

ANALISIS KINERJA PROTOKOL ZIGBEE DENGAN TOPOLOGI STAR PADA BUILDING AUTOMATION SYSTEM (BAS)

Eko Kurniawanto Putra 1,2, Zaini 3

1 Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

2 Dosen Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Padang

3 Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

e-mail: okeputra17@gmail.com

Abstrak

Building Automation System (BAS) digunakan untuk menyesuaikan secara otomatis kondisi dalam ruangan untuk mengurangi biaya operasional. BAS merupakan integrasi dari beberapa sistem automasi, yaitu *Heating Ventilating and Air Conditioner* (HVAC), pencahayaan, keamanan dan kebakaran, keamanan pengguna, pemantau daya dan transportasi dalam gedung. Penggunaan system ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan manajemen energy suatu gedung. Teknologi wireless BAS pada penelitian ini dengan memanfaatkan jaringan nirkabel zigbee yang menguntungkan dari segi fleksibilitas. Pengujian antara node coordinator dan end device pada masing-masing sensor node dilakukan dengan topologi point to point dengan membaca parameter RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) melalui aplikasi XCTU, menunjukkan packet loss yang diterima maksimal hanya sebesar 1%. Sedangkan pengujian transmisi data dari setiap sensor node hingga ke database system dengan sampel data 10 jam menggunakan topologi star menunjukkan rata-rata data yang diterima 94% dengan delay pengiriman data antara 1 hingga 2 detik. Waktu yang diperlukan masing-masing sensor *node* untuk terhubung dengan *receiver* apabila pada saat dinyalakan hingga data tersimpan ke database kurang dari 19 detik. Topologi star adalah topologi yang sangat sederhana, sehingga kedepannya dapat dikembangkan dengan menggunakan topologi yang lebih kompleks seperti tree dan mesh.

Kata kunci : *Building Automation System, BAS, Zigbee, xbee, Topologi Star*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi berpengaruh besar terhadap perkembangan gaya hidup manusia. Hampir semua kegiatan dilakukan di dalam gedung, akibatnya pembangunan gedung-gedung tinggi pun semakin meningkat dan berdampak terhadap penggunaan energi listrik. Untuk mengendalikan penggunaan listrik dapat dilakukan dengan sebuah sistem monitoring yaitu *Building Automation System* (BAS). BAS digunakan untuk menyesuaikan secara otomatis kondisi dalam ruangan untuk mengurangi biaya operasional. BAS merupakan integrasi dari beberapa sistem automasi, yaitu *Heating Ventilating and Air Conditioner* (HVAC), pencahayaan, keamanan dan kebakaran, keamanan pengguna, pemantau daya dan transportasi dalam gedung[1].

Saat ini BAS masih terkendala pada penerapan jaringan, karena hal-hal berikut: protokol komunikasi yang rumit, masalah keamanan jaringan, waktu, biaya dan sumber daya. Salah satunya penerapan teknologi dengan media kabel tembaga (UTP) pada jaringan komputer yang terkendala pada lalu lintas jaringan tersebut, apabila lalu lintas

jaringan sibuk maka data yang dikirim akan semakin lambat dan *delay* pengiriman semakin tinggi mengakibatkan naiknya kemungkinan *packet loss*[2].

Penggunaan teknologi nirkabel diharapkan dapat mengurangi biaya dalam sistem monitoring dan mengurangi *packet loss* dalam transmisi data. Perkembangan terakhir adalah penerapan komunikasi nirkabel 802.15.4 (ZigBee), 802.11 (WiFi) dan Bluetooth. Keuntungan terbesar dari teknologi ini jika diterapkan di BAS adalah fleksibilitas[3].

Teknologi jaringan sensor nirkabel telah banyak dilakukan dalam berbagai bidang seperti pertanian[4], pengamatan lingkungan[5], kesehatan[6], otomatisasi gedung[7] maupun bidang lainnya. Pemantauan dan pengaturan suhu ruangan menggunakan jaringan sensor nirkabel disini menggunakan jaringan ZigBee dengan Xbee sebagai alatnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Building Automation Sistem

Sistem otomatis pada gedung atau dikenal dengan BAS (*Building Automation System*) adalah suatu sistem pengendalian dan pemantauan yang terpusat dari seluruh

peralatan mekanikal dan elektrikal yang terdapat disuatu gedung. BAS terdiri dari beberapa *Direct Digital Control* (DDC) yang mempunyai *input* dan *output* baik secara analog maupun digital. Input dan output tersebut berguna sebagai indikator untuk mengetahui status dari perangkat yang akan dikontrol[8].

