

PERANCANGAN SISTEM SENSOR PENDETEKSI KEBAKARAN HUTAN

DESIGN FOREST FIRE DETECTION SENSOR SYSTEM

M. Arief Renaldy¹, Sony Sumaryo², Agung Surya Wibowo³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹renaldy.arief@gmail.com, ²sonysumaryo@telkomuniversity.ac.id, ³agungsw@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Hutan merupakan kawasan yang terdiri dari tumbuh-tumbuhan dan berbagai macam ekosistem yang tinggal disana. Hutan menjadi penopang peningkatan ekonomi bagi masyarakat sekitar, selain itu hutan memiliki arti yang penting bagi kehidupan dunia karena hutan merupakan paru-paru dunia. Setiap tahunnya luas hutan di dunia semakin berkurang. Penyebab utamanya adalah kebakaran dan penebangan liar. Kebakaran hutan bisa diakibatkan oleh kondisi alam juga bisa diakibatkan oleh ulah manusia untuk pembukaan lahan baru.

Monitoring dan pencegahan terhadap kebakaran hutan secara luas saat ini menggunakan metoda patroli rutin, observasi melalui menara pengawas dan melalui satelit monitoring. Akan tetapi beberapa metoda tersebut memiliki kelemahan.

Pada tugas akhir ini, akan dikerjakan sistem yang mampu mendeteksi adanya kebakaran dengan menggunakan sensor DHT22 dan sensor MQ-135 yang mampu mengukur parameter seperti suhu, kelembaban, dan kadar karbon dioksida. Dan dari ketiga parameter tersebut sebuah node dengan menggunakan metode fuzzy logic mampu menentukan kondisi hutan saat ini seperti aman, siaga, atau bahaya. Pada pengujian didapati hasil akurasi dari sensor suhu bernilai 94.57% dan sensor kelembaban sebesar 97.33 %. Dan metode logika *fuzzy* yang digunakan memiliki akurasi sebesar 99.024%. Dan juga sistem pendeteksi kebakaran di hutan ini memiliki keluaran yang sesuai dengan keinginan pada setiap kondisi yaitu kondisi aman, kondisi siaga, dan kondisi bahaya.

Kata Kunci : *Node, Fuzzy Logic, sensor DHT22, sensor MQ-135.*

Abstract

Forest is an area which consisting of plants and various kinds of ecosystems that live there. Forests become a pillar of economic improvement for the surrounding community, beside that forests have an important meaning for world life because forests are the lungs of the world. Every year the forest area in the world decreases. The main causes are fire and illegal logging. Forest fires can be caused by natural conditions and also can be caused by human activities for new land clearing.

Monitoring and prevention of widespread forest fires currently uses routine patrol methods, observation through the watchtower and through monitoring satellites. However, some of those methods have weaknesses.

In this final project, a system that is capable of detecting fires using the DHT22 sensor and MQ-135 sensor is capable of measuring parameters such as temperature, humidity and carbon dioxide levels. And from these three parameters a node using the fuzzy logic method is able to determine the current state of the forest such as safe, standby or danger. The test found that the accuracy of the temperature sensor was 94.57% and the humidity sensor was 97.33%. And the fuzzy logic method used has an accuracy of 99,024%. And also the fire detection system in the forest has the desired output for each condition, namely safe conditions, standby conditions, and danger conditions.

Keywords: *Node, Fuzzy Logic, DHT22 sensor, MQ-135 sensor.*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara dengan hutan tropis terluas ketiga di dunia setelah Brazil dan Republik Demokrasi Kongo, dan diakui dunia sebagai yang paling kaya akan keanekaragaman hayatinya, terdapat sekitar 25.000 spesies tumbuhan berbunga, jumlah itu melebihi dari daerah tropika lainnya seperti Amerika Selatan dan Afrika Barat. Hal itu menjadikan keuntungan bagi Indonesia, karena hutan tropis memiliki banyak manfaat yaitu sebagai paru-paru dunia, pencegah erosi dan banjir serta sebagai penyangga bahan obat alam.

