

Pemanfaatan Komunikasi *Machine-to-Machine* (M2M) Untuk Prototipe Peringatan Dini Kebakaran Hutan

Alief
Pascal Taruna, Maman Abdurohman, Novian Anggis Suwastika

Fakultas Informatika, Universitas Telkom

Jalan Telekomunikasi no.1, Kabupaten Bandung, Jawa Barat, Indonesia

pascaltaruna@gmail.com, abdurohman@telkomuniversity.ac.id,

novian.anggis@telkomuniversity.ac.id

Abstrak - Kebakaran hutan merupakan salah satu bencana yang mempunyai efek multidimensi dalam masalah sosial, ekonomi dan ekologi. Banyak faktor yang menyebabkan kebakaran hutan, antara lain musim kemarau berkepanjangan, pembakaran lahan secara sengaja maupun tidak sengaja, dan faktor alam. Penanganan terhadap kebakaran hutan dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satu cara yang efektif dan efisien adalah dengan peringatan dini. Sistem peringatan dini sebaiknya mampu bekerja secara otomatis, kontinyu, realtime, akurat, dan hemat energi. Untuk mengimplementasikan sistem peringatan dini pada penelitian ini diajukan sebuah sistem peringatan dini berbasis sensor suhu, kelembapan, dan gas carbon monoxide (CO) dengan memanfaatkan komunikasi machine-to-machine (M2M) menggunakan platform OpenMTC. Sistem peringatan dini yang dibangun pada penelitian ini berupa prototipe dengan aplikasi sisi client yang terhubung ke OpenMTC. Untuk pengujian prototipe sistem peringatan dini diimplementasikan dan diujikan di Kawasan Hutan Cagar Alam Kamojang, Garut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat performansi prototipe sistem peringatan dini berdasarkan parameter akurasi, validasi dan response time system. Akurasi sensor kelembapan memiliki besar selisih $\pm 0.6435\%$, akurasi sensor suhu memiliki besar selisih $0.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada suhu rendah, $1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada suhu ruangan, dan $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada suhu tinggi. Secara keseluruhan sensor suhu dan kelembapan sudah dapat mendeteksi kebakaran hutan. Validasi sensor CO dapat digunakan untuk mendeteksi adanya asap yang bisa muncul dari kebakaran hutan. Dari hasil implementasi dan pengujian menunjukkan bahwa response time system berkisar antara 1064 ms hingga 1250 ms pada pengujian pertama dan 1249.4 ms hingga 1250 ms pada pengujian kedua di tempat

pengujian. Beberapa faktor yang mempengaruhi performansi adalah obstacle yang berupa kontur tanah, pohon, dan semak belukar. Secara keseluruhan, sistem prototipe peringatan dini kebakaran ini dapat diimplementasikan sebagai purwarupa yang berpotensi untuk dikembangkan dan menjadi solusi alternatif untuk BBKSDA dalam menangani dan mencegah terjadinya kebakaran hutan.

Kata kunci: kebakaran hutan, peringatan dini, M2M, performansi.

I. PENDAHULUAN

Kebakaran hutan merupakan salah satu bencana yang mempunyai efek multidimensi dalam masalah sosial, ekonomi dan ekologi [1]. Banyak faktor yang menyebabkan kebakaran hutan, antara lain musim kemarau berkepanjangan, pembakaran lahan baik sengaja maupun tidak sengaja, dan faktor alam. Upaya paling efisien dalam menangani kebakaran hutan adalah dengan kegiatan pencegahan kebakaran hutan [2]. Perlu adanya sistem peringatan dini bencana kebakaran hutan untuk meminimalisir dampak dari kebakaran hutan. Penanganan terhadap kebakaran hutan dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satu cara yang efektif dan efisien adalah dengan peringatan dini. Pemanfaatan komunikasi M2M untuk prototipe peringatan dini kebakaran hutan dapat menjadi alternatif untuk mencegah dan mengurangi dampak dari kebakaran hutan selain menggunakan citra satelit dan pos penjagaan hutan. Dengan adanya paradigma M2M komunikasi *end-to-end* di eksekusi tanpa adanya campur tangan manusia yang menghubungkan objek non-IT dengan infrastruktur IT [3]. Dalam penelitian ini standar jaringan yang digunakan adalah *Zigbee*. *Zigbee* merupakan protokol komunikasi level tinggi dengan jangkauan luas, hemat daya karena *bandwidth* yang rendah maksimal 250kbps [4].

Untuk mengimplementasikan sistem peringatan dini pada penelitian ini diajukan sebuah sistem peringatan dini berbasis sensor suhu, kelembapan, dan gas *carbon monoxide* (CO) dengan memanfaatkan komunikasi WSN berbasis M2M

menggunakan platform OpenMTC. Sistem peringatan dini yang dibangun pada penelitian ini berupa prototipe dengan aplikasi sisi *client* yang terhubung ke OpenMTC, sehingga proses pemantauan kebakaran hutan dapat dilakukan secara otomatis. Sensor yang digunakan akan terus memantau kondisi lingkungan di hutan. Jika terjadi perubahan parameter kondisi lingkungan yaitu suhu, kelembaban dan kadar gas CO maka sistem akan memperingati dini pada pihak BBKSDA. Modul GPS digunakan untuk memberikan lokasi berupa *latitude* dan *longitude* agar penanganan kebakaran dapat cepat ditangani oleh pihak BBKSDA.

Pemanfaatan komunikasi M2M diharapkan dapat membantu meminimalisir terjadinya kebakaran hutan. Data implementasi rancangan prototipe sistem yang dibangun dapat dijadikan sebagai tolak ukur performansi dari prototipe yang dibangun. Untuk pengujian prototipe sistem peringatan dini diimplementasikan dan diujikan di Kawasan Hutan Cagar Alam Kamojang, Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat yang memang merupakan daerah rawan kebakaran hutan. Struktur dari penulisan jurnal ini terdiri dari sesi II yaitu membahas tentang teori yang mendukung dalam pengerjaan penelitian ini. Sesi III membahas tentang implementasi dan perancangan dari sistem prototipe peringatan dini kebakaran hutan. Sesi IV membahas tentang hasil analisis pengujian dari prototipe peringatan dini kebakaran hutan. Sesi V membahas tentang kesimpulan dan saran dari penelitian ini.

