



## Desain Sistem Peringatan Dini Bencana Kebakaran Hutan Berbasis Jaringan Sensor dan Short Message Service (SMS)

Muhamad Iradat Achmad<sup>1</sup>, Muhamad Iqbal Achmad<sup>1\*</sup>.

<sup>1</sup>Fakultas Teknik, Universitas Dayanu Ikhsanuddin, Indonesia

\*Korespondensi: [m.iqba41.a@gmail.com](mailto:m.iqba41.a@gmail.com)

### Info Artikel

Diterima 15  
November 2022

Disetujui 19  
Desember 2022

Dipublikasikan 09  
Februari 2023

**Keywords:**  
Deteksi dini;  
kebakaran hutan;  
jaringan sensor;  
SMS.

© 2023 The  
Author(s): This is  
an open-access  
article distributed  
under the terms of  
the Creative  
Commons  
Attribution  
ShareAlike (CC BY-  
SA 4.0)



### Abstrak

Sejalan dengan upaya pemerintah Indonesia untuk meminimalkan kejadian kebakaran hutan dan kerugian yang ditimbulkan, tulisan ini mengusulkan desain sistem peringatan dini bencana kebakaran hutan berbasis jaringan sensor dan short message service (SMS). Sistem ini terdiri atas subsistem di sisi hutan dan subsistem di sisi kantor pengamatan. Subsistem di hutan menggunakan jaringan sensor modul detektor api, asap MQ2, suhu dan kelembaban DHT11 untuk membaca keadaan hutan, dan mendayagunakan mikrokontroler ATmega16 untuk mengakuisisi dan mengolah data keadaan hutan. Pengolahan data yang menghasilkan indikasi kebakaran hutan akan memicu bunyi sirine untuk menyampaikan secara cepat indikasi tersebut kepada masyarakat di sekitar hutan. Data tersebut dikirim ke subsistem kantor pengamatan melalui paket SMS jaringan GSM. Aplikasi monitoring menerima data keadaan hutan dan menyimpannya ke basisdata untuk kebutuhan pengolahan data selanjutnya.

### Abstract

In line with the Indonesian government's efforts to minimize the occurrence of forest fires and the resulting losses, this paper proposes the design of a forest fire early warning system based on a sensor network and short message service (SMS). This system consists of a subsystem on the forest side and a subsystem on the observation office side. The subsystem in the forest uses a sensor network of fire detector modules, smoke of MQ2, temperature and humidity of DHT11 to read the state of the forest, and utilizes the microcontroller of ATmega16 to acquire and process forest state data. Data processing that produces indications of forest fires will trigger the sound of sirens to convey these indications quickly to the people living around the forest. The data is sent to the observation office subsystem via SMS packets of GSM network. The monitoring application receives data of forest conditions and stores them in a database for further data processing.

## 1. Pendahuluan

Fenomena peningkatan suhu permukaan bumi saat ini menyebabkan hutan semakin rentan terbakar. Kebakaran hutan di sejumlah wilayah di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir semakin sering terjadi. Kejadian ini menimbulkan beragam permasalahan seperti terganggunya ekosistem hutan, polusi asap yang mengganggu kesehatan, bandara ditutup untuk penerbangan, dan terhentinya

beragam aktifitas pendidikan dan ekonomi. Berbagai upaya preventif dan kuratif telah dan terus dilakukan oleh Pemerintah Indonesia untuk mengusahakan agar kebakaran hutan tidak terjadi. Penggunaan teknologi citra hot spot satelit mampu menjangkau wilayah pemantauan hutan yang cukup luas, namun minim dan multi tafsir pada informasi detail titik api menjadi kendala tersendiri dalam konteks peringatan dini. Ketersediaan data citra hot spot secara terus menerus mengandung konsekuensi biaya yang tidak murah. Lain hal dengan itu, penggunaan teknologi server tertanam dengan jejaring sensor nirkabel di hutan memungkinkan akuisisi data detail dalam jumlah besar meskipun kebutuhan daya listrik juga besar. Selain itu, jejaring sensor nirkabel mensyaratkan topografi line of sight yang tidak dimiliki oleh kondisi hutan pada umumnya.

(J. A. Castro-Correa et al., 2022; Ligong Pan, 2020; Patil, L. et al., 2016; Shaikh, A. & Pathan, S., 2012) mengembangkan sistem deteksi dini kebakaran hutan menggunakan teknologi Wireless Sensor Network (WSN) dengan ZigBee sebagai standar komunikasi datanya. Sistem ini menggunakan rangkaian sensor yang terpasang di beberapa titik di hutan dan saling terhubung melalui ZigBee, yang juga dipergunakan sebagai jalur komunikasi data antara jaringan sensor di hutan dan kantor unit monitor di sisi berbeda. (J. A. Castro-Correa et al., 2022) menggunakan module GPRS pada komunikasi jarak jauh untuk menghubungkan jaringan sensor di hutan dan kantor pengamatan melalui internet. Teknologi komunikasi ZigBee memiliki beberapa kekhasan termasuk harga murah, laju data rendah, dan konsumsi daya rendah. Namun, hasil pengujian performa ZigBee yang dilaporkan oleh (Tabassum, M., & Zen, K., 2015) menunjukkan bahwa performa ZigBee pada percobaan outdoor di hutan mengalami penurunan secara drastis. Dalam hal ini komunikasi data dengan dan antar ZigBee hanya terjadi pada jarak  $\leq 20$  meter. Hal ini berarti bahwa komunikasi ZigBee dan internet tidak cukup andal untuk menghubungkan dua titik yang jaraknya cukup jauh dan dengan cakupan akses internet yang tidak tersedia seperti pada umumnya keadaan titik titik wilayah lokasi hutan di Indonesia.