Hutan sebagai pendukung kesehatan hidup manusia yang bernilai tinggi, baru disadari saat ini setelah hutan tropika banyak mengalami kerusakan dan kepunahan. Salah satu penyebab kerusakan hutan tersebut ialah kebakaran hutan. Kebakaran hutan belakangan ini semakin menarik perhatian internasional sebagai isu lingkungan dan ekonomi, dan dianggap sebagai ancaman potensial bagi pembangunan berkelanjutan karena berdampak langsung pada ekosistem. Kebakaran hutan dapat disebabkan oleh beberapa hal seperti bencana alam, kecerobohan manusia, dan juga pembakaran hutan yang disengaja.

Monitoring dan pencegahan terhadap kebakaran hutan secara luas saat ini menggunakan metoda patroli rutin, observasi melalui menara pengawas dan melalui satelit monitoring. Akan tetapi beberapa metoda tersebut memiliki kelemahan. Maka dari itu dibuatlah alat ini yang mampu mendeteksi kebakaran hutan *real time* sehingga dapat dimonitoring dengan mudah.

2. Dasar Teori

2.1 Kebakaran Hutan

Hutan merupakan kawasan yang terdiri dari tumbuh-tumbuhan dan berbagai macam ekosistem yang tinggal di sana. Hutan menjadi penopang peningkatan ekonomi bagi masyarakat sekitar, selain itu hutan memiliki arti yang penting bagi kehidupan dunia karena hutan merupakan paru-paru dunia. Setiap tahunnya luas hutan di dunia semakin berkurang.

Kebakaran hutan dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu kebakaran bawah (*ground fire*), kebakaran permukaan (*surface fire*), dan kebakaran tajuk (*crown fire*). Kebakaran hutan bisa disebabkan oleh aktifitas alam seperti petir yang menyambar maupun akibat ulah manusia seperti pembukaan lahan baru atau membuang puntung rokok sembarangan.

Terjadinya kebakaran hutan karena tersedia bahan bakar yang dapat terbakar, suhu panas yang cukup yang digunakan untuk memicu timbulnya api pada bahan bakar. Dan, harus terdapat udara yang cukup untuk menyuplai oksigen yang diperlukan. Oksigen diperlukan untuk menjaga proses pembakaran agar tetap berjalan dan untuk mempertahankan suplai panas yang cukup. Dan proses terjadinya kebakaran tersebut menghasilkan karbon dioksida (CO₂), Uap air (H₂O), dan energi yang berbentuk panas.

2.2 Wireless Sensor Network (WSN)

Wireless Sensor Network atau disingkat dengan WSN adalah suatu peralatan system embedded yang di dalamnya terdapat satu atau lebih sensor dan dilengkapi dengan peralatan sistem komunikasi. Sensor di sini digunakan untuk menangkap informasi sesuai dengan karakteristik informasi yang diinginkan. Sensor-sensor tersebut akan mengubah data analog ke data digital. Selanjutnya data dikirim ke suatu node melalui media komunikasi yang digunakan.

Sebuah node sensor memiliki komponen utama untuk dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Komponen utama tersebut, diantaranya sensor, *transceiver*, *receiver*, *controller*, dan *power source*.

2.3 Logika Fuzzy

Fuzzy berarti samar, kabur atau tidak jelas. *Fuzzy* adalah istilah yang dipakai oleh Lotfi A Zadeh pada bulan Juli 1964 untuk menyatakan kelompok / himpunan yang dapat dibedakan dengan himpunan lain berdasarkan derajat keanggotaan dengan batasan yang tidak begitu jelas (samar), tidak seperti himpunan klasik yang membedakan keanggotaan himpunan menjadi dua, himpunan anggota atau bukan anggota.

