

Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Multi Sensor berbasis M2M

Dio Permana¹

School of Computing
Telkom University
Bandung, Indonesia
¹oidpermana@gmail.com

Maman Abdurohman², Novian Anggis³

School of Computing
Telkom University
Bandung, Indonesia
{²abdurohman, ³novian.anggis}@telkomuniversity.ac.id

Abstract— *Paper ini mengusulkan sebuah sistem pendeteksi kebocoran gas Liquefied Petroleum Gas (LPG) menggunakan platform Machine-to-Machine (M2M) OpenMTC. Sistem ini berfungsi sebagai pendeteksi awal adanya kebocoran pada tabung gas. Kebocoran gas LPG merupakan hal yang sangat berbahaya dan akan menjadi pemicu adanya ledakan yang sangat besar. Kejadian kebakaran yang diakibatkan kebocoran gas LPG saat ini sudah tidak hanya terjadi di penyimpanan warga saja tetapi sudah banyak yang terjadi di agen penyimpanan tabung – tabung LPG. Pada sistem ini diterapkan konsep M2M untuk pendeteksian secara otomatis tanpa adanya campur tangan manusia. Sistem yang dibangun menggunakan sensor LPG (MQ - 6) dengan memanfaatkan platform M2M OpenMTC. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor MQ - 6 akan efektif jika diletakan pada ketinggian 100 cm dengan jarak antar sensor sejauh 90 cm. Semakin jauh jarak sumber kebocoran dengan sensor maka nilai frekuensi pembacaan data sensor semakin tinggi.*

Keywords—*Kebocoran Gas LPG, M2M, MQ-6, Multi Sensor Node, OpenMTC*

I. PENDAHULUAN

Penggunaan gas LPG untuk rumah tangga semakin meningkat sejak adanya aturan pemerintah untuk konversi bahan bakar ke gas pada tahun 2007. Konversi minyak tanah ke LPG sendiri memiliki beberapa dampak positif maupun dampak negatif yang dirasakan masyarakat Indonesia sampai saat ini, salah satu dampak negatif yang dirasakan yaitu seringnya terjadi kebakaran yang diakibatkan oleh kebocoran gas LPG. Dari berbagai kasus kebakaran yang diakibatkan kebocoran gas LPG tidak hanya terjadi di rumah – rumah saja, tapi juga ada yang terjadi di agen – agen atau tempat penyimpanan LPG.

Pada agen LPG terdapat banyak tabung gas yang jika terjadi kebocoran pada salah satu tabung, akan berakibat ledakan yang besar. Salah satu faktor yang menyebabkan kebakaran adalah masyarakat sering tidak menyadari bahwa telah terjadi kebocoran gas LPG, mereka biasa menyadari ketika sudah terjadi ledakan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu sistem pendeteksi kebocoran gas LPG dengan menggunakan beberapa node sensor untuk mencakup keseluruhan ruangan pada agen LPG yang dapat berjalan secara otomatis tanpa adanya campur tangan manusia dan dapat memberikan informasi lebih awal kepada End User untuk bertindak lebih

cepat untuk mencegah terjadinya kebakaran. Sebagai solusi permasalahan tersebut pada paper ini dikembangkan sistem pendeteksian kebocoran gas LPG menggunakan platform M2M. Konsep M2M dapat membantu untuk menangani permasalahan pemberian notifikasi lebih awal tanpa adanya campur tangan manusia. Sistem yang dibangun menggunakan sensor gas LPG MQ-6. Sistem ini menggunakan standard komunikasi jaringan nirkabel Zigbee dan Platform M2M yang digunakan yaitu OpenMTC. OpenMTC juga akan terhubung langsung dengan aplikasi pada end user sehingga proses pemantauan kebocoran dapat dilakukan secara otomatis.

Sistem yang dibangun pada Paper ini berupa sistem yang di dalamnya setiap masing – masing node sensor akan terus memantau kondisi di ruangan agen LPG. Jika masing – masing node sensor mengalami perubahan parameter maka sistem nantinya akan memberikan notifikasi kepada user berupa lokasi dimana yang terjadi kebocoran.

