

Deployment Wireless Sensor Network (WSN) Berdasarkan Konsumsi Energi Sensor Node

Hani Rubiani

Prodi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya, Indonesia.

**Email: hani.rubiani@umas.ac.id*

Abstrak

Sebuah skema *Deployment* yang tepat dapat mengurangi kompleksitas masalah dalam *Wireless Sensor Network (WSN)* seperti routing, fusi data, komunikasi dll . Selain itu dapat memperpanjang umur WSN dengan meminimalkan konsumsi energi. Dalam penelitian ini, mengajukan penyebaran aplikasi node sensor otomatis berdasarkan Algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* dengan mempertimbangkan konsumsi energi dari node sensor. *Deployment* mempertimbangkan sensor node penyebaran dengan meminimalkan konsumsi energi sehingga dapat memperpanjang jaringan sensor nirkabel.

Kata Kunci: Wireless Sensor Network (WSN), Deployment, konsumsi energi, Particle Swarm Optimization (PSO).

Abstract

A proper Deployment scheme can reduce the complexity of the problem in the Wireless Sensor Network (WSN) such as routing, data fusion, communications, etc. Moreover, it can extend the life of WSN by minimizing energy consumption. In this study, filed an application deployment of sensor nodes automatically based Algorithm Particle Swarm Optimization (PSO) taking into account the energy consumption of sensor nodes. Deployment noticed sensor node deployment by minimizing energy consumption so that it can extend the wireless sensor networks.

Keywords: Wireless Sensor Network (WSN), Deployment, Energy Consumption, Particle Swarm Optimization (PSO).

1. Pendahuluan

Dengan perkembangan komunikasi nirkabel dan mikro-elektronik, *Wireless Sensor Network (WSN)* menjadi teknologi yang menjanjikan dan mendapat perhatian penelitian yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir [1]. Aplikasi jaringan sensor yang berbeda telah dibangun oleh berbagai perguruan tinggi, seperti pemantauan habitat oleh University of California di Berkeley dan College of Atlantic [2], Proyek Zebronet untuk memantau kebiasaan hewan di Princeton University [3], dan jaringan sensor nirkabel untuk kegiatan pemantauan gunung berapi di Ekuador oleh Harvard University, University of New Hampshire, dan University of North Carolina [4].

Deployment (penyebaran) *node sensor* dalam lingkungan merupakan salah satu topik yang membutuhkan perhatian khusus dalam WSN. Prof Li mengelompokkan permasalahan yang timbul saat menempatkan suatu *node sensor* dalam lingkungan menjadi 5 bagian yaitu *how to place sensor nodes, the connectivity of WSN, the coverage of WSN, how to collect the data, and how to evaluate the WSN* [5].

Analisis kinerja seperti cakupan, konektivitas, konsumsi energi, waktu hidup dan biaya untuk jaringan sensor telah dipelajari oleh banyak peneliti. Secara khusus, penelitian ini berfokus pada masalah konsumsi energi yang menjadi perhatian utama bagi WSN. Karena energi merupakan isu yang paling penting dalam WSN, perlu untuk mengoptimalkan konsumsi energi dalam

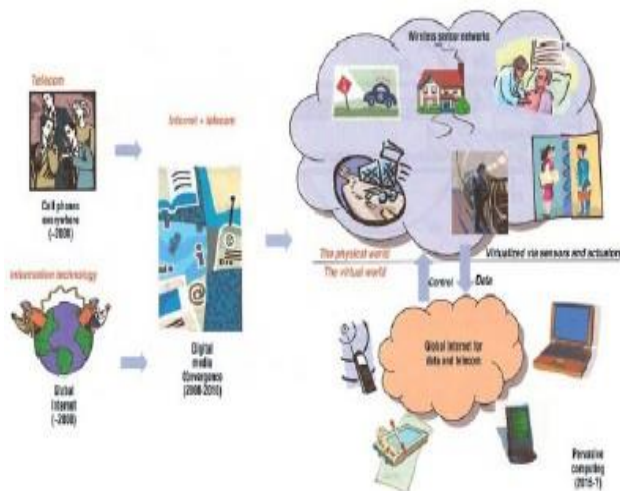
berbagai cara. Dengan menggunakan skema penyebaran node yang layak, konsumsi energi dapat dikurangi dan dengan demikian dapat memperpanjang umur WSN.

