

PURWARUPA SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS UDARA DAN CUACA MELALUI WEB BERBASIS WIRELESS SENSOR NETWORK

Ahmad Sabiq¹, Nurmaya², Topan Alfarisi³, Yusran Ade Pratama⁴

^{1,2,3,4}Teknik Informatika, Universitas YARSI
Jakarta, Indonesia

e-mail: ¹ahmad.sabiq@yarsi.ac.id, ²nurmaya@yarsi.ac.id, ³topan.alfa@gmail.com,
⁴yusran.ade@premiumfast.net

Abstrak

Kebutuhan informasi kualitas udara menjadi salah satu hal yang dibutuhkan untuk keperluan aktifitas, khususnya di daerah perkotaan yang memiliki mobilitas tinggi. Pengukuran kualitas udara yang dilakukan pada umumnya hanya dilakukan pada satu titik untuk satu kota. Dengan menggunakan teknologi *Wireless Sensor Network (WSN)*, pemantauan kondisi udara dan cuaca di beberapa titik dalam suatu wilayah dapat dilakukan. Pada penelitian ini, dikembangkan purwarupa sistem pemantauan kualitas udara dan cuaca berbasis *WSN* pada platform Arduino pada dan Raspberry Pi yang dapat diakses melalui web. Setiap *node* terhubung melalui jaringan *mesh* berbasis ZigBee menggunakan modul XBee Series-2. Dari hasil pengujian didapatkan sistem *WSN* yang dirancang dapat mengakuisisi data udara seperti suhu, kelembapan, kadar CO dan CO₂, dan kondisihujan. Data yang berhasil diakuisisi kemudian disimpan ke dalam *database* pada *server*, sehingga informasi kualitas udara dan cuaca tersebut dapat ditampilkan di laman web pada perangkat yang terhubung ke server melalui internet.

Katakunci: WSN, web, Kualitas Udara.

Abstract

The air quality information becomes one of the needed information for doing activities especially in the urban area that has a high mobility. The quality weather measurement has done mostly at one point for one city. Using Wireless Sensor Network (WSN), the monitoring of air and weather condition in a few points area could be done. This research aims to develop the web-based monitoring system of air and weather quality based on WSN on Arduino Platform and Raspberry pi. Each node is connected to mesh based on ZigBee using the Xbee Series-2. The result shows the system can obtain the air data such as weather, humidity, CO and CO₂ degree includes the light intensity and the rain condition. Then, The data is stored on the database server. Hence, the quality of air and weather information can be present on the web connected to the server via the the internet.

Keywords: WSN, web, Air Quality.

PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari, manusia tidak bisa lepas dari udara, udara menjadi salah satu kebutuhan utama makhluk hidup untuk mendapatkan oksigen melalui pernafasan. Udara merupakan campuran gas yang terdapat pada permukaan bumi, gas nitrogen 78,1 %, oksigen 20,93 %, dan karbondioksida 0,03%, sementara selebihnya berupa gas argon, neon, kripton, xenon dan helium. Udara juga mengandung

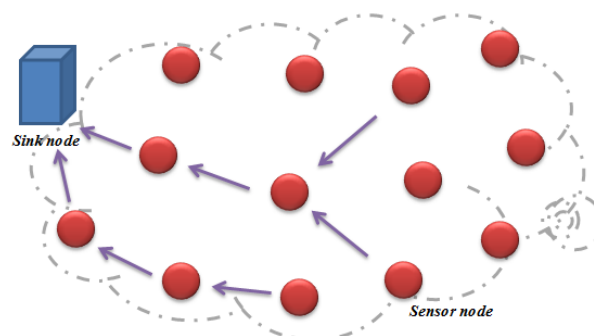
uap air, debu, bakteri, spora dan sisa tumbuh-tumbuhan (Candra B. 2006).