II. DASAR TEORI DAN STUDI LITERATUR

A. Machine – to - machine (M2M)

Komunikasi antar mesin (M2M) adalah sebuah sistem yang memungkinkan terjadinya komunikasi tanpa campur tangan manusia. Konsep M2M yang diimplementasikan secara luas dapat digunakan untuk menggambarkan setiap teknologi yang memungkinkan setiap perangkat jaringan untuk bertukar informasi dan melakukan tindakan tanpa ada campur tangan manusia[2]. Komunikasi M2M sering digunakan untuk pemantauan jarak jauh. Penerapan komunikasi M2M mencakup ruang lingkup yang luas seperti penggunaan pada dunia industri, aplikasi perumahan, keamanan, penghematan energi dan sistem otomasi.

Sistem M2M menghubungkan berbagai jenis sensor dan aktuator. Sensor adalah alat untuk menerima informasi dari dunia luar sementara aktuator adalah penggerak yang dikendalikan dari sistem. Prosesnya adalah sensor menerima informasi dari luar kemudian dikirimkan ke aplikasi. Aplikasi memproses masukan dari sensor dan memberikan sinyal instruksi kepada aktuator. Semua berjalan secara otomatis tanpa adanya intervensi dari manusia.

B. Wireless Sensor Network (WSN)

WSN merupakan implementasi dari standar IEEE 802.15.4. untuk jaringan nirkabel. Infrastruktur ini banyak digunakan sebagai sistem untuk mendukung jaringan *Internet of Things* (IoT). Pada sistem ini terhubung sejumlah sensor, aktuator dan devais. Pada bagian belakang terdapat aplikasi pengguna perangkat-perangkat tersebut.

Pada awalnya, WSN dikembangkan untuk keperluan militer dalam medan perang, tapi saat ini penggunaan WSN banyak diterapkan pada berbagai macam bidang, seperti bidang Kesehatan, Tracking, Otomasi perumahan, sistem kebakaran, dan sistem pendeteksi kebocoran gas.

Keterhubungan jaringan sensor dan aktuator dengan server dan aplikasi dapat dilakukan secara otomatis. Mesin berkomunikasi dengan mesin difasilitasi oleh aplikasi pengguna yang mewujudkan sistem komunikasi mesin-ke-mesin.

C. Platform OpenMTC

OpenMTC adalah platform komunikasi yang digunakan dalam berbagai macam penelitian dan pengembangan inovatif pada aplikasi Machine – to Machine dan Internet of Things (IOT). Penggunaan platform OpenMTC yaitu untuk menghubungkan berbagai sensor dan aktuator pada lokasi yang berbeda menggunakan teknologi Cloud Computing [5]. OpenMTC berperan sebagai *middleware* yang menghubungkan antara aplikasi dengan sensor dan aktuator. *Middleware* ini dirancang oleh Fraunhofer FOKUS yang mengadopsi standar komunikasi M2M yang dirancang oleh *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI).

Platform OpenMTC menyediakan layanan bagi aplikasi berupa fungsi untuk mengakses sensor, aktuator dan devais. Pada bagian jaringan, platform ini memiliki layanan yang disediakan untuk akses sensor, aktuator dan devais.

Sensor, aktuator dan devais terhubung dengan platform OpenMTC melalui berbagai tipe jaringan baik kabel maupun nirkabel. Aplikasi tidak perlu lagi melakukan koneksi dengan jaringan yang ada dibawahnya. Proses koneksi dengan perangkat keras tertutupi oleh platform OpenMTC sehingga aplikasi dapat dengan mudah mengaksesnya.

D. Gas Butana

Karena kandungan LPG yang beredar di Indonesia memiliki kandungan propane dan butane minimum 97%, dimana kadar masing – masing yaitu 70% atau 60% butana dan 30% atau 40% kandungan propana[7], maka dari itu pada pengujian sistem yang dibangun akan menggunakan Butane gas yang biasa dapat digunakan pada kompor komportable. Karena Butane gas tersebut merupakan kandungan terbanyak yang ada di LPG dan bisa merepresentasikan kandungan LPG sebenarnya.

III. SISTEM PENDETEKSI KEBOCORAN GAS

A. Gambaran Umum Sistem

Sistem pendeteksi kebocoran gas LPG yang dibangun ini terdiri dari 3 Sensor, aplikasi M2M, dan Platofrm M2M

OpenMTC. Device sensor yang digunakan terdiri dari mikrokontroller Arduino Uno R3, I/O Expansion shield, Sensor MQ – 6 sebagai sensor LPG, dan Xbee S2 yang berfungsi sebagai pengirim. Terdapat gateway yang berfungsi untuk menghubungkan data dari sensor ke server OpenMTC.