Berdasarkan kondisi di atas, maka diajukan suatu aplikasi untuk proses *deployment* menggunakan Algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) dengan mempertimbangkan konsumsi energi jaringan nirkabel. Algoritma PSO dipilih berdasarkan keunggulannya, yaitu mudah diimplementasikan karena persamaan matematisnya sederhana dan hanya memiliki sedikit fungsi operasi dan parameter yang harus ditentukan [6]. Secara khusus tujuan penelitian yang ingin dicapai adalah rancang bangun aplikasi untuk menempatkan *node* sensor pada lingkungan secara nyata sehingga kondisi optimal dari penempatan sensor *node* tercapai. Luaran yang ditargetkan yaitu terciptanya suatu aplikasi *sensor node deployment* yang memperhatikan penyebaran *node* sensor untuk meminimalkan konsumsi energi dengan mempertimbangkan radius penginderaan.

2. Landasan Teori

2.1 Wireless Sensor Network

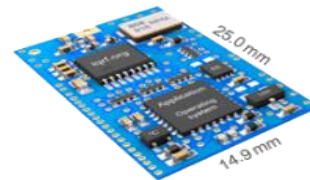
Wireless Sensor Network (WSN) adalah suatu infrastruktur jaringan *wireless* yang menggunakan sensor untuk memonitor fisik atau kondisi lingkungan sekitar seperti suhu, suara, getaran, gelombang elektromagnetik, tekanan, gerakan, dan lain-lain. Masing-masing *node* dalam jaringan sensor nirkabel biasanya dilengkapi dengan radio *transceiver* atau alat komunikasi *wireless* lainnya, mikrokontroler kecil, dan sumber energi, biasanya baterai. Berdasarkan fakta di dunia, sekitar 98% prosesor bukan berada didalam sebuah komputer PC/laptop, namun terintegrasi dalam aplikasi militer, kesehatan, *remote control*, *chip robotic*, alat komunikasi, dan mesin-mesin industri yang didalamnya telah dipasang sensor. Perkembangan WSN dan tren kemajuan teknologi dapat direpresentasikan oleh **Gambar 1** berikut :



Gambar 1: Perkembangan Teknologi WSN

2.2 Sensor IQRF

Sebuah WSN dapat terdiri dari sensor homogen atau sensor heterogen yang masing-masing memiliki komunikasi dan komputasi kemampuan yang sama atau berbeda. Kompleksitas yang sedikit dan pengelolaan yang lebih baik adalah salah satu manfaat dengan menggunakan sensor homogen. Oleh karena itu dalam penelitian ini mempertimbangkan sensor yang homogen. Sensor yang digunakan yaitu sensor IQRF jenis TR-52B. Perangkat keras sensor ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2: Sensor IQRF TR 52B

2.3 Model Penyebaran Node

2.3.1 Model Penginderaan Biner

Dalam kenyataannya ada dua jenis sensor, sensor jenis pertama hanya fokus dengan data pada titik sensor tersebut seperti suhu, kelembaban dan sensor tekanan. Jenis kedua yaitu sensor yang memiliki jangkauan tertentu yang dapat mendeteksi seperti detektor gerak dan sensor kamera video. Dalam dunia nyata, kisaran penginderaan sensor mungkin tidak teratur karena hambatan dalam lingkungan seperti hujan dan salju. Fei meneliti berbagai penginderaan yang tidak teratur karena adanya hambatan di dunia nyata dan mengusulkan model deteksi berbagai α - bentuk [7].