II. TEORI

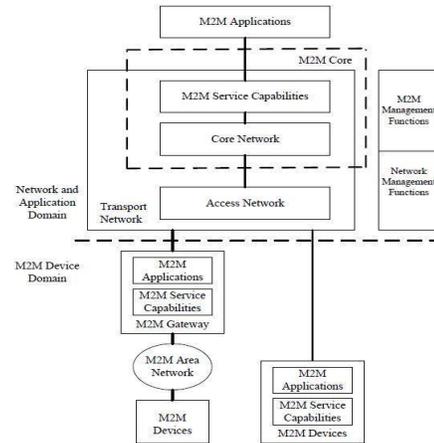
A. Wireless Sensor Network (WSN)

WSN merupakan suatu teknologi jaringan nirkabel yang terdiri dari *node-node* sensor terdistribusi yang berfungsi untuk memantau suatu keadaan lingkungan atau kondisi tertentu. Ada dua macam komunikasi dalam WSN yaitu secara *ad-hoc* dan *multi hop*. Komunikasi secara *ad-hoc* memungkinkan sebuah *node* dapat berkomunikasi dengan *node* lainnya tanpa melalui *router* atau perangkat jaringan lainnya. Komunikasi secara *multi hop* melibatkan perangkat perantara (*intermediate*) untuk mengirimkan paket.

B. Machine-to-Machine (M2M)

Komunikasi M2M menawarkan suatu komunikasi baru dimana dapat menghubungkan jutaan sensor dengan actuator [5]. M2M merupakan suatu paradigma dimana komunikasi *end-to-end* di eksekusi tanpa adanya campur tangan manusia yang menghubungkan objek non-IT dengan infrastruktur IT [3]. M2M didefinisikan sebagai segala teknologi yang memperbolehkan jaringan komputer untuk berkomunikasi dengan perangkat keras lainnya [6].

Segmen M2M terbagi menjadi beberapa segmen antara lain pada bidang pendidikan, kesehatan, otomotif, pemerintahan, layanan publik, *metering*, *security*, *payment* dan lain-lain.



Gambar 1 Arsitektur M2M

Gambar 1 menggambarkan arsitektur M2M yang terdiri dari M2M Device domain, network dan application domain. M2M Device domain terdiri dari [7]:

1. M2M Device

M2M Device merupakan sebuah device yang menjalankan M2M application menggunakan M2M service capabilities dan fungsi dari network domain.

2. M2M Area Network

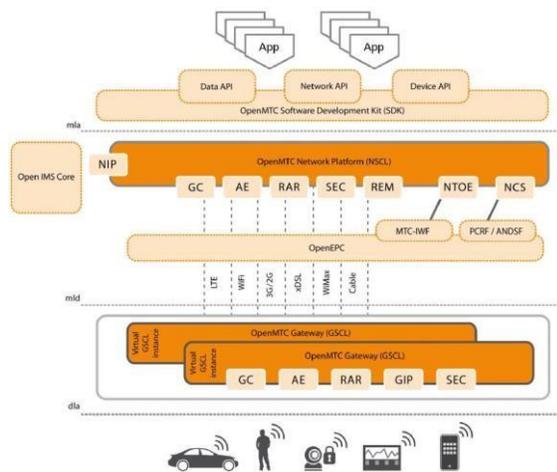
M2M area network berperan sebagai penyedia konektivitas antara M2M Device dan M2M Gateway.

3. M2M Gateway

M2M Gateway memiliki fungsi untuk memastikan M2M Device bekerja dan tersambung dengan network dan application domain. M2M Gateway dapat juga menjalankan M2M application.

C. OpenMTC

OpenMTC merupakan salah satu platform komunikasi M2M yang dikembangkan oleh Franhouver FOKUS. OpenMTC didesain berdasarkan karakteristik dari Machine Type Communication (MTC) dan mengacu pada standar ETSI dan 3GPP [15]. OpenMTC merupakan sebuah middleware antar beberapa platform layanan, jaringan operator, dan perangkat [7]. Platform ini dapat digunakan untuk melakukan R & D, prototyping, uji coba lapangan, dan studi kelayakan di bidang tipe mesin komunikasi / M2M [7]. Kelebihan dari platform OpenMTC yaitu, memiliki kemampuan untuk menangani implementasi dari beraneka ragam sensor dan aplikasi [5]. Gambar 2 merupakan gambaran arsitektur OpenMTC:



Gambar 2 Arsitektur OpenMTC

Pada *platform* OpenMTC, sistem terbagi menjadi empat bagian. Bagian pertama adalah M2M *Network Area*. M2M *Network Area* merupakan area dimana terdapatnya *user device* yang terhubung dengan berbagai macam jaringan, seperti jaringan *zigbee*, *bluetooth*, WiFi, dan lain-lain. Bagian kedua pada *platform* OpenMTC merupakan *Gateway Service Capability Layer* (GSCL) yang terhubung dengan sebuah jaringan dan sebuah server. Bagian ketiga merupakan *Network Service Capability Layer* (NSCL) dimana OpenMTC di implementasikan. Bagian NSCL merupakan sebuah *middleware* yang terhubung antara sebuah jaringan dan aplikasi. Bagian keempat merupakan domain aplikasi yang di desain untuk menyediakan suatu *service middleware layer* dari komunikasi M2M [5].

D. Kebakaran Hutan

Kebakaran hutan adalah keadaan hutan/lahan dilanda api sehingga mengakibatkan kerusakan hutan/lahan dan hasil-hasilnya dan menimbulkan kerugian [8]. Penyebab kebakaran sampai saat ini masih diperdebatkan, apakah karena alami atau karena ulah manusia, pengelola hutan dan pedagang yang sengaja atau lalai saat membuka /mengolah lahan untuk pertanian/perkebunan [8]. Sedangkan faktor alam yang dijadikan faktor penyebab adalah el Nino yang melanda daerah Indonesia [8].

