

Implementasi *Machine-to-Machine* untuk Sistem Pemantau Kualitas Udara dan Sungai

Tunggul A. Nugroho^{#1}, Sinung Suakanto^{#2}, Bernad Robinson H^{#3}, Dina Angela^{#4}

[#]Departemen Teknologi Informasi, Institut Teknologi Harapan Bangsa
Jl. Dipati Ukur 80-84 Bandung 40132 – Indonesia

¹tunggul@ithb.ac.id

²sinung@ithb.ac.id

³bernadrobinson@gmail.com

⁴dina_angela@ithb.ac.id

Abstrak — Isu lingkungan telah menjadi masalah umum yang harus segera ditindaklanjuti. Berbagai pencemaran lingkungan telah terjadi, seperti polusi udara dan sungai. Teknologi dapat memainkan peran untuk mencegah degradasi lingkungan. Salah satu upaya yang dilakukan adalah untuk memantau parameter atau indikator kerusakan lingkungan dan bencana alam. Parameter yang udara dan kualitas air sungai. Mesin-ke-mesin (M2M) adalah teknologi yang dapat dikembangkan untuk mewujudkan sistem pemantauan ini. Penelitian ini mengusulkan penerapan teknologi M2M untuk memantau udara dan sungai. Sensor yang mendeteksi kualitas air (kandungan kimia, pH) dan kualitas udara (monoksida dan timah, kelembaban, suhu) ditempatkan di beberapa lokasi (node) yang rentan atau berpotensi terkena polusi. Pembacaan sensor diproses oleh modul M2M kemudian ditransmisikan ke pusat pengolahan data (server web) melalui jaringan nirkabel CDMA. Hasil dari penelitian ini adalah prototipe sistem yang memiliki kemampuan untuk memantau udara dan sungai melalui jaringan CDMA.

Kata kunci: Pemantauan, udara, sungai, pencemaran, lingkungan, mesin-ke-mesin, M2M, mikrokontroler, AVR ATmega128, CDMA MC323.

Abstract --- Environmental issues have become a common problem which should be followed up immediately. Various environmental pollution has occurred, such as air and river pollution. Technology can play a role to prevent environmental degradation. One of the efforts is to monitor the parameters or indicators of environmental degradation and natural disasters. The parameters are air and river water quality. Machine-to-machine (M2M) is a technology that can be developed to realize this monitoring system. This research proposes the implementation of M2M technology to monitor air and river. Sensors that detect water quality (chemical contents, pH) and air quality (monoxide and lead, humidity, temperature) are placed at several locations (nodes) which is vulnerable or potentially pollution exposed. The sensor readings is processed by an M2M module then transmitted to a data processing center (the web server) through the CDMA wireless network. The result of this research is a system prototype which has capability to monitor air and river through the CDMA network.

Keyword: Monitoring, air, rivers, pollution, environment, machine-to-machine, M2M, microcontroller, AVR ATmega128, CDMA MC323.

I. PENDAHULUAN

Masalah umum yang banyak dihadapi di hampir berbagai negara saat ini adalah masalah lingkungan, yaitu penurunan kondisi lingkungan. Lingkungan tempat kita tinggal saat ini ini telah mengalami penurunan kualitas yang memprihatinkan. Hal ini dapat dilihat pada sungai yang semakin tercemar dan kotor dan udara yang sudah terkena polusi. Kerusakan lingkungan lebih banyak disebabkan oleh ulah manusia yang tidak bertanggung jawab. Sampah merupakan sumber dari kerusakan lingkungan. Sampah yang dibuang ke badan sungai menyebabkan pencemaran air sungai dan membahayakan kehidupan yang terkait dengan sungai tersebut. Selain pembuangan sampah yang tidak memenuhi syarat, kebocoran minyak, zat kimia, atau limbah yang tumpah kemudian masuk ke dalam sungai juga penyebab terjadinya pencemaran sungai. Kerusakan lingkungan mengakibatkan korban jiwa dan kerugian material yang tidak sedikit.