Daerah urban atau perkotaan merupakan daerah yang memiliki tingkat pencemaran udara lebih tinggi dari daerah pedesaan, masyarakat perkotaan sendiri memiliki tingkat mobilitas yang tinggi, sehingga kebutuhan akan informasi cuaca dan udara menjadi suatu hal yang dapat digunakan untuk keperluan aktifitas di daerah perkotaan. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK)

memiliki sistem pengukuran kualitas udara di beberapa kota (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2016), namun pengukuran yang dilakukan oleh KLHK hanya pada satu titik untuk satu kota, sehingga hal ini tidak bisa menjadi acuan kualitas udara untuk seluruh lokasi yang ada.

Dalam satu dekade ini, telah mulai dikembangkan teknologi bernama *Wireless Sensor Network* (WSN) atau jaringan sensor nirkabel seperti yang ada pada gambar 1, pada teknologi ini terdapat beberapa sensor yang dapat mengirimkan data ke sebuah tujuan yang disebut *sink* secara *multi-hop* melalui jaringan ad-hoc (Rawat, P., Singh, K. D., Chaouchi, H., & Bonnin, J. M., 2014). Keuntungan dari penggunaan WSN adalah kebutuhan peralatan yang relatif murah namun dapat memberikan informasi dari lingkungan, seperti suhu, tekanan udara ataupun pencemaran udara dengan konsumsi daya yang

rendah (Boubrima, A., Bechkit, W., Rivano, H., & Ruas, A., 2016) (Jaladi, A. R., Khithani, K., Pawar, P., Malvi, K., & Sahoo, G., 2017). Dengan menggunakan WSN, kondisi dan kualitas udara atau tingkat polusi udara berupa kandungan gas karbon monoksida (CO) dan *Liquid Petroleum Gas* (LPG) dapat dibaca menggunakan sensor dan kemudian dikirimkan kepada *sink* untuk kemudian diolah menjadi informasi (Al-Haija, Q. A., Al-Qadeeb, H., & Al-Lwaimi, A., 2013). Sebuah *open-source electronic platform*, yaitu perangkat Arduino dapat digunakan dalam merancang *node* sensor pada WSN. Data yang didapatkan dari sensor secara *real time* dimasukkan ke dalam sebuah *database server* yang ada di perangkat Raspberry Pi melalui jaringan. Perangkat Raspberry Pi yang digunakan berfungsi juga sebagai web server, sehingga data tersebut dapat diakses secara *real time* melalui laman web (Boubrima, A., Bechkit, W., Rivano, H., & Ruas, A., 2016) (Sabiq, A., Nurmaya, & Alfirisi T., Juli 2017).



Gambar 1. Sistem Wireless Sensor Network

Untuk mentransmisikan data hasil pembacaan sensor dari *sensor node* ke *sink node*, koneksi melalui Bluetooth dapat digunakan untuk mengimplementasikan jaringan ad-hoc multi-hop pada sistem WSN (Kasar, A. R., Khemnar, D. S., & Tembhornikar, N. P., 2013). Perangkat berbasis ZigBee seperti XBee juga dapat digunakan untuk mengimplementasikan jaringan ad-hoc multi-hop pada WSN (Kulkarni, D., Shaikh, S., Shirsath, A., & Kadam, T., 2015). ZigBee merupakan jaringan mesh nirkabel yang berteknologi dan berdaya rendah. Protokol ZigBee dibangun

di atas standard IEEE 802.15.4 (ZigbeeAlliance, 2017) (IEEE, 2017). Perangkat dengan protokol ZigBee yang berstandard 802.15.4 saat ini tersedia di pasaran yang digunakan untuk membuat purwarupa sistem nirkabel, seperti seri modul XBee dari Digi yang menerapkan standard IEEE 802.15.4 dan protokol jaringan ZigBee (Digi, 2017).

