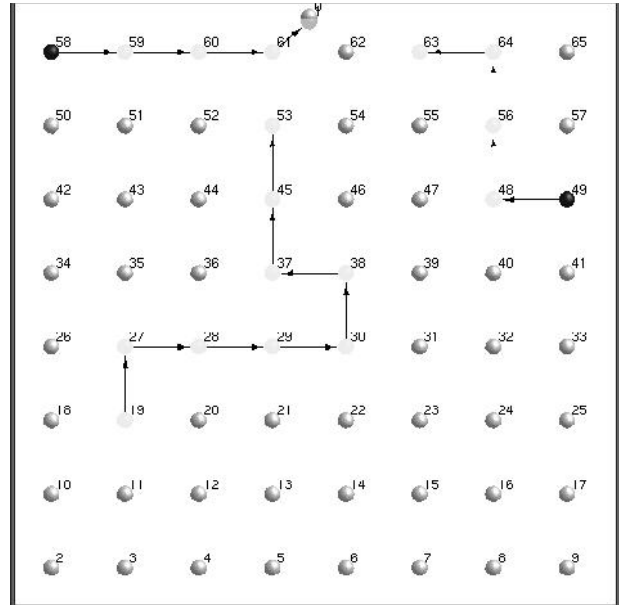


Gambar 2: Area simulasi JSN berukuran 500 m x 500 m.

Pemodelan dan simulasi jaringan sensor nirkabel dijalankan pada area yang diasumsikan berbentuk bujursangkar dengan luas 2500 m<sup>2</sup> (500m x 500m), seperti terlihat pada Gambar 2. Simulasi dilakukan dengan mengikutsertakan 1 nodal gateway dengan nodal sensor divariasikan dengan jumlah 4, 16, 25, 49, 64 dan 100 buah. Pada setiap skenario simulasi, nodal gateway diletakkan pada posisi yang tetap yaitu di tengah atas bidang simulasi (koordinat x = 250 m dan y = 495 m). Nodal *gateway* mempunyai jangkauan sejauh 80 m.

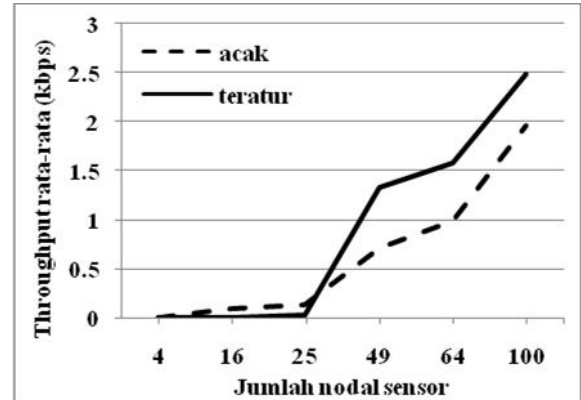


Gambar 3: Topologi penyebaran 64 nodal sensor secara acak yang membentuk Jaringan Sensor Nirkabel dengan 1 nodal gateway.



Gambar 4: Topologi penyebaran 64 nodal sensor secara teratur yang membentuk Jaringan Sensor Nirkabel dengan 1 nodal gateway.

Gambar 3 memperlihatkan ilustrasi simulasi dengan penyebaran 64 nodal sensor secara acak dan 1 nodal gateway. Sementara Gambar 4 memperlihatkan ilustrasi simulasi dengan penyebaran 64 nodal sensor secara teratur dan 1 nodal gateway.



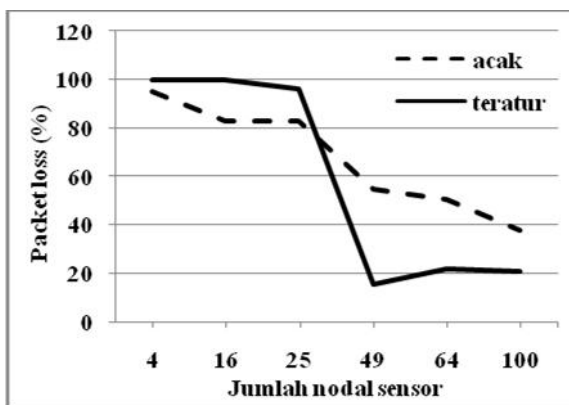
Gambar 5: *Throughput* rata-rata JSN sebagai fungsi dari jumlah nodal sensor yang diletakkan secara teratur (garis) dan acak (garis terputus-putus).