Penurunan kualitas lingkungan ini seharusnya dapat dihindari dan dicegah agar tidak menimbulkan dampak yang semakin parah di kemudian hari. Upaya pencegahan kerusakan lingkungan dan bencana alam dapat dilakukan dengan berbagai cara. Salah satunya adalah dengan pemantauan beberapa parameter atau indikator terjadinya kerusakan lingkungan, misalnya pemantauan terhadap kualitas udara air sungai. Parameter atau indikator yang dideteksinya antara lain kandungan monoksida (CO), timbal, kelembaban, suhu udara, pH dan kandungan kimianya. Jika parameter tersebut dapat diketahui lebih dini, tindakan pencegahan dan penanggulangannya juga dapat sesegera mungkin dilakukan.

Teknologi yang dapat dikembangkan untuk mendukung proses pemantauan lingkungan ini adalah dengan penerapan teknologi mesin-ke-mesin (M2M – Machine-to-Machine). Teknologi M2M direalisasikan dengan membangun sistem komunikasi antar perangkat keras yang bekerja secara otomatis. Saat ini, M2M banyak digunakan di berbagai teknologi yang diharapkan dapat membantu pekerjaan manusia.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan modul M2M dalam penerapannya pada sistem pemantauan kualitas

udara dan sungai. Sensor-sensor pengukur kualitas air diletakkan di beberapa titik yang dianggap rawan pencemaran. Hasil pembacaan sensor tersebut akan dibaca dan diolah oleh modul M2M lalu dikirim ke *web server* secara nirkabel melalui jaringan CDMA. Modul M2M tersebut terdiri atas modul mikrokontroler AVR ATmega128 dan modul CDMA MC323. Pada *web server*, data yang telah diterimanya tersebut diolah dan disajikan sebagai bahan analisis untuk menjadi sebuah laporan atau untuk mengambil suatu tindakan antisipasi tertentu oleh pihak terkait.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Machine to Machine (M2M) Communication*

Machine to machine (M2M) communication adalah pemanfaatan teknologi untuk membuat suatu perangkat dapat saling terhubung dan berkomunikasi dengan perangkat lain secara otomatis [2]. Secara umum, suatu sistem M2M bertujuan untuk melakukan otomatisasi sebuah proses pengiriman data ke sebuah sistem.

Contoh teknologi yang menerapkan M2M, yaitu:

- *Remote Control and Monitoring*
Mengontrol alat-alat elektronik di dalam rumah ketika pemilik pergi dan pemantauan oleh kamera atau video dari jarak jauh.
- *Smart Meter*
Mencatat pemakaian listrik dan air dari meteran pelanggan, data cuaca, dan transaksi secara otomatis.
- *Healthcare*
Memantau kondisi kesehatan pasien dari jarak jauh. Pasien tidak perlu datang kerumah sakit untuk mengecek kesehatannya, namun data kesehatannya dapat selalu diketahui oleh dokter di rumah sakit.
- Sistem deteksi dan peringatan bencana
Mengambil data di lapangan untuk mendeteksi sekaligus menyalurkan informasi peringatan bencana ke pihak-pihak terkait.

B. Modul CDMA MC-323

Modul MC-323 adalah modul CDMA yang diproduksi oleh Huawei. Modul ini berbasis jaringan *dual-band* CDMA 1x. MC-323 didesain dengan ukuran yang cukup kecil dan khusus untuk industri dan aplikasi M2M. MC-323 banyak digunakan untuk *vehicle telematics*, *tracking*, *mobile payment*, dan *industrial router*.

Fitur-fitur yang dimiliki MC-323 antara lain kecepatan mengunduh 153,6 kbps, komunikasi TCP/IP, dan mengirim *Short Message Services (SMS)*. Modul MC-323 dikendalikan dengan menggunakan *syntax ATCommand*. MC-323 bekerja pada frekuensi CDMA2000 1X 800MHz/1900MHz dan pada tegangan 3,3 hingga 4,2 volt, namun direkomendasikan untuk bekerja pada tegangan 3,8 volt. Komunikasi modul MC-323 dengan perangkat eksternal menggunakan B2B *interface pin*. B2B *interface* terdiri atas *UART port*, *USB port*, *antenna interface*, *RUIM slot*, dan tombol *reset* and tombol daya.