Pada sisi aplikasi M2M terdapat 2 fungsi yang berbeda, dimana yang pertama dapat digunakan sebagai Gateway dengan menggunakan XBee S2 yang dipasang pada laptop / PC yang berfungsi menampung data dari ketiga device sensor untuk diolah. Gateway juga akan bertugas sebagai pengirim data yang sudah diolah ke server OpenMTC yang nantinya akan disimpan di dalam OpenMTC. Fungsi yang kedua yaitu dapat berfungsi sebagai aplikasi pada sisi User, yang berguna menampilkan data kebocoran gas LPG dan informasi berupa lokasi sumber kebocoran.

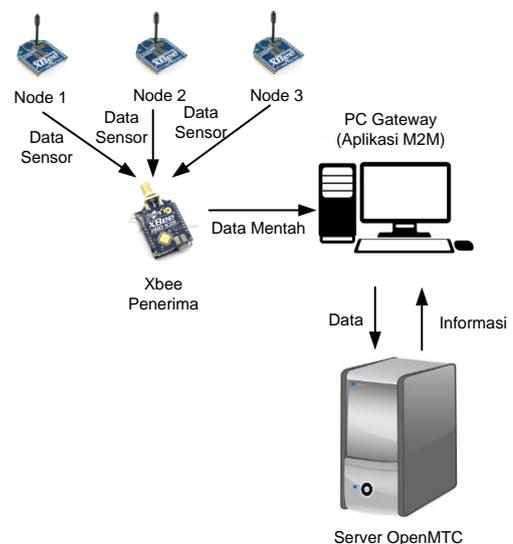
M2M Platform yang digunakan adalah OpenMTC. OpenMTC berperan sebagai tempat penyimpanan data yang didapat dari ketiga device sensor dan aplikasi pada sisi user akan mengambil data untuk ditampilkan dari OpenMTC. Gambar 1. menunjukan sistem pendeteksi kebocoran gas.

B. Fungsionalitas Sistem

Dalam sistem ini terdapat beberapa fungsionalitas sistem yang dibangun. Beberapa bagian fungsional sistem tersebut adlaah device sensor, gateway, platform openMTC, dan aplikasi Java.

1) Device Sensor

Device Sensor pada sistem yang dibangun terdiri dari : 1) End Node. Device Sensor merupakan alat yang digunakan untuk mengambil data pada sistem yang berupa mikrokontroller, sensor, Xbee dan sebuah sumber daya. Gambar 2 menunjukan perangkat End Node yang digunakan.



Gambar 1 Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas



Gambar 2. Perangkat *End Node*



Gambar 3. Perangkat *Device Gateway*

Fungsionalitas node sensor adalah sebagai berikut :

- Device harus dapat mendeteksi konsentrasi dari gas LPG
- Device harus dapat mengolah konsentrasi gas LPG menjadi sebuah parameter kebocoran gas
- 3. Device harus dapat berkomunikasi dengan Gateway menggunakan Xbee untuk mengirimkan data parameter kebocoran gas.

2) *Device Gateway*

Device Gateway merupakan alat yang digunakan untuk menjadi titik kordinator atau titik tujuan dari device sensor yang terdiri dari sebuah Xbee dan Xbee USB adapter. Gambar 3 menunjukkan perangkat *device gateway*.

Fungsionalitas *Device Gateway* adalah sebagai berikut :

- Device harus dapat berkomunikasi dengan Xbee yang terdapat di device sensor
- Device harus dapat menerima data parameter kebocoran dari device sensor
- Device harus dapat berkomunikasi langsung dengan java application yang berbasis java.
- Device harus dapat berkomunikasi dengan platform OpenMTC sekaligus dapat mengirim data yang didapat dari device sensor ke OpenMTC.