E. Peringatan Dini Kebakaran Hutan

Kebakaran hutan dalam waktu singkat dapat mengakibatkan kerugian yang besar dibandingkan faktor perusak hutan yang lain [2]. Upaya paling efisien adalah kegiatan pencegahan kebakaran hutan [2]. Perlu adanya sistem peringatan dini kebakaran hutan untuk mencegah terjadinya kebakaran dan mengurangi dampak dari kebakaran hutan tersebut.

Peringatan dini kebakaran hutan merupakan tindakan pencegahan kebakaran hutan dengan memantau keadaan lingkungan hutan. Terdapat beberapa faktor dalam pemantauan keadaan lingkungan hutan untuk kebakaran hutan salah satunya faktor meteorologi seperti suhu tinggi, kelembaban yang relatif rendah, dan petir yang meningkatkan kesempatan terjadinya kebakaran hutan [9]. Untuk dapat mencapai peringatan dini kebakaran hutan terdapat beberapa parameter penting yang harus di deteksi adalah suhu lingkungan, tekanan udara, intensitas cahaya (siklus matahari), asap, kelembaban relatif, kelembaban tanah, dan suhu [9]. Peringatan dini kebakaran di lakukan dengan mendeteksi parameter tersebut secara terus menerus dan dari data tersebut akan di proses yang akan terbagi menjadi empat status yaitu normal, siaga, awas, bahaya, dan kebakaran. Dengan adanya peringatan dini kebakaran hutan akan membantu pihak kehutanan untuk mencegah dan mengurangi terjadinya kebakaran hutan. Dalam penelitian ini hanya diambil tiga parameter yaitu suhu, kelembaban, dan gas CO.

- Parameter Suhu

Suhu udara tergantung dari intensitas panas / penyinaran matahari. Areal dengan intensitas penyinaran matahari yang tinggi akan menyebabkan bahan bakar cepat mengering, sehingga memudahkan terjadinya kebakaran. Suhu yang tinggi mengindikasikan bahwa daerah tersebut cuacanya kering sehingga rawan kebakaran [11]. Menurut Young dan Giesse (1991), suhu udara merupakan faktor cuaca penting yang menyebabkan kebakaran. Suhu udara secara konstan merupakan faktor yang berpengaruh pada suhu bahan bakar dan kemudahan bahan bakar untuk terbakar[12].

- Parameter gas CO

Asap merupakan hasil dari peristiwa kebakaran. Salah satu gas kandungan yang ada pada asap adalah gas CO. CO berasal dari proses pembakaran tidak sempurna dari gas natural dan material lain yang mengandung karbon. Material itu berupa bensin, minyak tanah, minyak, metan, batu bara, atau kayu [14]. Gas CO merupakan pembunuh terbesar dalam peristiwa kebakaran karena tingkat konsentrasinya yang sangat tinggi dan cepatnya gas CO mencapai konsentrasi mematikan pada peristiwa kebakaran.

- Parameter Kelembaban

Faktor kelembaban udara erat kaitannya dengan faktor lainnya seperti curah hujan. Wilayah dengan curah hujan tinggi akan menyebabkan wilayah tersebut juga memiliki kelembaban udara relatif tinggi, misalnya wilayah tropis, yang dicirikan dengan jumlah hujan > 2500mm per tahun.

Kelembaban udara yang tinggi akan mempengaruhi kandungan air bahan bakar, di mana bahan bakar akan menyerap air dari udara yang lembab tersebut [11]. Kelembaban udara yang rendah akan memiliki curah hujan yang rendah, hal tersebut membuat kondisi wilayah yang memiliki curah hujan rendah kekeringan. Sehingga membuat bahan bakar cepat mengering dan memudahkan terjadinya kebakaran. Kelembaban nisbi atau kelembaban udara di dalam hutan sangat mempengaruhi pada mudah tidaknya

bahan bakar yang ada untuk mengering, yang berarti mudah tidaknya terjadi kebakaran [13].

III. PERANCANGAN

A. Gambaran Umum Sistem

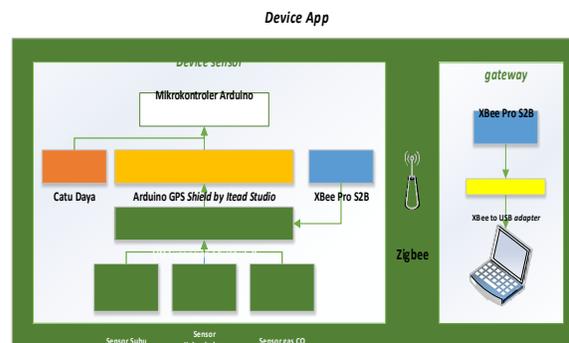
Sistem yang dibangun dalam penelitian ini

merupakan prototipe sistem peringatan dini kebakaran pada wilayah hutan dengan memanfaatkan komunikasi M2M. Proses peringatan dini kebakaran hutan akan dilakukan secara otomatis tanpa interferensi manusia menggunakan sensor untuk mengetahui keadaan di lingkungan hutan. Sensor yang digunakan, antara lain sensor suhu LM35, sensor gas MQ-7, dan sensor kelembaban DHT11. Sensor yang digunakan pada sistem dapat memberikan output berupa suhu suatu lingkungan, konsentrasi gas CO, dan kelembaban udara suatu lingkungan. Arduino GPS *Shield* digunakan untuk memberikan lokasi berupa *longitude* dan *latitude* untuk memudahkan tim penanganan kebakaran yaitu BBKSDA untuk segera menangani dan memantau terjadinya bencana kebakaran hutan. Jaringan sensor yang dibangun pada prototipe peringatan dini kebakaran hutan berbasis jaringan nirkabel ZigBee kemudian jaringan sensor tersebut terhubung dengan *gateway* yang terhubung dengan *gscl* OpenMTC. Dalam istilah OpenMTC dapat disebut sebagai M2M *device* atau *device app*. Data dari *device app* akan dikirim melalui jaringan internet ke GSCL *platform* OpenMTC menggunakan metode HTTP dengan REST. Kemudian data tersebut disimpan pada GSCL. Data tersebut akan diakses oleh *device app* lain, pada penelitian ini *device app* berbasis aplikasi Java yang akan mengambil data secara periodik.