Pada penelitian ini dikembangkan sebuah purwarupa sistem untuk memantau kualitas udara berbasis Wireless Sensor Network (WSN) menggunakan Arduino dan Raspberry Pi melalui jaringan ZigBee, yang

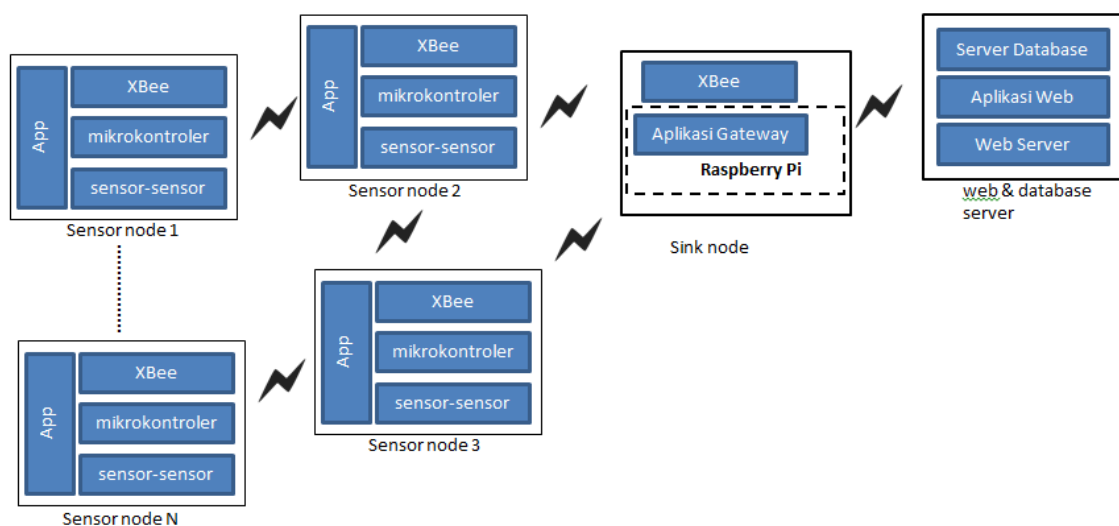
dapat diakses melalui jaringan internet. Sehingga data kondisi kualitas udara, seperti suhu, kelembapan, kadar CO dan CO₂, serta kondisi hujan atau tidaknya di lingkungan tersebut dapat tersimpan dan dapat dipantau dari halaman web melalui perangkat-perangkat yang terhubung ke *server* melalui jaringan internet.

METODE

Rancangan Sistem

Pada penelitian ini dirancang sistem pemantauan yang terdiri dari beberapa

perangkat *sensor node* yang dapat mengirimkan pesan berupa data yang dibaca dari sensor yang terpasang melalui jaringan nirkabel berbasis ZigBee ke *node* pusat atau *sink*. Setiap perangkat *sensor node* harus dapat meneruskan paket data dari perangkat lain ke *sink*. Data yang diterima oleh *sink* kemudian dikirim ke dalam *database* pada *server*. Pada *server* data diolah untuk menjadi informasi yang dapat ditampilkan dan dapat diakses dari laman web melalui jaringan internet yang diilustrasikan pada gambar 2..