3) *Platform OpenMTC*

Platform OpenMTC merupakan sebuah platform yang lebih dikhususkan untuk perkembangan dunia M2M dan IOT. Server OpenMTC sudah memiliki IP public agar dapat diakses dari device gateway. Fungsionalitas platform OpenMTC adalah sebagai berikut :

- Server harus dapat berkomunikasi dengan device sensor
- Server harus dapat menyimpan parameter kebocoran pada Gateway Service Capability Layer (GSCL) dalam bentuk containers yang ada di server OpenMTC sesuai dengan jumlah node device sensor.
- Server harus dapat mengirim data yang didapat dari device sensor ke java application .

4) *Aplikasi Java*

Aplikasi java adalah aplikasi yang berfungsi menerima, mengirim, dan menampilkan status parameter kebocoran gas LPG. Fungsionalitas Aplikasi adalah sebagai berikut :

- Aplikasi harus dapat berkomunikasi dengan server OpenMTC
- Aplikasi harus dapat menerima, mengolah dan menampilkan prediksi sumber kebocoran berdasarkan parameter kebocoran yang didapat dari device sensor.
- Aplikasi dapat berperan sekaligus menjadi sebuah gateway dan menjadi aplikasi di sisi client untuk menampilkan data dan lokasi

IV. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

A. *Skenario Pertama (Ketinggian Sensor)*

Pada skenario pertama, pengujian hanya melibatkan salah satu sensor. Sensor akan digantungkan pada sebuah kayu yang nantinya akan digeser ketinggiannya berdasarkan jarak yang sudah ditentukan dan sumber gas diletakkan di lantai tepat dibawah sensor. Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali dan gas dibocorkan selama 10 detik dengan rentang jarak antara 80 CM hingga 120 CM. Threshold yang digunakan sebesar 1.2 V.

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian, pada jarak 80 CM memiliki tingkat akurasi sebesar 100 %, jarak 90 CM memiliki tingkat akurasi sebesar 100 %, jarak 100 CM memiliki tingkat akurasi sebesar 100%, jarak 110 CM memiliki tingkat akurasi sebesar 70%, dan pada jarak 120 CM memiliki tingkat akurasi sebesar 20 %.

Dari hasil pengujian yang didapat dapat disimpulkan bahwa jarak optimal ketinggian peletakandari setiap sensor untuk dapat menangkap kebocoran gas yaitu berkisar antara rentang jarak 80CM hingga 100 CM. Maka dari itu apabila sensor akan diletakkan pada ketinggian, maka jarak tertinggi yang optimal yaitu dengan jarak 100 CM. karena pada jarak itu memiliki tingkat akurasi yang baik yaitu sebesar 100%.

TABLE I. PENGUJIAN PERTAMA

NO	80	90	100 cm	110 cm	120 cm
1	4.52 Volt	4.41 Volt	4.1 Volt	1.33 Volt	1.09 Volt
2	4.7 Volt	4.22 Volt	4.05 Volt	0.87 Volt	0.91 Volt
3	4.63 Volt	4.39 Volt	3.88 Volt	1.11 Volt	0.86 Volt
4	4.34 Volt	4.01 Volt	4.09 Volt	1.29 Volt	1.24 Volt
5	4.51 Volt	4.26 Volt	3.93 Volt	1.03 Volt	0.99 Volt
6	4.62 Volt	4.31 Volt	3.71 Volt	1.31 Volt	1.02 Volt
7	4.65 Volt	4.27 Volt	3.98 Volt	1.23 Volt	1.15 Volt
8	4.59 Volt	4.34 Volt	3.52 Volt	1.35 Volt	1.1 Volt
9	4.51 Volt	4.11 Volt	3.8 Volt	1.29 Volt	1.2 Volt
10	4.73 Volt	4.43 Volt	3.69 Volt	1.41 Volt	0.76 Volt
Rata - Rata	4.58 Volt	4.275 Volt	3.875 Volt	1.222 Volt	1.032 Volt
Akurasi	100%	100%	100%	70%	20%