Kendali logika *fuzzy* dilakukan dalam tiga tahap, yaitu fuzzifikasi, *fuzzy inference* dan defuzzifikasi. Komponen fuzzifikasi berfungsi untuk memetakan masukan data tegas ke dalam himpunan *fuzzy* menjadi nilai *fuzzy* dari beberapa variabel linguistik masukan.

2.4 Arduino UNO

Arduino Uno adalah board berbasis mikrokontroler pada ATmega 328. Board ini memiliki 14 digital input / output pin (di mana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack listrik dan tombol reset. Pin – pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tekanan bisa didapat dari adaptor AC – DC atau baterai untuk menggunakannya (Arduino, Inc., 2009).

Pengembangannya, sistem akan lebih kompatibel dengan prosesor yang menggunakan AVR, yang beroperasi dengan 5V dan dengan Arduino karena beroperasi dengan 3,3V. Yang kedua adalah pin yang tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan pengembangannya. Sirkuit reset ATmega 16U2 ganti 8U yang digunakan sebagai konverter USB-to-serial.

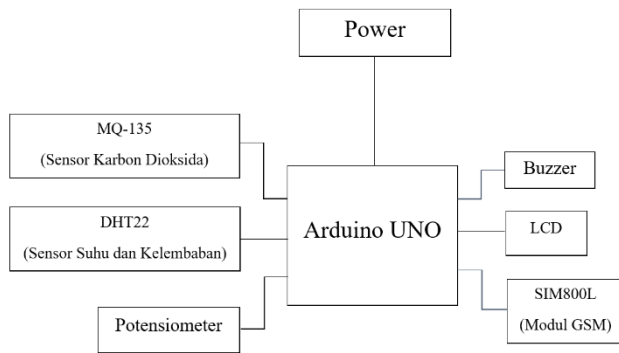
2.5 Sensor

Untuk mendeteksi kondisi atau parameter yang dibutuhkan untuk menentukan kondisi hutan seperti suhu, kelembaban, dan kadar gas karbon dioksida dibutuhkan sensor yang mampu membaca beberapa parameter yang disebutkan diatas. Antara lain sebagai berikut: DHT22 (Sensor suhu dan kelembaban) dan MQ-135 (Sensor gas karbon dioksida).

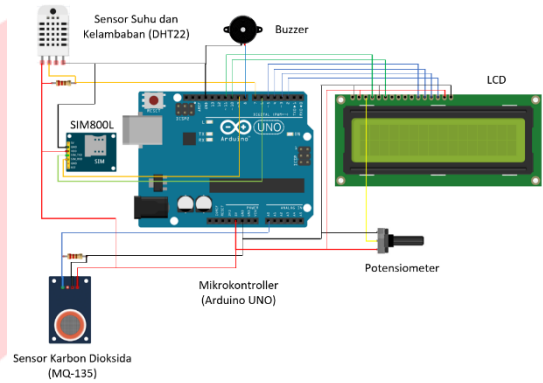
3. Perancangan Sistem

3.1. Desain Sistem

Sistem pendeteksi kebakaran hutan ini memiliki fitur mengidentifikasi adanya kebakaran hutan dari beberapa sensor yang membaca parameter seperti kadar karbon dioksida, nilai suhu, dan tingkat kelembaban. Pada node tersebut juga terdapat mikrokontroler sebagai pengolah data yang diperoleh dari sensor, dan LCD yang memungkinkan kondisi hutan dapat dilihat secara *realtime*.



Gambar III- 1 Blok Diagram Sistem.