1) *ATCommand Modul CDMA MC-323*

ATCommand adalah perintah yang berfungsi untuk mengontrol kerja dari modul MC-323. *ATCommand* berupa *syntax* atau perintah yang dikirimkan ke modul dari mikrokontroler menggunakan komunikasi serial. Perintah *ATCommand* dikirimkan oleh mikrokontroler ke modul menggunakan komunikasi serial. Perintah yang dikirimkan harus menggunakan aturan urutan yang benar, agar modul MC-323 bekerja sesuai yang diperintahkan. *ATCommand* pada modul MC-323 dikelompokkan menjadi beberapa bagian, yaitu: *Basic Configuration*, *Identity Information Query*, *Security Control*, *Serial Port Control*, *Network Service Interface*, *Call Control*, *SMS Interface*, *Phonebook Interface*, dan *Internet Service Interface* [1].

2) *UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)*

UART atau komunikasi serial adalah komunikasi pada komputer berupa pengiriman data yang dilakukan bit per bit. Berbeda dengan komunikasi serial, komunikasi paralel mampu mengirim data sekaligus. Contoh komunikasi paralel adalah pada *port printer* yang mampu mengirim data 8 bit sekaligus dalam satu waktu. Sedangkan contoh penggunaan komunikasi serial adalah pada *mouse* dan *scanner*. UART juga dapat digunakan untuk komunikasi antar mikrokontroler dan antara mikrokontroler dan PC (*Personal Computer*).

III. ANALISA DAN PERANCANGAN

A. Analisis Sistem

Sistem pemantau kualitas udara dan sungai ini terdiri atas beberapa modul/ perangkat yang bekerja secara berkesinambungan. Setiap modul pada sistem memiliki fungsi kerja yang berbeda-beda. Salah satu perangkat yang digunakan adalah perangkat yang memiliki kemampuan mengirim data ke *web server* melalui jaringan Internet.

Sebelum sistem dirancang, terlebih dahulu ditentukan arsitektur dan diagram proses yang akan digunakan. Arsitektur sistem dibutuhkan agar sistem dapat bekerja sesuai dengan tujuannya.

Hasil pembacaan parameter lingkungan oleh sensor, dalam hal ini adalah parameter kualitas udara dan air sungai, akan menjadi sinyal masukan mikrokontroler yang terhubung dengannya. Perangkat mikrokontroler mengolah data yang dibacanya tersebut dengan mengetahui jenis datanya. Data hasil pengolahan oleh mikrokontroler ini menjadi keluaran mikrokontroler untuk dikirim ke *web server*. Data keluaran tersebut harus valid dan benar, artinya telah sesuai dengan data masukannya. Pengiriman data ke *web server* dilakukan melalui jaringan CDMA secara periodik dan dalam selang waktu tertentu yang dapat diatur.

B. Spesifikasi Sistem

Sistem yang dirancang ini terdiri atas beberapa perangkat keras dengan spesifikasi khusus dan perangkat lunak dengan fitur-fitur tertentu sehingga mampu menunjang dan memenuhi kebutuhan sistem agar sistem dapat bekerja dengan baik.

Perangkat keras yang dibutuhkan, yaitu:

1. Mikrokontroler AVR ATmega128 dengan komunikasi serial yang terintegrasi di dalam sebuah PCB.
2. Modul CDMA MC323 lengkap beserta antenanya.
3. Kartu SIM salah satu operator CDMA di Indonesia.
4. *Power supply*, dan kelengkapan lainnya.

Perangkat keras ini cukup mudah diperoleh di pasaran dengan harga yang relatif terjangkau sehingga relatif tidak sulit untuk pengadaannya.

C. Arsitektur Sistem

Sistem pemantau kualitas udara dan air sungai yang diusulkan dalam penelitian ini terdiri atas beberapa komponen, yaitu modul CDMA MC323, mikrokontroler, *port* untuk jalur komunikasi serial, dan *power supply*. Modul CDMA MC-323 menerima data dari mikrokontroler ATmega128 melalui jalur komunikasi serial atau UART. Sistem kemudian mengirimkan data atau informasi secara kontinu ke *web server* melalui jaringan CDMA. Data disimpan di *database server*. Pengguna yang berkepentingan dapat mengetahui data tersebut dengan mengakses aplikasi sistem pemantau ini di *web browser*. Ruang lingkup penelitian ini hanya pada pengiriman data dari mikrokontroler sebagai pembaca sensor ke *web server* menggunakan modul CDMA MC323.