TABLE II. PENGUJIAN KEDUA

NO	15 cm	30 cm	45 cm	60 cm	75 cm	90 cm
1	3.92 Volt	3.73 Volt	1.8 Volt	1.71 Volt	1.22 Volt	1.03 Volt
2	4.04 Volt	2.5 Volt	2.96 Volt	1.82 Volt	1.39 Volt	1.21 Volt
3	3.9 Volt	3.82 Volt	2.91 Volt	1.62 Volt	1.3 Volt	1.14 Volt
4	4.32 Volt	3.16 Volt	2.52 Volt	1.52 Volt	1.25 Volt	0.9 Volt
5	4.06 Volt	3.36 Volt	2.57 Volt	1.63 Volt	1.25 Volt	0.97 Volt
6	4.02 Volt	3.53 Volt	2.49 Volt	1.65 Volt	1.42 Volt	1.25 Volt
7	4.11 Volt	3.11 Volt	2.65 Volt	1.63 Volt	1.31 Volt	1.2 Volt
8	4.13 Volt	3.24 Volt	2.56 Volt	1.87 Volt	1.43 Volt	0.94 Volt
9	4.03 Volt	3.17 Volt	2.52 Volt	1.79 Volt	1.4 Volt	1.02 Volt
10	3.97 Volt	3.2 Volt	2.65 Volt	1.58 Volt	1.42 Volt	0.9 Volt
Rata - Rata	4.05 Volt	3.28 Volt	2.56 Volt	1.68 Volt	1.33 Volt	1.05 Volt
Akurasi	100%	100%	100%	100%	100%	30%

B. Skenario Kedua (Jarak Sensor)

Pada skenario kedua, pengujian melibatkan salah satu sensor. Sensor akan diletakkan pada ketinggian yang disesuaikan dengan pengujian pertama yaitu dengan tinggi 100 CM dan gas akan dibocorkan dari bawah dengan tabung menghadap keatas dan sumber gas akan digeser menjauhi sensor berdasarkan jarak yang sudah ditentukan. Pengambilan data akan dilakukan sebanyak 10 kali dan gas dibocorkan selama 10 detik dengan rentang jarak sumber kebocoran dengan sensor dari 15 CM sampai dengan 90 CM. Threshold yang digunakan sebesar 1.2 V. Tabel II menunjukkan hasil pengujian skenario kedua.

Dari hasil pengujian pada Tabel 2, pada jarak 15 CM sensor memiliki tingkat akurasi sebesar 100%, jarak 30 CM sensor memiliki tingkat akurasi sebesar 100%, jarak 45 CM sensor memiliki tingkat akurasi sebesar 100%, jarak 60 CM sensor memiliki tingkat akurasi sebesar 100 %, jarak 75 CM memiliki tingkat akurasi sebesar 100% dan pada jarak 90 CM sensor memiliki tingkat akurasi sebesar 30%.

Dari hasil pengujian yang didapat dapat disimpulkan bahwa jarak optimal dari setiap sensor untuk dapat menangkap kebocoran gas yaitu berkisar antara rentang jarak 15 CM sampai dengan 75 CM.

Jarak terjauh dari sensor untuk mendeteksi kebocoran yaitu berkisar pada jarak 75 CM, dimana pada jarak tersebut memiliki tingkat akurasi yang baik yaitu sebesar 80%.

C. Skenario Ketiga (Lokasi Kebocoran)

Pada skenario pengujian ketiga ini, pengujian hanya melibatkan salah satu sensor saja. Dimana sensor akan ditempatkan sesuai dengan jarak optimal dari pengujian pertama, dimana sensor akan digantungkan pada kayu dengan ketinggian 100 CM. Pengujian akan dilakukan pada rentang jarak sumber kebocoran antara 15 CM hingga 75 CM. Sumber gas akan dibocorkan di rentang jarak tersebut sehingga didapat bagaimana frekuensi pembacaan data ketika voltase sensor > 0.6 dan berhenti menghitung data ketika voltase > 1.2. Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali dengan membocorkan sumber gas masing – masing selama 10 detik.