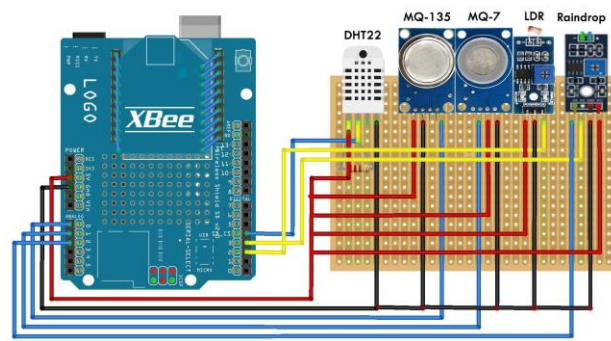


Gambar 2. Desain Rancangan Sistem

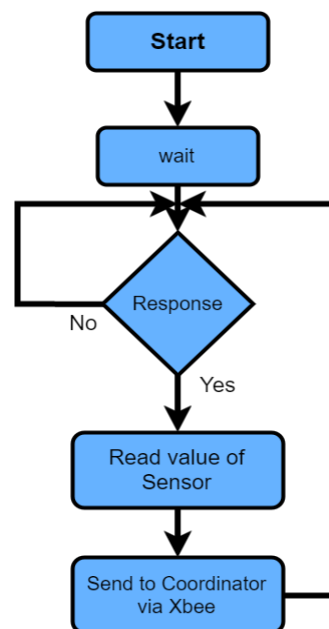
Perancangan *Sensor Node*

Sensor node pada sistem ini dirancang untuk dapat membaca data suhu, kelembapan, kualitas udara, gas CO, intensitas cahaya dan kondisi hujan atau tidak. Pada rancangan *sensor node* yang ditunjukkan pada gambar 3 digunakan perangkat Mikrokontroler Arduino, sensor DHT22 (Suhu & Kelembapan), sensor MQ-135 (Udara), MQ-7 (Gas CO), sensor *raindrop* (hujan/air), serta modul Xbee sebagai pengirim data secara nirkabel.

Pada perangkat mikrokontroler Arduino dirancang sebuah program yang berjalan seperti pada diagram alir yang ditunjukkan pada gambar 4. Besaran fisis akan dibaca oleh sensor-sensor yang dipasang pada *sensor node*. Setelah data dari semua sensor didapatkan, data tersebut dikirimkan ke *sink node* melalui jaringan ZigBee menggunakan modul Xbee yang terpasang.



Gambar3.Desain Rancangan Sistem

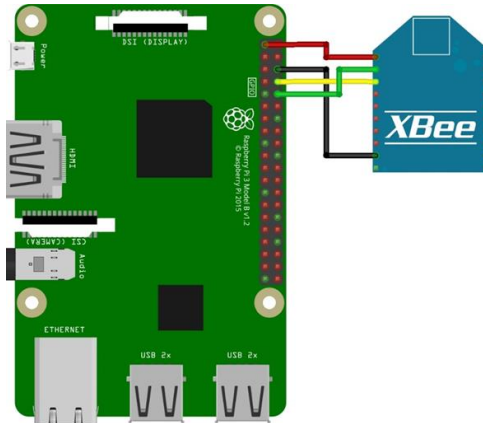


Gambar 4.Desain Rancangan Sistem

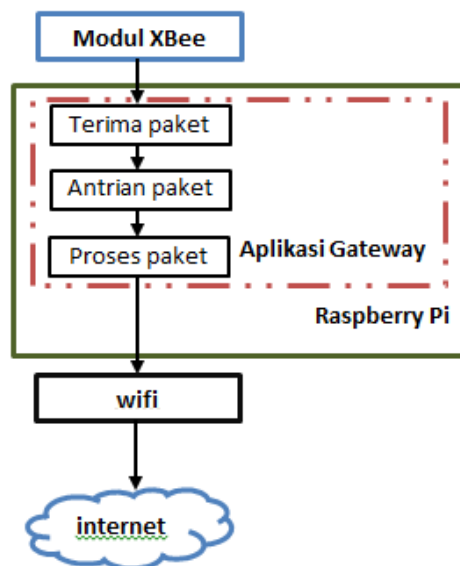
Perancangan *Sink Node*

Pada *sink node* digunakan sebuah perangkat komputer berupa *single board* Raspberry Pi 3 Model B untuk menerima data yang dikirim dari *sensor node*. Raspberry Pi 3 Model B memiliki spesifikasi CPU tipe ARMv8 dengan kecepatan 1.2GHz 64-bit quad-core dan memori LPDDR2 SDRAM 1GB. Untuk dapat menerima data yang dikirim dari *sensor node* melalui jaringan ZigBee, ditambahkan modul Xbee Series-2 yang dihubungkan ke Raspberry Pi melalui pin GPIO seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.

Pada diagram fungsional yang ada pada gambar 6, *sink node* yang dirancang terdiri dari aplikasi gateway yang ada pada Raspberry Pi yang terhubung dengan modul XBee dan perangkat Wifi. Data yang diterima oleh modul XBee dibaca oleh aplikasi *gateway* yang dibangun menggunakan Processing di atas sistem operasi Ubuntu Mate, serta library BezierSQL untuk mengkoneksikan dan meneruskan data dari ke *database server* melalui koneksi internet.



