

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

By Helmy Fitriawan

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

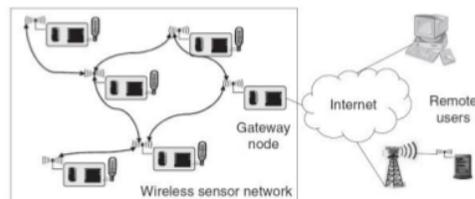
sensor yang sangat banyak. Sehingga lebih baik apabila dilakukan pemodelan dan simulasi jaringan tersebut sebelum diimplementasikan di lapangan. Pemodelan dan simulasi dengan sistem komputasi diperlukan dalam memvalidasi dan mengevaluasi kinerja jaringan sensor pada kondisi lingkungan tertentu.

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 [7]. NS-2 menyediakan sebuah perintah *ns* yang dapat dieksekusi oleh pengguna. Perintah ini membutuhkan argumen masukan yang berasal dari skrip simulasi *tel* (*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).

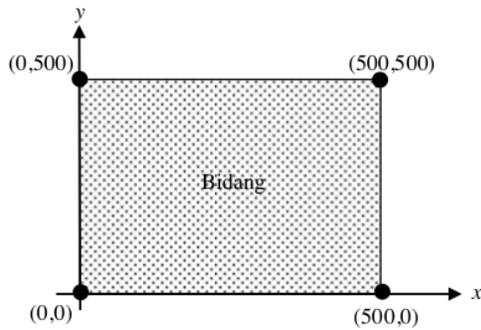
Pada simulasi ini, spesifikasi pemodelan nodal sensor mengacu pada spesifikasi teknis perangkat MICaz Mote [18-20]. Sementara lapisan MAC dan fisik dari jaringan sensor nirkabel diasumsikan mengikuti standar IEEE 802.15.4 [17]. Untuk pengiriman dan penerimaan sinyal, nodal sensor menggunakan frekuensi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

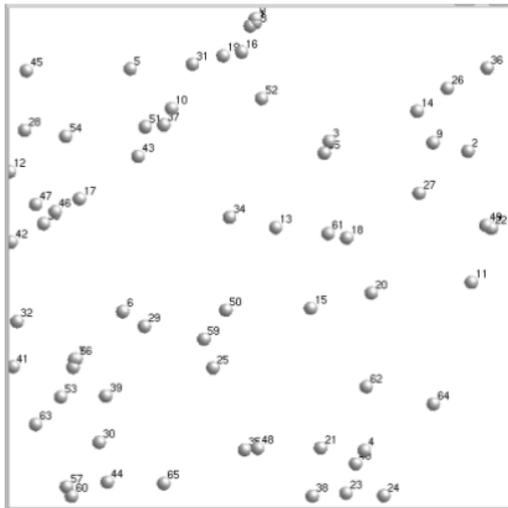
dan antrian, dimana paket data yang pertamakali datang akan pertama kali diteruskan. Apabila ruang antrian (*memory buffer*) pada nodal perantara penuh maka paketyang datang akan dibuang (*packet dropping*).

III. ANALISA HASIL SIMULASI

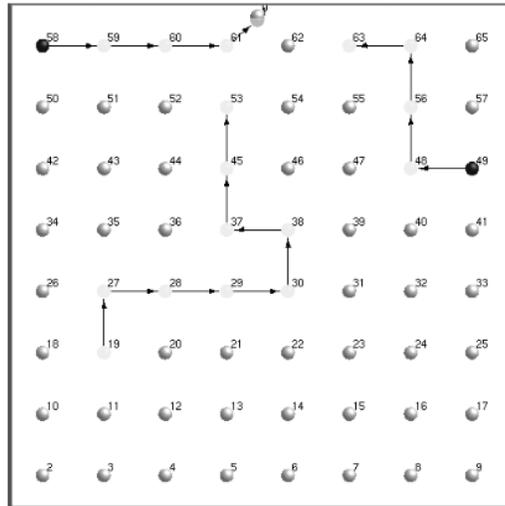


Gambar 2: Area simulasi JSN berukuran 500 m x 500 m.

Pemodelan dan simulasi jaringan sensor nirkabel dijalankan pada area yang diasumsikan berbentuk bujursangkar dengan luas 2500 m² (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.

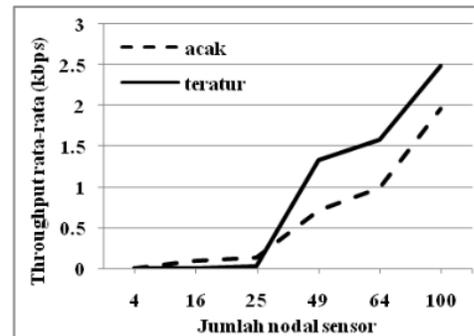


Gambar 3: Topologi penyebaran 64 nodal sensor secara acak yang membentuk Jaringan Sensor Nirkabel dengan 1 nodal gateway.



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.



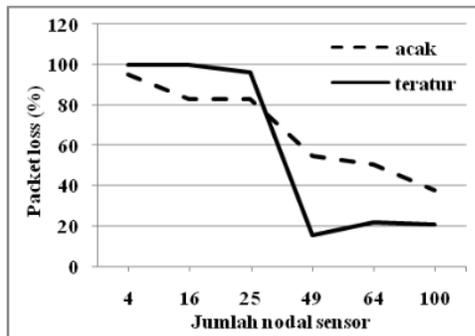
Gambar 5: *Throughput* rata-rata JSN sebagai fungsi dari jumlah nodal sensor yang diletakkan secara teratur (garis) dan acak (garis terputus-putus).

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 mengabatkan 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.

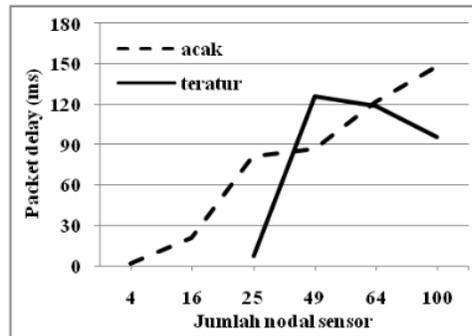


Gambar 6: *packet loss* JSN sebagai fungsi dari jumlah nodal sensor yang diletakkan secara teratur (garis) dan acak (garis terputus-putus).

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 modelan 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 *manasim* 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 7th 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/
- [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.

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

ORIGINALITY REPORT

10%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	media.neliti.com Internet	150 words — 7%
2	docplayer.info Internet	29 words — 1%
3	id.123dok.com Internet	20 words — 1%

EXCLUDE QUOTES OFF
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON

EXCLUDE MATCHES OFF