(M. Findlay et al. 2022) melakukan observasi sejumlah sensor yang relevan untuk mendeteksi kebakaran hutan. Hasil observasi ini menunjukkan bahwa sensor kualitas udara dapat dipergunakan untuk mendeteksi kebakaran hutan secara akurat. Dalam hal ini sensor CO dan sensor partikel diketahui paling memadai untuk memberikan indikasi dini terjadinya kebakaran di hutan. Selain itu, lokasi penempatan sensor, tingkat sensitivitas dan faktor komunikasi data jarak jauh merupakan faktor yang juga mempengaruhi performa sistem yang perlu dievaluasi lebih mendalam.

(C. K. Gomathy, M. P. Chandrasekhar, & K. Mallikarjun, 2021) mengembangkan algoritma pengolahan data berbasis regresi untuk memprediksi potensi kebakaran hutan yang akan terjadi. Algoritma ini diterapkan pada atribut data terpilih yang berasal dari sehimunan data iklim yang dikumpulkan. Algoritma pemodelan ini memberikan galat akar kuadrat rata-rata yang kecil dan nilai R kuadrat yang tinggi. Penerapan algoritma ini tidak *real time* karena pengolahan mensyaratkan ketersediaan data sekuensial runtun waktu dengan periode akuisisi data relatif lama.

(H Singh, A Shukla, & S Kumar, 2020) mengusulkan desain infrastruktur IoT untuk sistem deteksi kebakaran hutan. Data keadaan hutan diketahui melalui sensor kelembaban udara, sensor kelembaban tanah, sensor suhu, sensor cahaya, sensor

akselerometer, dan sensor range ultrasonik yang terpasang di hutan. Data sensor ini dikemas dalam paket data email dan dikirim ke stasiun pengamatan melalui internet oleh modul jaringan GSM.

(Songsheng Li, 2018) mengembangkan sistem deteksi dini kebakaran hutan dengan menggunakan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) yang terbang di sekitar hutan secara reguler pada jalur dan prosedur yang telah ditetapkan sebelumnya untuk mengumpulkan data bacaan sensor yang terpasang di pohon untuk mengetahui suhu dan kelembaban yang dinilai efektif untuk merefleksikan keadaan sebenarnya di hutan. Komunikasi Bluetooth Low Energy (BLE) dipergunakan untuk bertukar data dari dan ke UAV dan sensor. Biaya operasional dan pemeliharaan sistem dengan dukungan UAV relatif mahal.

(Chandrasekharan, et al., 2015) mengembangkan sistem deteksi kebakaran hutan menggunakan flame sensor dan perangkat handset gsm. Flame sensor yang ditempelkan ke batang pohon dipakai untuk mendeteksi titik api sehingga perubahan level tegangan yang terjadi pada jalur data sensor sebanding dengan variasi spektrum titik api yang diterima. Perubahan tegangan ini selanjutnya memicu dial pada handset gsm untuk mengirimkan isyarat call ke handset pengguna yang diotorisasi. Akurasi deteksi sistem ini sangat ditentukan oleh kemampuan flame sensor untuk menangkap isyarat spektrum titik api yang berada di sekitar sensor. Istilah "auto alarming" yang muncul dalam judul penelitian ini adalah berkaitan dengan perubahan level tegangan pada jalur data flame sensor yang memicu secara otomatis tombol dial handset GSM.

(Kirubakaran, D., V., et al., 2014) mengusulkan sistem untuk mendeteksi kebakaran hutan dan penebangan kayu ilegal. Untuk kebakaran hutan, sistem ini mengolah data perubahan nilai sensor suhu dan kelembaban menjadi informasi indikasi kebakaran hutan. Sistem ini menggunakan teknologi WSN untuk komunikasi data antara sensor yang terpasang di beberapa titik di hutan. Sementara itu, untuk mendeteksi penebangan kayu ilegal, sistem menggunakan perambatan sinar laser yang melalui serangkaian media pemantul cermin dan diterima oleh sensor peka spektrum laser. Perubahan bacaan sensor laser ini yang kemudian diolah menjadi informasi adanya penebang kayu ilegal di hutan.