Dari hasil pengujian pada Tabel 3, pada jarak 15 CM frekuensi pembacaan data terkecil yang didapat yaitu 2 data dan data terbesar yaitu 4 data, pada jarak 30 CM frekuensi pembacaan data terkecil yang didapat yaitu 3 data dan pembacaan data terbesar yaitu 5 data, pada jarak 45 CM frekuensi pembacaan data terkecil yang didapat yaitu 3 data dan pembacaan data terbesar yaitu 5 data, pada jarak 60 CM frekuensi pembacaan data terkecil yaitu 6 data dan pembacaan data terbesar yaitu 12 data, pada jarak 75 CM frekuensi pembacaan data terkecil yaitu 13 data dan pembacaan data terbesar yaitu 25 data dan pada jarak 90 CM, frekuensi pembacaan data tidak didapat karena sesuai dengan Threshold yang ditentukan yaitu 1.2 volt dan rentang jarak pembacaan data yaitu > 0.6 hingga > 1.2 volt, berarti pada jarak 90 CM voltase sensor tidak mencapai pada batas 1.2 volt sehingga tidak terdapat berapa frekuensi pembacaan datanya dan juga sesuai dengan percobaan kedua yaitu cakupan luas sensor hanya maksimal 75 CM.

TABLE III. PENGUJIAN KETIGA

Are	Area	Area 3
2 Pembacaan	10 Pembacaan	15 Pembacaan
3 Pembacaan	7 Pembacaan	19 Pembacaan
3 Pembacaan	9 Pembacaan	17 Pembacaan
3 Pembacaan	12 Pembacaan	25 Pembacaan
4 Pembacaan	6 Pembacaan	19 Pembacaan
5 Pembacaan	9 Pembacaan	17 Pembacaan
3 Pembacaan	8 Pembacaan	13 Pembacaan
3 Pembacaan	10 Pembacaan	19 Pembacaan
4 Pembacaan	9 Pembacaan	21 Pembacaan
3 Pembacaan	11 Pembacaan	23 Pembacaan
2 Pembacaan	6 Pembacaan	13 Pembacaan
5 Pembacaan	12 Pembacaan	25 Pembacaan
2-5 Pembacaan	6 - 12 Pembacaan	13 - 25 Pembacaan

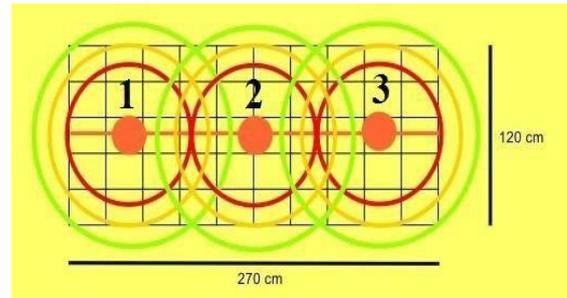
Area pengujian dapat dibagi berdasarkan jarak menjadi 3 area yang telah ditentukan, yaitu pada Area 1 dengan rentang jarak 0 CM – 45 CM, Area 2 dengan rentang jarak 45 CM – 60 CM, dan Area 3 dengan rentang jarak 60 CM – 75 CM.

Dari hasil pengujian yang didapat, dapat disimpulkan bahwa jarak untuk ketiga area yaitu pada Area 1 range pembacaan data yang digunakan yaitu 2–5 pembacaan data, pada Area 2 range pembacaan data yang digunakan yaitu 6 – 12 pembacaan, dan pada Area 3 menggunakan range pembacaan data yaitu 13 – 25 pembacaan.

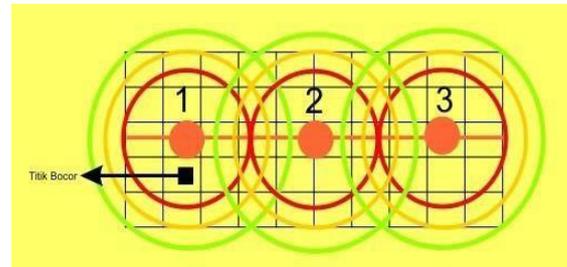
Gambar 4 (a) merupakan gambaran cakupan sensor dengan panjang 270 CM dan lebar 120 CM dimana jarak antara sensor yaitu 90 CM yang didapat dari jarak optimal pendeteksian sensor dengan memperhatikan tidak adanya wilayah yang tidak terdeteksi oleh sensor. Dengan gambaran ukuran ruangan tersebut, maka masing – masing sensor dipastikan dapat mendeteksi kebocoran gas LPG dari titik manapun dengan kondisi tiap sensor yang berbeda – beda.