Dalam rangka untuk menyederhanakan analisis dan perhitungan, jangkauan penginderaan masing-masing sensor selalu diasumsikan dengan area melingkar. Umumnya ada dua jenis model penginderaan yang digunakan untuk simulasi kinerja sensor [8]: model biner dan probabilitas. Perbedaan antara model penginderaan biner dan model penginderaan probabilitas adalah dalam model probabilitas, jika target berada di daerah *uncertain* atau kisaran pasti, target tersebut dapat dideteksi dengan probabilitas tertentu antara 0 dan 1. Namun daerah tersebut tidak ada dalam model biner. Dalam model biner, target hanya ada dua kemungkinan dapat terdeteksi atau tidak.

2.3.2 Diagram Voronoi

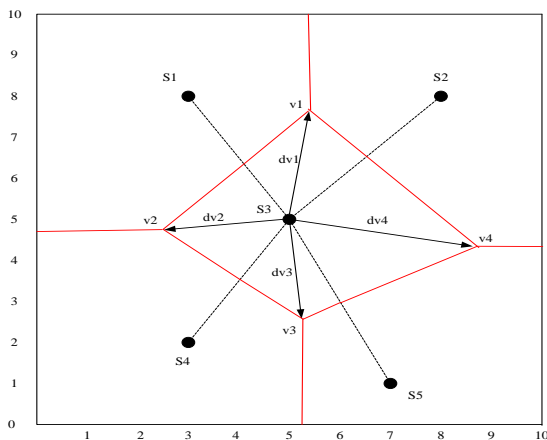
Sebuah diagram Voronoi adalah metode dekomposisi suatu daerah. Asumsikan ada satu set *node* N dikerahkan di suatu daerah tanpa hambatan, diagram Voronoi akan membagi seluruh area ke N subarea, dan masing-masing subarea memiliki satu node di dalamnya. Karakteristik

diagram Voronoi adalah bahwa setiap subarea terdiri dari daerah yang paling dekat dengan *node* di dalamnya, yang bertentangan dengan *node* lain. Generasi dari diagram Voronoi membutuhkan informasi lokasi dari semua *node*. Diagram Voronoi sangat berguna dalam masalah cakupan jaringan sensor nirkabel. Jika setiap sensor dapat menutupi Voronoi subarea sendiri, seluruh bidang penginderaan dapat ditutup. Oleh karena itu, dalam rangka untuk menutupi seluruh bidang penginderaan, radius penginderaan setiap sensor harus ditetapkan sama dengan jarak antara sensor dan vertex yaitu titik perpotongan garis subarea terjauh diagram Voronoi:

$$R_S = \text{Max}(d_{vj}) \tag{1}$$

dimana d_{vj} adalah jarak antara node sensor dan vertex subarea.

Sebuah contoh dari diagram Voronoi ditunjukkan pada Gambar 2. Lima sensor S1, S2, ..., S5 dikerahkan di bidang penginderaan. Oleh karena itu, bidang penginderaan dibagi menjadi lima subareas oleh diagram Voronoi. Garis-garis lurus merah menunjukkan tepi subareas. Dengan mempertimbangkan subarea sensor S3 yang memiliki empat vertex. Di antara keempat vertex tersebut, v4 memiliki jarak terpanjang dari S3 node pusat. Oleh karena itu, dalam kasus ini radius penginderaan S3 harus d_{v4} .



Gambar 3: Diagram Voronoi dan kalkulasi radius penginderaan

2.4 Model energi

Sebuah node sensor terdiri dari unit penginderaan, unit pengolahan, unit transceiver, dan unit daya. Setiap unit mengkonsumsi tingkat energi yang berbeda. Biasanya, konsumen utama energi adalah unit transceiver dan unit pengolahan. Unit penginderaan mengkonsumsi energi untuk berbagai sensor dan untuk konverter ADC. Unit pengolahan membutuhkan energi untuk mengumpulkan data, menghitung routing, dan menjaga keamanan dll. Karena tujuan dari unit transceiver adalah untuk mengirim dan menerima data, maka tidak ada keraguan

bahwa mengkonsumsi cukup banyak energi. Jika sebuah WSN memungkinkan komunikasi langsung dari node ke sink, maka ini akan menjadi sangat mahal. Untuk alasan ini, mempertimbangkan komunikasi multi-hop di WSN dan dengan demikian konsumsi energi dengan mengirimkan dan menerima pesan harus dianalisis berdasarkan skema komunikasi hop-by-hop.

