

## PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SENSOR SUHU, KELEMBABAN UDARA, KECEPATAN ANGIN DAN CURAH HUJAN PADA *PROTOTYPE* SISTEM PENDETEKSI DINI KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN

Rio Agung Prabowo<sup>\*)</sup>, Aris Triwiyatno dan Yosua Alvin Adi Soetrisno

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup>E-mail: [rioagp.id@gmail.com](mailto:rioagp.id@gmail.com)

### Abstrak

Kebakaran hutan dan lahan (karhutla) merupakan permasalahan yang semakin sering terjadi di Indonesia. Dampak yang ditimbulkan di antaranya dapat berupa terganggunya kesehatan masyarakat sekitar, merosotnya nilai ekonomi hutan, dan berubahnya iklim mikro hingga global. Bencana karhutla bukan hanya merupakan bencana lokal atau nasional saja, melainkan telah menjadi bencana Internasional. Karhutla yang terjadi secara meluas sebenarnya bisa diatasi dan dicegah bila terdapat suatu sistem perancangan peralatan yang dapat mendeteksi secara dini. Pada tugas akhir ini, dirancang suatu *prototype* sistem untuk mendeteksi dini bencana karhutla secara *real time* sehingga dapat menjadi peringatan awal yang mempertimbangkan 4 parameter iklim dan cuaca dengan menggunakan 3 sensor, yaitu sensor DHT11 untuk mengukur parameter suhu dan parameter kelembaban udara, sensor Anemometer untuk mengukur parameter kecepatan angin dan sensor *Raindrops Module* untuk mengukur parameter curah hujan. Selain itu dilengkapi dengan *Solar Panel* sebagai sumber daya listrik berbasis IoT (*Internet of Things*) yang dapat mendeteksi dan memantau tingkat kerawanan terjadinya bencana karhutla melalui *website*. Sistem ini dilengkapi juga dengan proses pengambilan keputusan berbasis *Fuzzy Logic* yang memberikan peringatan dini berdasarkan hasil pembacaan 4 parameter yang diukur. Keluaran dari *Fuzzy Logic* ini adalah nilai skor antara 0 - 1 yang merepresentasikan status "Aman", "Siaga" dan "Bahaya".

*Kata kunci: Kebakaran hutan dan lahan, Fuzzy Logic, Internet of Things.*

### Abstract

*Forest and land fire is a major problem happening in Indonesia. The impacts of these incidents are public health disruption, reduced forest economic value, and micro or global climate changes. Forest and land fire are not only happen in a local or national scale, but also on the international scale. This could be prevented if there is a detector designed to detect forest and land fire early. Therefore, a prototype system is designed to detect the fire in real-time so that this system could be an early warning by considering four climate and weather parameters and using 3 sensors which are DHT11 sensor to measure the temperature and humidity parameters, Anemometer sensor to measure wind speed parameters, and Raindrops Module sensor to measure the raindrops parameters. This tool is also equipped with Solar Panels as electrical power source and builds upon IoT which can detect and monitor the forest and land fire vulnerability through the website. This system is also equipped with a Fuzzy Logic-based decision-making process which provides the early warning based on the results of 4 measured parameter recitation. The output of Fuzzy Logic is a score between 0-1 that represents the "Safe", "Danger", and "Alert" status.*

*Keywords: Forest and land fire, Fuzzy Logic, Internet of Things.*

### 1. Pendahuluan

Hutan adalah suatu wilayah yang memiliki banyak tumbuh-tumbuhan lebat yang berisi antara lain pohon, semak, paku-pakuan, rumput, jamur dan lain sebagainya serta menempati daerah yang luas. Hutan berfungsi sebagai penampung Karbon dioksida (*Carbon dioxide*), habitat hewan, modulator arus hidrologika, dan pelestari tanah serta merupakan salah satu aspek biosfer bumi yang paling penting [1]. Hutan adalah bentuk kehidupan yang tersebar

di seluruh dunia. Ditemukan hutan baik di daerah tropis maupun daerah beriklim dingin, di dataran rendah maupun di pegunungan, di pulau kecil maupun di benua besar [2]. Kebakaran hutan dan lahan merupakan permasalahan yang semakin sering terjadi di Indonesia. Kebakaran hutan dan lahan ini menimbulkan berbagai dampak buruk terhadap fungsi-fungsi hutan dan lahan yang kemudian meningkatkan kerugian dari berbagai aspek, seperti aspek ekologi, ekonomi, dan sosial.

Dampak yang ditimbulkan di antaranya dapat berupa terganggunya kesehatan masyarakat sekitar, menurunnya keanekaragaman hayati, merosotnya nilai ekonomi hutan, dan berubahnya iklim mikro hingga global. Bahkan, sejak dua dekade terakhir, bencana kebakaran hutan dan lahan bukan hanya merupakan bencana lokal atau nasional saja, melainkan telah menjadi bencana internasional. Asap hasil kebakaran hutan meluas ke beberapa negara di kawasan Asia Tenggara, seperti Singapura, Malaysia, dan Brunei Darussalam [3].

Sampai saat ini penyebab utama dari kebakaran hutan dan lahan belum terjawab secara rinci, tuntas dan terstruktur. Beberapa pihak berpendapat bahwa kebakaran hutan dan lahan terjadi disebabkan oleh aktivitas pertanian, perkebunan ataupun kehutanan berskala kecil oleh masyarakat lokal dan juga aktivitas perkebunan dan kehutanan berskala besar oleh para pengelola HPH/HTI.