Arsitektur ditunjukkan pada Gambar 1.

1) Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak perlu dilakukan agar sistem dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan. Alur program dimulai dengan pembacaan data dari sensor. Data hasil pembacaan disimpan dalam sebuah register mikrokontroler. Data tidak disimpan secara permanen tetapi hanya disimpan sementara untuk dikirim. Koneksi CDMA disiapkan. Jika koneksi berhasil dibangun, data langsung dikirim ke *web server*. Setelah pengiriman selesai, proses berhenti.

Proses seperti ini terus berulang setiap selang waktu (*delay*) yang ditentukan. Selang waktu ditentukan agar proses dapat berlangsung secara teratur dan dapat diukur. Pemberian selang waktu dilakukan dengan mengatur *interrupt timer*.

Proses kerja perangkat lunak dari sistem ini ditunjukkan pada Gambar 2.

2) Pembacaan Respon MC-323

MC-323 diberi perintah ATCommand melalui *serial port*. MC323 akan memberikan responnya. Respon yang diberikan MC-323 beragam tergantung pada jenis perintah yang diberikan. Setiap respon yang diterima selalu terdapat karakter

tanda atau CR (*Carriage Return*). Karakter CR tersebut berguna agar mikrokontroler dapat memproses data secara utuh. Karakter perintah dan respon ATCommand dibatasi maksimal 1600 karakter. Jenis-jenis ATCommand pada MC-323 dapat dilihat pada Tabel 1.

Pengiriman perintah ATCommand ke modul MC-323 hanya bisa dilakukan sekali sebelum perintah ATCommand berikutnya dikirim.

IV. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

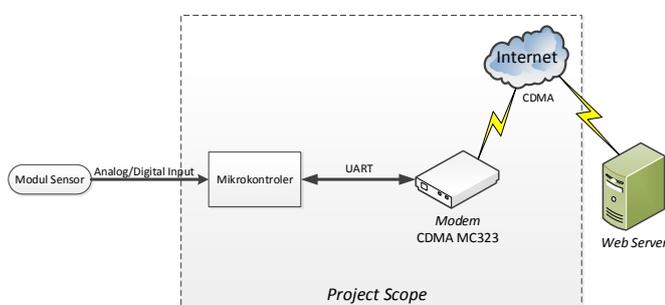
A. Implementasi Sistem

Sistem ini tidak hanya dapat diterapkan sebagai sistem pemantau udara dan air sungai saja karena perangkat yang digunakannya bersifat umum. Sistem ini dapat dipakai untuk aplikasi pemantau apapun dan dimanapun selama tersedia *power supply* dan jaringan CDMA. Sistem ini diperuntukan untuk menggantikan tenaga manusia dalam pengoperasiannya sehingga syarat keakuratan dan kehandalan sistem harus dapat dijamin.

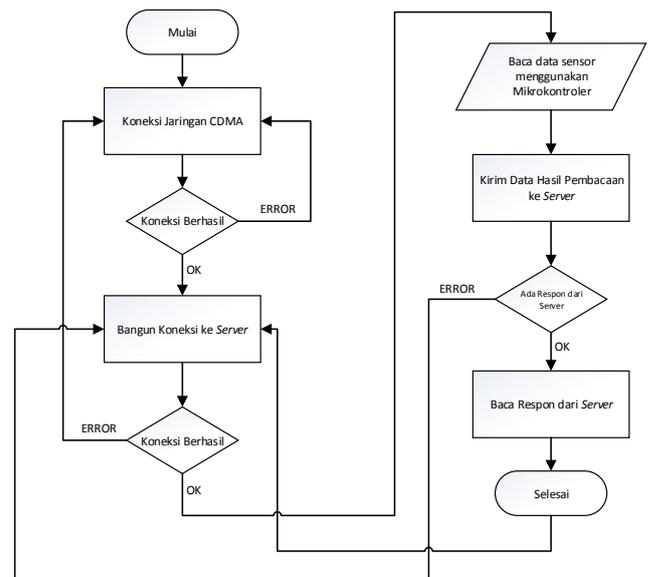
Port MC-323 yang diberi tegangan secara langsung mewakili kondisi yang bersifat dinamis. Masukan yang dibaca adalah masukan dari saklar dan beberapa sensor. MC-323 memiliki masukan digital sebanyak 16 *port* dan masukan analog sebanyak 8 *port*. MC-323 bekerja berdasarkan perintah ATCommand yang dikirimkan oleh mikrokontroler. Pengiriman data dari MC-323 ke *web server* dilakukan dengan proses ATCommand yang dapat dilihat pada Gambar 3.

