

Pergantian Sink pada Jaringan Sensor Nirkabel berbasis ZigBee dengan Prioritas Formasi Tree

Mochammad Zuliansyah, Giva Andriana Mutiara

Teknik Elektro, Universitas Langlangbuana

Abstrak

Perkembangan teknologi wireless akhir-akhir ini semakin pesat, hal ini dibuktikan dengan munculnya suatu teknologi wireless baru yang dikenal dengan ZigBee (IEEE 802.15.4). ZigBee adalah suatu protokol pada jaringan wireless yang dikhususkan untuk perangkat sensor, sehingga hanya memerlukan power dan data rate yang rendah tetapi mempunyai jangkauan yang luas serta tingkat keamanan yang tinggi. Pada umumnya, satu jaringan ZigBee hanya mempunyai satu koordinator yang dinamakan sink. Tetapi dimungkinkan terjadi kondisi bahwa sink tersebut tidak dapat menjalankan fungsinya dengan baik, sehingga harus ditentukan sink baru agar fungsi jaringan dapat dipertahankan. Penelitian ini mencoba menyelesaikan permasalahan yang ada dengan melakukan analisis terhadap algoritma Multi-Tree Construction With The High-Weightfirst Property (MT-HW) dan algoritma Multi-Tree Construction With The Edge-Overlap-First Property (MT-EO) sebagai pembanding. Algoritma yang diusulkan pada penelitian ini disebut dengan Priority Based Sink Assignment (PBSA). Pemodelan jaringan Zigbee (IEEE 802.15.4) menggunakan NS-2 (Network Simulator 2) dalam implementasi topologi tree.

Kata Kunci: Zigbee, sink, MT-HW, MT-EO, NS-2, PBSA

1 LATAR BELAKANG

Pada umumnya, pada suatu jaringan ZigBee hanya terdapat satu koordinator yang dinamakan sink. Sink bertugas menginisialisasi jaringan, mengatur dan mengontrol sensor-sensor dalam berkomunikasi antara satu dengan yang lainnya. Sehingga sink mempunyai peran yang sangat penting dalam suatu jaringan ZigBee (Buratti dkk, 2006). Tetapi tidak menutup kemungkinan pada suatu saat sink tersebut tidak dapat menjalankan fungsinya dengan baik, sehingga sangat dibutuhkan mekanisme untuk menentukan sink baru sebagai pengganti sink terdahulu.

Algoritma Multi-Tree Construction With The High-Weightfirst Property (MT-HW) dan algoritma Multi-Tree Construction With The Edge-Overlap-First Property (MT-EO) yang telah dibahas oleh Lin dkk tahun 2006 hanya menangani permasalahan penentuan parent dari suatu node bukan penentuan sink baru, oleh

karena itu dibutuhkan suatu modifikasi terhadap kedua algoritma tersebut untuk kemudian diterapkan dalam proses penentuan sink baru. Algoritma MT-HW adalah algoritma yang menangani permasalahan penentuan parent dari suatu node dengan menggunakan parameter event rates, sedangkan algoritma MT-EO adalah algoritma yang menangani permasalahan penentuan parent dari suatu node dengan menggunakan parameter overlap counter dari suatu node.

Oleh karena itu penelitian ini mencoba menyelesaikan permasalahan yang ada dengan melakukan analisis terhadap algoritma MT-HW dan algoritma MT-EO untuk menentukan algoritma PBSA dalam proses penentuan sink baru.

2 PENGERTIAN ZIGBEE

ZigBee merupakan padanan kata *Zig* dan *Bee*. *Zig* berarti gerakan *zig-zag* dan *Bee* berarti lebah (Machalek, 2008). Zigbee memiliki sifat komunikasi yang mirip dengan komunikasi diantara lebah yang melakukan gerakan-gerakan tidak menentu dalam menyampaikan informasi adanya madu ke lebah yang satu ke lebah yang lainnya. Zigbee merupakan teknologi yang difokuskan pada *data rate* rendah, konsumsi daya rendah, biaya rendah, target protokol jaringan *wireless* untuk aplikasi otomasi dan kendali *remote*. Komite IEEE 802.15.4 bekerja pada standar *data rate* rendah, kemudian *Zigbee Alliance* dan IEEE memutuskan bergabung dan Zigbee merupakan nama komersial (*trademark/merk dagang*) untuk teknologi ini. IEEE 802.15.4 fokus terhadap dua layer protokol bawah, yaitu *physical* dan *MAC layer* (Pan dan Tseng. 2006; Pan dan Tseng. 2007).