Kebakaran hutan yang terjadi secara meluas sebenarnya bisa diatasi dan dicegah bila terdapat suatu sistem perancangan peralatan yang dapat mendeteksi secara dini terjadinya kebakaran hutan. Dengan peralatan tersebut, titik terjadinya kebakaran akan segera dapat diketahui sehingga dapat segera dilakukan upaya pemadaman sebelum api menyebar ke wilayah yang lebih luas [4] [5]. Dalam penelitian ini, dirancang suatu purwarupa sistem untuk mendeteksi dini kebakaran hutan dan lahan (karhutla) secara real time sehingga dapat menjadi peringatan awal yang mempertimbangkan 4 parameter iklim dengan menggunakan 3 sensor, yaitu Sensor DHT11 untuk mengukur parameter suhu dan parameter kelembaban udara, sensor Anemometer untuk mengukur parameter kecepatan angin, sensor *Raindrops Module* untuk mengukur parameter curah hujan [6].

Selain itu juga dilengkapi dengan *Solar Panel* sebagai sumber daya listrik alat tersebut. Berbasis IoT (*Internet of Things*) yang dapat mendeteksi dan memantau tingkat kerawanan terjadinya kebakaran hutan melalui *Website*. Sistem ini dilengkapi juga dengan proses pengambilan keputusan berbasis *Fuzzy Logic* yang memberikan peringatan dini berdasarkan hasil pembacaan ke-4 parameter yang diukur. Keluaran dari *Fuzzy Logic* ini adalah nilai skor antara 0 - 1 yang merepresentasikan status "Aman", "Siaga" dan "Bahaya".

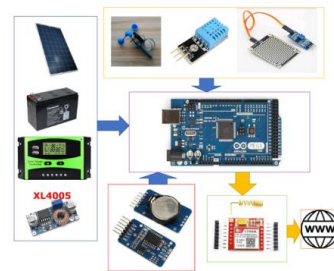
Diharapkan dari *prototype* sistem yang dirancang ini akan dapat bekerja dengan baik pada cakupan wilayah pengamatan sehingga dapat dikembangkan dan diaplikasikan secara langsung sebagai alat pendeteksi dini sistem kebakaran hutan dan lahan (karhutla).

## 2. Metode

Pada penelitian *prototype* sistem pendeteksi dini kebakaran hutan dan lahan berdasarkan faktor-faktor iklim dengan metode *fuzzy logic* ini memiliki beberapa komponen

penting dalam perancangannya. Perancangan *prototype* sistem pendeteksi dini kebakaran hutan dan lahan berdasarkan faktor-faktor iklim dengan metode *fuzzy logic* terbagi menjadi 3 bagian, yaitu: perancangan perangkat keras (*hardware*), perancangan perangkat lunak (*software*), dan pengaplikasian metode *fuzzy logic* untuk mengambil keputusan yang mempertimbangkan 4 parameter iklim dengan menggunakan 3 sensor, yaitu Sensor DHT11 untuk mengukur parameter suhu dan parameter kelembaban udara, sensor Anemometer untuk mengukur parameter kecepatan angin, sensor *Raindrops Module* untuk mengukur parameter curah hujan.

Perancangan perangkat keras (*hardware*) meliputi rancangan perangkat keras keseluruhan sistem, rancangan catu daya, rancangan sensor DHT11, sensor Anemometer, sensor *Raindrops Module*, dan rancangan Mikrokontroler ATmega 2560. Perancangan perangkat lunak (*software*) meliputi perancangan perangkat lunak sistem pendeteksi dini kebakaran hutan dan lahan (karhutla) berdasarkan faktor-faktor iklim.



Gambar 1. Arsitektur Keseluruhan Alat



Gambar 2. Prototype Sistem Pedeteksi Dini Kebakaran Hutan dan Lahan

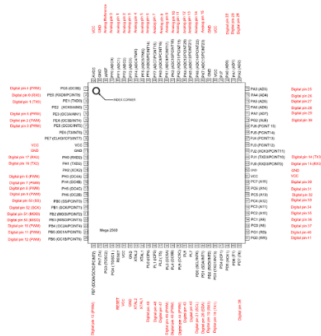
### 2.1. Perancangan Hardware

#### 2.1.1. Rangkaian Mikrokontroler Prototype Sensor Pedeteksi Dini Kebakaran Hutan dan Lahan

Perancangan perangkat keras (*Hardware*) pada penelitian ini menggunakan komponen-komponen penyusun sebagai berikut: 1. Arduino Mega 2560, 2. Sensor Anemometer, 3.

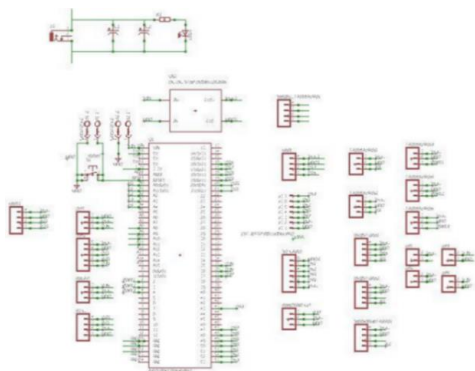
Sensor DHT11, 4. Sensor Raindrops Module, 5. RTC DS1307, 6. SIM800L V2, 7. Micro SD, 8. Solar Panel, 9. Baterai, 10. Buck Converter, 11. Solar Cell Controller.