Dalam penelitian ini hanya menganalisa untuk unit penginderaan saja. Beberapa model energi sudah digunakan untuk menganalisa hubungan antara radius penginderaan sensor dan energi yang dikonsumsi, dan biasanya tergantung pada karakteristik perangkat [9]. Beberapa jenis model tersebut diantaranya model linear dan model quadratic. Pada penelitian ini hanya menggunakan model linear.

Ketika R_s lebih kecil dibandingkan $R_{s\max}$, konsumsi energi mempunyai hubungan dengan radius penginderaan R_s . Dalam model linear konsumsi energi suatu perangkat sensor mempunyai hubungan secara linear dengan R_s :

$$P_l = k_l \times R_s \quad (R_s \leq R_{s\max}) \tag{2}$$

dimana P_l adalah daya yang digunakan dalam penginderaan dengan menggunakan model linear dan k_l adalah konstanta perangkat. Untuk memaksimalkan masa pakai sensor, energi yang dikonsumsi harus diminimalkan. Hubungan antara *Lifetime* sensor (L) dan energi yang dikonsumsi oleh sensor dapat digambarkan sebagai berikut:

$$E_{Total} = E_s + E_{other} \tag{3}$$

$$E_{Total} = L \cdot P_S + L \cdot P_{other}$$

dimana E_{Total} adalah total energi baterai, E_s adalah energi yang dikonsumsi dalam penginderaan dan E_{Other} adalah energi yang digunakan untuk hal-hal lain, seperti komputasi dan komunikasi. Dari persamaan (3) dapat diketahui berapa besar *Lifetime* sensor sebagai berikut:

$$L = \frac{E_{Total}}{P_S + P_{Other}} \tag{4}$$

2.4 Particle Swarm Optimization (PSO)

Particle Swarm Optimization (PSO) pertama kali diperkenalkan pada tahun 1995 [10]. Gagasan tentang PSO berasal dari perilaku alami burung mencari makanan. Ketika sekelompok burung mencari makanan bersama-sama, masing-masing burung akan melihat-lihat di daerah yang dekat dengan dirinya. Setiap burung akan berkomunikasi dengan burung-burung lain dimana ia menemukan jumlah makanan yang paling dekat dengan wilayahnya. Dengan demikian, semua burung dapat

mengetahui daerah mana yang memiliki jumlah besar makanan di seluruh area makan kolektif mereka. Burung akan terus mencari makanan di tempat-tempat terdekat, terutama jumlah sebagian besar makanan yang ditemukan di seluruh wilayah. Algoritma PSO menyederhanakan konsep yang terorganisir. Mirip dengan *Genetic Algorithm* (GA), sekelompok partikel akan dihasilkan dalam PSO dari seluruh ruang. Setiap partikel adalah satu set vektor yang berisi variabel yang berhubungan dengan masalah tersebut. Kelompok partikel akan berkembang dengan kombinasi *personal best fitness* (pBest) dan *group global best fitness* (gBest). Hal ini seperti proses burung mencari makanan. Dibandingkan dengan GA, PSO memiliki keuntungan lebih mudah untuk membuat program dan implementasi [1].

