

TESTBED PERFORMA NODE SENSOR, MOTES DAN GATEWAY CROSSBOW DENGAN VARIASI PENEMPATAN POSISI SENSOR PADA DESAIN SMART HOUSE BERBASIS WSN

Godlief Erwin Samuel Mige¹, Ichsan Fahmi², ³Nixson J. Meok
^{1,2,3}*Prodi Pendidikan Teknik Elektro, FKIP, Univ. Nusa Cendana*
Jl. Adisucipto, Penfui, Kupang
¹email : godlieverwin@yahoo.com
²email : ichsan.fahmi@staf.undana.ac.id
³email : nixman_prof@yahoo.co.id

Abstrak - Dalam telekomunikasi, banyak faktor yang mempengaruhi kualitas informasi yang ditransmisikan. Sebuah desain peralatan telekomunikasi yang telah dirakit, sebelum diproduksi atau diaplikasikan secara kontinyu pada kondisi sebenarnya, harus melalui serangkaian uji coba dalam upaya penyempurnaan alat. Tujuan dari penelitian ini adalah menguji dan menganalisa Quality of Service (QoS) dari Wireless Sensor Network yang diaplikasikan pada desain Smart House dengan melakukan testbed. Pengukuran dan pengamatan dilakukan hanya untuk mengetahui jarak komunikasi maksimal antar node sensor dan gateway serta nilai packet loss berdasarkan variasi penempatan sensor. Pada kondisi testbed, posisi sensor terbaik terhadap gateway adalah pada ketinggian 1,8 meter diatas permukaan bidang, yang dapat mencapai jangkauan komunikasi sejauh 27 meter tanpa kehilangan paket data. Pada ketinggian 0 meter (sebidang datar dengan gateway) packet loss mulai terjadi pada jarak komunikasi < 5-6 M >, ketinggian 0,3 M, packet loss mulai terjadi pada jarak komunikasi < 13-14 M >, ketinggian 0,6 M, packet loss mulai terjadi pada jarak komunikasi < 26 M >.

Kata Kunci : QoS, delay, loss, node, sensor

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Indonesia adalah negara yang sedang berkembang di berbagai bidang. Pembangunan permukiman, infrastruktur dan industri yang pesat harus diimbangi dengan ketersediaan sumber tenaga listrik sebagai salah satu pendukung beroperasinya semua sarana yang telah dibangun. Sayangnya daya listrik yang tersedia kurang mencukupi, sehingga pemerintah menyerukan penghematan pemakaian listrik dan melakukan penyesuaian tarif dasar listrik serta pemutusan aliran listrik secara bergiliran apabila ada mesin pembangkit listrik yang bermasalah karena harus beroperasi tanpa henti untuk menyediakan suplai listrik (contohnya yang sering terjadi di kota Kupang dan sekitarnya setiap menjelang akhir tahun dan musim hujan). Untuk kalangan pemakai rumahan, perkantoran, perhotel dan pabrikan serta fasilitas umum lainnya, sering dijumpai beberapa alat listrik masih tetap hidup walaupun tidak dipakai, seperti lampu yang menyala terus disiang hari, AC, TV, komputer dan lain-lain yang tetap hidup walaupun tidak dipakai. Hal