B. Pengujian Selang Waktu (Delay)

Pengujian selang waktu bertujuan untuk mengukur kecepatan sistem ketika mengirim data ke *web server*. Sistem diharapkan mampu mengirim data ke *web server* dalam waktu kurang lebih 20 detik.



Gambar 1. Arsitektur Sistem



Gambar 2. Flowchart kerja perangkat lunak

TABEL 1.
ATCOMMAND PADA MC323

ATCommand	Fungsi
AT	Perintah untuk mengecek status MC323.
AT+CGSN	Perintah untuk membaca IMEI dari MC323.
AT^IPINIT	Perintah untuk mengkonfigurasi APN, <i>username</i> , <i>password</i> dan koneksi jaringan CDMA.
AT^IPOPEN	Perintah untuk membangun koneksi ke server.
AT^IPSEND	Perintah untuk mentransfer data ke server.

Pengujian selang waktu ini dilakukan dengan menggunakan *timer* pada mikrokontroler Atmega128. *Timer* yang digunakan pada mikrokontroler Atmega128 dibuat menjadi *interrupt overflow* pada selang 1 ms. *Interrupt timer* digunakan sebagai pencacah, sehingga bila terjadi penambahan nilai (*increment*) berarti telah terjadi *delay* selama 1 ms. Dengan cara ini akan diperoleh *delay* yang akurat, dengan akurasi 1 ms.

1) *Kalkulasi delay minimum pada kondisi Ready*

ATCommand yang dieksekusi pada modul CDMA MC323 pada kondisi *Ready* adalah AT, AT+CGSN, AT^IPINIT, AT^IPOPEN, dan AT^IPSEND.

Berdasarkan data tersebut, maka diperoleh perhitungan *delay* minimumnya adalah: AT *delay* + AT+CGSN *delay* + AT^IPINIT *delay* + AT^IPOPEN *delay* + AT^IPSEND *delay* = 697 + 728 + 4.968 + 1.162 + 3.635 = 11.190 ms.

2) *Kalkulasi delay minimum pada kondisi Initial*

ATCommand yang dieksekusi dalam kondisi *Initial* hingga proses pengiriman data ke *web server* adalah AT^IPINIT, AT^IPOPEN, dan AT^IPSEND.

Berdasarkan data tersebut, maka diperoleh perhitungan *delay* minimumnya adalah: AT^IPINIT *delay* + AT^IPOPEN *delay* + AT^IPSEND *delay* = 4.968 + 1.162 + 3.635 = 9.765 ms

3) *Kalkulasi delay minimum pada kondisi Establish*

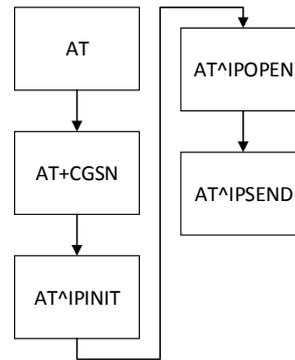
ATCommand yang dieksekusi pada modul CDMA MC323 pada kondisi *Establish* adalah AT^IPOPEN dan AT^IPSEND.

Berdasarkan data tersebut, maka diperoleh perhitungan *delay* minimumnya adalah: AT^IPOPEN *delay* + AT^IPSEND *delay* = 1.162 + 3.635 = 4.797 ms.