BAS merupakan solusi total bagi gedung bertingkat atas seluruh permasalahan peralatan *utility, maintenance, operational*, dalam melakukan sistem monitoring dan kontrol guna mendapatkan sistem otomatisasi yang membantu pekerjaan seluruh unit gedung sehingga seluruh pekerjaan dan aktivitas gedung akan cara lebih mudah termonitor, terkoordinasi, dalam sistem yang lebih efisien dan mudah. Sistem ini bisa mengatur dan memonitor seluruh mesin dan perangkat listrik seperti pompa, AC, lift, eskalator, lampu dll.

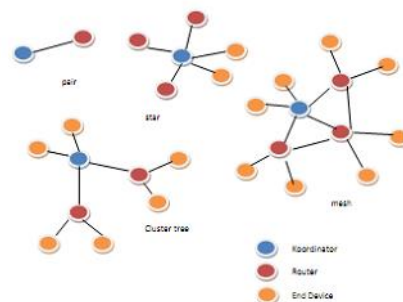
2.2 Zigbee

ZigBee adalah protokol jaringan nirkabel yang ditargetkan untuk otomasi dan *aplikasi remote control* dengan teknologi data rate rendah, konsumsi daya rendah, dan harga murah. ZigBee diharapkan dapat memperkecil biaya dan menjadi konektivitas berdaya rendah untuk peralatan yang memerlukan baterai untuk hidup selama beberapa bulan sampai beberapa tahun, tetapi tidak memerlukan kecepatan transfer data tinggi seperti Bluetooth.

Selain itu, ZigBee dapat diimplementasikan dalam jaringan *mesh* yang lebih luas daripada yang mungkin dijangkau dengan Bluetooth. Perangkat nirkabel ZigBee diharapkan dapat digunakan untuk mengirimkan data sejauh 10-75 meter, tergantung pada lingkungan RF dan *output* konsumsi daya yang diperlukan untuk diberikan aplikasi. Perbandingan standar *wireless* dapat dilihat pada Tabel 1[9].

| Standard | ZigBee 802.15.4 | Bluetooth 802.15.1.4 | Wi-Fi 802.11b |
|---------------------------|---------------------------------|----------------------|--------------------------|
| Aplikasi | Monitoring dan kontrol | Pengganti kabel | web, video, e-mail |
| Resource | 4kb-32kb | 250kb+ | 1Mb+ |
| Daya tahan baterai (hari) | 100-1000+ | 1-7 | 0,1-5 |
| Node per jaringan | 256/65 k+ | 7 | 30 |
| Bandwidth (kbps) | 20-250 | 720 | 11000+ |
| Jangkauan (m) | 1-75+ | 1-10+ | 1-100 |
| Kelebihan | handal, hemat daya, biaya murah | Murah | fleksibilitas, kecepatan |

Protokol *Zigbee* mendukung beberapa topologi jaringan. Di dalam *Zigbee* terdapat empat jenis topologi [10], yaitu *pair, star, mesh* dan *cluster tree*, seperti pada gambar 1. Jenis *pair* merupakan yang paling sederhana karena hanya membutuhkan dua radio, dimana satu sebagai *coordinator* sedang yang lain sebagai *router* atau *end device*. Topologi *star* juga relatif mudah, karena satu *coordinator* di tengah sedang lainnya mengirim data ke *coordinator*, hampir sama dengan *pair* tetapi ini memiliki lebih dari satu *router* atau *end device*. Topologi *Mesh* memiliki beberapa *router* dan *end device*, dimana *router* selain mengirim data dari dirinya juga meneruskan data dari *end device*, serta mempunyai kemampuan menyembuhkan rutenya jika terjadi masalah. *Cluster tree* hampir sama dengan *mesh*, tetapi untuk peruteannya tidak sama, *end device* memilih *router* tertentu untuk meneruskan datanya ke koordinator.



Gambar 1. Model Topologi Jaringan [10].