3 ALGORITMA PEMBENTUKAN MULTI-TREE

Algoritma MT-HW

Pada algoritma MT-HW, edge $(u:v)$ dengan bobot yang lebih tinggi akan dipertimbangkan untuk masuk ke dalam sebuah tree lebih dahulu. Pertama, didefinisikan kandidat-kandidat parent. Sebuah sensor y disebut sebagai candidate parent dari x untuk sink σ_i , jika y adalah tetangga dari x dan $\text{dist}_G(\sigma_i, x) = \text{dist}_G(\sigma_i, y) + 1$.

Algoritma MT-EO

Algoritma MT-EO dimodelkan untuk meningkatkan level dari overlap diantara edge tree. Tiap sensor x akan menentukan semua candidate parent untuk tiap sink σ_i . Tiap tetangga-tetangga dari x dihubungkan dengan sebuah overlap counter untuk x . Counter ditambah satu saat sebuah tetangga dari x dipertimbangkan untuk menjadi sebuah candidate parent untuk sebuah sink. Lalu, x menyeleksi tetangganya, katakan y , yang mempunyai overlap counter yang terbesar.

4 PERANCANGAN PRIORITY BASED SINK ASSIGNMENT (PBSA)

Diketahui graph $G_r = (V_r, E_r)$ dengan tujuan menemukan tree $T = (V_T, E_T)$ dari G_r yang sesuai dengan definisi tree pada ZigBee. Penelitian ini mengusulkan algoritma pada penggantian sink pada jaringan ZigBee. Algoritma menentukan sink alternatif berdasarkan prioritas atau Priority Based Sink Assignment (PBSA). Penentuan prioritas berdasarkan pohon Breadth First Search (BFS) dari G_r . Meskipun bentuk pohon BFS kurang sesuai dengan definisi ZigBee, namun mekanisme penentuan prioritas pada simpul pohon BFS dapat digunakan sebagai acuan pada penelitian ini.

Algoritma lengkap PBSA adalah sebagai berikut:

1. Langkah pertama, antrian Q hanya terdiri dari simpul t dan kedalaman t adalah nol, sehingga $T = \{\{t\}, \emptyset\}$;
2. Fase Ekspan: Jika Q kosong maka algoritma dihentikan dan T merupakan pohon ZigBee yang utuh, namun jika Q tidak kosong maka ambil $x = \text{dequeue}(Q)$ dan bangun spanning tree T_0 dari x . Dengan asumsi kedalaman x pada T adalah $\text{depth}(s)$, maka bangun pohon dengan tinggi, tidak lebih dari $L_m - \text{depth}(x)$ pada G_r dengan penelusuran secara breadth-first dengan mengikutsertakan sebanyak mungkin simpul pada himpunan $V_r - V_T \cup \{x\}$. Hasilnya adalah pohon yang dinamakan T' .
3. Fase Trim: Gabungkan T' dan T dengan simpul x sebagai titik sentuh. Namakan pohon hasilnya dengan T . Namun beberapa simpul pada T' mungkin tidak sesuai dengan parameter R_m . Langkah yang dilakukan adalah men-traverse simpul-simpul pada T' dari x sebagai simpul akar untuk merampingkan T .
4. Setelah melakukan fase Trim, maka hasilnya adalah pohon T . Semua simpul yang ditambahkan selama iterasi diatas akan disisipkan pada antrian Q dengan simpul yang mempunyai nilai kedalaman terendah akan disisipkan lebih dahulu. Kemudian kembali ke langkah 2.