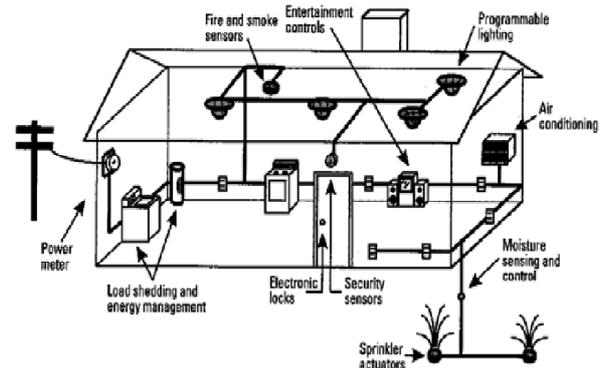
yang kelihatannya sepele ini, selain suatu pemborosan, juga memperpendek umur pakai alat-alat listrik tersebut. Jika 10% saja perilaku diatas terjadi di Indonesia, bisa dibayangkan berapa jumlah energi listrik dan biaya yang terbuang percuma untuk hal yang tidak perlu. Pengoperasian peralatan listrik tanpa pemantauan juga memungkinkan terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan seperti kebakaran akibat hubungan arus pendek dan lain-lain.. Untuk itu diperlukan suatu otomatisasi pengontrolan terhadap pengoperasian alat listrik pada suatu gedung dengan menempatkan beberapa sensor sebagai pengindra dan pemantau kapan seharusnya alat listrik tersebut beroperasi dan bisa dikontrol dari jarak jauh. Dengan adanya pengontrolan secara otomatis ini, sebuah gedung dapat terlihat lebih 'cerdas', dan rumah lebih terasa nyaman. Parameter-parameter yang dipantau dan diindera oleh sensor adalah berupa gerakan, getaran, temperatur, cahaya, akustik, kelembaban, dan medan magnet. Nilai dari parameter-parameter yang dipantau tadi, bisa dipakai untuk menghidupkan atau mematikan suatu peralatan listrik. Misalkan, sebuah sensor dipasang untuk memantau dan mengindera cahaya dan

temperatur dalam suatu ruangan. Bila kondisi pencahayaan dan temperatur dalam ruangan tersebut melebihi nilai pencahayaan dan temperatur yang telah ditentukan, maka sensor akan mematikan peralatan listrik yang berhubungan dengan cahaya serta suhu yang tersambung ke sensor, misalnya lampu dan AC. Demikian juga sebaliknya. Untuk sensor getaran dan akustik, bisa dipakai untuk memantau kinerja suatu mesin. Bila suatu saat sensor mendeteksi adanya getaran serta bunyi yang melebihi *range* yang sudah ditentukan, maka sensor akan mematikan mesin untuk menghindari hal yang tidak diinginkan. Sensor gerakan dan medan magnet dapat dipakai untuk menghidupkan atau mematikan alat listrik seperti lampu, oven listrik, *rice cooker* dan lain-lain. Skenarionya adalah bila sensor gerakan mendeteksi adanya gerakan atau sensor magnetis yang dipasang pada ketinggian tertentu terpotong medan magnetnya maka lampu akan menyala dan akan kembali padam setelah tidak ada aktifitas dalam ruangan lagi. Semua jenis sensor dapat diatur dan dirancang sesuai kebutuhan.

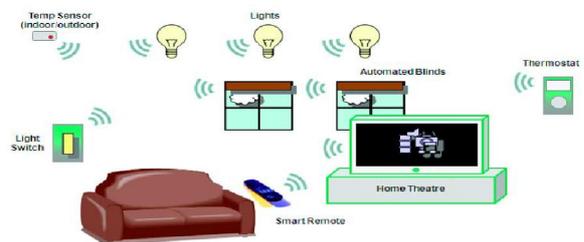
Teknologi *wireless* yang semakin berkembang, bervariasi dan pemakaiannya sudah sangat luas di hampir semua bidang, dapat dimanfaatkan untuk pengontrolan ini. Ada teknologi *Bluetooth* (IEEE 802.15.1), *ZigBee* (IEEE 802.15.4), *WiFi* (IEEE 802.11b). Semuanya mempunyai *market* masing-masing dan jika dibandingkan, mempunyai kelebihan dan kekurangan.

Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) / *Wireless Sensor Network* (WSN) berbasis *ZigBee* merupakan salah satu cara yang tepat untuk mengimplementasikan suatu gedung yang 'cerdas'. *ZigBee* adalah IEEE 802.15.4 yang dimodifikasi oleh *ZigBee Alliance* untuk otomatisasi peralatan listrik dalam rumah yang bekerja dalam *bit rate* yang rendah, terkoordinir serta sangat hemat energi dalam pengoperasiannya. Jika dibandingkan dengan *Bluetooth* yang dirancang untuk komunikasi suatu peralatan dengan PC (*Personal Computer*) dan mempunyai anggota jaringan yang terbatas. IEEE 802.11 bekerja dalam *bitrate* yang tinggi dan membutuhkan infrastruktur yang mahal serta membiarkan anggota jaringan memperebutkan sumber daya yang ada sehingga keamanan data dapat terganggu. Dari perbandingan diatas, jelas *ZigBee* lebih unggul untuk penerapan pada

sistem *Smart Home* (SH). Gambar 1 dan Gambar 2 mengilustrasikan WSN berbasis *ZigBee*.



Gambar 1. Contoh rumah yang memakai *ZigBee* Diagnose (www.freescale.com/zigbee)

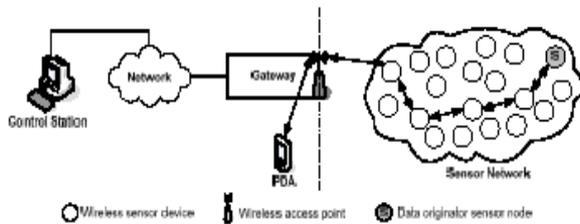


Gambar 2. Penggunaan WSN *ZigBee* Home Automation dalam rumah (Ramon, C., 2005)

2. LANDASAN TEORI

2.1 Pengenalan *Wireless Sensor Network*

Wireless Sensor Network (WSN) terdiri dari sekumpulan besar sensor berukuran kecil dengan berbagai kemampuan untuk merasakan atau mengindra sesuatu seperti getaran, cahaya, suhu, medan magnet dan akustik yang berada disekitar daerah yang dipantau. Kumpulan sensor ini bertujuan untuk mengumpulkan data-data spesifik yang diperlukan untuk mengontrol kondisi di suatu daerah. Data hasil pengideraan dikirim ke suatu stasiun kendali atau dikenal sebagai sink untuk diproses dan dianalisa, adalah SHil kerja sama atau komunikasi antar WSN (node) dengan cara *multi-hop*, seperti pada Gambar 2.4. Yang dimaksud dengan *multi-hop* adalah komunikasi antar sensor dengan *sink* yang berada diluar jangkauannya lewat sensor lain yang terdekat pada jangkauan, kemudian diteruskan secara berantai ke sensor berikutnya, sehingga informasi dapat sampai pada *sink*. Demikian sebaliknya.



Gambar 3. Topologi dasar WSN, (Severino, R. dkk. 2006)

2.2. Keunggulan dan keterbatasan WSN

Sebuah WSN terdiri dari ratusan atau ribuan *sensor board* (node) yang murah yang sudah ditetapkan lokasinya atau bisa juga disebarluaskan secara acak untuk memonitor suatu lingkungan yang areanya luas. Karena ukurannya yang kecil dan jumlahnya yang banyak, sebuah WSN dapat menyediakan data sensor yang akurat. Dalam hal ini, toleransi kesalahan dapat ditekan dengan membandingkan informasi dari sensor yang saling berdekatan. Sensor yang banyak dapat saling berkomunikasi lewat radio atau lewat kabel. Pengelompokan sensor juga memungkinkan *sensor board* lebih fokus pada area atau kejadian yang lebih spesifik dan mengumpulkan serta membagi informasi yang relevan saja. Selain itu, WSN juga tidak memerlukan terlalu banyak campur tangan manusia sehingga mengurangi *system interrupt*, dapat dioperasikan pada daerah yang rawan, serta dapat dijadwal secara dinamis. Tapi ukurannya yang kecil juga berimplikasi pada keterbatasan energi karena dalam satu paket tidak hanya memuat battery, panel *solar cell* atau beberapa sumber energi berukuran kecil lainnya, tapi juga beberapa komponen elektronik dan sensor itu sendiri. Selain itu sebuah single sensor board juga mempunyai keterbatasan dalam kemampuan penginderaan, pemrosesan data, memory penyimpanan dan jarak komunikasi.