B. Perancangan Sistem

Sistem peringatan dini kebakaran hutan terbagi menjadi tiga bagian yaitu *Device app*, *platform* OpenMTC, dan *device app* lain yang berguna untuk menampilkan data. *Device app* merupakan sekumpulan jaringan sensor dan *gateway* yang dihubungkan ke GSCL. Jaringan sensor tersebut terdiri dari beberapa sensor, mikrokontroler, XBee Pro

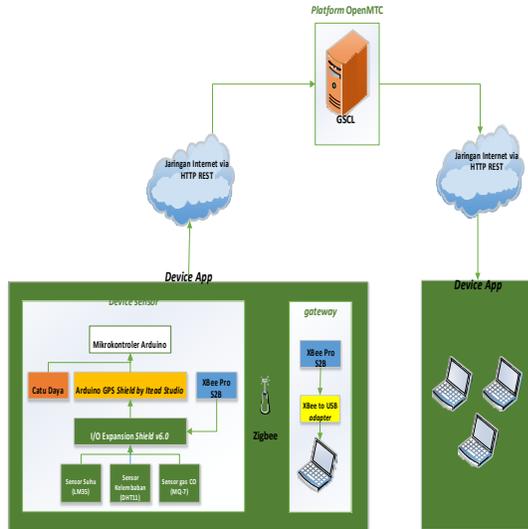
S2B, modul GPS, catu daya, dan I/O *expansion shield*. Sensor berfungsi untuk mengakuisisi data peringatan dini kebakaran lingkungan sekitar hutan yang diproses oleh mikrokontroler dan ditransmisikan menggunakan modul XBee Pro S2B ke *gateway*. Detail dari perangkat *device app* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Device app*

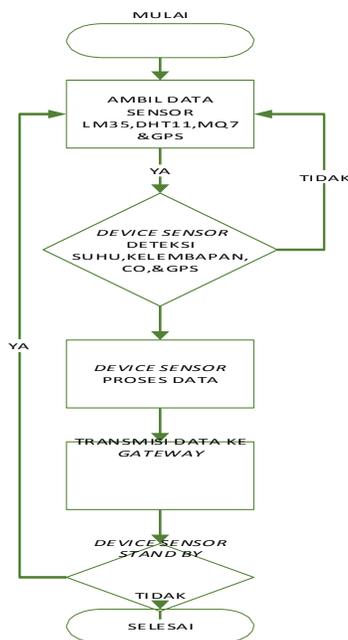
Gateway pada *device app* terdiri dari modul XBee Pro S2B dan komputer yang berperan sebagai *node coordinator* untuk menerima data yang akan masuk ke dalam aplikasi di komputer dari *device sensor* melalui jaringan ZigBee.

Gambar 4 menggambarkan arsitektur prototipe sistem peringatan dini kebakaran hutan secara umum, *device app* yang terdiri dari *device sensor* dan *gateway* akan mengirimkan data dalam format JSON melalui jaringan internet ke *platform* OpenMTC menggunakan metode HTTP dengan REST. *Platform* OpenMTC merupakan *platform* yang membantu komunikasi M2M. Dalam OpenMTC menyediakan berbagai layanan (SCL) untuk membantu komunikasi M2M, seperti penyimpanan data dan histori data. OpenMTC terdiri dari NSCL dan GSCL. Dalam penelitian ini hanya GSCL yang digunakan. GSCL memiliki peran sebagai *gateway* untuk *device app* dan *gateway app* itu sendiri. GSCL secara arsitektur akan terhubung dengan NSCL. *Device app* yang terdaftar ke GSCL akan secara periodik mengirimkan data dengan metode HTTP dengan REST. Data tersebut akan disimpan di GSCL sebagai bagian dari layanannya. Kemudian data tersebut dapat diakses oleh *device app* yang lain, dalam penelitian ini, aplikasi berbasis Java yang secara periodik mengambil data yang telah dikirimkan oleh *device app* sensor. Dalam implementasi prototipe sistem peringatan dini kebakaran hutan terbagi menjadi dua tahapan. Gambar 3.4.1 dan 3.4.2 merupakan gambaran secara detail dari tahapan tersebut.



Gambar 4. Arsitektur sistem

• Flowchart Tahap Pertama



Gambar 5. Flowchart tahap pertama

Gambar 5 merupakan flowchart pada tahap pembacaan data oleh device sensor. Pada proses pertama yaitu untuk mendapatkan data yang diakuisisi oleh sensor antara lain suhu, konsentrasi gas CO, kelembapan dan GPS. Proses pada device sensor diatur dalam source code yang tertanam pada mikrokontroler Arduino uno. Proses mengakuisisi, mendeteksi, dan pembacaan ulang sudah diatur dalam source code pada mikrokontroler. Device sensor akan memperingati kebakaran dengan asumsi kenaikan suhu, kenaikan kadar gas CO dan penurunan

kelembaban di daerah hutan. Device sensor akan memproses data sensor tersebut dan akan mengeluarkan output berupa status kebakaran yang

bahaya, dan kebakaran. Pemrosesan dan pengambilan keputusan tersebut berdasarkan hasil wawancara dengan pihak BBKSDA. Data tersebut akan ditransmisikan menggunakan modul XBee Pro S2B ke gateway melalui jaringan Zigbee. Tipe transmisi data yang dilakukan adalah point to point dalam mode AT

command. Konfigurasi XBee Pro S2B menggunakan xbee to USB adapter. Modul XBee Pro S2B terintegrasi dengan mikrokontroler Arduino menggunakan I/O expansion shield v6.0. Tabel 3.1 menunjukkan konfigurasi XBee Pro S2 pada sisi gateway. Tabel 3.1 menunjukkan konfigurasi XBee Pro S2 pada sisi device app.