(Mohammed, A., et al., 2015) melakukan studi perbandingan beberapa sensor suhu untuk mengetahui karakteristik masing-masing sehingga dapat menjadi rekomendasi dalam penggunaannya. Sensor suhu yang diperbandingkan dalam penelitian ini adalah thermocouple, thermistor, resistance temperature detector, pyrometer dan LM35. Studi ini menyimpulkan bahwa keputusan memilih sensor suhu untuk digunakan adalah bergantung pada rentang suhu yang akan diukur dan pada area aplikasi dari perangkat yang menggunakan.

(Saad, C., et al., 2014) menganalisis perbandingan performa antara beberapa teknologi komunikasi nirkabel termasuk Wi-Fi, Wi-Max, UWB, Bluetooth, ZigBee, ZigBeeIP dan GSM/GPRS. Hasil analisis dalam penelitian ini menunjukkan bahwa dalam perspektif aplikasi untuk sistem automasi industri yang berbasis penggunaan sensor maka teknologi Bluetooth, ZigBee dan GPRS/GSM merupakan pilihan terbaik karena efisiensi pengkodean kanal komunikasinya dan karena laju datanya yang rendah bersesuaian dengan ukuran data sistem yang pada umumnya berukuran < 4 bytes. Analisis ini lebih jauh menjelaskan bahwa untuk aplikasi yang mencakup zona wilayah yang luas seperti monitoring perbatasan, pelacakan orang,

monitoring lingkungan, atau deteksi kejadian maka GPRS/GSM dan Wi-Max merupakan solusi teknologi komunikasi data yang memadai.

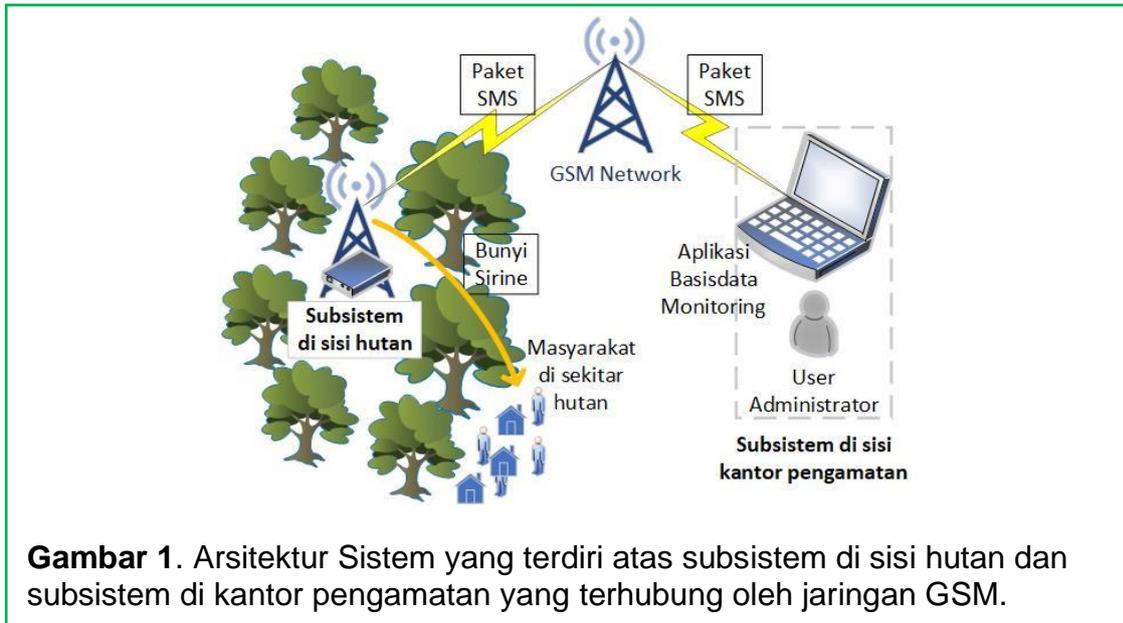
(Hsu, Y., et al., 2017) menerapkan teknologi multisensor data fusion untuk mendeteksi api. Penelitian ini menggunakan sensor DS18B20 untuk mendeteksi suhu dan sensor MQ-7 untuk mendeteksi konsentrasi CO. Sistem ini menggunakan jaringan syaraf tiruan PNN (Probabilistic Neural Network) untuk mengolah data bacaan sensor menjadi informasi klasifikasi keadaan api safe, warning dan danger. Sebelum dipakai untuk mengolah data, PNN harus melalui suatu proses pelatihan sehimpunan data latih dengan nilai bacaan sensor sebagai masukan latih dan klasifikasi keadaan sebagai keluaran latih. Setelah proses pelatihan, untuk setiap data bacaan sensor, PNN akan memutuskan status keadaan api yang sedang terjadi. Sistem dengan dukungan PNN memerlukan tahap pembelajaran jaringan yang mensyaratkan ketersediaan sehimpunan data latih yang berasal dari data runtun waktu dengan periode tertentu. Selain itu pada PNN terlatih pun mekanisme pemutahiran pengetahuan jaringan karena karakteristik data yang berbeda perlu dilakukan dan membutuhkan waktu dan sumber daya komputasi yang memadai yang umumnya hanya bisa dilakukan oleh sistem mikroprosessor dan tidak oleh sistem tertanam.