Mikrokontroler ATmega 2560 digunakan untuk membaca Sensor DHT11, Sensor Anemometer, dan Sensor Raindrops Module, serta untuk mengolah data hasil pembacaan sensor. Secara umum pembagian pin pada Mikrokontroler ATmega 2560 dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pin Mapping Mikrokontroler ATmega 2560 [7]

Pada pin 4 PWM digunakan untuk sensor DHT11, pada pin 2 PWM digunakan untuk sensor Anemometer, untuk Raindrops Module menggunakan pin A1 analog. RTC atau Real Time Clock menggunakan SDA pin 20 digital dan SCL pin 21 digital, untuk SIM 800L menggunakan RX pin 13 PWM dan TX pin 12 PWM. Lalu untuk pin VIN, GND, VCC1, dan GND1 digunakan untuk DC-DC Step Down Converter. Untuk SD CARD menggunakan pin GND2, D51, D52, D50, D49, dan VCC. Dapat dilihat pada gambar berikut. Dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. Pin Mapping pada Prototype

Keterangan :

1. Arduino Mega sebagai pusat pengendalian dan pengolah data pada prototype sensor pedeteksi dini kebakaran hutan dan lahan ini yang dapat diprogram dengan Arduino IDE [7].
2. Sensor DHT11, berfungsi untuk mengukur kelembaban dan suhu udara. Sensor DHT11 memiliki 4 buah pin

3. Sensor Raindrops Module, berfungsi untuk mengukur intensitas hujan [8]. Sensor Raindrops Module memiliki 3 buah pin yaitu VCC, Data, dan GND. Pin VCC sensor Raindrops Module dihubungkan dengan sumber tegangan 5V.
4. Sensor Anemometer, berfungsi untuk mengukur kecepatan angin. Sensor Anemometer memiliki 3 buah pin yaitu VCC, Data, dan GND. Pin VCC sensor Anemometer dihubungkan dengan sumber tegangan 5V.
5. Modul SIM800L adalah modul GSM berfungsi untuk mengirimkan data sensor ke website menggunakan komunikasi serial. Arduino mega memiliki 3 fasilitas komunikasi serial [9].
6. Modul SD Card berfungsi sebagai penyimpan dan membaca data logger dari sistem.
7. Modul RTC (Real Time Clock) DS-1307 adalah modul yang berfungsi sebagai jam elektronik yang menghitung waktu sistem dan menjaga data waktu tersebut secara real time.
8. Catu daya berasal dari panel surya yang terhubung ke aki dan solar power controller dan Regulator XL4005 adalah penurun tegangan dari 12V ke 5V .

### 2.1.2. Rangkaian Catu Daya

Perancangan rangkaian catu daya yang digunakan terdiri dari panel surya, solar power controller, aki kering, dan regulator penurun tegangan XL4005 seperti pada Gambar 5 Panel surya berfungsi sebagai sumber energi utama dengan kapasitas 20 WP. Tegangan keluaran panel surya berkisar diantara 12-20 V yang dihubungkan ke solar power controller. Solar power controller memiliki 3 sambungan. sambungan pertama dari panel surya yang menerima daya dari panel surya. Sambungan yang kedua terhubung ke aki kering 12.7V 7.2AH.

Sambungan ketiga terhubung ke beban. Beban disini adalah sistem sensor node yang membutuhkan tegangan kerja 5V. Sedangkan solar power controller memiliki keluaran sekitar 12V. Sehingga dibutuhkan penurun tegangan dengan regulator XL4005 yang memiliki kemampuan dalam rentang 4V-38V.



Gambar 5. Rangkaian Catu Daya [10]

Untuk konsumsi energi rangkaian dibutuhkan pengamatan dan pengukuran pada alat secara keseluruhan. Digunakan rumus perhitungan daya setiap komponen yaitu dengan persamaan berikut [10]:

$$P = V \times I \quad (1)$$

P = Daya (Watt)  
 V = Tegangan (Volt)  
 I = Arus (Ampere)

Didapatkan konsumsi per komponen pada alat dengan suplai 5 Volt pada Tabel 1. sebagai berikut:

Tabel 1. Tabel Suplai Daya dari Solar Panel

No	Komponen	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Konsumsi (Watt)
1	Sensor DHT11	0.0018	5	0.009
2	Sensor Anemometer	0.06	5	0.3
3	Sensor Raindrops Module	0.08	5	0.4
4	SD Card Module	0.13	5	0.65
5	RTC	0.0016	5	0.008
6	Fan 12V	0.23	12.7	2.921
7	SIM800L	0.25	5	1.25
8	Arduino Mega	0.014	5	0.07
Total Konsumsi Daya				5.608

Didapatkan total konsumsi daya sesuai perhitungan yang didapatkan dari *Datasheet* didapatkan sebesar 5.608. Sumber satu daya penelitian ini berasal dari panel surya kapasitas 20 WP yang dapat diartikan memiliki *Watt Peak* pada saat matahari terik sebesar 20 Watt. Dan arus sebesar 1.27 A untuk suplai daya aki kering 12.7 V. Untuk pengambilan data dilakukan saat aki kering memiliki tegangan sebesar 12.4 V dan nilai suplai dihitung dengan mengambil salah satu contoh hasil pada jam tertentu yang akan dikalkulasikan menjadi daya selama 2 jam, dengan hasil daya yang dihasilkan panel surya saat bekerja dapat dilihat pada Tabel 2. sebagai berikut.

Tabel 2. Tabel Suplai Daya dari Solar Panel

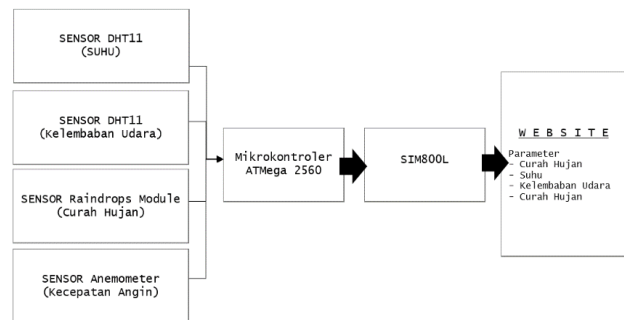
No	Waktu	Suhu (°C)	Arus (Ampere)	Tegangan Panel Surya (Volt)	Tegangan Aki Kering (Volt)	Suplai Panel Surya (Watt / 2 Jam)
1	08.00 - 09.00	± 25	1.27	12.7	12.4	32.258
2	10.00 - 11.00	± 28	1.27	12.9	12.7	32.766
3	12.00 - 13.00	± 33	1.27	13.9	13.0	34.29
4	14.00 - 15.00	± 34	1.27	14.4	13.6	36.576
5	16.00 - 17.00	± 32	1.27	13.2	13.5	32.258
Total Daya						169.1

Terlihat bahwa sesuai Tabel 2. didapatkan daya yang dihasilkan Solar Panel sebesar 169.1 Watt dan tegangan aki kering puncak (*Peak*) mencapai 13.6V, dengan suplai solar panel bekerja ketika matahari pukul 08.00-17.00. Untuk pembacaan terakhir pada pukul 17.00, tegangan aki kering mencapai 13.5V. Dengan perbandingan penggunaan alat sebesar 5.608 Watt/Jam, dimana bila dikalkulasikan selama penggunaan 24 Jam, maka didapatkan hasil sebesar 134.59 Watt/Hari.