5 PERANCANGAN MODEL SIMULASI JARINGAN ZIGBEE

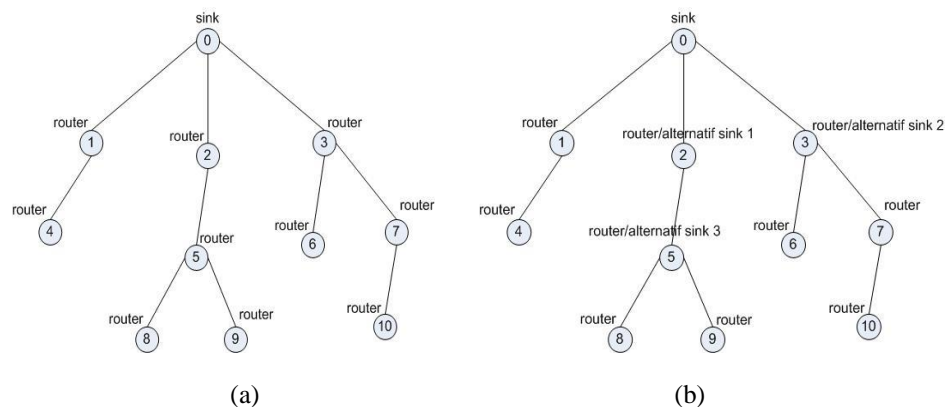
Tahap Pemodelan Jaringan

a. Simulasi Jaringan

Simulasi yang akan dilakukan adalah simulasi uji yaitu simulasi yang memodelkan keadaan dan karakteristik ZigBee dalam keadaan nyata ke representasi model. Tujuan simulasi ini adalah untuk menentukan algoritma apa yang lebih baik antara algoritma MT-HW, MT-EO, dan PBSA dalam proses penentuan sink baru ini. Simulasi yang akan dilakukan ini menggunakan software simulator, yaitu NS-2 (Network Simulator 2) di dalam topologi tree. Modul atau library IEEE 802.15.4 dalam NS-2 merupakan hasil pengembangan bersama antara Samsung Laboratory dan The City University of New York yang telah disertakan mulai ns-allinone-2.27, apabila menggunakan ns-allinone versi sebelum 2.27, maka harus mem-patch modul tersebut supaya NS-2 tersebut mendukung IEEE 802.15.4.

b. Desain Topologi Jaringan

Topologi jaringan yang digunakan pada penelitian ini adalah topologi tree yang dapat menerapkan karakteristik konsumsi daya rendah. Contoh topologi tree ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini (a):



Gambar 1 Contoh Topologi Tree Tanpa Alternatif Sink (a)
Topologi Tree Dengan Alternatif Sink(b)

Pada penelitian ini, akan ditentukan router-router yang dijadikan alternatif sink untuk menggantikan peran dari sink utama. Penentuan alternatif-alternatif sink dilakukan sejak awal tree terbentuk. Proses penentuan sink baru yang akan menggantikan peran sink utama dilakukan dengan menerapkan algoritma MT-HW, MT-EO, dan PBSA. Topologi tree yang akan digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar di atas (b):

Pada gambar di atas, node 0 merupakan koordinator Zigbee, sedangkan node 2 merupakan router dan alternatif sink 1, node 3 merupakan router dan alternatif sink 2, node 5 merupakan router dan alternatif sink 3, node 1, 4, 6, 7, 8, 9, 10 merupakan router ZigBee.

c. Parameter Simulasi

Parameter simulasi yang dibutuhkan dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 1 Parameter Simulasi Umum

| Parameter | Nilai | Penjelasan |
|---------------------------------|----------|--|
| Jumlah Node (N) | 500 | Node berupa Zigbee router |
| Luas Area Sensing (L) | 1000 m | |
| Jangkauan Sensing/Transmisi (R) | 100 m | |
| Jumlah Simulasi (M) | 100 kali | |
| Beacon Order | 7 | Parameter yang mengatur struktur superframe |
| Superframe Order | 7 | Parameter yang mengatur struktur superframe |
| Cm | 5 | Maksimum jumlah anak dari router |
| Lm | 5 | Kedalaman maksimum dari tree |
| Jumlah Paket | 1.E+06 | Jumlah paket maksimum yang beredar selama simulasi |

Tabel 2 Parameter Untuk Kriteria Sink

| Parameter | Penjelasan |
|---------------|--|
| Hop | Sebuah nilai yang merepresentasikan jarak antara satu node ke node yang lain |
| Coverage Area | Bagaimana sensor-sensor yang ada dapat ter-sensing dengan baik |
| Konektifitas | Bagaimana tree yang dibangkitkan dapat menghubungkan semua node dengan baik |