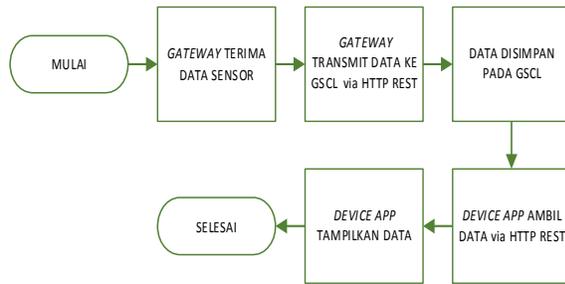
Tabel 3.1 Konfigurasi XBee Pro S2 pada gateway

| | |
|---------------------|-----------------------|
| PAN ID | 5678 |
| SH | 13A200 |
| SL | 40B7AADD |
| DH | 13A200 |
| DL | 40B7AADC |
| Function Set | ZIGBEE COORDINATOR AT |

Tabel 3.2 Konfigurasi XBee Pro S2 pada device sensor

| | |
|---------------------|--------------------|
| PAN ID | 5678 |
| SH | 13A200 |
| SL | 40B7AADC |
| DH | 13A200 |
| DL | 40B7AADD |
| Function Set | ZIGBEE END NODE AT |

- *Flowchart Tahap Kedua*



Gambar 6. Flowchart tahap kedua

Gambar 6 merupakan proses penerimaan data dari *device sensor*. Kemudian data ditransmisikan dari *gateway* ke *GSCL platform OpenMTC* melalui jaringan internet menggunakan metode *HTTP* dengan *Rest*. Data tersebut akan di simpan pada *GSCL*. *Device app* dalam penelitian ini aplikasi berbasis *Java* akan mengambil data secara periodik dari *GSCL* menggunakan metode *HTTP* dengan *REST*. Data tersebut akan ditampilkan pada aplikasi *java* tersebut.

C. Skenario Pengujian

Untuk mengetahui kinerja dari prototipe peringatan dini kebakaran hutan maka sistem perlu diuji. Pengujian terbagi menjadi dua skenario pengujian. Skenario pertama menguji tentang akurasi dan validasi dari sensor yang digunakan dalam sistem. Skenario kedua menguji tentang performansi sistem yaitu *response time system* pada dua pemetaan berbeda.

- Skenario Pengujian Akurasi dan Validasi

Skenario pengujian pertama bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dari sensor *LM35*, *DHT11* dan validasi sensor *MQ-7*.

1. Pengujian sensor kelembaban, uji akurasi sensor *DHT 11* dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan dengan alat acuan pembanding hygrometer digital *HTC-2* yang mengukur kelembaban dalam satuan *%RH*. Pengujian dilakukan dalam waktu satu jam dengan pengambilan data setiap satu menit.
2. Pengujian sensor suhu *LM 35*, pengujian dilakukan dengan cara membandingkan sensor dengan alat pembanding termometer infrared. Sensor *LM35* dibandingkan dengan termometer infrared dengan skenario pengujian sensor *LM35* diletakan pada kondisi suhu rendah yaitu dalam *freezer* kulkas, suhu ruangan dan suhu tinggi dengan cara memanaskan sensor *LM35* pada sumber api lilin.
3. Pengujian sensor gas *CO MQ-7*, pengujian bertujuan untuk melakukan validasi dari kadar gas *CO* yang di tangkap oleh sensor *MQ-7* dengan

alarm CO sebagai alat acuan. Langkah pengujian adalah sebagai berikut :

- Sensor *MQ-7* dan *alarm* gas *CO* diletakan pada suatu kotak tertutup. Kotak tertutup dan kedap tersebut berbahan kaca yang bisa dibuka tutup dengan ukuran (40 x 30 x 23) cm. Sumber gas *CO* yang digunakan berasal dari gas buangan kendaraan bermotor. Asap kendaraan bermotor disalurkan melalui selang sepanjang 80cm yang terintegrasi dengan kotak pengujian.
- Sensor *MQ-7* dan *alarm CO* diletakan pada kotak pengujian.
- Pengujian dilakukan dengan memberikan gas *CO* dari kendaraan bermotor selama 3 detik. Pengambilan data diambil sebanyak 15 kali. Kotak pengujian yang kedap bertujuan agar gas *CO* tidak tersebar. Satuan yang digunakan adalah *PPM* karena *alarm CO* menggunakan satuan *PPM*.

- Skenario Pengujian *Response Time System*

Skenario pengujian kedua bertujuan untuk mengetahui *response time system* pada prototipe yang dibangun. Pengujian ini dilakukan untuk memenuhi salah satu tujuan performansi prototipe yang dibangun. Untuk memperoleh *response time system* pada skenario ini menggunakan selisih pada saat start dan finish. Start dimulai saat data diterima pertama kali dan finish saat data berikutnya masuk. Pengujian dilakukan dalam dua kondisi lingkungan yang berbeda. Pengujian pertama dilakukan pada pemetaan *LOS (line of sight)*. Pengujian kedua akan dilakukan pada kondisi lingkungan hutan secara nyata. Lokasi yang digunakan sebagai tempat pengujian skenario dua adalah hutan Cagar Alam Kamojang Gunung Api Guntur, Kabupaten Garut. Hutan Cagar Alam Kamojang memiliki topografi umumnya bergelombang [10].

Lokasi tersebut merupakan daerah rawan kebakaran hutan pada musim kemarau. Pengujian dilakukan diketinggian 840 m dan 980 m diatas permukaan laut. Vegetasinya terdiri dari pohon pinus, semak belukar dan tanaman ilalang. Kawasan hutan

tersebut pada saat pengujian memiliki kondisi lingkungan dengan kelembaban udara pada rentang 50%-54% dan suhu udara pada rentang 30°C-32°C. Berikut merupakan gambaran skenario pengujian pada prototipe sistem yang dibangun:



Gambar 7. Hutan cagar alam kamojang pengujian pertama



Gambar 8. Hutan cagar alam kamojang pengujian kedua

Gambar 7 merupakan pengujian pertama pada Kawasan Hutan Cagar Alam Kamojang. Pada daerah tersebut pengujian dilakukan diatas ketinggian 840m dan adanya obstacle berupa semak belukar dan tebing batu. Topografi pada daerah pengujian pertama memiliki kontur yang bergelombang. Gambar 8 merupakan pengujian kedua pada Kawasan Hutan Cagar Alam Kamojang. Pengujian kedua dilakukan diatas ketinggian 980m. *Obstacle* pada lokasi pengujian kedua berupa pohon pinus, semak belukar, dan tebing batu. Topografi pada lokasi pengujian kedua memiliki kontur wilayah yang bergelombang. Penempatan *device sensor* berada pada satu pohon pinus berdasarkan koordinasi dengan petugas BBKSDA wilayah V. Gambar 9 merupakan gambaran penempatan dari *device sensor* dan gambar 10 merupakan gambaran dari *gateway* :