Sejalan dengan upaya pemerintah tersebut tulisan ini mengusulkan rancangan sistem peringatan dini bencana kebakaran hutan yang berbasis pada jaringan sensor dan tenaga surya. Sistem ini mengetahui keadaan hutan melalui penggunaan sensor suhu, kelembaban, asap dan titik api. Sistem mengolah data bacaan sensor menjadi informasi indikasi kebakaran hutan melalui suatu logika sekuensial peningkatan suhu, penurunan kelembaban relatif, peningkatan volume asap, dan kehadiran titik api. Indikasi ini disampaikan kepada masyarakat di sekitar hutan melalui bunyi sirine dan kepada kantor instansi terkait melalui paket data SMS (short message service). Daya sistem berasal dari catu daya baterai yang terintegrasi dengan panel surya untuk kebutuhan pengisian daya baterai. Penyampaian secara cepat informasi indikasi kebakaran hutan diharapkan dapat meminimalkan korban jiwa, kerugian, dan dampak yang terjadi. Selain itu, paket data informasi keadaan hutan disimpan ke basisdata untuk kebutuhan penggunaan data kembali di tahap pengolahan data selanjutnya.

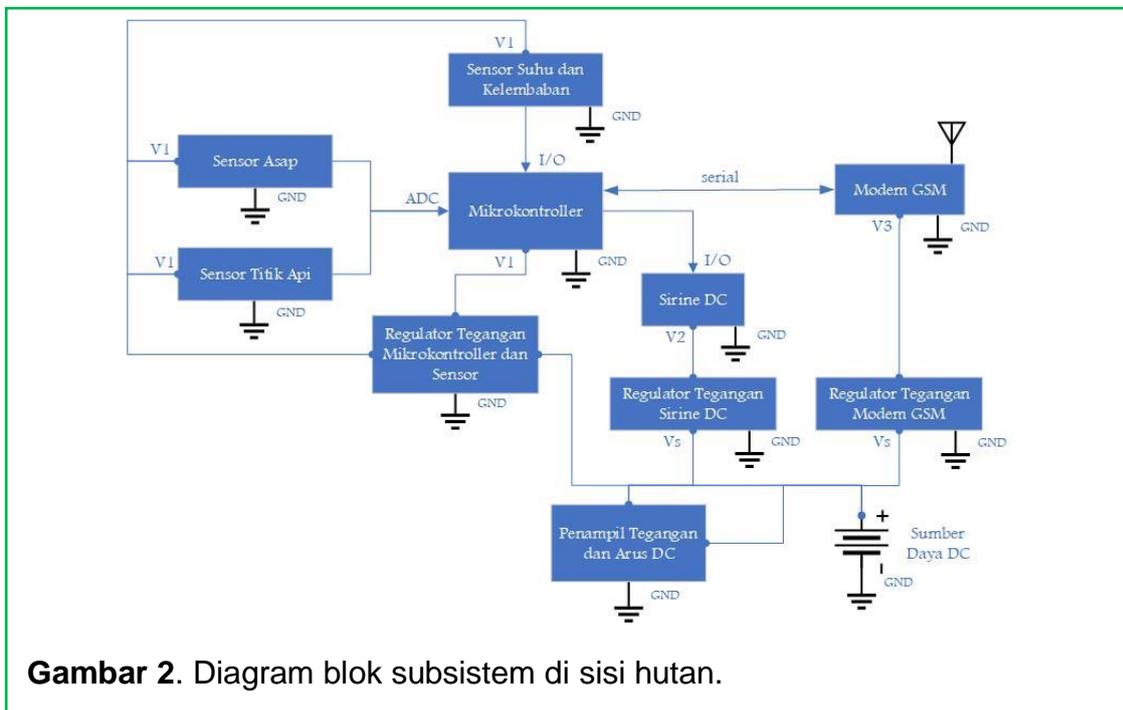
## **2. Metode Penelitian**

### **2.1 Arsitektur sistem**

Gambar 1 menampilkan arsitektur sistem yang dirancang. Sistem terdiri atas subsistem di sisi hutan dan subsistem di sisi kantor pengamatan yang terhubung melalui jaringan GSM. Di sisi hutan subsistem membaca data keadaan hutan dan mengolahnya menjadi informasi indikasi kebakaran hutan. Jika indikasi akan terjadi kebakaran hutan maka subsistem akan membunyikan sirine untuk menyampaikan indikasi tersebut kepada masyarakat di sekitar hutan. Subsistem juga mengirimkan informasi keadaan hutan kepada kantor pengamatan melalui paket SMS jaringan GSM. Untuk disimpan dalam media penyimpanan komputer oleh user administrator guna keperluan penggunaan data kembali pada pengolahan data selanjutnya. Pengolahan data di subsistem kantor pengamatan ditangani oleh aplikasi basisdata monitoring.