## 2.2. Perancangan Software

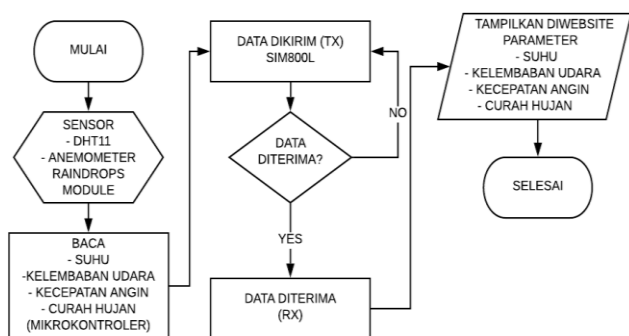
### 2.2.1. Perancangan Sistem Akuisisi

Perancangan sistem akuisisi nilai suhu, kelembaban udara, kecepatan angin, dan curah hujan mencakup masukkan yang akan diproses, pengolahan data masukkan, dan hasil akhir keluaran. Berikut adalah diagram blok kerja sistem akuisisi nilai suhu pada *prototype* sistem pendeteksi dini kebakaran hutan dan lahan (karhutla). Untuk perancangannya dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Blok Sistem Akuisisi

Gambar 6. merupakan diagram blok dari sistem akuisisi keseluruhan. Dari diagram blok maka dapat dibuat suatu diagram alir. Berikut diagram alir dari kerja sistem sebagai berikut:



Gambar 7. Diagram Alir Sistem Akuisisi Keseluruhan

Gambar 7. merupakan diagram alir untuk algoritma sistem akuisisi keseluruhan. Tahapan-tahapan diagram alir sistem akuisisi keseluruhan diuraikan pada penjelasan berikut [11]:

1. Inisialisasi pin sensor DHT11 (suhu dan kelembaban udara), Anemometer, dan *Raindrops Module*.
2. Sensor DHT11 (suhu dan kelembaban udara), Anemometer (kecepatan angin), dan *Raindrops Module* (curah hujan).
3. Data suhu, kelembaban udara, kecepatan udara, dan curah hujan berupa sinyal analog yang masuk ke Mikrokontroler Arduino Mega.
4. Data suhu, kelembaban udara, kecepatan udara, dan curah hujan dikirimkan ke *Website* melalui SIM800L.
5. Hasil pembacaan kelembaban udara ditampilkan pada *Website*.

### 3. Hasil dan Analisis

Pengujian dan analisis ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem berjalan sesuai dengan yang diharapkan dan berfungsi sebagaimana mestinya [12]. Pengujian dilakukan dengan menguji setiap elemen secara terpisah kemudian dilakukan dengan pengujian berikutnya yaitu pengujian sistem secara utuh. Setelah melakukan pengujian maka dapat diketahui kemampuan dari sistem yang telah dibuat dan kemudian dianalisis [13]. Pengujian dan analisis dibagi menjadi 2 bagian, yaitu pengujian dan analisis *Software* dan *Hardware*.

#### 3.1. Pengujian dan Analisis Hardware

Pengujian perangkat keras (*Hardware*) dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat yang telah dirancang berfungsi dengan baik dan dapat digunakan sesuai yang diinginkan. Pengujian perangkat keras terbagi menjadi beberapa bagian yaitu pengujian sensor DHT11 (Suhu), pengujian sensor DHT11 (Kelembaban Udara), pengujian sensor Anemometer (*Rotary Module*), dan pengujian sensor *Raindrops Module*.

##### 3.1.1. Pengujian dan Analisis DHT11 Suhu

Pengujian sensor DHT11 dilakukan dengan membandingkan suhu yang terbaca oleh sensor melalui Mikrokontroler dengan suhu yang terbaca oleh *Thermohygrometer Digital*. Berikut hasil pengukuran dan pembacaan sensor DHT11 dengan alat *Thermohygrometer Digital*.

Tabel 3. Perbandingan Pembacaan Suhu Sensor dengan Suhu *Thermohygrometer Digital*

No	Suhu (Celcius) Thermohygrometer Digital	Suhu (Celcius) DHT11	Error	%Error
1.	27	27	0	0
2.	28	30	2	7.1
3.	29	30	1	3.4
4.	31	31	0	0
5.	32	34	2	6.2
6.	34	35	1	2.9
		Rata-rata	1	3.26%

Dari Tabel 3. perhitungan *Error* tiap data diperoleh menggunakan perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

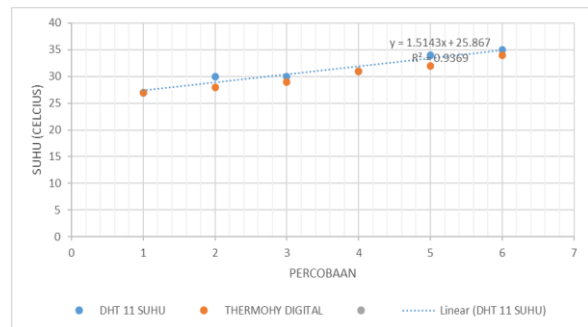
$$Error = \frac{|Nilai Thermohygrometer - Nilai DHT 11|}{Nilai Thermohygrometer} \times 100\% \quad (2)$$