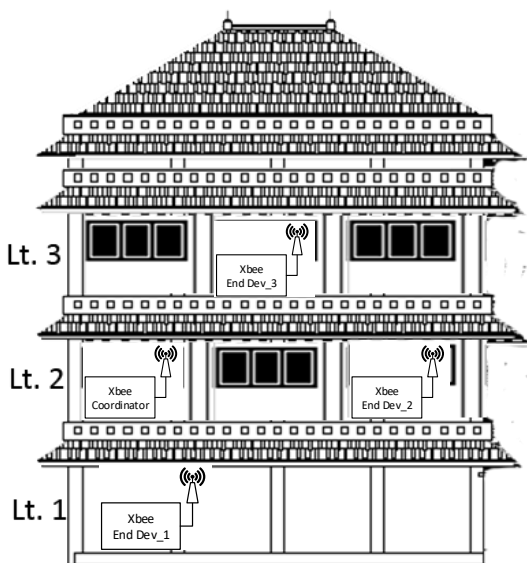
Tabel 1. Perbandingan Standard *Wireless*

3. PERANCANGAN SISTEM

Penelitian dilakukan di gedung E Fakultas Teknologi Industri (FTI) Institut Teknologi Padang, gedung ini terdiri dari tiga lantai. Dalam penelitian ini digunakan empat buah modul Xbee, yang terdiri dari tiga buah Xbee sebagai *End Device* pada *sensor node* dan satu buah xbee *coordinator* pada *receiver*. Selain itu juga digunakan *Xbee shield*, board Arduino dan Ethernet shield yang digunakan untuk komunikasi secara TCP/IP dengan komputer sebagai database server.

Pada tahap awal direncanakan topologi yang akan digunakan, karena lokasi penelitian hanya satu gedung maka dipilih topologi *star* yg lebih sederhana seperti pada gambar 2. Topologi *star* yaitu topologi dengan beberapa *End device/Router* terhubung ke *Coordinator* yang akan menampung semua data yang dikirimkan oleh *End Device* dan meneruskan ke *database* melalui *Ethernet shield*.

Masing-masing lantai di pasang satu perangkat *sensor node* dan *transmitter* menggunakan xbee. Perangkat *transmitter* xbee akan mengirimkan data dari sensor suhu dan kelembaban DHT11, sensor arus ACS758 dan dari sensor PIR. Data dari setiap *sensor node* di terima oleh *receiver* pada lantai dua dan disimpan dalam *database*.



Gambar 2. Topologi Sistem.

Alur pengujian sebagai berikut. Pertama dilakukan pengujian jaringan xbee antara

coordinator dan *end device* pada setiap lantai. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *tool range test* pada aplikasi XCTU. Topologi yang mendukung untuk melakukan pengujian ini adalah topologi *point to point* dengan mengirimkan paket bervariasi mulai dari 100 hingga 500 paket.

Selanjutnya dilakukan pengujian pengiriman data dari setiap sensor melalui xbee *end device* pada *sensor node* ke xbee *coordinator* pada *receiver* hingga data setiap sensor dari masing-masing lantai disimpan pada *database server*.

4. PENGUJIAN DAN HASIL

4.1 Pengujian Jaringan Xbee

Pengujian jaringan Xbee pada penelitian ini adalah dengan mengukur parameter RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) dengan menggunakan *tool range test* pada perangkat lunak XCTU. Pengujian dilakukan dengan topologi *point-to-point*. Gambar 3 menunjukkan topologi jaringan dari pengujian ini.

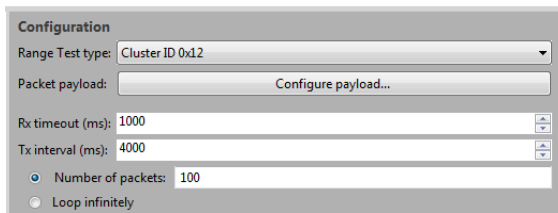


Gambar 3. Topologi Point to Point.

Tujuan pengujian ini adalah untuk menguji kemampuan setiap xbee pada saat mengirimkan data dari *sensor node* ke *coordinator*. Pengujian ini hanya di butuhkan USB Xbee Adapter pada *end device* untuk menghubungkan perangkat Xbee dengan komputer dan aplikasi XCTU, sedangkan xbee *coordinator* pada cukup terhubung ke sumber tegangan 5v.

Pengujian dilakukan dengan skenario yaitu jumlah paket data dan ukuran paket data. Ukuran paket data maksimal yang dapat dikirimkan dalam satu kali transmisi oleh perangkat XBee Seri 2 adalah sebesar 84 Bytes. Pada pengujian ini digunakan ukuran paket data maksimal yang bisa ditransmisikan xbee yaitu sebesar 84 Bytes. Jumlah paket data yang dikirimkan ke *coordinator* dari masing-masing *end device* bervariasi mulai dari 100, 200 hingga 500 data. Parameter pengujian dengan Rx *timeout* selama 1 detik, artinya apabila paket tidak diterima selama 1 detik maka paket dianggap hilang (*lost*) dan Tx *interval* atau selang waktu pengiriman

paket setiap empat detik. Seperti yang diperlihatkan gambar 4.