**Gambar 1.** Arsitektur Sistem yang terdiri atas subsistem di sisi hutan dan subsistem di kantor pengamatan yang terhubung oleh jaringan GSM.



**Gambar 2.** Diagram blok subsistem di sisi hutan.

## 2.2 Subsistem di sisi hutan

Subsistem di sisi hutan ditampilkan dalam diagram blok Gambar 2. Sensor asap dan sensor titik api memberikan keluaran dalam bentuk isyarat analog dan mikrokontroler menerima isyarat tersebut melalui pin ADC (Analog to Digital Converter) untuk diubah menjadi isyarat digital. Sementara sensor suhu dan kelembaban menghasilkan sekuens paket bit terjadwal yang diterima oleh pin I/O (input/output) mikrokontroler. Bunyi peringatan oleh Sirine DC terjadi setelah mikrokontroler mengirimkan sinyal kendali melalui pin I/O. Jalur komunikasi serial dipergunakan oleh Modem GSM untuk menerima data dan informasi dari mikrokontroler untuk dikirimkan ke sisi kantor pengamatan melalui layanan SMS jaringan GSM. Jalur ini juga dipakai oleh Modem GSM untuk meneruskan perintah

kendali dari pengguna yang diautentikasi ke mikrokontroller. Subsistem ini didesain menggunakan tiga level tegangan berbeda yaitu V1, V2 dan V3 untuk masing-masing secara berurutan sensor dan mikrokontroler, sirine DC dan modem GSM. Ketiga level tegangan ini diperoleh setelah regulator tegangan meregulasi sumber daya DC dengan tegangan Vs. Selain itu, penampil dipakai hanya untuk menampilkan nilai tegangan dan arus yang membebani subsistem secara keseluruhan. Ground dari seluruh komponen dalam subsistem ini saling terhubung (common ground).



### 2.3 Subsistem di sisi kantor pengamatan

Gambar 3 menampilkan diagram blok subsistem di sisi kantor pengamatan. Aplikasi monitoring mengkonfigurasi port komunikasi perangkat komputer sehingga jalur komunikasi serial antara komputer dan terminal mobile modem GSM terbentuk. Jalur ini diperlukan oleh aplikasi untuk mengambil pesan SMS yang telah sampai di terminal mobile setelah aplikasi menerima notifikasi pesan masuk dari modem GSM. Aplikasi kemudian menyimpan paket SMS yang diterima ke Basisdata. Rutin-rutin pengolahan dijalankan oleh aplikasi untuk membaca kembali paket SMS tersimpan dan melakukan parsing data menurut jenis data sensor yang dipergunakan, dan kemudian memanggil rutin-rutin pengolahan untuk menyajikan data tersebut secara real time dalam bentuk grafis dan tabular. Aplikasi mengolah data dan informasi dari sisi hutan menjadi informasi peringatan potensi kebakaran hutan. Informasi peringatan ini disampaikan oleh aplikasi dalam bentuk teks dan grafis ke perangkat komputer, dan dalam bentuk isyarat audio ke pengeras suara.