C. *Pengujian Keakuratan Sistem*

Pengujian keakuratan sistem menyangkut keutuhan data atau informasi yang dikirimkan oleh sistem pemantau ke *database server*. Informasi yang disampaikan oleh sistem dituntut dan diharapkan dapat menyampaikan data sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan. Kriteria sistem dinyatakan akurat apabila data yang dikirim oleh sistem sama dengan data yang diterima oleh *web server*.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan beberapa komponen elektronika eksternal, seperti potensiometer dan saklar.



Gambar 3. Diagram Blok Proses ATCommand

1) *Pengujian keakuratan masukan data digital*

Pengujian yang dilakukan untuk masukan data digital adalah dengan menghubungkan *port* yang digunakan sebagai masukan data digital ke sumber tegangan 4 volt. Nilai disebut *high* apabila tegangan berkisar antara 2 – 5 volt dan *low* apabila tegangan berkisar antara 0 – 0,8 volt. Dengan kata lain, *port* selalu diberi nilai *high*. Hasil masukan data digital dapat dilihat pada Tabel 2.

2) *Pengujian keakuratan masukan data analog*

Pengujian keakuratan masukan analog dilakukan dengan menggunakan tegangan referensi sebesar 4,94 volt.

Sinyal analog akan dikonversi oleh *Analog-to-Digital Converter* (ADC) menjadi informasi digital. Nilai konversi ini diperoleh dengan menggunakan persamaan (1).

$$ADC = \left(\frac{V_{in}}{V_{ref}} \right) \times 1024 \tag{1}$$

Proses pengujian keakuratan sistem dilakukan sebagai berikut:

- Pada pukul 11.52 WIB, potensiometer diset pada tegangan 4,02 volt. Setelah data dikirim oleh MC-323, *database server* dicek. Hasil pengecekan ini ternyata sama dengan hasil konversi ADC dari tegangan 4,02 volt, yaitu 831. Nilai 831 tersebut diperoleh dari persamaan (1).
- Pada pukul 11.59 WIB, *potensiometer* kembali diset, namun dengan tegangan yang berbeda, yaitu 2,226 volt. Kemudian *database server* dicek. Hasilnya ternyata juga sama dengan hasil konversi oleh ADC.

Proses tersebut diulang beberapa kali dan hasilnya, dari empat kali percobaan, dirangkum dalam Tabel 3.

3) *Pengujian kehandalan sistem*

Pengujian kehandalan sistem bertujuan untuk mengetahui kualitas perangkat dan jaringan. Kualitas perangkat keras, kualitas jaringan CDMA dan kualitas jaringan *web server* sangat mempengaruhi kehandalan sistem pemantau otomatis ini sehingga pengujian kehandalan sistem sangat perlu untuk dilakukan.

TABEL 2.
HASIL MASUKAN DATA DIGITAL

Waktu	Hasil	
	Keluaran Sistem	Masukan Database
25-06-2014 10:39 WIB	D1=1; D2=1; D3=1; D4=1; D5=1; D6=1; D7=1; D8=1; D9=1; D10=1; D11=1; D12=1; D13=1; D14=1; D15=1; D16=1	D1=1; D2=1; D3=1; D4=1; D5=1; D6=1; D7=1; D8=1; D9=1; D10=1; D11=1; D12=1; D13=1; D14=1; D15=1; D16=1
25-06-2014 10:41 WIB	D1=1; D2=1; D3=1; D4=1; D5=1; D6=1; D7=1; D8=1; D9=1; D10=1; D11=1; D12=1; D13=1; D14=1; D15=1; D16=1	D1=1; D2=1; D3=1; D4=1; D5=1; D6=1; D7=1; D8=1; D9=1; D10=1; D11=1; D12=1; D13=1; D14=1; D15=1; D16=1
25-06-2014 10:44 WIB	D1=0; D2=1; D3=1; D4=1; D5=1; D6=1; D7=1; D8=1; D9=1; D10=1; D11=1; D12=1; D13=1; D14=1; D15=1; D16=1	D1=0; D2=1; D3=1; D4=1; D5=1; D6=1; D7=1; D8=1; D9=1; D10=1; D11=1; D12=1; D13=1; D14=1; D15=1; D16=1
25-06-14 10:49 WIB	D1=1; D2=0; D3=1; D4=1; D5=1; D6=1; D7=1; D8=1; D9=1; D10=1; D11=1; D12=1; D13=1; D14=1; D15=1; D16=1	D1=1; D2=0; D3=1; D4=1; D5=1; D6=1; D7=1; D8=1; D9=1; D10=1; D11=1; D12=1; D13=1; D14=1; D15=1; D16=1
25-06-2014 10:52 WIB	D1=0; D2=0; D3=1; D4=1; D5=1; D6=1; D7=1; D8=1; D9=1; D10=1; D11=1; D12=1; D13=1; D14=1; D15=1; D16=1	D1=0; D2=0; D3=1; D4=1; D5=1; D6=1; D7=1; D8=1; D9=1; D10=1; D11=1; D12=1; D13=1; D14=1; D15=1; D16=1