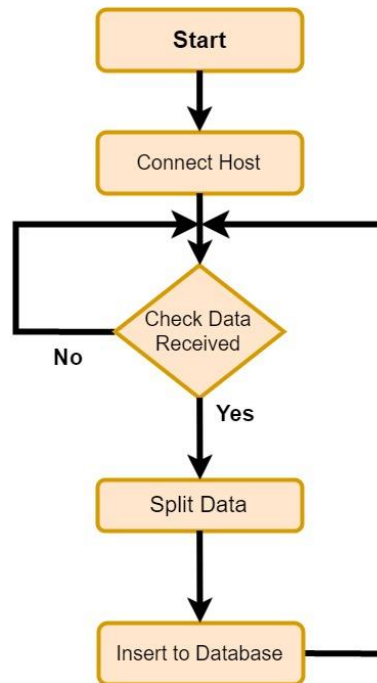
Gambar 5. Desain rancangan *sink node*



Gambar 6. Diagram fungsional *sink node*

Aplikasi gateway yang dibuat pada *sink node* dirancang dengan alur seperti pada gambar 7. Setelah melakukan inialisasi awal, dilakukan pengecekan secara berulang apakah ada data yang diterima dari modul XBee, jika data diterima dilakan pembacaan *node* pengirim dari data tersebut. Setelah diketahui *node* pengirim,

data dipisahkan antara data nomoratanamanode, lokasinode, suhu, kelembapan, CO, MPdankondisihujan. Setelah data dari semua sensor di setiap *node* dipisahkan, berikutnya data dikirimke *database server* untuk disimpan ke dalam tabel *database*.



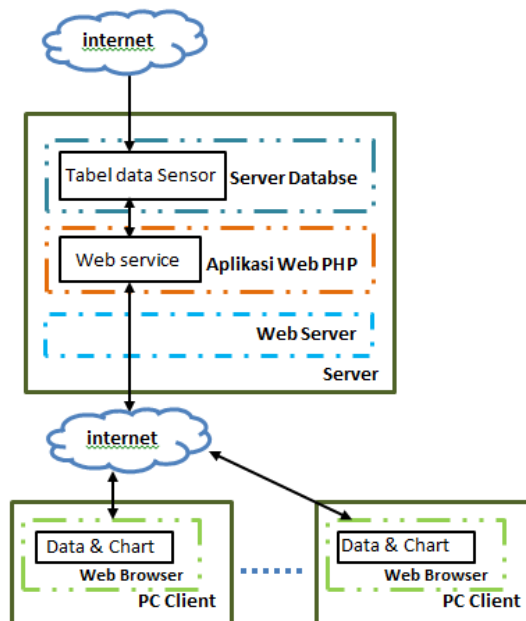
Gambar 7. Diagram alir aplikasi gateway pada sink node.

Perancangan Server

Pada Server digunakan mesin server virtual yang digunakan database server dan web server dengan spesifikasi :

- Processor 1 CPU core (Dual Intel Xeon hypervisors)
- RAM 1024MB
- SSD 25 GB
- Sistem Operasi Centos 7.

Kernel yang digunakan pada sistem operasi Centos 7 adalah seri 3.10.0-327.el7.x86_64. Untuk menyimpan database yang dikirim dari sink digunakan database engine Mariadb-server, sedangkan pada web server digunakan NginX.