2.3. Aplikasi jaringan sensor

Jaringan sensor sangat berguna diberbagai bidang. Bidang-bidang utama dimana sensor disebarluaskan adalah :

- *Pengamatan Lingkungan* : Jaringan sensor dapat digunakan untuk mengawasi perubahan. Contohnya adalah deteksi polusi air sungai yang berlokasi dekat pabrik kimia. Node sensor dapat disebarluaskan secara acak ditempat yang tidak diketahui dan tidak bersahabat serta dapat mencari tahu lokasi polusi dengan tepat, sehingga dapat dilakukan tindakan pencegahan. Contoh lain pendeteksian polusi udara, monitoring habitat

binatang serta monitoring salju atau lahan kritis untuk mencegah dan menghindari terjadinya longsor.

- *Pemantauan Militer* : Jaringan sensor untuk pengawasan pertempuran, dimana sensor digunakan untuk memonitor jejak kendaraan, posisi musuh, bahkan melindungi peralatan dari sebaran sensor.
- *Pemantauan Gedung* : Sensor dapat digunakan pada gedung besar atau pabrik untuk memonitor perubahan iklim. *Thermostat* dan sensor suhu disebarluaskan diseluruh gedung. Sebagai tambahan, sensor dapat digunakan untuk memantau getaran yang dapat merusak struktur bangunan.
- *Pelayanan Kesehatan* : Sensor dapat digunakan pada aplikasi biomedikal untuk meningkatkan mutu pelayanan. Sensor juga dapat ditanamkan dalam tubuh untuk memonitor masalah kesehatan seperti kanker dan membantu pasien menjaga kesehatannya.
- *Pemantauan keamanan* : *Motion sensors* yang dikombinasikan dengan *automatic lock* dapat digunakan untuk memantau keamanan suatu gedung atau ruangan dari tindakan kejahatan

2.4. Dasar protokol MAC

Protokol *Medium Access Control* (MAC) adalah protokol pertama yang berada diatas *physical layer* (PHY) yang sangat mempengaruhi MAC. Tugas dasar MAC adalah mengatur akses semua node ke medium pembagi berdasarkan permintaan yang nantinya berpengaruh pada beberapa kriteria seperti penggunaan energi sesedikit mungkin, *low access delay* (waktu antara datangnya paket dan pertama kali dikirim) dan *low transmission delay* (waktu antara datangnya paket dan ber hasil dikirim sampai tujuan), *throughput efficiency*, *stability* dan *fairness* dengan *overhead* serendah mungkin. Diantara referensi model OSI, MAC dianggap sebagai bagian *Data Link Layer* (DLL) tapi ada perbedaan tugas yang jelas antara MAC dengan bagian DLL yang lain. Kerja protokol MAC dibatasi pada pengaturan node yang akan mengakses medium untuk mentransfer data, kontrol atau mengatur paket ke node yang lain (*unicast*) atau ke banyak node (*multicast*, *broadcast*). Dua tanggung jawab penting yang tersisa yaitu *error control* dan *flow control* akan ditangani oleh DLL yang lain. *Error control* dipakai untuk memastikan tidak ada kesalahan saat pengiriman dan mengambil tindakan yang sesuai

saat ditemukan kesalahan dalam paket data, sedangkan *flow control* mengatur tingkat transmisi untuk mencegah terjadinya penumpukan data yang antri akibat penerima yang lambat.