TABEL 3.
HASIL MASUKAN DATA ANALOG

Waktu	Hasil	
	Keluaran Sistem	Masukan Database
25-06-2014 11:52 WIB	A1=831; A2=1022; A3=1023; A4=1023; A5=1019; A6=1023; A7=1022; A8=1021	A1=831; A2=1022; A3=1023; A4=1023; A5=1019; A6=1023; A7=1022; A8=1021
25-06-2014 11:59 WIB	A1=461; A2=1023; A3=1022; A4=1022; A5=1023; A6=1022; A7=1023; A8=1023	A1=461; A2=1023; A3=1022; A4=1022; A5=1023; A6=1022; A7=1023; A8=1023
25-06-2014 12:07 WIB	A1=15; A2=1020; A3=1023; A4=1022; A5=1023; A6=1023; A7=1023; A8=1020	A1=15; A2=1020; A3=1023; A4=1022; A5=1023; A6=1023; A7=1023; A8=1020
25-06-2014 12:12 WIB	A1=572; A2=1023; A3=1023; A4=1022; A5=1023; A6=1023; A7=1023; A8=1022	A1=572; A2=1023; A3=1023; A4=1022; A5=1023; A6=1023; A7=1023; A8=1022

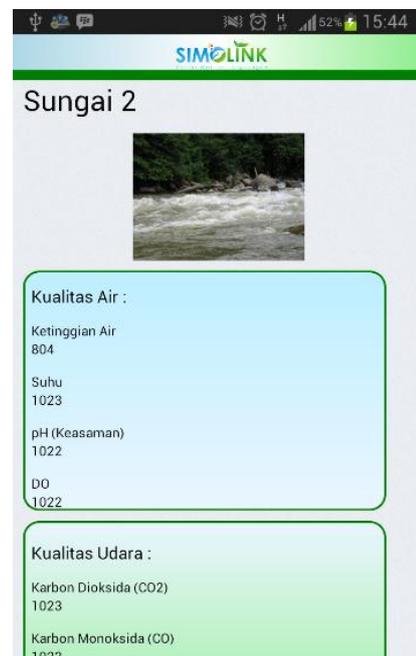
Pengujian kehandalan sistem ini dilakukan selama kurang lebih 60 menit pada pagi, siang dan sore hari agar didapatkan hasil yang maksimal dan dapat mewakili waktu pengujian sistem dalam 1 hari. Pengujian dilakukan selama 2 hari berturut-turut. Data hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Kegagalan respon dari server bisa terjadi apabila kondisi jaringan CDMA yang sedang lambat atau kondisi server yang sedang sibuk sehingga data yang diterima pun gagal.

Hasil pengiriman data jika diterima dan dilihat menggunakan aplikasi pada perangkat *mobile* ditunjukkan pada Gambar 4.

TABEL 4.
HASIL PENGUJIAN KEHANDALAN SISTEM

Tgl/ Pk. (WIB)	Jumlah Pengiriman data (kali)	Hasil Pengujian		
		Pengiriman dan Respon Berhasil Diterima	Respon Server Gagal Diterima	Jaringan CDMA
26-06-2014 09:20 – 11:00	100	91	9	Tidak ada
26-06-2014 11:30 – 13:00	100	97	3	Tidak ada
26-06-2014 15:30 – 17:00	100	99	1	Tidak ada
Rata-rata		95,7	4,3	
27-06-2014 13:20 – 15:00	100	100	0	Tidak ada
28-06-2014 09:30 – 11:00	100	98	2	Tidak ada
Rata-rata		99,3	0,7	



Gambar 4. Tampilan aplikasi pada perangkat *mobile*

Jika data-data pembacaan sensor mengalami perubahan, maka data-data yang dibaca dan ditampilkan juga akan ikut menyesuaikan dengan perubahannya.