Gambar 4. Parameter Range Test XCTU.

Xbee yang telah di konfigurasi sebagai *end device* di letakkan di salah satu ruangan pada masing-masing lantai gedung sedangkan posisi *coordinator* berada pada lantai dua, akan tetapi pada ruangan yang berbeda dari *end device* yang berada di lantai dua.

Pengukuran pertama dilakukan pada *end device* yang berada pada lantai satu. Hasil pengukuran RSSI dalam satuan dBm (*decibel-milliwatts*). Hasil pengukuran RSSI pada lantai satu pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran RSSI Lantai 1

| No | Jumlah Paket | Paket Terkirim | Paket Diterima | Packet Loss (%) | RSSI Rata-rata (dBm) |
|----|--------------|----------------|----------------|-----------------|----------------------|
| 1 | 100 | 100 | 100 | 0 | -69 |
| 2 | 200 | 200 | 199 | 0,2 | -73 |
| 3 | 500 | 500 | 500 | 0 | -69 |

Pada pengujian pertama yang dilakukan antara *coordinator* pada lantai dua dan *end device* pada lantai satu terlihat saat jumlah paket 100 dikirimkan, paket yang diterima oleh *coordinator* jumlahnya sama, artinya tidak ada *packet loss* dengan rata-rata RSSI -69 dBm. Saat pengiriman jumlah paket 200 yang sampai ke *coordinator* hanya 199 artinya 1 paket hilang dan presentasinya 0,2% *packet loss*, hal ini dipengaruhi oleh nilai rata-rata RSSI yang turun menjadi -73 dBm. Pengukuran dengan jumlah paket data 500 nilai rata-rata RSSI kembali naik -69 dBm sehingga *packet loss* 0% dan data yang diterima sesuai dengan data yang dikirim.

Pengujian pada lantai 2 gedung, posisi *coordinator* dan *end device* pada pengujian ini berada pada satu lantai yang sama. Walaupun pada satu lantai yang sama akan tetapi jarak antara *coordinator* dan *end device* pada lantai dua cukup jauh, sekitar 10 meter dan batasi oleh satu ruangan.

Tabel 3. Hasil Pengukuran RSSI Lantai 2

| No | Jumlah Paket | Paket Terkirim | Paket Diterima | Paket Loss (%) | RSSI Rata-rata (dBm) |
|----|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|
| 1 | 100 | 100 | 100 | 0 | -62 |
| 2 | 200 | 200 | 200 | 0 | -63 |
| 3 | 500 | 500 | 500 | 0 | -69 |

Penerimaan paket data cukup bagus pada lantai 2, semua paket data yang dikirimkan diterima tanpa ada yang hilang sehingga setiap pengujian nilai *packet loss* 0%. Rata-rata nilai RSSI juga berkisar antara -62 dBm sampai -69 dBm, menandakan kekuatan sinyal xbee pada pengujian di lantai dua ini cukup bagus.

Tabel 4. Hasil Pengukuran RSSI Lantai 3

| No | Jumlah Paket | Paket Terkirim | Paket Diterima | Paket Loss (%) | RSSI Rata-rata (dBm) |
|----|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|
| 1 | 100 | 100 | 100 | 0 | -80 |
| 2 | 200 | 200 | 198 | 1 | -82 |
| 3 | 500 | 500 | 499 | 0,2 | -81 |

Rata-rata pengukuran nilai RSSI pada lantai tiga cukup rendah antara -80 dBm hingga -81 dBm, artinya kekuatan sinyal dari *coordinator* pada lantai dua ke lantai tiga cukup lemah, hal tersebut bisa dilihat dari persentase *packet loss* 1%, hanya pada saat pengiriman jumlah paket 100 yang *packet loss* 0%.

4.3 Analisa Waktu Koneksi Sensor Node

Ketika *prototype* dinyalakan maka xbee *coordinator* akan melakukan *broadcast* ke setiap perangkat yang mempunyai PAN ID yang sama. Setelah xbee terhubung, bisa dilakukan pengiriman data ke *database*. Dengan menghitung waktu pada saat pertama kali *coordinator* dinyalakan hingga data dari sensor *node* disimpan ke *database* maka didapatkan lama waktu yang diperlukan masing-masing sensor *node* untuk bisa mengirimkan data ke server.