2.5. Protokol MAC untuk WSN

Yang paling penting dalam WSN adalah kemampuan beroperasi selama mungkin dengan menggunakan energi seefisien mungkin. Protokol MAC yang terdahulu seperti ALOHA dan CSMA tidak begitu fokus pada penggunaan energi. Kemampuan lain seperti *throughput*, *time delay* dan *fairness* juga penting, tetapi tidak sepenting penghematan energi. *Fairness* tidak begitu penting lagi saat tiap node dalam WSN tidak berebut *bandwidth*, tetapi bekerja sama untuk mencapai suatu tujuan bersama. Kemampuan akses atau *delay* transmisi ditukar dengan penghematan energi, demikian juga dengan *throughput* yang tidak menjadi isu utama lagi. Hal penting lainnya adalah penentuan luas berkaitan dengan kerapatan node sensor karena jumlahnya yang sangat banyak serta ketahanan terhadap perubahan topologi yang sering terjadi karena ada node yang kehabisan energi atau berpindah, penambahan node baru atau ada node yang rusak.

Masalah energi pada MAC layer muncul karena node bisa berada dalam mode mengirim, menerima, bebas dan tidur. Saat berada dalam mode mengirim, node menghabiskan banyak energi, saat dalam mode menerima, node menghabiskan energi lebih sedikit dari mode mengirim, tapi pada dasarnya sama saja, pada posisi bebas, node hanya menghabiskan sedikit energi, tapi tetap saja hampir sama dengan saat berada pada mode mengirim, pada mode tidur, hampir tidak ada energi yang terpakai, tapi berakibat node menjadi “tuli”. Penggunaan energi secara percuma terjadi karena *Collisions*, dimana node penerima tidak menerima data dengan lengkap, node pengirim harus mengirim kembali data yang gagal diterima. Karena itu *collisions* harus dihindari dengan menggunakan desain FAP/TDMA atau DAP atau CSMA. Jika semua protokol diatas bisa menjamin bahwa data pada semua sensor akan selalu pendek, maka masalah *collision* bisa diabaikan. *Overhearing unicast* mempunyai satu node sumber dan satu node tujuan. Tapi medium *wireless* adalah medium *broadcast* dan semua node disekitarnya yang kebetulan berada dalam mode menerima membaca paket yang dikirim dan menjatuhkannya jika paket itu bukan ditujukan untuk mereka. Dalam jaringan yang penyebaran nodenya sangat padat, kondisi *overhear* ini akan sangat mengurangi

energi sehingga harus dihindari. Dilain pihak, kondisi ini diperlukan saat mengumpulkan informasi node disekelilingnya, perkiraan kepadatan lalu lintas data dan untuk keperluan manajemen. *Overhead* protokol dipengaruhi oleh kontrol hubungan *frame* MAC yang mirip, seperti paket atau permintaan RTS dan CTS dalam DAP dan selanjutnya oleh *per-packet overhead* seperti paket *headers* dan *trailers*. *Idle listening* adalah kondisi dimana node yang sedang bebas, siap menerima paket tapi belum menerima paket. Penantian seperti ini menghabiskan energi dengan percuma dan membebani jaringan. Mengganti mode pemancar adalah salah satu solusi tetapi pergantian mode juga membutuhkan energi. Protokol berbasis TDMA menawarkan solusi yang implisit saat node yang beroperasi pada suatu slot waktu mengganti modenya dari pengirim ke penerima. Banyak protokol mencoba mengatasi masalah diatas untuk menjaga WSN tetap memakai energi seirit mungkin.

2.6. Komponen Wireless Sensor Network

Komponen yang dipakai dalam penelitian ini untuk memodelkan implementasi *Smart Home* berbasis WSN adalah sebagai berikut :

- MTS 420 atau MTS 300 (*sensor board*),
- MICAz MPR 2400 (*motes*),
- MICAz MIB 600 CA (*gateway*),
- *Ethernet Card*,
- *Tiny OS*.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Metodologi