V. KESIMPULAN

Dari kegiatan penelitian ini maka kesimpulan yang dapat diambil adalah implementasi *machine-to-machine* yang diterapkan dalam penelitian ini adalah dengan mengintegrasikan sensor, mikrokontroler, dan modul CDMA MC-323 yang telah dikonfigurasi dan diprogram sehingga mampu mengolah data dan mengirimkannya ke *web server*.

Sistem yang dirancang ini dapat dikatakan akurat dan handal karena dari serangkaian pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sistem telah berhasil

mengirimkan data ke *web server* dengan tingkat keberhasilan diatas 95%. *Web server* menerima data yang nilainya sama dengan yang dikirim. Pengujian terhadap pengiriman data sebanyak 600 kali membuktikan bahwa sistem mampu mengirimkan data ke *web server* melalui jaringan CDMA dengan delay kurang lebih 20 detik dan tingkat keberhasilan 95,7% sampai dengan 99,3%.

ACKNOWLEDGMENT

Penelitian ini didanai oleh dana Hibah Bersaing Tahun Anggaran 2014 dari Koordinator Perguruan Tinggi Swasta Wilayah IV Jawa Barat, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, dan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan untuk bidang riset Teknologi Informasi dan Komunikasi.

REFERENSI

- [1] *Huawei MC323 CDMA2000 1X B2B Module AT Command Interface Specification*, Huawei Technologies Co., Ltd., Shenzhen, 2013.
L.Tim. (2013, Januari). "The business benefits of M2M." *The Executive's Guide to the Internet of Things*. [On-line], pp. 9-12. Available : <http://www.zdnet.com/the-executives-guide-to-the-internet-of-things-free-ebook-7000009589/> [September, 26, 2013].
- [2] S. Iwan, *CISCO CCNA & Jaringan Komputer*. Bandung, Informatika Bandung, 2010, pp. 244-248

Tungul Arief Nugroho, kelahiran Solo tahun 1967. Gelar Sarjana Teknik bidang Teknik Elektro diperoleh di ITB pada Oktober 1991 dan Magister Teknik bidang yang sama dengan subbidang Sistem Informasi Telekomunikasi juga di ITB pada Oktober 2001. Minat penelitian pada teknologi *spread spectrum*, *wireless communication* dan aplikasi jaringan sensor nirkabel. Saat ini aktif sebagai staf pengajar di Teknik Elektro ITHB.

Sinung Suakanto, kelahiran Klaten tahun 1982 dan memperoleh gelar Sarjana Teknik di bidang Teknik Elektro. Melanjutkan pendidikan doctoral di bidang Teknik Elektro dalam bidang jaringan komunikasi. Minat penelitian pada bidang jaringan sensor, cloud computing, serta teknologi informasi. Saat ini aktif sebagai staf pengajar di Teknik Elektro dan Sistem Komputer ITHB.

Bernad Robinson Hutahaean, lahir pada tahun 1992 di Banjar, menerima gelar Sarjana Teknik dari Institut Teknologi Harapan Bangsa Jurusan Sistem Komputer pada tahun 2014. Saat ini baru menyelesaikan pendidikan strata 1.

Dina Angela, lahir pada tahun 1974 di Bandung, menerima gelar Sarjana Teknik dari Universitas Kristen Maranatha Bandung Jurusan Teknik Elektro pada tahun 1999 dan gelar Magister Teknik dari ITB Jurusan Teknik Elektro pilihan Sistem Informasi Telekomunikasi pada tahun 2003. Saat ini aktif sebagai pengajar di Departemen Teknik Elektro Institut Teknologi Harapan Bangsa di Bandung. Minat penelitian pada sistem komunikasi, antena dan propagasi.