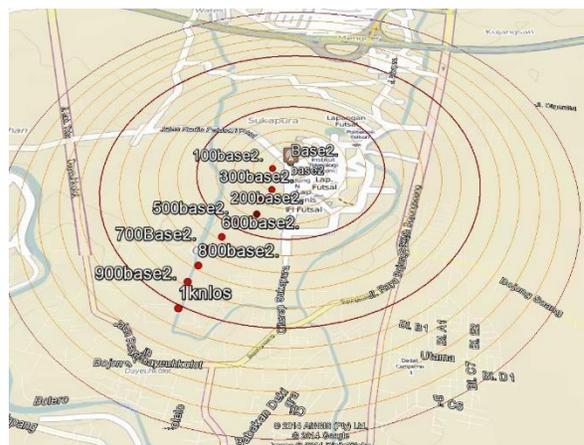


Gambar 9. Device sensor



Gambar 10. gateway

Pengujian dilakukan dengan menggunakan variabel jarak. Berikut merupakan gambaran skenario pengujian kedua:
 1. Pemetaan 1



Gambar 11. Pemetaan 1

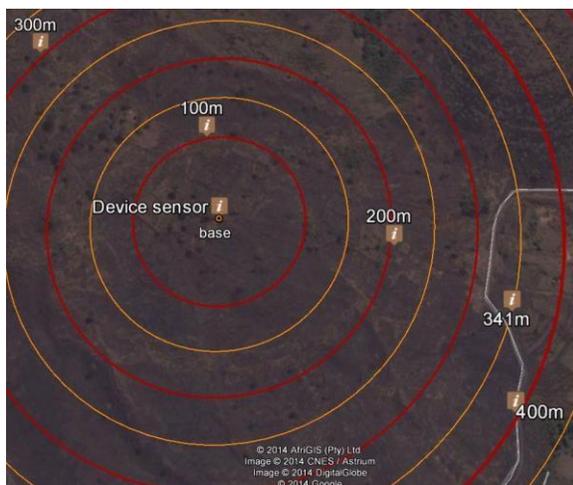
Gambar 11 merupakan gambaran pengujian pemetaan 1. Posisi gateway berada di atas gedung P Universitas Telkom (base2). Pengujian pemetaan 1

dilakukan tanpa adanya penghalang yang menghalangi proses transmit data. Pengujian dilakukan pada jarak 100m, 200m, 300m, 400m, 500m, 600m, 700m, 800m dan 900m. Dari hasil pengujian tersebut akan dihitung rata-rata response time system yang terbentuk untuk dibandingkan dengan data uji pada pemetaan 2.

2. Pemetaan 2



Gambar 12. Pemetaan 2 pengujian pertama



Gambar 13. Pemetaan 2 pengujian kedua

Gambar 12 dan 13 merupakan gambaran pengujian pemetaan 2. Pengujian pemetaan 2 dilakukan sesuai dengan kondisi Hutan Cagar Alam Kamojang. Pengujian dilakukan pada jarak 10 m, 20 m, 30 m, 40 m, 50 m, 60 m, 70 m, 80 m, 90 m, 100 m, 200 m dan 300 m pada pengujian pertama. Pengujian kedua dilakukan pada jarak 100 m, 200 m, 300 m, 341 m, dan 400 m. Dari hasil pengujian tersebut akan dihitung rata-rata response time system yang terbentuk pada pengujian pemetaan 2. Data pengujian pemetaan 1 dan pemetaan 2 akan dibandingkan untuk mengetahui tingkat performansi dari prototipe peringatan dini kebakaran hutan yang dibangun.

D. M2M

Teknologi M2M digunakan untuk membantu manusia dalam menangani keterbatasan fisik manusia. Proses pemantauan keadaan lingkungan hutan yang biasa dilakukan oleh pihak BBKSDA menggunakan menara pemantau atau menggunakan mobil patroli yang langsung datang ke hutan. Proses pemantauan secara langsung tersebut tidak dapat dilakukan secara terus menerus karena keterbatasan fisik manusia. Kegiatan pemantauan tersebut juga tidak efisien dan efektif karena petugas tidak selamanya bisa memantau keadaan hutan secara terus menerus. M2M sendiri merupakan suatu paradigma dimana mesin dapat saling berkomunikasi tanpa adanya interferensi manusia yang dapat menghubungkan objek non-IT dengan infrastruktur IT, dimana mesin tersebut ada yang berperan sebagai penyedia data dan yang membutuhkan data. Dengan memanfaatkan komunikasi M2M, petugas tidak perlu lagi memantau secara langsung ke hutan. Proses pemantauan dan kegiatan pencegahan kebakaran hutan (peringatan dini kebakaran hutan) dapat dilakukan oleh suatu mesin yang akan memantau kondisi lingkungan hutan secara terus menerus dan akan mengirimkan ke suatu mesin lain yang digunakan oleh petugas di kantor, sehingga proses peringatan dini kebakaran hutan menjadi lebih efisien dan efektif.

E. OpenMTC

Komunikasi M2M merupakan direct connect, artinya mesin dapat langsung saling berkomunikasi secara langsung. Platform OpenMTC merupakan platform khusus untuk M2M. Alasan digunakannya suatu platform khusus OpenMTC karena target pengembangan dari sistem ini adalah untuk meningkatkan cakupan kawasan pemantauan lingkungan hutan dalam memperingati dini kebakaran hutan, sehingga semua kawasan hutan dapat dipantau secara otomatis. OpenMTC menyediakan layanan untuk pengkomunikasian, pemrosesan, dan penyimpanan data. Dalam Tugas Akhir ini data dari device sensor akan disimpan di GSCL OpenMTC yang akan diakses oleh device app secara periodik.

IV. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

A. Skenario Akurasi dan Validasi

Pada skenario 1 dilakukan pengujian akurasi sensor untuk mengetahui tingkat akurasi sensor. Uji

akurasi dibagi menjadi dua bagian yaitu uji akurasi sensor kelembaban, suhu, dan uji validasi sensor gas CO.