Tujuan dari PSO adalah untuk bertanggung jawab atas partikel terbaik dari suatu permasalahan. Masalah penyesuaian mencakup fungsi fitness yang menggambarkan suatu masalah. Pengejaran partikel ditujukan dengan mendirikan posisi terbaik dalam pencarian ruang yang dianggap sebagai posisi terbaik yang ditetapkan oleh partikel. Pada bagian ini, terlepas dari encoding partikel dan fungsi fitness, beberapa akses dalam formasi, berat inersia, *velocity*, faktor konstiksi dan koefisien metode percepatan dalam memecahkan *deployment* WSN dengan PSO akan dibahas. *Partikel Swarm Optimization* (PSO) disajikan untuk dimensi dari posisi dan kecepatan partikel ke-*i* sebagai berikut :

$$V_i^{k+1} = \omega \cdot V_i^k + n1 \cdot r1 \cdot (pB_i^k - X_i^k) + n2 \cdot r2 \cdot (gB_i^k - X_i^k) \quad (5)$$

dengan

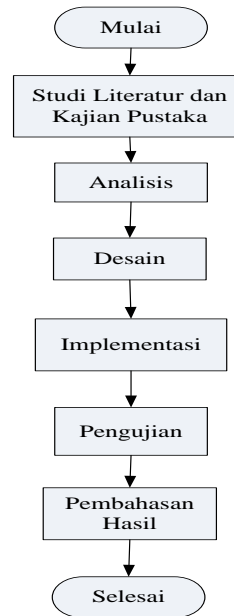
$$V_i^{k+1} = \text{velocity partikel } i \text{ pada iterasi } k + 1$$

$$\omega = \text{bobot inersia}$$

$$X_i^{k+1} = X_i^k + V_i^{k+1} \quad (6)$$

3. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian untuk pengembangan perangkat lunak *sensor node deployment* dan menggunakan bahasa pemrograman JAVA untuk membuat aplikasi *sensor node deployment*. Sensor yang digunakan dalam penelitian yaitu sensor. Metodologi penelitian yang akan dilakukan meliputi langkah-langkah sebagai berikut:



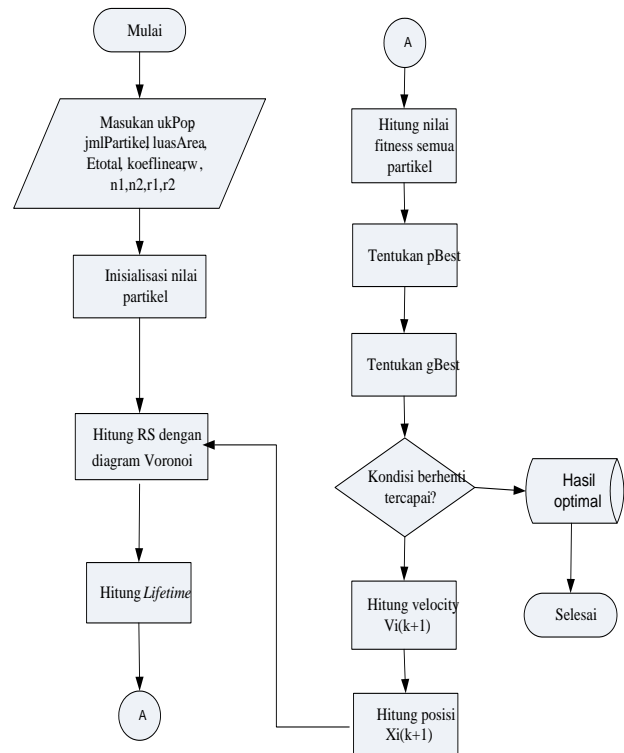
Gambar 4: Diagram Alir Penelitian

Rancangan sistem secara garis besar dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5: Rancangan Konseptual

Diagram alir aplikasi *deployment node sensor* menggunakan algoritma PSO dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6: Rancangan diagram alir system