Tabel 3 Parameter Pada Algoritma MT-HW, MT-EO, dan PBSA

| Parameter | Penjelasan |
|-----------------|---|
| Event rate | Sebuah angka/nilai yang merepresentasikan frekuensi dari seberapa seringnya suatu edge/link digunakan untuk melewati paket-paket yang dikirimkan oleh sebuah node ke sink |
| Overlap counter | Sebuah angka/nilai yang menentukan suatu node dapat dijadikan parent atau tidak |

Tahap Penentuan Skenario Simulasi

A. Skenario 1

Pada skenario 1 ini, sink utama dan sink alternatif bergerak dari 0 hingga 10 simpul/detik . Variasi dari jumlah alternatif sink yang tersedia yaitu 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 dan 50. Skenario pengujian dilakukan dengan membandingkan tiga algoritma yaitu MT-HW, MT-EO, dan PBSA.

B. Skenario 2

Pada skenario 2 ini, sink utama dan sink alternatif bergerak maksimum 100 simpul/detik. Variasi dari jumlah alternatif sink yang tersedia yaitu 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 dan 50. Skenario pengujian dilakukan dengan membandingkan tiga algoritma yaitu MT-HW, MT-EO, dan PBSA.

Tahap Penentuan Parameter yang akan dianalisis

A. Kecepatan

Kecepatan menjadi parameter pembanding yang akan menentukan algoritma apa yang lebih baik antara algoritma MT-HW, MT-EO, dan PBSA. Penilaian didasarkan pada seberapa cepat kedua algoritma tersebut dalam menentukan sink baru yang memenuhi parameter hop yang kecil, cakupan area dan konektifitas.

B. Response Time

Response Time merupakan waktu yang dibutuhkan oleh paket untuk mencapai node tujuan.

C. Packet Loss

Packet loss merupakan kegagalan transmisi paket mencapai simpul tujuannya. Sama seperti response time, packet loss ini juga merupakan salah satu dampak dari proses penentuan sink baru tersebut. Packet loss juga menjadi salah satu parameter pembanding dari kedua algoritma yang akan dianalisis.

Penyebab packet loss antara lain :

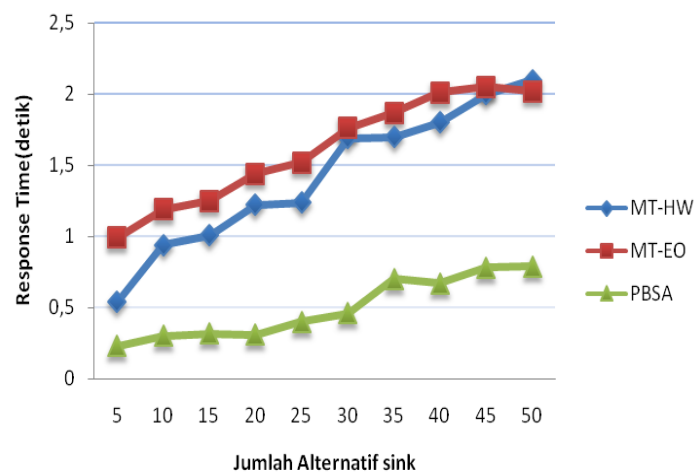
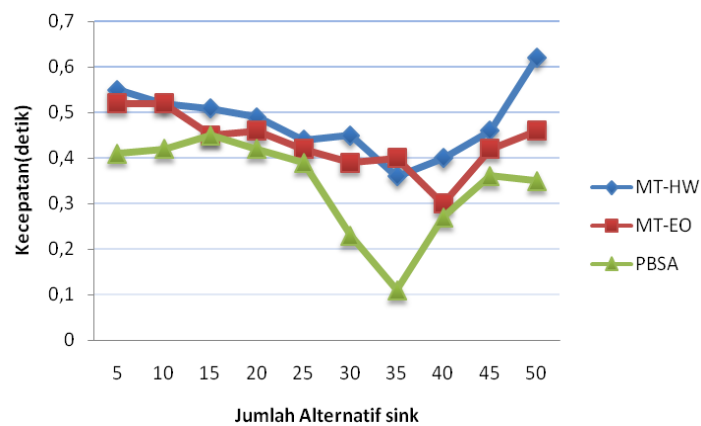
- Terjadinya overload trafik dalam jaringan
- Tabrakan (congestion) dalam jaringan
- Error yang terjadi pada media fisik
- Kegagalan yang terjadi pada sisi penerima, yaitu disebabkan overflow buffer