Gambar 8. Diagram fungsional server

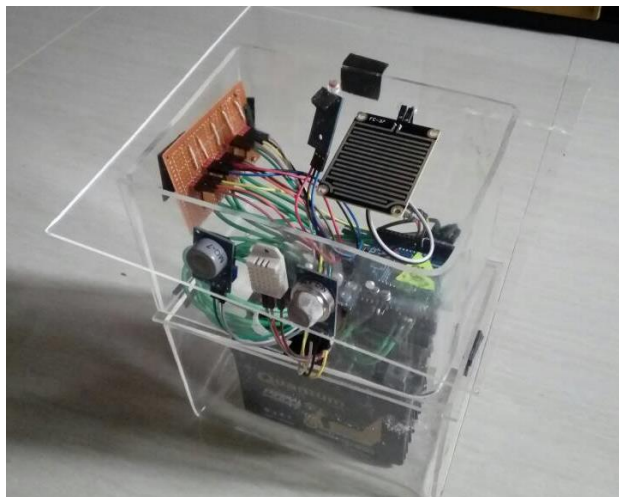
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sensor node yang telah dirancang diimplementasikan seperti pada gambar 8. Modul Arduino UNO dihubungkan dengan sensor DHT22 untuk membaca nilai suhu & kelembapan, sensor MQ-135 untuk membaca nilai kualitas udara, sensor MQ-7 untuk membaca kadar gas CO di udara, sensor hujan untuk mendeteksi adanya tetesan air hujan, serta modul Xbee Series-2 untuk menghubungkan *sensor node* ke jaringan. Digunakan Arduino IDE untuk membuat program pada *sensor node* sesuai dengan diagram alir pada gambar 4 yang ditanam pada Arduino UNO. Sumber tegangan dari *sensor node* menggunakan Aki 12V yang telah disesuaikan keluarannya dengan rangkaian regulator tegangan. Sedangkan *sink node* untuk menerima data dari *sensor node* diimplementasikan dengan perangkat Raspberry Pi yang dihubungkan dengan modul XBee Series-2, serta dibuatkan aplikasi *gateway* yang dapat menerima data dari *sensor node* yang dikirim ke *sink node* melalui perangkat XBee, data yang dibaca tersebut kemudian disimpan dalam

database menggunakan Processing sesuai dengan alur pada gambar 7.

Purwarupa sistem diuji dengan memasang *sink node* dan *sensor node* di sekitar kampus Universitas YARSI Jakarta Pusat. Gambar 9 menunjukkan sebaran 3 buah *sensor node* tempat-tempat yang banyak dilewati para pejalan kaki dan pengendara serta dapat menjangkau *sink node* baik secara langsung maupun melalui *sensor node* lainnya secara multi-hop.

Jarak *sensor node* terdekat dengan *sink node* adalah 30m, *node* tersebut berguna juga untuk meneruskan data dari *sensor node* yang jaraknya jauh dan tidak terjangkau dari *sink node*. Jarak antara *sensor node* 1 dengan *sink node* adalah 44 meter, jarak antara *node* 2 dengan *node* 3 serta antara *node* 3 dengan *sink node* adalah 30 meter. Jarak maksimal yang dapat dijangkau untuk berkomunikasi dengan *node* terdekatnya adalah 45 meter. Setiap *sensor node* diatur untuk mengirimkan data lokasi, nama jalan, longitude, suhu, kelembapan, cahaya, gas CO, gas CO₂, hujan dengan rentang waktu pengiriman 30 detik.