Sedangkan untuk rumus perhitungan *Error Rata-Rata* sebagai berikut:

$$\%Error \text{ Rata-Rata} = \frac{ErrorP1+ErrorP2+\dots+ErrorP6}{Jumlah Percobaan} \times 100 \quad (3)$$

Berdasarkan Tabel 3. dapat dilihat bahwa 6 kali pengambilan data pembacaan sensor DHT11 (Suhu) dengan *Thermohygrometer Digital* didapatkan suhu dengan *error* rata-rata 1 dan *persentase error* rata-rata 3.26%. *Error* terbesar didapatkan pada pengujian ke 2 sebesar 2 dengan persentase 7.1% dan pengujian ke 5 sebesar 2 dengan persentase 6.2%. Pada pengujian ke 1 dan ke 4 tidak terdapat *error*. *Error* tersebut dapat disebabkan karena adanya perbedaan waktu *sampling* dan perbedaan respon pembacaan sensor dengan *Thermohygrometer Digital* serta pengaruh dari peletakan antara sensor DHT11 dengan *Thermohygrometer Digital*. Berdasarkan pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa pembacaan sensor untuk mendeteksi besarnya suhu dapat membaca perubahan sesuai dengan perubahan yang terjadi pada *Thermohygrometer Digital*.

Berdasarkan Tabel 3. dapat dibuat grafik hubungan antara data suhu sensor DHT11 dengan *Thermohygrometer Digital*. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Suhu Pembacaan Sensor DHT 11 Suhu dengan *Thermohygrometer Digital*

Berdasarkan Gambar 8 terlihat bahwa pembacaan suhu antara sensor DHT 11 Suhu dengan *Thermohygrometer Digital* membentuk kurva linier dengan R2 sebesar 0,9369, dimana R2 merupakan regresi dan dapat menunjukkan ketelitian dari pengukuran alat yaitu sebesar 93,69%.

##### 3.1.2. Pengujian dan Analisis DHT11 Kelembaban Udara

Pengujian sensor DHT11 Kelembaban Udara dilakukan dengan membandingkan kelembaban udara yang terbaca



oleh sensor melalui Mikrokontroller dengan kelembaban udara yang terbaca oleh *Thermohygrometer Digital*. Berikut hasil pengukuran dan pembacaan sensor DHT11 dengan alat *Thermohygrometer Digital*.

**Tabel 4. Perbandingan Pembacaan Kelembaban Udara Sensor dengan Suhu Thermohygrometer Digital**

No	Kelembaban (%RH) Thermohygro Digital	DHT11	Error	%Error
1.	47	48	1	2.1
2.	50	51	1	2
3.	51	51	0	0
4.	53	54	1	1.8
5.	56	57	1	1.7
6.	58	56	2	3.4
		Rata-rata	1	1.83%

Dari Tabel 4. perhitungan *Error* tiap data diperoleh menggunakan perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

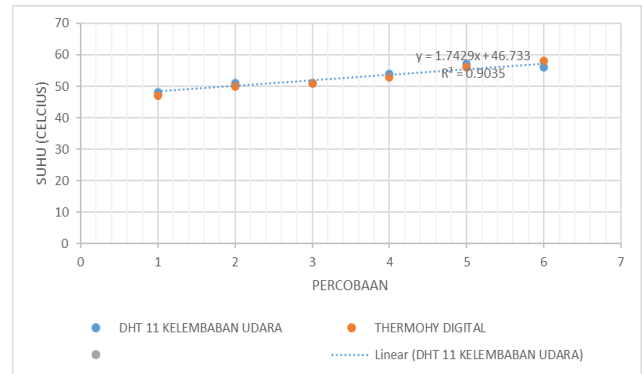
$$Error = \frac{[Nilai Thermohygrometer - Nilai DHT 11]}{Nilai Thermohygrometer} \times 100\% \quad (4)$$

Sedangkan untuk rumus perhitungan *Error* Rata-Rata sebagai berikut:

$$\%Error \text{ Rata-Rata} = \frac{ErrorP1+ErrorP2+\dots+ErrorP6}{Jumlah Percobaan} \times 100 \quad (5)$$

Berdasarkan Tabel 4. dapat dilihat bahwa 6 kali pengambilan data pembacaan sensor DHT11 dengan *Thermohygrometer Digital* didapatkan kelembaban udara dengan *error* rata-rata 1 dan *persentase error* rata-rata 1.83%. *Error* terbesar didapatkan pada pengujian ke 1 sebesar 1 dengan *persentase* 2.1% dan pengujian ke 6 sebesar 2 dengan *persentase* 3.4%. Pada pengujian ke 3 tidak terdapat *error*. *Error* tersebut dapat disebabkan karena perbedaan respon pembacaan sensor dengan *Thermohygrometer Digital* serta pengaruh dari peletakan antara sensor DHT11 dengan *Thermohygrometer Digital* [14]. Berdasarkan pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa pembacaan sensor untuk mendeteksi besarnya kelembaban udara dapat membaca perubahan sesuai dengan perubahan yang terjadi pada *Thermohygrometer Digital*.

Berdasarkan Tabel 4. dapat dibuat grafik hubungan antara data kelembaban udara sensor DHT11 dengan *Thermohygrometer Digital*. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 9.



**Gambar 9. Grafik Perbandingan Suhu Pembacaan Sensor DHT 11 Kelembaban Udara dengan Thermohygrometer Digital**

Berdasarkan Gambar 9. terlihat bahwa pembacaan kelembaban udara antara sensor DHT11 dengan *Thermohygrometer Digital* membentuk kurva linier dengan R2 sebesar 0,9035, dimana R2 merupakan regresi dan dapat menunjukkan ketelitian dari pengukuran alat yang dibuat sebesar 90,35%.