Selain representasi partikel, maka komponen penting lainnya dari PSO adalah fungsi *fitness*. Pada perancangan *deployment node sensor* ini digunakan fungsi *fitness* yang ditentukan oleh hal-hal berikut :

a) Radius penginderaan yang menentukan ratio cakupan area diperoleh dengan menggunakan diagram Voronoi. Radius penginderaan mempunyai hubungan linear dengan penggunaan konsumsi energi, semakin besar radiusnya maka *ratio coveragenya* akan besar tetapi energi yang dipakai akan semakin besar juga, untuk itu fungsi *fitness* di desain untuk menghasilkan nilai optimal dengan meminimalkan konsumsi energi sehingga akan memperpanjang waktu hidup jaringan tersebut.

b) Ketika mengimplementasi PSO, tidak ada himpunan nilai parameter yang tetap untuk penyelesaian semua jenis permasalahan. Sehingga untuk menentukan himpunan parameter yang tepat terhadap suatu kasus dilakukan dengan cara mencoba-coba. Berdasarkan skenario tersebut maka ditetapkan fungsi *fitness* seperti pada persamaan (6) yaitu :

$$F(X_i) = \text{Max} \left(\frac{1}{L} + k_l \cdot R_{s_i} \right) \quad (7)$$

Dengan

F = Fungsi *Fitness*

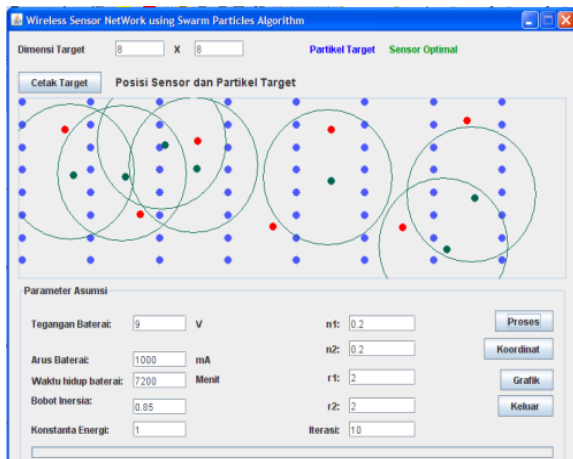
L = *Lifetime*

k_l = *Konstanta Perangkat*

R_{s_i} = *Radius Penginderaan*

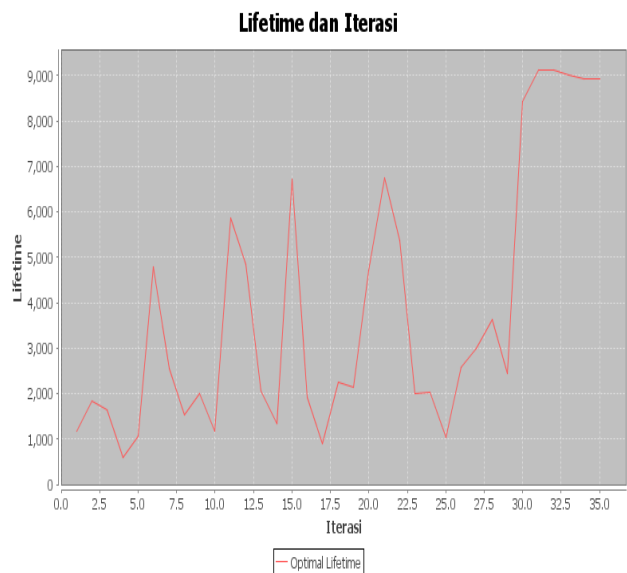
4. Hasil dan Pembahasan

Untuk pengujian kali ini dengan ruang penginderaan menggunakan 8 meter x 8 meter dan jumlah node sensor sebanyak 8 buah di tunjukkan oleh Gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Hasil layout deployment sensor dengan bidang 8x8 dan jumlah sensor = 8