D. Pengujian keseluruhan

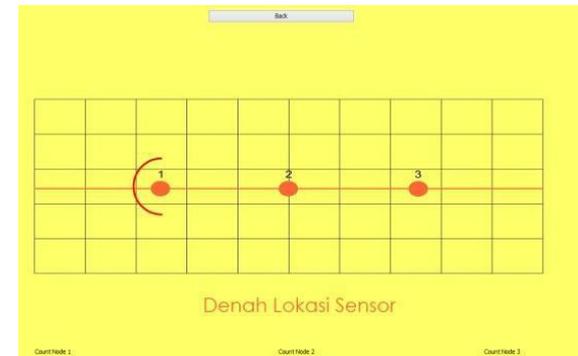
Gambar 4 (b) menunjukkan pengujian dengan titik yang akan dibocorkan pada area sensor 1. Pengujian kali ini masing – masing sensor akan diletakkan pada ketinggian 100 cm, dan meletakkan setiap sensor dengan jarak 90 cm antara sensor 1 dengan sensor yang lain. Ketika gas dibocorkan pada titik tersebut node 1 akan berubah status menjadi bocor pada area 1, node 2 dan node 3 tidak akan berubah status kebocorannya, karena titik kebocoran tersebut sudah tidak di dalam area deteksi pada sensor 2 dan sensor 3. Dimana nantinya sistem akan memberikan notifikasi bahwa telah terjadi kebocoran pada node 1 pada area 1. Notifikasi ditunjukkan pada gambar 4 (c). Hasil pengujian keseluruhan menunjukkan proses pendeteksian kebocoran gas elpiji telah bekerja secara efektif. Sistem secara otomatis memberikan informasi kepada pengguna.



(a)



(b)



Gambar 4 (a) Cakupan sensor, (b) Pengujian Keseluruhan dan (c) Notifikasi

V. KESIMPULAN

Prototipe sistem pendeteksi kebocoran gas LPG mampu mendeteksi gas LPG dari beberapa node sensor dan ketika terjadi kebocoran gas LPG dari salah satu node sensor sistem mampu menentukan lokasi kebocoran berdasarkan 3 area yang berbeda dari masing – masing sensor node. Ketinggian posisi sensor MQ-6 yang optimal yaitu pada ketinggian 100 cm, dengan tingkat akurasi 100%. Pada ketinggian tersebut jarak pendeteksian yang optimal untuk sensor MQ-6 yaitu pada jarak 75 cm. Jarak antara masing – masing sensor yang sesuai agar semua area dapat terdeteksi oleh sensor yaitu 90 cm antar sensor. Pada jarak tersebut ketiga sensor mampu mendeteksi setiap sisi dari ukuran ruangan uji yang berukuran panjang 270 cm dan lebar 120 cm.

REFERENSI

- [1] MAHALINGAM, A., NAAYAGI, R. T., & MASTORAKIS, N. E. (2012). Design and Implementation of an Economic Gas Leakage Detector, 20-24.
- [2] Rouse, M. (2010, June). Machine - to - Machine (M2M). Retrieved from <http://whatis.techtarget.com/definition/machine-to-machine-M2M>
- [3] Tri Riska Ferawati Widiarsini, P. (2005). Zigbee: Komunikasi Wireless Berdaya Rendah, 65-69.
- [4] Wahyudi, E., Hidayat, R., & Sumaryono, S. (2012). Unjukkerja Standar Zigbee pada WPAN dengan Topologi Mesh, 40-47.
- [5] FOKUS, F. (2015, Mei 27). Interface Tutorial. Retrieved from OpenMTC R3 documentation
- [6] Electronics, C. (2015, mei 27). IO Expansion Shield For Arduino(V6). Retrieved from Central Electronics: http://www.centralelectro.com/catalog.php?action=show_custom&id=2365&cat=
- [7] Electronics, C. (2015, Mei 27). Arduino Uno R3. Retrieved from Central Electronics: http://www.centralelectro.com/catalog.php?action=show_custom&id=1516&cat=
- [8] MaxStram. (2007). DataSheet. XBee™/XBee-PRO™ OEM RF Modules.
- [9] Electronics, C. (2015, Mei 27). XBee USB Adapter V2. Retrieved from Central Electronics: http://www.centralelectro.com/catalog.php?action=show_custom&id=1535&cat=
- [10] Taruna, A. P., Abdurohman, M., & Suwastika, N. A. (2015). Pemanfaatan Komunikasi Machine-to-Machine (M2M). Bandung: Telkom University.