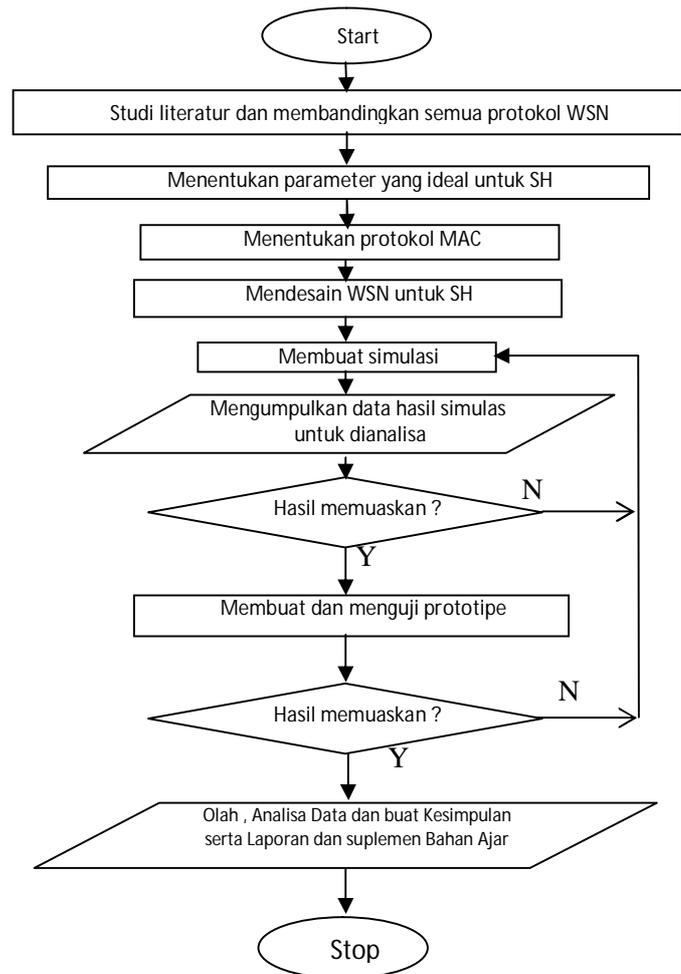
Metode penelitian untuk menjawab permasalahan yang diuraikan pada Bab 1 adalah menggunakan pendekatan sebagai berikut :

- Melakukan studi literatur mengenai dasar teori jaringan, teknik komunikasi data, protokol dan keamanan dalam jaringan, standart IEEE, *stack layer*, *routing* serta penamaan dan *addressing* node.
- Membandingkan semua protokol WSN. Tiap tipe jenis protokol mempunyai cara kerja dan keunikan masing-masing. Setelah dibandingkan dengan yang lain, diperoleh kelebihan dan kekurangan masing-masing protokol. Patokan yang dipakai dalam penentuan protokol jaringan komunikasi

adalah cara pengiriman pesan agar menghasilkan keluaran pesan yang jelas (*Quantity of Service* dan *Quality of Service* (QoS)). QoS dapat dipisah menurut tundaan pesan (*message delay*), waktu pesan, tingkat kesalahan pesan (*Bit Error Rate* (BER)), paket yang hilang (*packet loss*), biaya pengiriman yang ekonomis, lingkungan instalasi, kehandalan dan aplikasi keamanan data.

- Dari hasil perbandingan diatas, langkah selanjutnya adalah menentukan parameter-parameter yang ideal untuk diimplementasikan pada rancangan SH untuk perumahan di Indonesia. Seperti yang sudah diasumsikan, SH dirancang untuk tipe rumah besar dan bertingkat. Parameter dan asumsi seperti kejadian dan waktu kapan seharusnya lampu akan menyala, berapa intensitas cahayanya.
- Menentukan jaringan dan protokol mana yang akan dipakai dan dapat mengakomodir parameter yang sudah ditentukan.
- Mendesain WSN untuk SH dan membuat simulasi SH. Semua skenario kejadian, ukuran ruangan, jarak penempatan node, *range* nilai parameter yang ditentukan dan respon node terhadap nilai parameter yang diukur, dimodelkan secara matematis dan disimulasikan menggunakan program MATLAB.
- Dari hasil simulasi, data yang ada dianalisa dan dilakukan evaluasi terhadap desain SH. Bila hasilnya kurang memuaskan, desain bisa ditinjau lagi dalam hal penempatan dan jumlah node sensor.
- Setelah desain dirasa cukup baik dan memenuhi semua kriteria yang sudah ditentukan, bisa dibuatkan prototipe SH untuk diuji coba. Pertama-tama, semua sensor *board* diuji sensitifitasnya dengan jarak yang bervariasi, kemudian dihubungkan dengan mote dan gateway. Setelah itu TinyOS yang telah dirancang, dijalankan untuk mengendalikan proses komunikasi. Jika semua minimum sistem sudah bekerja dengan baik, dilakukan uji coba dalam miniatur rumah kemudian dalam ruangan laboratorium dan terakhir diuji coba dalam beberapa ruang kelas.
- Langkah terakhir adalah mengambil kesimpulan berdasarkan analisa data dan menulis laporan penelitian.