### 3.1.3. Pengujian dan Analisis Anemometer Kecepatan Udara

Pengujian sensor Anemometer dilakukan dengan membandingkan kecepatan angin yang terbaca oleh sensor Anemometer (*Rotary Module*) melalui Mikrokontroller dengan kecepatan angin yang terbaca oleh Anemometer Digital. Berikut hasil pengukuran dan pembacaan sensor Anemometer dengan alat Anemometer Digital.

**Tabel 5. Perbandingan Pembacaan Kecepatan Angin Sensor Anemometer (Rotary Module) dengan Anemometer Digital**

No	Km/Jam	Error	%Error
	Anemometer Digital	Anemometer ( <i>Rotary Module</i> )	
1	8.1	8.3	0.2
2	8.3	8.4	0.1
3	11.4	11.4	0
4	12.7	12.7	0
5	12.9	13.4	0.5
6	13.1	13.7	0.6
7	14.3	14.5	0.2
8	14.6	15	0.4
9	15.2	15.7	0.5
10	15.6	16.4	0.8
	Rata-rata	0.33	2.43%

Dari Tabel 5. perhitungan *Error* tiap data diperoleh menggunakan perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

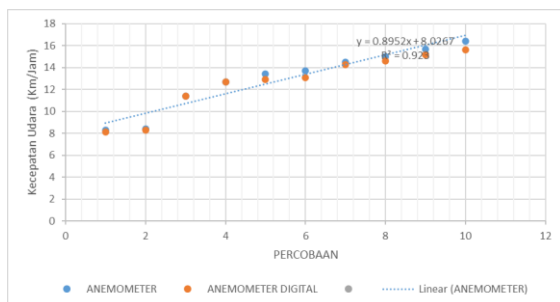
$$Error = \frac{|Nilai Thermohyrometer - Nilai DHT 11|}{Nilai Thermohyrometer} \times 100\% \quad (6)$$

Sedangkan untuk rumus perhitungan *Error* Rata-Rata sebagai berikut:

$$\%Error \text{ Rata-Rata} = \frac{ErrorP1 + ErrorP2 + \dots + ErrorP10}{Jumlah Percobaan} \times 100 \quad (7)$$

Berdasarkan Tabel 5. dapat dilihat bahwa 10 kali pengambilan data pembacaan sensor Anemometer (*Rotary Module*) dengan Anemometer Digital didapatkan kecepatan angin dengan *error* rata-rata 0.33 dan *persentase error* rata-rata 2.43%. *Error* terbesar didapatkan pada pengujian ke 6 sebesar 0.6 dengan *persentase* 4.5% dan pengujian ke 10 sebesar 0.8 dengan *persentase* 5.1%. Pada pengujian ke 3 dan ke 4 tidak terdapat *error*. *Error* tersebut dapat disebabkan karena adanya perbedaan waktu sampling dan perbedaan respon pembacaan sensor dengan Anemometer (*Rotary Module*) dengan Anemometer Digital. Berdasarkan pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa pembacaan sensor untuk mendeteksi besarnya kecepatan angin dapat membaca perubahan sesuai dengan perubahan yang terjadi pada Anemometer Digital.

Berdasarkan Tabel 5. dapat dibuat grafik hubungan antara data kecepatan angin sensor Anemometer (*Rotary Module*) dengan Anemometer Digital. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Perbandingan Kecepatan Udara Pembacaan Sensor Anemometer (*Rotary Module*) dengan Anemometer Digital

Berdasarkan Gambar 10. terlihat bahwa pembacaan kecepatan angin antara sensor Anemometer (*Rotary Module*) dengan Anemometer Digital membentuk kurva linier dengan R<sup>2</sup> sebesar 0,923, dimana R<sup>2</sup> merupakan regresi dan dapat menunjukkan ketelitian dari pengukuran alat yang dibuat sebesar 92,3%.

### 3.1.4. Pengujian dan Analisis Raindrops Module Curah Hujan

Pengujian sensor *Raindrops Module* dilakukan dengan membandingkan curah hujan yang terbaca oleh sensor

melalui *Raindrops Module* dengan curah hujan yang terbaca oleh *Tipping Bucket Rain Gauge*. Milimeter (MM) merupakan satuan curah hujan yang umum digunakan Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG).

Tabel 6. Perbandingan Pembacaan Curah Hujan sensor *Raindrops Module* dengan *Tipping Bucket Rain Gauge*

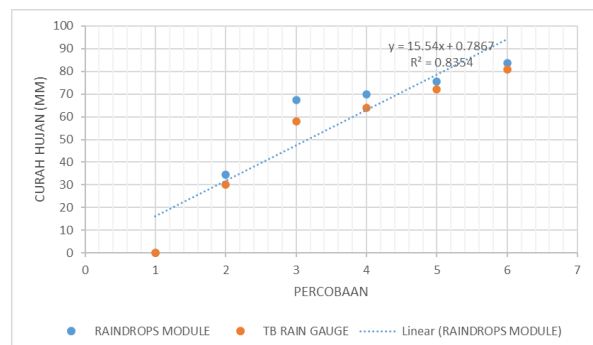
No.	Waktu (Menit)	Curah Hujan (MM)	Tipping Bucket Rain Gauge	Raindrops Module	Error	%Error
1.	0	0	0	0	0	0
2.	4	30	34.62	4.62	15.4	
3.	8	58	67.26	9.26	15.9	
4.	12	64	69.88	5.88	9.1	
5.	16	72	75.68	3.68	5.1	
6.	20	81	83.62	2.62	3.2	
			Rata-rata	4.34	8.11%	