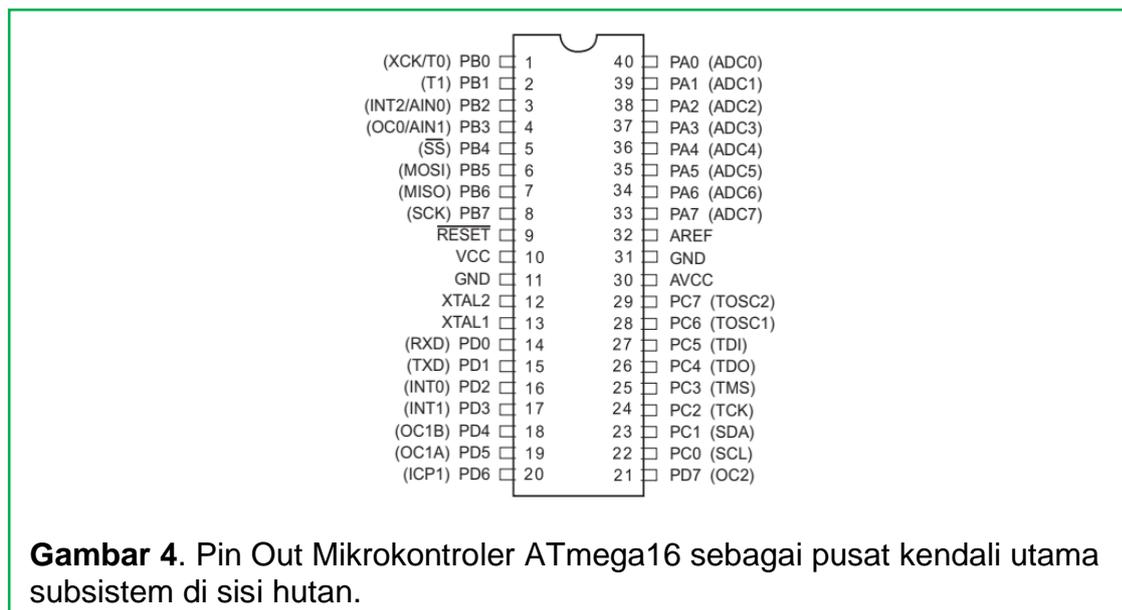
### 3. Hasil dan Pembahasan

Dalam bagian ini, hasil disajikan secara sekuensial menggunakan logika aliran data yang dimulai dari proses akuisisi data, proses pengolahan, proses pengiriman, dan proses penerimaan data sedemikian sehingga dapat diketahui dan dipastikan bahwa sehimpunan data keadaan hutan yang terbaca oleh sensor di sisi hutan adalah tepat sama dengan yang diterima dan tersimpan di sisi kantor pengamatan. Selain itu, penyajian ini juga memisahkan topik perangkat keras dan lunak dengan logika yang sama sehingga dapat dipahami urutan kerja masing-masing komponen

perangkat keras dan dengan instruksi perangkat lunak masing-masing yang bersesuaian.

### 3.1 Perangkat keras

Sistem yang dirancang mendayagunakan mikrokontroler ATmega16 sebagai pusat kendali utama subsistem di sisi hutan. ATmega16 memiliki 32 jalur input output yang dapat diprogram (PA0..PA7, PB0..PB7, PC0..PC7, dan PD0..PD7), 8 jalur konverter analog ke digital resolusi 10 bit (ADC0..ADC7) dan satu pasang jalur RXD dan TXD untuk komunikasi serial seperti diperlihatkan dalam Gambar 4 berikut (Atmel, 2010).



Sistem mendeteksi adanya api di hutan menggunakan modul detektor api yang berbasis sensor IR LED Photodiode. Sensor ini peka cahaya dalam rentang panjang gelombang 840 nm sampai 1100 nm dengan sudut pengamatan lebih dari 60 derajat (Everlight, 2013). Modul detektor api memiliki empat pin yaitu VCC, GND, output digital D0, dan output analog A0. Kehadiran api yang terbaca oleh sensor bersesuaian dengan level tegangan yang terjadi di pin A0. Untuk menjangkau sudut pengamatan 360 derajat, sistem menggunakan 6 modul dengan pin A0 masing-masing terhubung ke pin ADC0..ADC5 ATmega16. Untuk mengetahui kehadiran asap di hutan sistem menggunakan modul sensor asap MQ2. Modul ini memiliki pin output analog A0 yang mengeluarkan tegangan bervariasi menurut volume asap yang terjadi (Parallax, 2010; lastminuteengineers.com, 2022). Antarmuka sistem dengan MQ2 adalah dengan menghubungkan pin A0 MQ2 dan pin ADC6 ATmega16. Selain itu, suhu dan kelembaban relatif di hutan dideteksi oleh sistem melalui modul sensor DHT11. Sensor ini memiliki satu pin DATA untuk jalur komunikasi data (OSEPP, 2022). Sistem mengintegrasikan sensor ini dengan menghubungkan pin DATA DHT11 dan pin PB0 ATmega16.

Data keadaan hutan yang diakuisisi oleh sensor Photodiode, MQ2, dan DHT11 dengan kendali ATmega16 dikirim dari subsistem di sisi hutan ke subsistem di sisi kantor pengamatan melalui paket SMS (Short Message Service) Jaringan GSM (Global System for Mobile communication). Untuk ini sistem menggunakan modem GSM Wavecom Fastrack M1306B yang mendukung frekuensi 900/1800 MHz, simcard pengguna GSM, dan AT commands untuk antarmuka pemrograman

modem (Ozeki, 2022). Komunikasi antara modem dan ATmega16 memerlukan konverter MAX232 untuk mengubah level tegangan dari dan ke TTL ATmega16 dan RS232 Modem Wavecom (electronicwings.com, 2022). Dalam hal ini sistem menghubungkan pin T1 IN dan R1 OUT MAX232 dengan pin PD1 dan PD0 ATmega16, dan pin T1 OUT dan R1 IN MAX232 ke pin RX dan TX Modem Wavecom. Selain itu, jika hasil pengolahan data jaringan sensor menunjukkan indikasi potensi kebakaran maka sistem akan memicu bunyi sirine. Untuk itu sistem menggunakan relay yang berfungsi untuk menghubungkan piranti sirine dengan catudaya berdasar sinyal kendali ATmega16 yang dikirimkan melalui jalur yang menghubungkan pin kendali Relay dan pin PD7 ATmega16.