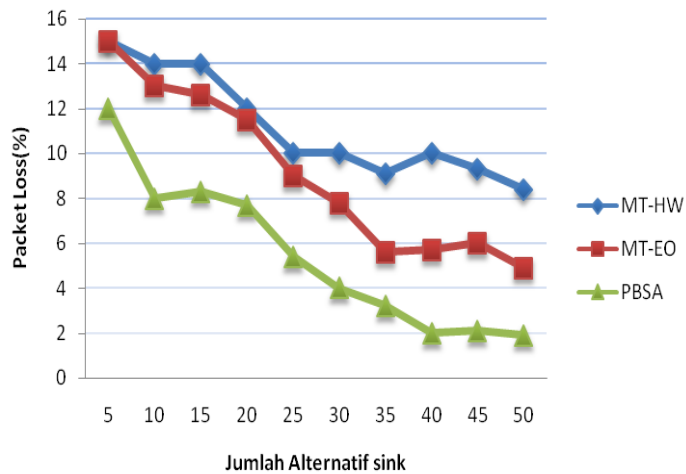
$$\%Packet_Loss = \frac{\sum packet_loss}{\sum packet_yg_dikirim} \times 100\%$$

6 HASIL SIMULASI

Berdasarkan dua skenario pengujian diatas, maka hasil dari simulasi pengujian adalah sebagai berikut:

Hasil Skenario 1

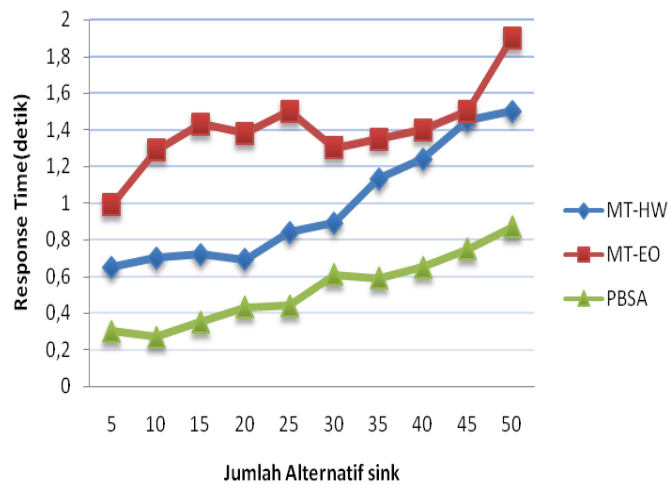
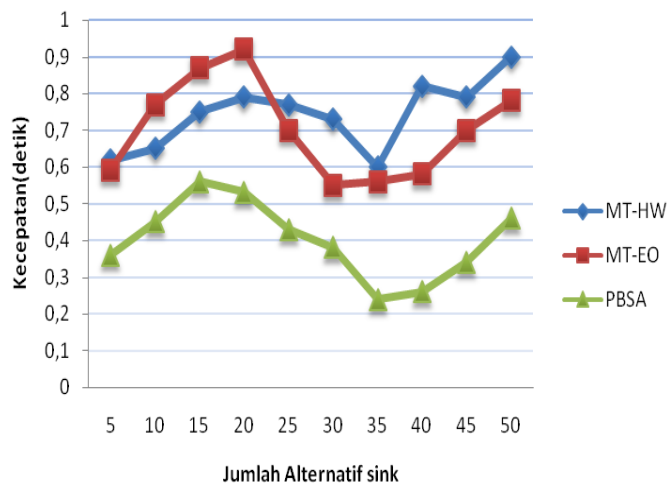


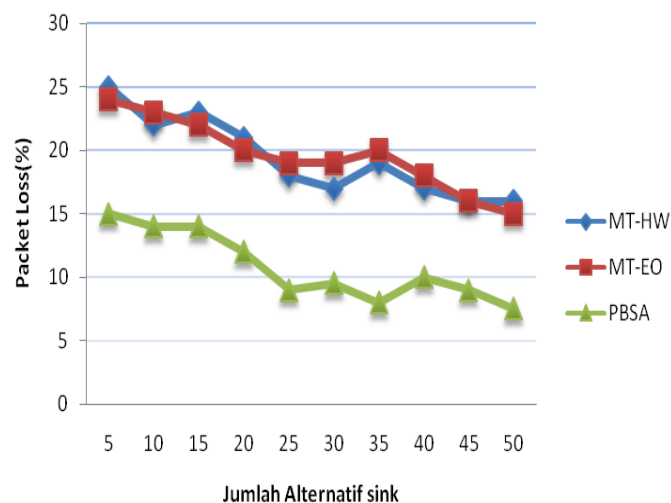


Gambar 3 Hasil Pengujian Skenario 1

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa untuk semua parameter, algoritma PBSA secara umum lebih unggul daripada algoritma MT-HW dan MT-EO. Pada pergerakan sink hingga 10 simpul/detik, nilai optimum didapatkan pada jumlah alternatif sink berkisar antara 30-35 simpul.