Gambar 8. *sensor node* dan *sink node*

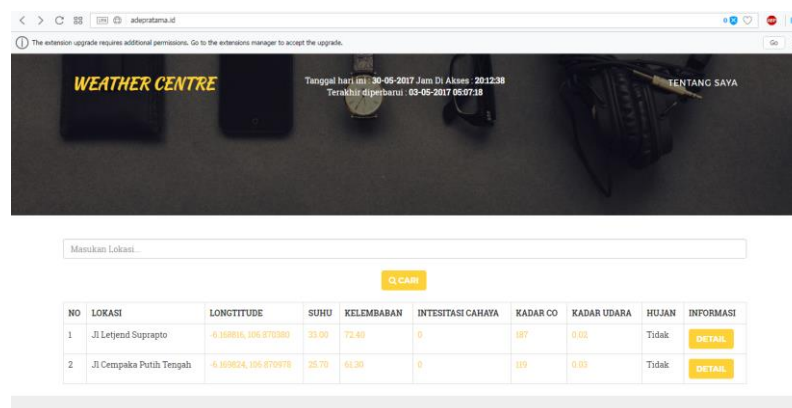


Gambar 9. Sebaran wireless sensor network

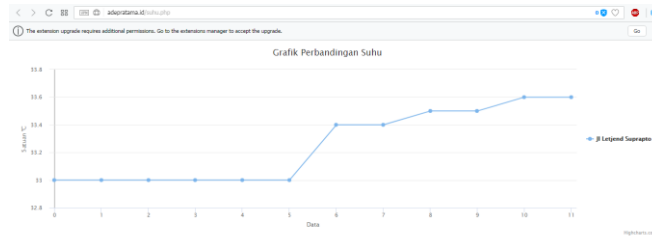
Data hasil pembacaan sensor dari *sensornode* pada hasil pengujian dapat tersimpan pada *database* dan dapat ditampilkan melalui aplikasi web seperti yang ditunjukkan pada gambar 10. Informasi kualitas udara dan cuaca tersebut dapat diakses melalui perangkat yang terhubung melalui jaringan internet. Pada aplikasi web tersebut dapat ditampilkan data terbaru dari suhu, kelembapan, kadar CO, CO2 serta kondisi hujan yang didapatkan dari *sensor node* dalam bentuk tabel. Data dari masing-

masing *node* juga dapat ditampilkan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 11 yang dapat memberikan salah satu informasi perubahan suhu, kelembapan, kadar CO, CO2 atau kondisi hujan selama beberapa jam terakhir dalam satu titik yang mewakili satu *sensornode*.

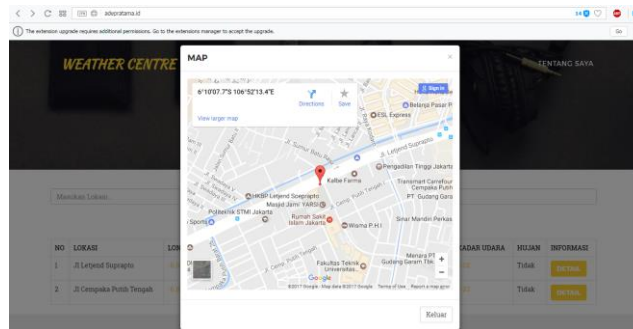
Dengan memanfaatkan GIS (*geographic information system*) Api dari Google, lokasi *sensornode* juga dapat diketahui melalui peta yang ditampilkan pada laman web seperti pada gambar 12.



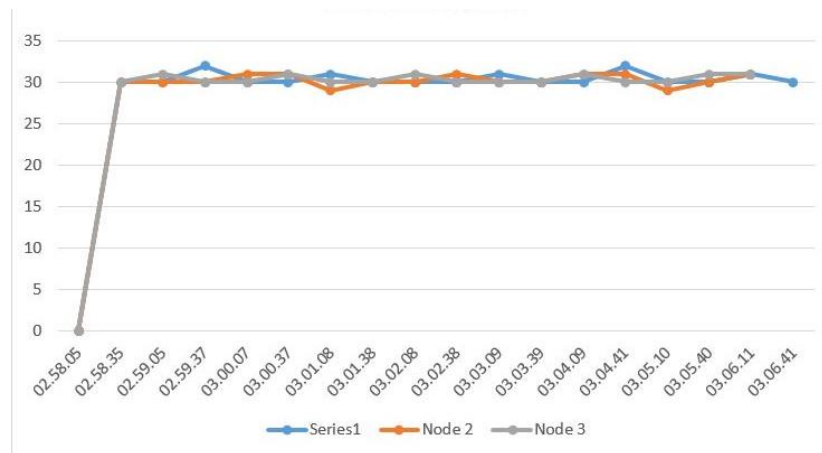
Gambar 10. Tampilan antarmuka halaman web.



Gambar 11. Tampilan data suhu pada laman web dalam bentuk grafik



Gambar 12. Tampilan detail lokasi *sensornode* pada laman web.



Gambar 13. Grafik perbandingan waktu pengiriman data ketigasesornode.

Dari hasil pengukuran jeda waktu diterimanya data hasil pengiriman, didapatkan grafik perbandingan jeda waktu diterimanya data di *sink node* dari setiap *sensor node* pada gambar 13 yang dihasilkan selama pengujian yang berlangsung selama 10 menit.

Setiap *sensor node* yang dipasang, diprogram untuk mengirimkan data sensor setiap 3 detik ke *sink node*. Pada node 1 yang terhubung langsung ke *sink node* dengan jarak 44 meter, didapikandelay

penerimaan data pada *sink node* maksimal 2 detik. Sedangkan pada *node 3* yang terhubung langsung ke *sink node* dengan jarak 30 meter serta node 2 yang terhubung melalui *node 3* mempunyai delay penerimaan data pada *sink node* maksimal 1 detik.