### 3.2 Perangkat Lunak

Perangkat lunak untuk subsistem di sisi hutan dikembangkan dalam lingkungan pemrograman Bascom AVR yang berbasis pada bahasa Basic, sementara perangkat lunak untuk subsistem di sisi kantor pengamatan dikembangkan dalam lingkungan pemrograman Delphi yang berbasis pada bahasa Pascal. Di sisi hutan, baris perintah program untuk membaca titik api dari 6 modul sensor detektor api adalah seperti Gambar 5. Perintah ini menggunakan fungsi Getadc (MCS Electronics, 2021) dengan variabel masukan nomor pin ADC 0..5 ATmega16 dan variabel keluaran api0..api5. Fungsi yang sama juga dipakai untuk membaca sensor asap MQ2 dengan variabel masukan nomor pin ADC 6 ATmega16 dan variabel keluaran asap seperti dalam baris perintah Gambar 6. Komunikasi dan sinkronisasi data antara ATmega16 dan DHT11 menggunakan format jalur tunggal dengan antarmuka serial single-wire two-way, yaitu satu jalur yang menghubungkan pin DATA DHT11 dan pin PB0 Atmega16 yang dipakai untuk mengirim dua data (suhu dan kelembaban) secara serial. Untuk kebutuhan ini, baris perintah yang tertanam di ATmega16 adalah seperti Gambar 7.

```
...
api0 = Getadc(0), api1 = Getadc(1), api2 = Getadc(2)
api3 = Getadc(3), api4 = Getadc(4), api5 = Getadc(5)
...
```

**Gambar 5.** Baris perintah untuk membaca 6 modul sensor detektor api.

```
...
asap = Getadc(6)
...
```

**Gambar 6.** Baris perintah untuk membaca sensor asap MQ2.

```

...
Cnt = 0; dtbin=""
Do
  While Pinb.0 = 0 : Wend
  Waitus 30
  If Pinb.0 = 1 Then
    dtbin = dtbin + "1"
    While Pinb.0 = 1 : Wend
  Else
    dtbin = dtbin + "0"
  End If
  Incr Cnt
Loop Until Cnt = 40
humi = Binval(Left(dtbin, 8))
suhu = Binval(Mid(dtbin, 17, 8))
...

```

**Gambar 7.** Baris perintah untuk membaca suhu dan kelembaban DHT11.

Untuk mengirimkan hasil pembacaan 6 modul detektor api dalam variabel api0..api5, sensor MQ2 dalam variabel asap, dan sensor DHT11 dalam variabel humi dan suhu ke kantor pengamatan dalam paket SMS menggunakan modem Wavcom, sistem menanamkan perintah AT Command dalam baris program Gambar 8 berikut.

```

...
Print "AT+CMGS=08224191XXXX"
Waitms 100
Print api0; "#"; api1; "#";api2; "#";api3; "#";api4; "#";api5;
Print "#";asap; "#";humi; "#";suhu; "#"; Chr(26)
...

```

**Gambar 8.** Baris perintah untuk mengirimkan paket SMS berisi data modul sensor detektor api, MQ2, dan DHT11 dari modem GSM di sisi hutan ke modem GSM dengan nomor kartu 08224191XXXX di sisi kantor pengamatan.

Paket SMS ini diterima oleh modem GSM aplikasi monitoring di kantor pengamatan dengan mengikuti logika baris perintah Gambar 9 berikut.

```

(1) +CMTI: "SM",0
(2) at+cmgr=0
(3) +CMGR: "REC UNREAD", "+628534040XXXX", , "16/10/22,13:49:35+32"
(4) 300#102#120#142#134#127#321#53#30#
(5) OK

```

**Gambar 9.** Respon modem GSM dan baris perintah untuk membaca paket SMS dari sisi hutan.

Terminal modem memberikan notifikasi (1) ketika paket SMS diterima. Aplikasi monitoring memberikan perintah (2) untuk membaca paket SMS. Terminal modem merespon perintah ini dengan memberikan baris (3), (4), dan (5). Baris (4) sendiri

berisi data keadaan hutan yang berasal dari modul detektor api, MQ2, dan DHT11. Data ini disimpan ke Basisdata oleh aplikasi monitoring untuk pengolahan data selanjutnya.

#### 4. Kesimpulan

Sistem peringatan dini bencana kebakaran hutan yang berbasis pada jaringan modul sensor api, asap MQ2, suhu dan kelembaban DHT11, dan SMS telah didesain dalam tulisan ini. Sistem terdiri atas subsistem hutan dan subsistem kantor pengamatan yang terhubung melalui jaringan GSM. Data keadaan hutan dikirim oleh aplikasi tertanam ATmega16 melalui paket sms modem GSM, dan data tersebut diterima oleh aplikasi monitoring di kantor pengamatan dalam paket SMS modem GSM untuk disimpan ke basisdata untuk pengolahan tahap selanjutnya.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Universitas Dayanu Ikhsanuddin Baubau yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini.