- Analisis Hasil Pengukuran Sensor Kelembaban

Pada setiap pengukuran kelembaban nilai yang didapat oleh sensor DHT11 dengan higrometer HTC-2 tidak berbeda jauh. Dari hasil pengukuran sensor kelembaban jika dibandingkan dengan pembacaan pada higrometer HTC-2 memiliki perbedaan sekitar 0.6435%. Perbedaan tersebut tidak memiliki selisih yang besar sehingga sensor DHT11 telah bekerja dengan baik. Perbedaan yang terjadi pada hasil pengukuran karena adanya perbedaan komponen sensor yang digunakan, dan perbedaan sensitifitas sensor.

- Analisis Hasil Pengukuran Sensor gas CO

Pada pengujian skenario untuk validasi pengukuran PPM di dapatkan selisih rata-rata 13.28 PPM pada pengujian pertama, 16.11 PPM pada pengujian kedua. Perbedaan yang terjadi tidak terlalu besar sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor MQ-7 telah bekerja dengan baik dan cukup untuk mendeteksi adanya asap kebakaran.

- Analisis Hasil Pengukuran Sensor Suhu

Pengukuran yang dilakukan pada tiga tempat memiliki selisih yang berbeda-beda. Analisis dilakukan dengan cara melihat selisih rata-rata tiap pengujian. Pada pengujian skenario 1 diketahui bahwa rata-rata selisih antara sensor LM35 dengan termometer memiliki selisih rata-rata 0.9°C pada suhu rendah, 1.5 °C pada suhu ruangan dan 1°C pada suhu tinggi. Untuk perubahan suhu pada grafik pengujian didapatkan pada suhu rendah yang memiliki nilai perubahan stabil. Hasil perbandingan sensor suhu LM35 dengan termometer cukup fluktuatif walaupun selisih yang dihasilkan tidak bernilai besar. Perbedaan tersebut dapat terjadi karena adanya perbedaan rangkaian, sensor yang digunakan, dan perbedaan sensitifitas sensor.

B. Skenario *Response Time System*

Pada pengujian skenario 2 terbagi menjadi dua pengujian dalam pemetaan 1 dan pemetaan 2. Pemetaan 1 dilakukan dalam kondisi LOS. Pemetaan 2 dilakukan dalam kondisi lingkungan hutan sebenarnya yaitu Kawasan Hutan Cagar Alam Kamojang, Gunung Api Guntur, Kabupaten Garut. Parameter yang digunakan dalam analisis pengujian skenario 2 adalah *response time system*. Variabel yang digunakan adalah jarak.

- Analisis Hasil Pengukuran Pemetaan 1

Dari data hasil pengukuran pemetaan 1 dilakukan analisis terhadap perubahan *response time system* dalam keadaan LOS. *Response time system* yang dibutuhkan oleh sistem berkisar antara 1064 ms sampai 1309.6 ms. Perbedaan *response time system* tersebut terjadi karena penambahan jarak yang dilakukan. Selain perubahan jarak besarnya data yang dikirimkan, kelembaban dapat mempengaruhi *response time system*. Pada tabel 4. Terlihat pada kondisi jarak 800m dan 900m terjadi anomaly data, hal tersebut dapat terjadi karena adanya loss data. Adanya faktor lain yang menghalangi proses transmisi data. Ketika paket yang dikirimkan mengalami buffer maka proses pengiriman akan dilakukan berulang-ulang, hal tersebut membuat *response time system* membesar dan terjadi anomaly data.

- Analisis Hasil Pengujian Pemetaan 2

Response time system yang dibutuhkan berkisar antara 1064 ms hingga 1250 ms. Hasil pengujian pemetaan 2 pengujian kedua rata-rata *response time system* yang dibutuhkan berkisar antara 1249.4 ms hingga 1250 ms. Perbedaan *response time system* tersebut terjadi karena penambahan jarak yang dilakukan. Selain itu pemetaan 2 pengujian pertama memiliki kontur wilayah yang bergelombang dan terdapat banyak semak belukar sedangkan pemetaan 2 pengujian kedua terdapat beberapa pohon yang menjadi penghalang selain kontur yang bergelombang dan semak belukar. Rata-rata *response time system* pemetaan 2 dengan pemetaan 1 tidak mengalami perubahan yang terlalu signifikan. Hal tersebut terjadi karena kondisi hutan cagar alam Kamojang tidak terlalu banyak pohon dan terdiri dari banyak semak belukar. Pada pengujian pemetaan 2 pengujian pertama dari jarak 10 m, 20 m, 30 m, 40 m, 50 m, 60 m, 70 m, 80 m, 90 m, 100 m, dan 200 m posisi *device sensor* ke *gateway* terhalang oleh semak belukar, dan kontur wilayah yang bergelombang tetapi masih bisa dilakukan proses transmisi data. Pada jarak 300 m tidak dapat dilakukan pengiriman data karena terjadi packet loss. Hal tersebut terjadi karena posisi *device sensor* ke *gateway* terhalang oleh tebing batu. Pada pengujian pemetaan 2 pengujian kedua pada jarak 100 m, 200 m, 300 m, dan 341 m posisi *device sensor* ke *gateway* terhalang oleh pohon dan semak belukar tetapi masih bisa dilakukan proses transmisi data. Pada kondisi jarak tersebut juga memiliki kontur wilayah yang bergelombang. Pada jarak 400 m terjadi packet loss. *Packet loss* terjadi karena pada jarak 400m posisi *device sensor* ke *gateway* terhalang oleh tebing.

Faktor *obstacle* berupa pohon, semak belukar dan kontur wilayah yang bergelombang tidak menjadi

masalah dalam proses transmisi data. Faktor *obstacle* tebing yang dapat membuat terjadinya *packet loss* sehingga proses transmisi data tidak dapat dilakukan.