Dari Tabel 6. perhitungan *Error* tiap data diperoleh menggunakan perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

$$Error = \frac{|Nilai TB Rain Gauge - Nilai Raind Modul|}{Nilai TB Rain Gauge} \times 100\% \quad (8)$$

Sedangkan untuk rumus perhitungan *Error* Rata-Rata sebagai berikut:

$$\%Error \text{ Rata-Rata} = \frac{ErrorP1 + ErrorP2 + \dots + ErrorP10}{Jumlah Percobaan} \times 100 \quad (9)$$



Gambar 11. Grafik Perbandingan Curah Hujan Pembacaan Sensor *Raindrops Module* dengan *Tipping Bucket Rain Gauge*

Berdasarkan Tabel 6. dapat dilihat bahwa 6 kali pengambilan data pembacaan sensor *Tipping Bucket Rain Gauge* dan *Raindrops Module* didapatkan curah hujan dengan *error* rata-rata 4.34 dan *persentase error* rata-rata 8.11%. *Error* terbesar didapatkan pada pengujian ke 3 sebesar 9.26 dengan *persentase* 15.9% dan pengujian ke 2 sebesar 4.62 dengan *persentase* 15.4%. *Error* tersebut dapat disebabkan karena perbedaan respon pembacaan sensor dengan *Raindrops Module* dengan *Tipping Bucket Rain Gauge* [15]. Berdasarkan pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa pembacaan sensor untuk mendeteksi besarnya curah hujan dapat membaca perubahan sesuai dengan perubahan yang terjadi pada *Tipping Bucket Rain Gauge*.

Berdasarkan Tabel 6. dapat dibuat grafik hubungan antara data curah hujan sensor *Raindrops Module* dengan *Tipping Bucket Rain Gauge*. Dari Gambar 11 terlihat bahwa pembacaan curah hujan antara sensor *Raindrops Module* dengan *Tipping Bucket Rain Gauge* membentuk kurva linier dengan R2 sebesar 0,8354, dimana R2 merupakan regresi dan dapat menunjukkan ketelitian dari pengukuran alat yang dibuat sebesar 83,54%.

### 3.2. Pengujian dan Analisis Software

#### 3.2.1. Pengujian dan Analisis Sistem Akuisisi Keseluruhan

Pengujian dan analisis sistem akuisisi data keseluruhan dilakukan dengan membandingkan nilai suhu, kelembaban udara, kecepatan angin, dan curah hujan yang terbaca di Mikrokontroler dengan yang terbaca di dalam *Website*. Disertai dengan waktu pengiriman dan statusnya.

Tabel 7. Pengujian dan Analisis Sistem Akuisisi Keseluruhan

Percobaan Ke -	Nilai pada Tampilan Website				Waktu Pengiriman (milidetik)	Status
	Nilai DHT 11 Suhu (°C)	Nilai DHT 11 Kel. Udara (%)	Nilai Anemometer Kec. Angin (Km/J)	Nilai Raindrop Module Curah Hujan (MM)		
1.	34.41	12.27	1.38	65.38	981	Aman
2.	34.74	12.58	110.93	90.14	992	Aman
3.	35.17	22.74	83.62	81.97	998	Aman
4.	37.38	13.35	67.26	46.93	988	Siaga
5.	37.14	13.42	67.38	66.57	982	Siaga
6.	37.97	22.64	68.22	48.97	987	Siaga
7.	86.02	23.94	34.51	92.28	997	Bahaya
8.	85.46	24.27	322.48	38.27	992	Bahaya
9.	85.65	24.58	323.15	72.34	991	Bahaya

Dari Tabel 7. dapat dilihat bahwa nilai yang dikirimkan oleh Mikrokontroler melalui SIM800L ke *database Website* dapat diterima dengan baik. Waktu pengiriman membutuhkan waktu 981 – 998 milidetik hal ini dapat dikatakan bahwa *prototype* sistem yang dirancang ini dapat bekerja dengan baik pada cakupan wilayah pengamatan secara *real time* sebagai alat pendeteksi dini sistem kebakaran hutan dan lahan (karhutla).

## 4. Kesimpulan

Telah dirancang 3 buah sensor dalam arsitektur *Prototype* Sistem Pendeteksi Dini Kebakaran Hutan dan Lahan Berdasarkan Faktor Iklim dan Cuaca dengan Metode *Fuzzy Logic* Berbasis IoT dengan *Catu Daya Solar Panel*. Telah dirancang dan diuji 4 parameter terjadinya kebakaran hutan dan lahan (karhutla), yaitu suhu, kelembaban udara, kecepatan angin, dan curah hujan. Pada pengujian parameter suhu didapat 6 kali pengambilan data pembacaan sensor DHT11 (Suhu) dan *Thermohyrometer Digital* didapatkan suhu dengan *error* rata-rata 1 dan *persentase error* rata-rata 3.26%. *Error* terbesar didapatkan pada pengujian ke 2 sebesar 2 dengan *persentase* 7.1% dan pengujian ke 5 sebesar 2 dengan *persentase* 6.2%. Pada pengujian ke 1 dan ke 4 tidak