#### Daftar Pustaka

- Atmel (2010). *8-bit AVR Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash*. Atmega16 Datasheet, Rev. 24661-AVR-07/10. url: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/doc2466.pdf> (diakses 11 November 2022)
- C. K. Gomathy, M. P. Chandrasekhar, & K. Mallikarjun (2021). The Detection of Forest Fires Using Machine Learning Technique. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, Volume 8, Issue 4, 3137-3142.
- Chandrasekharan, et. al. (2015). Forest Fire Detection using Temperature Sensors Powered by Tree and Auto Alarming using GSM, *International Journal of Research and Scientific Innovation (IJRSI)*, vol. 2, no. 3, pp. 23-28.
- Electronicwings.com (2022). *USART in AVR ATmega16/ATmega32*. url: <https://www.electronicwings.com/avr-atmega/atmega1632-uart> (diakses 5 November 2022)
- Everlight (2013), *5mm Silicon PIN Photodiode , T-1 3/4 PD333-3B/H0/L2*. IR Photodiode Datasheet. url: [https://www.mouser.com/datasheet/2/143/PD333-3B-H0-L2\\_datasheet-9394.pdf](https://www.mouser.com/datasheet/2/143/PD333-3B-H0-L2_datasheet-9394.pdf) (diakses 5 November 2022)
- H Singh, A Shukla, & S Kumar (2020). *IoT based Forest Fire Detection System in Cloud Paradigm*. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Volume 1022 (2021), 1st International Conference on Computational Research and Data Analytics (ICCRDA 2020) 24th October 2020, Rajpura, India. doi: 10.1088/1757-899X/1022/1/012068
- Hsu, Y., et al. (2017). Design and Implementation of a Smart Home System Using Multisensor Data Fusion Technology. *Sensors*, 17, 1631, pp. 1-21
- J. A. Castro-Correa, S. B. Sepúlveda-Mora, B. Medina-Delgado, C. D. Escobar-Amado, & D. Guevara-Ibarra, (2022). A forest fire monitoring and detection system based on wireless sensor networks. *Scientia et Technica Año XXVII*, Vol. 27, No. 02, 89-96. doi: 10.22517/23447214.24780

- Kirubaharan, D., V., et. al. (2014). Intruder Detection and Forest Fire Alert System with Using Wireless Sensor Network. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, Vol. 1, Issue 3, 136-140.
- Lastminuteengineers.com (2022). *How MQ2 Gas/Smoke Sensor Works? & Interface it with Arduino*. url: <https://lastminuteengineers.com/mq2-gas-senser-arduino-tutorial/> (diakses 10 November 2022)
- Ligong Pan (2020). Preventing forest fires using a wireless sensor network. *Journal of Forest Science*, Volume 66, Number 3, 97–104. <https://doi.org/10.17221/151/2019-JFS>
- M. Findlay, D. Peaslee, R. Stetter, Scott Waller, & Andrew Smallridge (2022). Distributed Sensors for Wildfire Early Warnings, *Journal of The Electrochemical Society*, 2022, 169. doi: 10.1149/1945-7111/ac5344
- MCS Electronics (2021). *BASCOM-AVR*, Compiler Version 2.0.8.5.
- Mohammed, A., et. al., 2015, A Comparative Study Between Different Types of Temperature Sensor. *International Journal of Industrial Electronics and Electrical Engineering*, Volume-3, Issue-12, pp. 11-13.
- OSEPP (2022). *DHT11 Humidity & Temperature Sensor*, DHT11 Datasheet. url: <https://osepp.com/downloads/pdf/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version.pdf> (diakses 9 November 2022)
- Ozeki (2022). *Wavecom Fastrack*. url: [https://ozeki.hu/p\\_760-ozeki-wavecom-fastrack.html](https://ozeki.hu/p_760-ozeki-wavecom-fastrack.html) (diakses 5 November 2022)
- Parallax (2010). *Gas Sensor Module*. MQ2 Datasheet, versi 2.2 8/2/2010. url: <https://datasheet.octopart.com/27930-Parallax-datasheet-13536831.pdf> (diakses 11 November 2022)
- Patil, L., et al. (2016). Forest-Fires Surveillance System Based On Wireless Sensor Network. *International Journal of Engineering Research and Applications*, Vol. 6, Issue 4, pp.14-15.
- Saad, C., et al. (2014). Comparative Performance Analysis of Wireless Communication Protocols for Intelligent Sensors and Their Applications. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, Vol. 5, No. 4, pp. 76-85.
- Shaikh, A. dan Pathan, S. (2012). Research on Wireless Sensor Network Technology. *International Journal of Information and Education Technology*, vol. 2, no. 5, pp. 476-479.
- Songsheng Li (2018). Wildfire early warning system based on wireless sensors and unmanned aerial vehicle. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, Volume 7, Number 1, 76-91. doi: 10.1139/juvs-2018-0022.
- Suherman, A. (2020). Users Perception of Social Media on Political Satire in Political Memes in Indonesia. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(08), 523-530.
- Tabassum, M., & Zen, K. (2015). Performance Evaluation of ZigBee in Indoor and Outdoor Environment, *Proceedings of The 9th International Conference on IT in Asia (CITA)*, pp. 1-7.