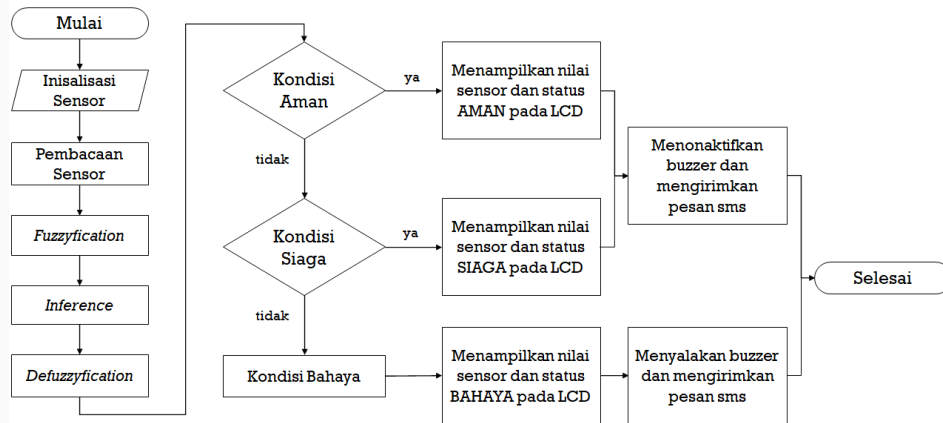
Gambar III- 2 Wiring Diagram pada Arduino UNO.

3.2. Desain dan Perancangan Perangkat Keras

Skematik wiring diagram beberapa sensor ke Arduino dapat dilihat pada gambar III-2, dimana terdiri dari sensor DHT-22, Sensor MQ-135, buzzer, potensiometer, modul SIM800L, dan LCD. Dan kesemua perangkat tersebut dihubungkan ke Arduino yang berperan sebagai mikrokontroler.

3.3. Perancangan Perangkat Lunak

Berikut merupakan diagram alur pada sistem:



Gambar III- 4 Flowchart Sistem.

3.4 Pemodelan Logika Fuzzy

Berikut merupakan table rules dari fuzzy logic:

Tabel III-3. Rules fuzzy logic

no	Suhu	Kelembaban	CO2	Kondisi
1	Dingin	Kering	Rendah	Aman
2	Dingin	Kering	Tinggi	Siaga
3	Dingin	Basah	Rendah	Aman
4	Dingin	Basah	Tinggi	Siaga
5	Panas	Kering	Rendah	Siaga
6	Panas	Kering	Tinggi	Bahaya

7	Panas	Basah	Rendah	Siaga
8	Panas	Basah	Tinggi	Bahaya

4. Hasil Pengujian dan Analisis

4.1 Pengujian Sensor Kelembaban Udara (DHT22)

Pengujian sensor kelembaban DHT22 ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dari sensor. Pengujian ini dilakukan dengan cara menempatkan sensor kelembaban DHT22 dan hygrometer SANFIX TH-303A saling berdekatan. Kemudian data hasil pengukuran sensor kelembaban DHT22 dicatat dan dibandingkan dengan hasil pengukuran dari hygrometer SANFIX TH-303A. Hygrometer SANFIX TH-303A dapat mengukur kelembaban dengan rentang 20% RH - 90% RH dan memiliki akurasi kelembaban sebesar $\pm 5\%$ RH. Lalu dibuat analisis berdasarkan data yang telah didapat untuk mencari karakteristik dari sensor kelembaban DHT22.

Pengujian dilakukan sebanyak 30 kali dan data yang diperoleh dari hasil pengukuran kelembaban dengan DHT22 dan hygrometer SANFIX TH-303A dapat dilihat pada tabel IV-1.

Dari tabel IV-1 dapat diketahui nilai %error yang telah didapat akan dimasukkan kedalam persamaan untuk mencari tingkat akurasi sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = 100\% - 5.43\% = 94.57\%$$