Gambar 5 memperlihatkan rata-rata *throughput* sebagai fungsi dari skalabilitas jaringan. Terlihat pada grafik tersebut, JSN dengan jumlah 4 dan 16 nodal sensor yang diletakkan secara teratur tidak mempunyai nilai *throughput*. Hal ini dikarenakan posisi masing-masing nodal cukup jauh sehingga tidak memiliki jarak minimal bagi nodal sensor untuk dapat mengirimkan paket secara sukses ke nodal sensor tetangganya. Hal ini tidak terjadi pada JSN dengan posisi nodal acak, karena pada JSN ini

nodal sensor masih memenuhi jarak minimal untuk dapat mengirimkan paket secara sukses.

Dari grafik juga terlihat bahwa penambahan jumlah nodal sensor meningkatkan nilai *throughput* rata-rata pada kedua skenario. Penambahan jumlah nodal sensor secara otomatis akan memperbesar terjadinya peluang paket data yang sampai secara sukses.

Gambar 6 memperlihatkan kualitas layanan jaringan (QoS) ditinjau dari berapa banyak jumlah paket yang hilang sebelum sampai tujuan (*gateway*). Seperti telah dijelaskan sebelumnya, untuk JSN dengan 4 dan 16 nodal sensor yang diletakkan secara teratur, tidak satupun paket data yang berhasil sampai di tujuan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai 100% untuk *packet loss*. Secara umum dengan bertambahnya jumlah nodal sensor pada jaringan mengakibatkan meningkatnya jumlah paket data yang sampai secara sukses. Kecuali untuk JSN dengan 64 dan 100 nodal sensor yang diletakkan secara teratur, presentase *packet loss* yang terjadi meningkat sedikit. Hal ini disebabkan dengan 64 dan 100 nodal sensor yang diletakkan pada area bidang simulasi, jumlah paket yang dikirim sangat banyak sehingga probabilitas paket yang drop (hilang) selama simulasi juga meningkat.

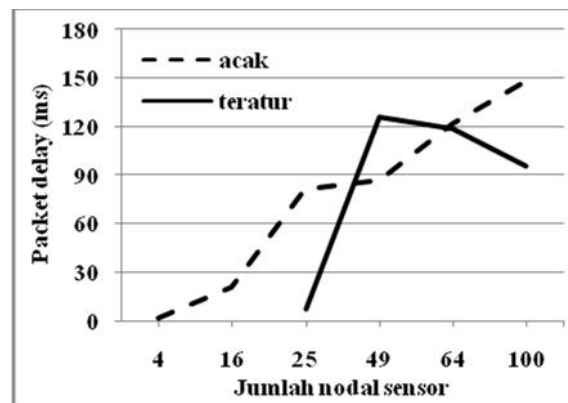


Gambar 6: *packet loss* JSN sebagai fungsi dari jumlah nodal sensor yang diletakkan secara teratur (garis) dan acak (garis terputus-putus).

Dari perbandingan kinerja jaringan sensor nirkabel pada kedua skenario terlihat bahwa untuk JSN dengan 49, 64 dan 100 nodal sensor diposisikan teratur mempunyai kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan JSN dengan nodal sensor disebar secara acak. Hal ini terlihat dari JSN dengan nodal sensor teratur mempunyai nilai *throughput* dan jumlah paket data yang sampai lebih besar dibanding dengan JSN dengan nodal sensor disebar secara acak.

Gambar 7 memperlihatkan rata-rata delay simulasi untuk kedua skenario. Pada JSN dengan nodal sensor disebar secara acak, nilai rata-rata delay menaik, tetapi pada JSN dengan nodal sensor teratur nilai delay mencapai titik tertinggi pada JSN dengan 49 nodal sensor. Grafik kecenderungan yang didapat secara umum konsisten dengan rata-rata *throughput*. Ini terlihat apabila nilai *throughput* semakin besar, nilai rata-rata *delay* juga besar yang menyebabkan paket data yang dikirimkan oleh

nodal sensor ke nodal *gateway* akan semakin lama sampai.