Hasil Skenario 2





Gambar 4 Hasil Pengujian Skenario 2

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa untuk semua parameter, algoritma PBSA secara umum lebih unggul daripada algoritma MT-HW dan MT-EO. Pada pergerakan sink hingga 100 simpul/detik, nilai optimum didapatkan pada jumlah alternatif sink berkisar antara 25-35 simpul.

7 KESIMPULAN

Penentuan alternatif sink merupakan upaya untuk memelihara jaringan ZigBee, terutama jika terjadi kondisi sink tidak dapat lagi menjalankan tugasnya, karena drop, fail, atau error. Penelitian ini mengusulkan algoritma PBSA sebagai algoritma penentu mekanisme pergantian sink. Pengujian dilakukan pada serangkaian percobaan dengan dua skenario dalam bentuk simulasi, dengan mengacu pada rangkaian parameter jumlah hop, wilayah cakupan, dan konektifitas. Setiap skenario dilakukan analisis waktu penentuan sink baru, response time, dan persentase terjadinya packet loss. Hasil kedua skenario telah membuktikan bahwa algoritma PBSA mempunyai kinerja yang lebih baik daripada algoritma MT-HW dan MT-EO. Pergerakan alternatif sink tidak berpengaruh secara signifikan pada kinerja PBSA. Berdasarkan hasil penelitian ini, diharapkan menjadi solusi mekanisme pergantian sink pada jaringan ZigBee.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Buratti, C. dan Verdone, R., "On The Design Of Tree-Based Topologies For Multi-Sink Wireless Sensor Networks", Proceedings of NEWCOM/ACORN Workshop, Vienna, Sept 20-22, 2006
- [2] Cipollone, E., Cuomo, F., Della Luna, S., Monaco U., dan Vacirca, F. , "Topology Characterization and Performance Analysis of IEEE 802.15.4 Multi-Sink Wireless Sensor Networks", Med-Hoc-Net 2007 , Corfù, Greece, June 13-15, hal. 196-203, 2007
- [3] Han, B. dan Simon, G. "Optimizing Multi-hop Queries in ZigBee Based Multi-sink Sensor Networks", pada Int. Conf. on Distributed Computing and Networking (ICDCN'09), 2009

- [4] Harun Udin. "Topology Cluster-Tree Characterization". <http://alkautsarpens.wordpress.com/2008/10/27/topology-cluster-tree-characterization>, 2008, Artikel didownload pada tanggal 06 Februari 2009.
- [5] Lin, C.-Y., Peng, W.-C. dan Tseng, Y.-C., "Efficient In-Network Moving Object Tracking in Wireless Sensor Networks", *IEEE Trans. on Mobile Computing*, Vol. 5, No. 8, Aug., hal. 1044-1056. (SCI)
- [6] Lukosius, Arturas. "Opportunistic Routing in Multi-Sink Mobile Ad Hoc Wireless Sensor Networks (ORMMA-WSN)". Master Thesis September 28, 2007, Tesis didownload pada tanggal 06 Februari 2009.
- [7] Machalek, Aurel. "ZigBee Technology In Sensor Network". <http://wiki.uni.lu/secan-lab/ZigBee+technology+in+sensor+network.html>, 2008, Artikel didownload pada tanggal 06 Februari 2009.
- [8] Pan, M.-S. dan Y.-C. Tseng.. "Communication Protocols and Applications for Zigbee-Based Wireless Sensor Networks". *Taiwan-French Conf. on Information Technology*, 2006
- [9] Pan, M.-S. dan Y.-C. Tseng. "ZigBee Wireless Sensor Networks and Their Applications", *Sensor Network and Configuration: Fundamentals, Techniques, Platforms, and Experiments*, Springer-Verlag, 2007