Dari hasil pengujian langsung di Kawasan Hutan Cagar Alam Kamojang dapat dikatakan bahwa prototipe sistem peringatan dini kebakaran yang dibangun dapat diaplikasikan di kawasan hutan tersebut dengan memperhatikan penempatan device sensor sesuai hasil pengujian. Target kedepannya dari prototipe ini yaitu dapat mencakup semua daerah kawasan Hutan Cagar Alam Kamojang yang rawan kebakaran menggunakan standar jaringan sensor ZigBee dengan topologi jaringan mesh, berbasis M2M menggunakan platform OpenMTC.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pengujian prototipe peringatan dini kebakaran hutan dapat ditarik kesimpulan:

1. Prototipe sistem peringatan dini kebakaran hutan mampu mendeteksi dan memproses parameter kebakaran, dengan memanfaatkan komunikasi M2M menggunakan platform OpenMTC serta standar jaringan sensor ZigBee. Secara keseluruhan, sistem prototipe peringatan dini kebakaran ini dapat diimplementasikan sebagai purwarupa yang berpotensi untuk dikembangkan dan menjadi solusi alternatif untuk BBKSDA dalam menangani terjadinya kebakaran hutan.
2. Dari hasil pengujian skenario akurasi, validasi dan performansi, didapatkan bahwa:
 - Akurasi sensor kelembapan memiliki besar selisih ± 0.6435 % dengan alat pembanding higrometer HTC-2. Akurasi sensor suhu memiliki besar selisih 0.9 °C pada suhu rendah, 1.5 °C pada suhu ruangan, dan 1 °C pada suhu tinggi dengan alat pembanding termometer infrared. Perbedaan yang dihasilkan karena adanya perbedaan sensitifitas sensor, secara keseluruhan sensor suhu dan kelembapan sudah dapat mendeteksi kebakaran hutan. Validasi sensor CO dapat digunakan untuk mendeteksi adanya asap yang bisa muncul dari kebakaran hutan.
 - Pada pemetaan 1 dengan kondisi LOS dapat mencapai jarak maksimal hingga 900m. *Response time system* yang dibutuhkan oleh sistem berkisar antara 1064 ms sampai 1309.6 ms. Pada pemetaan 2 yaitu di kawasan

hutan Cagar Alam Kamojang proses transmisi data dapat dilakukan hingga jarak 341m. *Response time system* yang dibutuhkan pada pengujian pertama berkisar antara 1064 ms hingga 1250 ms sedangkan pada pengujian kedua berkisar antara 1249.4 ms hingga 1250 ms. Faktor *obstacle* berupa pohon, semak belukar dan kontur wilayah yang bergelombang tidak menjadi masalah dalam proses transmisi data. *Obstacle* tebing yang dapat membuat terjadinya *packet loss* sehingga proses transmisi data tidak dapat dilakukan. Semakin jauh jarak transmisi maka semakin besar *response time system* tetapi tidak terlalu berpengaruh.

B. Saran

Berdasarkan kesimpulan dari pengerjaan penelitian ini, penulis menyarankan untuk pengembangan lebih lanjut yaitu:

1. Perlu adanya peningkatan kualitas perangkat keras yang digunakan dalam sistem.
2. Penambahan sensor angin untuk mendeteksi arah datangnya asap kebakaran.
3. Penempatan device app harus diperhatikan lagi dalam hal keamanan terkait kearifan lokal masyarakat kawasan Hutan yang menjadi tempat studi kasus.

VI. DAFTAR PUSTAKA [1]Bouabdellah, Kecha,.

Houache Nouredine, Sekhri Larbi. 2013. *Using Wireless Sensor Networks for Reliable Forest Fires Detection*. Procedia Computer Science 19 (2013) 794 – 801.

[2]Thoha, Achmad.S. 2001. *Cuaca Kebakaran Hutan Kaitannya Dengan Upaya Pencegahan Kebakaran Hutan di Indonesia*. Program Ilmu Hutan, Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.

[3] OpenMTC. 2013. *Introduction to M2M and IoT*. Fraunhofer Institute for Open Communication Systems FOKUS. Berlin, Germany.

[4] Febrianto, Bagoes Siswo. 2014. *Analisis Penerapan Jaringan Sensor Nirkabel Menggunakan Protokol IEEE 802.15.4 (ZIGBEE) Pada Sistem Pemantauan pH (Studi Kasus Fermentasi Susu)*. Fakultas Informatika Universitas Telkom.

[5] Abdurrohman, Maman., Anton Herutomo, Vera Suryani. 2013. *Mobile Tracking System Using OpenMTC Platform*. Fakultas Informatika, Universitas Telkom. Bandung, Indonesia

[6] Pratama, I Putu Agus Eka. 2014. *Smart City beserta Cloud Computing dan Teknologi-Teknologi Pendukung Lainnya*.

[7] Fraunhofer FOKUS. 2013. *OpenMTC platform – Motivation and overview of OpenMTC*. Fraunhofer Institute for Open Communication Systems FOKUS. Berlin, Germany.

[8] Pemerintahan Kabupaten Bandung. http://www.badungkab.go.id/index.php?option=com_content&task=view&id=2894&Itemid=128, diakses pada Mei 2014.

[9] A. Bayo*, D. Antolín, N. Medrano, B. Calvo, S. Celma. 2010. *Early Detection and Monitoring of Forest Fire with a Wireless Sensor Network System*. *Procedia Engineering* 5 (2010) 248–251.

[10] Dinas Perhutanan Jawa Barat. *Cagar Alam dan Taman Wisata Alam Kamojang*. <http://dishut.jabarprov.go.id/index.php?mod=manageMenu&idMenuKiri=511&idMenu=511>, diakses pada November 2014.

[11] Purbowaseso, B. 2004. *Pengendalian Kebakaran Hutan*. Rineka Cipta. Jakarta

[12] Young R.A. and R.L. Giese. 1991. *Introduction to Forest Fire*. John Wiley and Sons Inc. Toronto Canada.

[13] Direktorat Jendral Perlindungan Hutan dan Pelestarian Alam. 1994b. Surat Keputusan Dirjen PHPA Nomor 243/Kpts/DJ VI/1994 Tentang Petunjuk Teknis Pencegahan dan Penanggulangan Kebakaran Hutan di Areal Pengusahaan Hutan dan Areal Penggunaan Lainnya. Departemen Kehutanan. Jakarta.

[14] OSHA Fact Sheet Carbon Monoxide Poisoning. 2002. Occupational Safety and Health Administration, U.S. Department of Labor.

[15] Fraunhofer FOKUS. *OpenMTC Platform – A Generic M2M Communication Platform*. Fraunhofer Institute for Open Communication Systems FOKUS. Berlin, Germany.