Gambar 8 menunjukkan grafik waktu hidup *node* sensor dengan iterasi pada saat pengujian aplikasi dilakukan dengan menggunakan ruang bidang penginderaan 8 meter x 8 meter dan jumlah *node* sensor sebanyak 8 buah. Dengan parameter-parameter yang sama pada saat pengujian dengan ruang bidang dan jumlah node sensor yang sebelumnya sudah dilakukan. Dari grafik tersebut menunjukkan pada saat iterasi ke 32 hasil sudah menunjukkan nilai yang konvergen yang artinya *deployment node* sensor sudah optimal sesuai dengan algoritma yang digunakan yaitu *Particle Swarm Optimization* (PSO). Hasil yang diperoleh menunjukkan nilai waktu hidup node sensor selama 9000 menit. Dengan hasil tersebut yang melebihi nilai spesifikasi sensor maka node sensor dapat digunakan sesuai spesifikasi yang ada, sehingga masa jaringan sensor nirkabel akan lebih lama. Namun dengan waktu hidup yang lama pada kasus ini mempunyai nilai cakupan area yang lebih sedikit dibanding pada saat pengujian.



Gambar 8. Grafik waktu hidup dengan iterasi pada bidang 8x8

5. Kesimpulan

Dari pengujian yang dilakukan dengan membedakan parameter ruang bidang penginderaan dan jumlah *node* sensor yang digunakan dapat diperoleh kesimpulan bahwa apabila nilai cakupan area besar maka waktu hidup akan lebih sebentar dibandingkan dengan nilai cakupan area yang kecil tetapi mempunyai waktu hidup yang lama. Cakupan area yang besar ini berarti radius penginderaan juga besar dan apabila radius penginderaan lebih besar maka energi yang dikonsumsi juga akan semakin besar. Untuk itu nilai fungsi *fitness* dirancang sedemikian rupa sehingga menghasilkan nilai *trade-off* diantara memaksimalkan cakupan area dan meminimalkan konsumsi energi sehingga masa jaringan sensor nirkabel akan lebih lama.

Daftar Pustaka

1. Y. Qu., *Wireless Sensor Network Deployment*, Doctoral dissertations, Graduate School Florida International University (2013).
2. K. Low., H. Nguyen dan H. Guo, *Optimization of sensor node locations in a wireless sensor network*, IEEE Fourth International Conference on Natural Computation, Jinan, China 18-20 Oktober 2008, 5, 286–290, ISBN: 978-0-7695-3304-9.
3. H. Guo., H. Low dan H., Optimizing the localization of a wireless sensor network in real time based on a low-cost microcontroller, *IEEE Transation on Industrial Electronics*, 58(3), 741-749, 2011.
4. T. Wimalajeewa dan S. Jayaweera., Optimal Power Scheduling for Correlated Data Fusion in Wireless Sensor Networks via Constrained PSO, *IEEE Transactions on Wireless Communications.*, 7(9), 3608-3618, 2008.
5. J. Li, K. Li dan W. Zhu, "Improving sensing coverage of wireless sensor networks by employing mobile robots," Proceedings of the International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO), 899–903, Sanya, China, December 15-18, 2007.
6. R.L. Haupt dan S.E. Haupt, *Practical Genetic Algorithm, 2nd Ed. Hoboken*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2004.
7. X. Fei., A. Boukerche dan R. Araujo., *Irregular Sensing Range Detection Model for Coverage Based Protocols in Wireless Sensor Networks*, IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM), Honolulu, Hawaii 30 November 2009, 1-6, ISBN: 978-1-4244-4148-8.
8. Zou dan K. Chakrabarty., *Sensor Deployment and Target Localization Based on Virtual Fources.*, IEEE Societies Twenty-Second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications (INFOCOM), San Fransisco, USA, 1-3 April 2003, 1293-1303., ISBN: 0-7803-7753-2.
9. P. Juang., H. Oki., Y. Wang., M. Martonosi., L. Peh dan D. Rubenstein, Energy efficient computing for wildlife tracking: Design tradeoffs and early experiences with ZebraNet, *ACM Sigplan Notices.*, 37 (10), 96-107, 2002.
10. J. Kennedy, J. F. Kennedy., R. C. Eberhart dan Y. Shi., *Swarm intelligence.*, New York: Morgan Kaufmann (2001).