Tabel 5. Waktu Koneksi Sensor Node

| Percobaan Ke- | Delay (detik) | | |
|------------------|---------------|-------------|-------------|
| | KD01 | KD02 | KD03 |
| 1 | 12 | 14 | 13 |
| 2 | 17 | 14 | 18 |
| 3 | 15 | 13 | 17 |
| 4 | 16 | 18 | 17 |
| 5 | 14 | 16 | 15 |
| Minimal | 12 | 13 | 13 |
| Maksimal | 16 | 18 | 18 |
| Rata-rata | 14,8 | 15,0 | 16,0 |

Berdasarkan tabel 5, semua sensor *node* memerlukan waktu kurang dari 19 detik untuk bisa terhubung dan mengirimkan data ke server. Selisih *delay* dari masing-masing antar sensor *node* pada setiap percobaan

antara 1 detik hingga 4 detik. Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk sensor *node* KD01 pada lantai satu adalah 14,8 detik, sensor *node* KD02 pada lantai dua rata-rata delay 15 detik sedangkan pada lantai tiga, sensor *node* KD03 dengan rata-rata *delay* 16 detik.

4.4 Analisa Penerimaan Data

Sampel untuk dianalisa diambil dengan rentang waktu 10 jam. Selama waktu itu ketiga sensor *node* mengirimkan data secara bersamaan ke *coordinator* dan data yang diterima langsung disimpan ke database. Analisa dilakukan dengan menghitung persentase data yang telah diterima dalam database dengan data yang seharusnya diterima. Pengiriman data dari *end device* telah diatur setiap 5 detik, sehingga data yang seharusnya diterima selama satu jam atau 3600 detik adalah:

$$\frac{3600}{5} = 720$$

Jadi, seharusnya dalam waktu satu jam tersimpan sebanyak 720 data dalam *database*.

Untuk menghitung persentase data yang tersimpan dalam database, digunakan rumus:

$$\frac{\text{Data yg diterima}}{\text{data yang seharusnya}} \times 100\% = \text{Persentase data yg diterima} \dots\dots(i)$$

Persentase data yang diterima selama 10 jam pengiriman data, dapat dilihat pada tabel 6:

Tabel 6. Persentase Data Yang Diterima

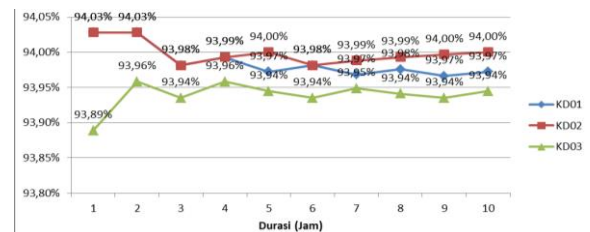
| Durasi (Jam) | Persentase | | |
|------------------|---------------|---------------|---------------|
| | KD01 | KD02 | KD03 |
| 1 | 94,03% | 94,03% | 93,89% |
| 2 | 94,03% | 94,03% | 93,96% |
| 3 | 93,98% | 93,98% | 93,94% |
| 4 | 93,99% | 93,99% | 93,96% |
| 5 | 93,97% | 94,00% | 93,94% |
| 6 | 93,98% | 93,98% | 93,94% |
| 7 | 93,97% | 93,99% | 93,95% |
| 8 | 93,98% | 93,99% | 93,94% |
| 9 | 93,97% | 94,00% | 93,94% |
| 10 | 93,97% | 94,00% | 93,94% |
| Rata-rata | 93,99% | 94,00% | 93,94% |

Dari tabel 6 bisa dilihat bahwa persentasi data yang diterima rata-rata hanya sekitar 94%. Hal ini diakibatkan bukan karena *packet lost*, tetapi karena *delay* pada saat data dikirim dari *end device* hingga disimpan ke database. Seperti gambar 5.:

| id | kd_ruangan | pir | rh | t | i | jam | tgl |
|-------|------------|-----|----|----|-----|----------|------------|
| 27093 | KD03 | ON | 47 | 27 | 0.7 | 11:48:02 | 2017-08-07 |
| 27090 | KD03 | ON | 45 | 27 | 0.1 | 11:47:57 | 2017-08-07 |
| 27087 | KD03 | ON | 45 | 27 | 0.7 | 11:47:52 | 2017-08-07 |
| 27084 | KD03 | ON | 45 | 27 | 0.1 | 11:47:46 | 2017-08-07 |
| 27081 | KD03 | ON | 45 | 28 | 0.1 | 11:47:41 | 2017-08-07 |
| 27078 | KD03 | ON | 45 | 27 | 0.1 | 11:47:36 | 2017-08-07 |
| 27075 | KD03 | ON | 45 | 27 | 0.1 | 11:47:30 | 2017-08-07 |