Gambar 7: *packet delay* JSN sebagai fungsi dari jumlah nodal sensor yang diletakkan secara teratur (garis) dan acak (garis terputus-putus).

#### IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dilakukan pemodelan dan simulasi jaringan sensor nirkabel pada bidang simulasi 500 m x 500 m dengan sejumlah sensor yang diasumsikan diletakkan pada posisi teratur dan acak. Dengan menggunakan perangkat lunak NS-2 yang ditambahkan dengan *mannasim* berhasil didapatkan beberapa parameter kualitas jaringan, yaitu *throughput*, *packet loss* dan *delay*.

Dari nilai *throughput* dan *packet loss* yang dihasilkan terlihat bahwa untuk JSN dengan jumlah nodal sensor banyak (lebih dari 25) yang diletakkan secara teratur mempunyai kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan JSN dengan nodal sensor yang disebar secara acak. Untuk area seluas 500 m x 500 m, diperlukan jumlah nodal sensor yang cukup banyak yaitu 64 atau 100 nodal untuk mendapatkan kecepatan paket data yang maksimal (*throughput*), rasio hilang paket yang sedikit (*packet loss*) dengan waktu kirim yang cepat (*packet delay*).

#### REFERENCES

- [1] Estrin, D., Girod, L., Pottie, G., Srivastava, M., 2001, *Instrumenting The World With Wireless Sensor Networks*, Proceedings of the International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP 2001).
- [2] Kopke, A., Handziski, V., Karl, H., 2002, *Making Sensor Networks Intelligent*, Proc. of 7<sup>th</sup> World Wireless Research Forum, Eindhoven, NL.
- [3] Hill, J., Szewczyk, R., Woo, A., Hollar, S., Culler, D., Pister, K., 2000, *System Architecture Directions for Networked Sensors*, ASPLOS 2000.
- [4] <http://www.mtl.mit.edu/research/icsystems/uamps/>
- [5] <http://www.isi.edu/scadds/pc104testbed/guideline.html>

- [6] Pottie, G. J. , Kaiser, W. J., 2000, *Wireless Integrated Network Sensors*, Communications of ACM, 43 (5),
- [7] Network Simulator, [www.isi.edu/nsnam/ns/](http://www.isi.edu/nsnam/ns/)
- [8] Mannasim Framework, <http://www.mannasim.dcc.ufmg.br>.
- [9] Fitriawan, H., 2003, *Pengukuran Trafik Jaringan*, Prosiding Dies Natalis Unila.
- [10] Karl, H., Willig, A., 2005, *Protocol and Architectures for Wireless Sensor Networks*, John Wiley and Sons.
- [11] Zogovic, N., Dimic, D., Bajic, D. ,2009, *Wireless Sensor Network : QoS Provisioning at MAC and Physical layers*, IEEE 17th Telecommunications forum TELFOR.
- [12] Issariyakul, T., Hossain, E., 2009, *Introduction to Network Simulator NS2*, Springer Science.
- [13] Kurkowski, S., Camp, T., Colagrosso, M., 2004, *A Visualization and Animation Tool for NS-2 Wireless Simulations: iNSpect*, Colorado School of Mines.
- [14] iNSpect, “NS visualisator”, <http://toilers.mines.edu>.
- [15] Welch, B., 1995, *Practical Programming in Tcl and Tk*, Prentice Hall.
- [16] Robbins, A. D., 2009, *GAWK: Effective AWK Programming*, Free Software Foundation, Boston.
- [17] IEEE Computer Society, 2006, *IEEE Standard 802.15.4a-2006 : Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)*, New York.
- [18] Crossbow, *MIB520 USB Interface Board Datasheet*, Doc. 6020-0091-03 Rev A.
- [19] Crossbow, *MPR2400CA Processor and Radio Platform Datasheet*, Doc. 6020-0060-04 Rev A.
- [20] Crossbow, *MTS420/400 Environmental Sensor Board Datasheet*, Doc. 6020-0053-04 Rev A.
- [21] Perkins, C. E., Royer, E. M, 1999, *Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing*, Proc. 2nd IEEE Workshop on Mobile Computer Systems and Applications, pp. 90-100.