Semua data sensor yang dikirimkan ke *sink node* secara keseluruhan dapat diteruskan dan direkam pada tabel *database* yang ada di *server* serta dapat ditampilkan pada laman web melalui

koneksi internet baik dalam format tabel maupun grafik secara *realtime*. Purwarupa yang telah dihasilkan dari penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi sistem yang dapat digunakan oleh masyarakat urban perkotaan untuk memantau kualitas udara dan kondisi cuaca di beberapa tempat secara realtime, khususnya pada tempat-tempat yang akan dikunjungi melalui perangkat-perangkat yang dapat terhubung dengan internet.

SIMPULAN

Purwarupa sistem pemantauan kualitas udara dan cuaca berbasis WSN telah dikembangkan menggunakan Arduino pada *sensor node* dan Raspberry Pi pada *sink node*. *Sensornode* yang dibangun di atas platform Arduino berhasil menangkap data suhu, kelembapan, kadar CO dan CO2 serta kondisi hujan. Data dari masing-masing *sensor node* dikirimkan ke *sink node* melalui jaringan berbasis ZigBee menggunakan modul XBee Series-2. Data yang dikumpulkan oleh *sink* dari sensor diteruskan kedalam *database server* yang ada pada *server* dan diolah menjadi sebuah informasi yang dapat ditampilkan di laman web pada perangkat yang terhubung ke *server* melalui internet.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Haija, Q. A., Al-Qadeeb, H., & Al-Lwaimi, A. (2013). Case Study: Monitoring of AIR quality in King Faisal University using a microcontroller and WSN. *Procedia Computer Science*, 21, 517-521.
- Boubrima, A., Bechkit, W., Rivano, H., & Ruas, A. (2016, May). Wireless Sensor Networks Deployment for Air Pollution Monitoring. In TAP 2016-21st International Transport and Air Pollution Conference.
- Chandra, B. (2006). *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Digi, 2017. Digi XBee/RF Solution, 802.15.4, <https://www.digi.com/products/xbee-rf-solutions>.
- IEEE, 2017. 802.15 WPAN Task Group 4 (TG4), <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>
- Jaladi, A. R., Khithani, K., Pawar, P., Malvi, K., & Sahoo, G. (2017). Environmental Monitoring Using Wireless Sensor Networks (WSN) based on IOT. *International Research Journal of Engineering Technology (IRJET)*, vol. 04, no. 1, pp. 1371-1378.
- Kasar, A. R., Khemnar, D. S., & Tembhornikar, N. P. (2013). WSN based air pollution monitoring system. *International Journal of Science and Engineering Applications*, 2(4), 55-59.
- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2016. Indeks Standard Pencemaran Udara (ISPU) Propinsi DKI Jakarta. <http://iku.menlhk.go.id/index/index/kabkota/3173/prop/31/id/ID-JK>. Diskes tanggal 25 April 2016.
- Kulkarni, D., Shaikh, S., Shirsath, A., & Kadam, T., (2015) "Traffic and Weather Monitoring System Using Wireless Sensor Networks", *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, vol. 4, no. 3, pp. 631-634.
- Rawat, P., Singh, K. D., Chaouchi, H., & Bonnin, J. M. (2014). Wireless sensor networks: a survey on recent developments and potential synergies. *The Journal of supercomputing*, 68(1), 1-48.
- Sabiq, A., Nurmaya, & Alfirisi T., (Juli 2017). Sistem Wireless Sensor Network Berbasis Arduino Uno dan Raspberry Pi untuk Pemantauan Kualitas Udara di Cempaka Putih Timur, Jakarta Pusat. pada The 9th National Conference on Information Technology and Electrical Engineering. pp. 301-305.
- ZigBee Alliance, 2017. Zigbee: The Open, Global Wireless Standard for Connecting Everyday Devices. <http://www.zigbee.org/zigbee-for-developers/>.