Metode penelitian digambarkan pada *flow chart* dibawah ini.



Gambar 4. Diagram alir metode penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi dilakukan untuk menguji respon sensor terhadap cahaya dan temperatur yang datanya dikirim antar node sensor secara single hop dan multihop.

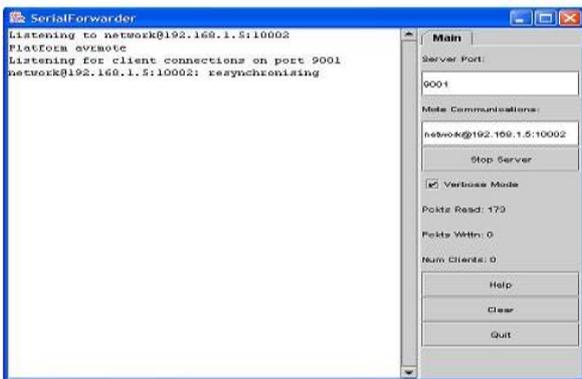


Gambar 5. Simulasi Respon Sensor dan Koneksi Jaringan

Hasil sensing dimunculkan lewat tools *Serial Forwarder* dengan mengetikkan command pada jendela *Cywin* :

```
$ java net.tinyos.sf.SerialForwarder -comm
network@192.168.1.5:10002
```

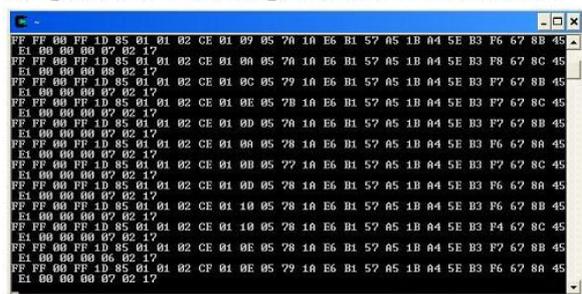
yang artinya *Serial Forwarder* mengambil paket sensing dari gateway dengan address 192.168.1.5 port 10002 untuk diteruskan ke server pada port 9001 seperti pada gambar 6.



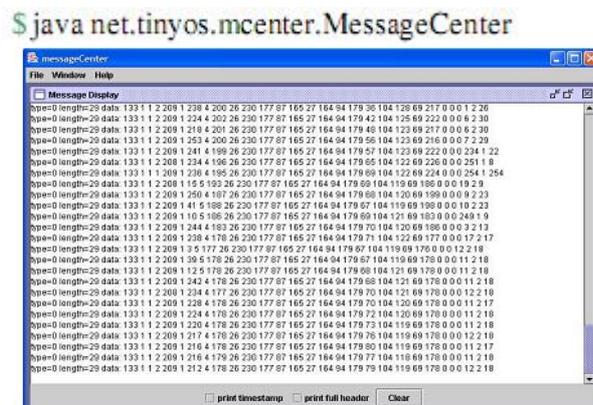
Gambar 6. Tampilan Serial Forwarder

Untuk mengamati paket yang diterima server, digunakan *Listen* dan *Message Center*

```
$ java net.tinyos.tools.Listen
```