Tabel IV-1 Perbandingan DHT22 dan Hygrometer

Pengujian Ke-	Waktu	DHT22 (%RH)	Hygrometer (%RH)	Error (%RH)	Error (%)
1	21:00	76	70	6	7.89
2	22:00	70	67	3	4.29
3	23:00	68	66	2	2.94
4	0:00	70	68	2	2.86
5	1:00	69	68	1	1.45
6	2:00	72	70	2	2.78
7	3:00	90	82	8	8.89
8	4:00	99	90	9	9.09
9	5:00	90	83	7	7.78
10	6:00	82	77	5	6.10
11	7:00	79	73	6	7.59
12	8:00	76	69	7	9.21
13	9:00	75	69	6	8.00
14	10:00	61	62	1	1.64
15	11:00	58	57	1	1.72
16	12:00	54	54	0	0.00
17	13:00	40	38	2	5.00
18	14:00	52	47	5	9.62
19	15:00	51	47	4	7.84
20	16:00	49	45	4	8.16
21	17:00	52	48	4	7.69
22	18:00	56	51	5	8.93
23	19:00	58	55	3	5.17
24	20:00	62	56	6	9.68
25	21:00	68	64	4	5.88
26	22:00	70	68	2	2.86
27	23:00	69	68	1	1.45
28	0:00	78	75	3	3.85
29	1:00	82	81	1	1.22
30	2:00	88	85	3	3.41
Rata-rata		68.8	65.1	3.767	5.43
Nilai Error Maksimal				9 %RH	

Tabel IV-2 Perbandingan DHT22 dan Termometer

Pengujian Ke-	Waktu	DHT22 (°C)	Termometer (°C)	Error (°C)	Error (%)
1	21:00	26	27	1	3.70
2	22:00	26	27	1	3.70
3	23:00	26	27	1	3.70
4	0:00	26	26	0	0.00
5	1:00	26	26	0	0.00
6	2:00	25	26	1	3.85
7	3:00	22	23	1	4.35
8	4:00	20	21	1	4.76
9	5:00	21	22	1	4.55
10	6:00	22	22	0	0.00
11	7:00	23	23	0	0.00
12	8:00	24	24	0	0.00
13	9:00	25	24	1	4.17
14	10:00	27	26	1	3.85
15	11:00	29	28	1	3.57
16	12:00	31	30	1	3.33
17	13:00	40	38	2	5.26
18	14:00	32	31	1	3.23
19	15:00	32	31	1	3.23
20	16:00	33	31	2	6.45
21	17:00	32	32	0	0.00
22	18:00	30	29	1	3.45
23	19:00	29	29	0	0.00
24	20:00	29	28	1	3.57
25	21:00	28	28	0	0.00
26	22:00	28	27	1	3.70
27	23:00	28	27	1	3.70
28	0:00	27	27	0	0.00
29	1:00	27	26	1	3.85
30	2:00	26	26	0	0.00
Rata-rata		27.333	27.067	0.733	2.67
Nilai Error Maksimal				2 °C	

4.2 Pengujian Sensor Suhu (DHT22)

Pengujian sensor suhu DHT22 ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dari sensor. Pengujian ini dilakukan dengan cara menempatkan sensor suhu DHT22 dan termometer SANFIX TH-303A saling berdekatan.

Kemudian data hasil pengukuran sensor suhu DHT22 dicatat dan dibandingkan dengan hasil pengukuran dari termometer SANFIX TH-303A. Termometer SANFIX TH-303A dapat mengukur suhu dengan rentang $-10\text{ }^{\circ}\text{C} - 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan memiliki akurasi suhu sebesar $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Lalu dibuat analisis berdasarkan data yang telah didapat untuk mencari karakteristik dari sensor suhu DHT22.

Pengujian dilakukan sebanyak 30 kali dan data yang diperoleh dari hasil pengukuran suhu dengan DHT22 dan termometer SANFIX TH-303A dapat dilihat pada tabel IV-2.

Dari tabel IV-2 dapat diketahui nilai %error yang telah didapat akan dimasukkan kedalam persamaan untuk mencari tingkat akurasi sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = 100\% - 2.67\% = 97.33\%$$

4.3 Pengujian Perbandingan Keluaran Fuzzy Logic Pada Arduino Dengan Simulasi Matlab

Pengujian perbandingan keluaran fuzzy logic pada Arduino dengan simulasi matlab dilakukan untuk membuktikan bahwa algoritma yang disusun pada pemrograman Arduino sudah benar sesuai dengan yang disimulasikan dengan program matlab. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil keluaran fuzzy logic pada setiap kondisi rules dari pemrograman Arduino yang dapat dilihat pada serial monitor dan dibandingkan dengan hasil keluaran dari simulasi matlab.