Gambar 5. Waktu Penerimaan Data Pada Database

Pada gambar 5 merupakan data yang diterima oleh salah satu ruangan dengan kode ruangan KD03. Untuk mendapatkan delay dari data yang diterima dengan membandingkan data yang terbaru dengan data sebelumnya. Misalnya pada gambar 5, data dengan id 27075 disimpan pada database jam 11:47:30 data setelahnya dengan id 27078 disimpan pada jam 11:47:36, jika dibandingkan delay waktu antar penyimpanan adalah 6 detik, sedangkan *end device* telah diprogram untuk mengirim setiap 5 detik. Disini terdapat penambahan delay selama 1 detik, hal ini yang menyebabkan data yang disimpan pada database tidak 100%.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Persentase Data Diterima

Grafik perbandingan persentase data yang diterima seperti pada gambar 6, bisa disimpulkan bahwa antara KD01 dan KD02 yang merupakan lantai satu dan lantai dua, persentasenya tidak begitu jauh. KD03 yang terletak di lantai tiga walaupun tidak terlalu signifikan tetapi persentasenya dibawah 94%.

5. KESIMPULAN

Penerapan teknologi nirkabel Xbee untuk monitoring suhu, kelembaban dan pemakaian arus pada sebuah gedung bertingkat dengan bantuan perangkat arduino secara umum untuk proses transmisi data sudah dapat dibangun. Data yang diterima oleh database rata-rata 94% dari data yang seharusnya, hal ini diakibatkan oleh bertambahnya *delay* pengiriman 1 detik

sampai 2 detik dari *end device* hingga disimpan pada database. Pada saat salah satu sensor *node* mati, waktu yang dibutuhkan untuk terhubung dengan *receiver* hingga data tersimpan ke database kurang dari 19 detik. Apabila salah satu sensor *node* mati atau gagal dalam pengiriman data, maka tidak akan berpengaruh terhadap sensor *node* yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Domingues *et al*, Building Automation Systems: Concepts and Technology Review, *International Journal of Computer Standards & Interfaces*, Vol. 45, hal. 1-12, 2016.
- [2] P. Mandarani dan Zaini, Pengembangan Sistem Monitoring Pada Building Automation System (BAS) Berbasis Web Di Fakultas Teknik Universitas Andalas, *Jurnal Teknik Elektro (JTE) ITP*, Vol 4, No. 2, hal. 7-16, 2015.
- [3] S. Wang, Editorial: Wireless Network and Their Applications in Building Automation System, *HVAC&R Research*, Vol. 14, hal. 529-533, 2008.
- [4] Jacques Panchard, *Wireless Sensor Networks for Marginal Farming in India*, Thesis, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, 2008.
- [5] K.K. Khedo *et al*, A Wireless Sensor Network Air Pollution Monitoring System, *International Journal of Wireless & Mobile Networks*, Vol. 2, No. 2, hal. 31-45, 2010.
- [6] S. Dagtas *et al*, Multi-stage Real Time Health Monitoring via ZigBee in Smart Homes, *Proceedings of IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Application Workshop (AINAW)*, hal. 782-786, 2007
- [7] J.A. Gutierrez, On The Use of IEEE 802.15.4 to Enable Wireless Sensor Networks in Building Automation, *International Journal of Wireless Information Networks*, Vol. 14, No. 4, hal 1865-1869, 2007.
- [8] D. Fisk, Cyber Security, Building Automation and The Intelligent Building, *Journal Intelligent Buildings International*, hal. 1-13, 2012.
- [9] S. Safaric dan K. Malaric, ZigBee Wireless Standard, *48th International Symposium ELMAR*, hal. 259-262, Zadar Croatia, 2006.
- [10] T. Kumar dan P. B. Mane, Zigbee topology: A Survey, *International Conference on Control, Instrumentations, Communication and Computational (ICICCT)*, hal. 164-166, Kayakumari India, 2016.