Gambar 7. Command dan Tampilan Listen



Gambar 7. Command dan Tampilan Serial Forwarder

Agar data diatas bisa tampil dalam bentuk teknis yang lebih mudah dipahami, dipakai tools *Xlisten* yang dapat menampilkan data raw dalam bentuk desimal, hexadesimal maupun data dengan satuan teknis.

```
$ xlisten -p -c -i=192.168.1.5:10002
```



Gambar 9. Command dan Tampilan Xlisten

Testbed dilakukan dengan membuat variasi posisi sensor dan jaraknya terhadap gateway untuk mengetahui maksimal jarak komunikasinya serta *packet loss* yang terjadi.



Gambar 10. Variasi penempatan tinggi sensor

Tinggi sensor (m)	Jarak sensor-gateway (m)	Packet Loss %
0	1-3 4-7 8-10	0. 4 / 24. 5-6 / 0. 7 / 38. 100.
0,3	1-11 12-16 17-25	0. 12 / 12. 13-14 / 0. 15 / 36. 16 / 13 100.
0,6	1-24 25-26 27-30	0. 25 / 11. 26 / 0. 100.
1,8	1-22 23-29 30-35	0 23/11. 24-27/0. 28-29/100 100

Tabel 1. Hubungan posisi sensor dengan jarak komunikasi serta *packet loss*

4. KESIMPULAN

Dari hasil testbed yang dilakukan, terlihat bahwa ada hubungan antara tinggi penempatan sensor terhadap gateway dengan jangkauan komunikasi dan *packet loss*. Pada kondisi testbed, posisi sensor terbaik terhadap gateway adalah pada ketinggian 1,8 meter diatas permukaan bidang, yang dapat mencapai jangkauan komunikasi sejauh 27 meter tanpa kehilangan paket data. Pada ketinggian 0 meter (sebidang datar dengan gateway) *packet loss* mulai terjadi pada jarak komunikasi < 5-6 M >, ketinggian 0,3 M, *packet loss* mulai terjadi pada jarak komunikasi < 13-14 M >, ketinggian 0,6 M, *packet loss* mulai terjadi pada jarak komunikasi < 26 M >.

REFERENSI

Augusto J.C dan Nugent C.D. (2006), “*The Role of Artificial Intelligence*” dalam *Designing Smart Homes* . Springer-Berlin Heidelberg, NewYork

Bjorkstad P. (2007), “*Reliable Data Delivery over Wireless Sensor Networks*” Master’s Degree Project, Stockholm, Sweden

Christian Hermann, *Middleware for Supporting Multiple Application In Wireless Sensor Network*, Assignment Thesis, Faculty of Computer Science, Institute for System Architecture, Technische Universität Dresden.

Crossbow Technology, Inc. (2005)” *Hardware Overview*”

Gay D., Levis P. dan Behren R.(2003), “*The NesC Language : A Holistic Approach*

to Networked Embedded Systems Proceedings of Programming Language Design and Implementation” (San Diego)

Karl H. Dan Willig A. (2005), *Protocols and architectures for wireless sensor networks*, John Wiley & Sons, Inc., New York.

Lewis F.L. (2004), “*Wireless Sensor Network*”. Eds. Cook D.J. et al., University of Texas, Arlington.

Ramon C. (2005), “*Zigbee Home Automation Public Application Profile*” , ZigBee Alliance, Inc.,San Ramon.

Severino R. dan Alves M.(2006) , “ *On a Test-bed Application for the ART-WiSe Framework*”. Technical Report IPP-HURRAY! Polytechnic Institute of Porto (ISEP-IPP), Portugal.

www.freescale.com/zigbee

www.zigbee.org

Zhu Y.W., Zhong X.X. dan Shi J.F. (2006), “*The Design of Wireless Sensor Network System Based on Zigbee Technology for Greenhouse*”, *Journal of Physics, Confrence Series* 48 , hal. 1195-1199.