Pengujian dilakukan sebanyak 8 kali sejumlah dengan banyaknya rules, dan data yang diperoleh dari hasil perbandingan nilai keluaran fuzzy logic dari matlab dan pemrograman Arduino dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel IV-3 Pengujian Keluaran Matlab dan Pemrograman Arduino

Pengujian Ke-	Nilai Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Nilai Kelembaban (%RH)	Nilai CO2 (PPM)	Keluaran Matlab	Keluaran Arduino	Error
1	33	65	90	0.066	0.07	0.004
2	30	63	340	0.498	0.5	0.002
3	33	69	85	0.083	0.08	0.003
4	32	68	330	0.46	0.46	0
5	42	66	89	0.508	0.51	0.002
6	44	65	339	0.996	1	0.004
7	41	69	88	0.421	0.42	0.001
8	43	70	338	0.994	0.99	0.004
Rata-rata error						0.003
Nilai error maksimal						0.004

Dari tabel IV-3 dapat diketahui nilai %error yang telah didapat akan dimasukkan kedalam persamaan untuk mencari tingkat akurasi sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = 100\% - 0.976\% = 99.024\%$$

4.4 Pengujian Sistem Pendeteksi Kebakaran Pada Kondisi Aman

Pengujian sistem pendeteksi kebakaran pada kondisi aman ini bertujuan untuk membuktikan bahwa keluaran pada alat sudah sesuai dengan keluaran yang diinginkan. Pengujian ini dilakukan di Hutan Gunung Wayang, Kota Pangalengan, Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Dengan cara meletakkan alat pada sebuah batang kayu dan dengan kondisi tanpa adanya asap dan api. Dan selama 30 menit keluaran yang dihasilkan akan diperhatikan.

Pengujian dilakukan sebanyak 30 kali dan data yang diperoleh dari hasil pengujian system pendeteksi kebakaran pada kondisi aman dapat dilihat pada tabel IV-4.

Berdasarkan hasil dari tabel IV-4 dapat dilihat bahwa dalam 30 kali percobaan pada kondisi aman, semua keluaran yang dihasilkan dari sistem ber status aman. Dimana dapat disimpulkan pada pengujian kali ini sistem pada alat tersebut sudah sesuai dan dapat bekerja dengan baik.

Tabel IV-4 Pengujian Kondisi Aman

Menit Ke-	Suhu (°C)	Kelembaban (%RH)	CO ₂ (ppm)	Status
1	21	80.2	14	AMAN
2	21	79.4	15	AMAN
3	21	80.5	15	AMAN
4	21	80.9	14	AMAN
5	20	81.6	13	AMAN
6	20	80.1	13	AMAN
7	20	79.2	13	AMAN
8	20	80.3	14	AMAN
9	21	80.6	14	AMAN
10	21	80.1	15	AMAN
11	21	79.5	15	AMAN
12	21	80.2	14	AMAN
13	20	81.7	13	AMAN
14	20	81.4	13	AMAN
15	21	80	13	AMAN
16	21	79.9	14	AMAN
17	21	79.1	14	AMAN
18	22	80.6	14	AMAN
19	22	81	14	AMAN
20	21	81.8	15	AMAN
21	21	81.1	15	AMAN
22	21	80.5	14	AMAN
23	21	80.3	14	AMAN
24	22	79.2	14	AMAN
25	22	79.9	13	AMAN
26	21	80.7	13	AMAN
27	22	81.3	14	AMAN
28	22	82	13	AMAN
29	22	81.6	14	AMAN
30	22	80.9	13	AMAN