terdapat *error*. Pada pengujian parameter suhu didapat pembacaan suhu antara sensor DHT 11 Suhu dengan *Thermohyrometer Digital* membentuk kurva linier dengan R2 sebesar 0,9369, dimana R2 merupakan regresi dan dapat menunjukkan ketelitian dari pengukuran alat yang dibuat sebesar 93,69%. Pada pengujian parameter suhu didapat 6 kali pengambilan data pembacaan sensor DHT11 dengan *Thermohyrometer Digital* didapatkan kelembaban udara dengan *error* rata-rata 1 dan *persentase error* rata-rata 1.83%. *Error* terbesar didapatkan pada pengujian ke 1 sebesar 1 dengan *persentase* 2.1% dan pengujian ke 6 sebesar 2 dengan *persentase* 3.4%. Pada pengujian ke 3 tidak terdapat *error*. Pada pengujian parameter kelembaban udara antara sensor DHT11 dengan *Thermohyrometer Digital* membentuk kurva linier dengan R2 sebesar 0,9035, dimana R2 merupakan regresi dan dapat menunjukkan ketelitian dari pengukuran alat yang dibuat sebesar 90,35%. Pada pengujian parameter kecepatan angin 10 kali pengambilan data pembacaan sensor Anemometer (*Rotary Module*) dengan Anemometer Digital didapatkan kecepatan angin dengan *error* rata-rata 0.33 dan *persentase error* rata-rata 2.43%. *Error* terbesar didapatkan pada pengujian ke 6 sebesar 0.6 dengan *persentase* 4.5% dan pengujian ke 10 sebesar 0.8 dengan *persentase* 5.1%. Pada pengujian ke 3 dan ke 4 tidak terdapat *error*. Pada pengujian parameter kecepatan angin antara sensor Anemometer (*Rotary Module*) dengan Anemometer Digital membentuk kurva linier dengan R2 sebesar 0,923, dimana R2 merupakan regresi dan dapat menunjukkan ketelitian dari pengukuran alat yang dibuat sebesar 92,3%. Pada pengujian pembacaan parameter curah hujan sensor *Raindrops Module* dengan *Tipping Bucket Rain Gauge* didapatkan curah hujan dengan *error* rata-rata 4.34 dan *persentase error* rata-rata 8.11%. *Error* terbesar didapatkan pada pengujian ke 3 sebesar 9.26 dengan *persentase* 15.9% dan pengujian ke 2 sebesar 4.62 dengan *persentase* 15.4%. Pada pembacaan curah hujan antara sensor *Raindrops Module* dengan *Tipping Bucket Rain Gauge* membentuk kurva linier dengan R2 sebesar 0,8354, dimana R2 merupakan regresi dan dapat menunjukkan ketelitian dari pengukuran alat yang dibuat sebesar 83,54%. Dan pada pengujian komunikasi SIM800L telah berhasil mengirim data dari Arduino Mega (Mikrokontroler) menuju *database website* dengan waktu delay 981 – 998 milidetik.

## Referensi

- [1]. Badan Nasional Penanggulangan Bencana, “Indonesia’s Disaster Data Information,” 2018. [Online]. Available: <http://dibbi.bpn.go.id/dibi/>.
- [2]. Ruchiat, Yayat., “Penyebab dan Dampak Kebakaran Hutan dan Lahan Bahan Makalah Lokakarya Perencanaan Proyek Community Development Through Rehabilitation of Imperata Grasslands Using Trees: A Model Approach Growing Vitex Pubescens for Charcoal Production in Kalimantan Indonesia Pontianak,” 23 Februari 2001.



- [3]. Subhan Apriandi, "Rancang Bangun Sistem Detektor Kebakaran Via Handphone Berbasis Mikrokontroler," Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. Program Studi Teknik Elektro. Pontianak, 2013.
- [4]. Dani Sasmoko, "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis IOT dan SMS Gateway Menggunakan Arduino.," Jurnal Coding Sistem Komputer Untan Volume 05, No.3, hal. 1-11,2017.
- [5]. Rifan, "Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya," Jurnal EECIS, vol. 6, no.1,pp.44-48, Jun. 2012.
- [6]. Yogiarto, "Configuration Hybrid Solar System (PV), Wind Turbine, And Dieseld,"ICPERE (International Conference Power Engineering and Renewable Energy), Diakses tanggal 14 januari 2014.
- [7]. Sonjaya, I. 2008. Indeks Cuaca Kebakaran. <https://pawitra1.wordpress.com/?s=kebakaran>.Diakses pada tanggal 19 April 2016.
- [9]. Arsadya, T.D., Prasetyo, Y., Haniah. Analisis Sebaran Dan Perhitungan Hotspot Menggunakan Citra Satelit NOAA/AVHRR dan Aqua Modis Berbasis Algoritma Kanal Termal. Semarang : Jurnal Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, 2015.
- [10]. Adinugroho, W.C., I N.N. Suryadiputra, Bambang Hero Saharjo dan Labueni Siboro. Panduan Pengendalian Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut. Proyek Climate Change, Forestand Peatlands in Indonesia. Wetlands International – Indonesia Programme and Wildlife Habitat Canada. Bogor. Indonesia, 2005.
- [11]. Suciarti,. Sistem Informasi Tingkat Bahaya Kebakaran Hutan dan Lahan Dengan Menggunakan Fire Weather Index (FWI) dan SIG Arcview. Pontianak : Universitas Tanjungpura, 2013.
- [12]. Vetrita, Y., Prasasti, I., Febrianti, N., Ningrum, W. Analisis Sistem Peringkat Bahaya Kebakaran Untuk Deskripsi Kejadian Kebakaran Hutan/Lahan di Provinsi Kalimantan Tengah. Jakarta : Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN, 2012.
- [13]. Kurniati, I. Studi Penerapan Wireless Sensor Network untuk Antisipasi Kebakaran Lahan pada Taman Nasional Tesso Nilo dengan Pertimbangan Efisiensi Energi. Skripsi. Universitas Riau. Pekanbaru, 2016.
- [14]. Asif, O. Hossain, B. Hasan, M. Rahman, M.T. & Chowdhury, M.E.H. Fire Detectors Review and Design of an Automated, Quick Responsive Fire Alarm System Based on SMS. J. Communications, Network and System Sciences. Vol. 7, hh. 386-395, 2014.
- [15]. Thoah, A.S. Penggunaan Penginderaan Jauh Untuk Deteksi Kebakaran Gambut di Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau. Jurnal Ilmu Kehutanan. Vol. 2, No. 2, hh 53-58., 2006.