Tabel IV-5 Pengujian Kondisi Siaga

Menit Ke-	Suhu (°C)	Kelembaban (%RH)	CO ₂ (ppm)	Status
1	22	81.2	352	SIAGA
2	22	82.6	383	SIAGA
3	22	82.1	503	SIAGA
4	22	81.9	679	SIAGA
5	22	81	481	SIAGA
6	21	80.7	270	SIAGA
7	21	80.3	369	SIAGA
8	21	81.1	512	SIAGA
9	21	81.8	465	SIAGA
10	22	81.2	321	SIAGA
11	22	82	364	SIAGA
12	21	82.5	522	SIAGA
13	21	81.9	481	SIAGA
14	22	81.2	465	SIAGA
15	22	80.7	484	SIAGA
16	22	80.2	364	SIAGA
17	22	80.8	239	SIAGA
18	23	81	679	SIAGA
19	23	81.6	315	SIAGA
20	22	80.2	352	SIAGA
21	22	80.7	345	SIAGA
22	22	81.2	366	SIAGA
23	23	81.4	484	SIAGA
24	23	82.1	481	SIAGA
25	23	81.1	312	SIAGA
26	23	81.4	398	SIAGA
27	22	80.8	503	SIAGA
28	23	80	484	SIAGA
29	23	81.6	315	SIAGA
30	23	81.4	378	SIAGA

Tabel IV-6 Pengujian Kondisi Bahaya

Menit Ke-	Suhu (°C)	Kelembaban (%RH)	CO ₂ (ppm)	Status
1	49	35.6	979	BAHAYA
2	49	36.7	737	BAHAYA
3	49	36.1	812	BAHAYA
4	49	35.9	645	BAHAYA
5	50	35.4	637	BAHAYA
6	50	34.8	729	BAHAYA
7	50	34	913	BAHAYA
8	51	34.6	812	BAHAYA
9	51	34.1	570	BAHAYA
10	51	33.7	495	BAHAYA
11	50	33.2	737	BAHAYA
12	50	32.6	445	BAHAYA
13	51	33.5	812	BAHAYA
14	51	32.1	662	BAHAYA
15	51	32.8	383	BAHAYA
16	52	32.6	721	BAHAYA
17	52	31	437	BAHAYA
18	53	31.8	478	BAHAYA
19	53	31.7	837	BAHAYA
20	53	30.5	570	BAHAYA
21	54	30.9	837	BAHAYA
22	54	30.1	512	BAHAYA
23	54	31.6	445	BAHAYA
24	55	32.1	645	BAHAYA
25	55	32.5	721	BAHAYA
26	54	32	729	BAHAYA
27	54	31.4	871	BAHAYA
28	55	31.8	662	BAHAYA
29	54	31.3	737	BAHAYA
30	55	32.1	587	BAHAYA

4.5 Pengujian Sistem Pendeteksi Kebakaran Pada Kondisi Siaga

Pengujian sistem pendeteksi kebakaran pada kondisi siaga ini bertujuan untuk membuktikan bahwa keluaran pada alat sudah sesuai dengan keluaran yang diinginkan. Pengujian ini dilakukan di Hutan Gunung Wayang, Kota Pangalengan, Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Dengan cara meletakkan alat dimana dengan kondisi terkena asap yang dihasilkan dari pembakaran kayu dan dedaunan. Selama 30 menit keluaran yang dihasilkan akan diperhatikan.

Pengujian dilakukan sebanyak 30 kali dan data yang diperoleh dari hasil pengujian system pendeteksi kebakaran pada kondisi siaga dapat dilihat pada tabel IV-5. Dapat dilihat bahwa dalam 30 kali percobaan pada kondisi siaga, semua keluaran yang dihasilkan dari sistem berstatus siaga. Sehingga dapat disimpulkan pada pengujian kali ini sistem pada alat tersebut sudah sesuai dan dapat bekerja dengan baik.

4.6 Pengujian Sistem Pendeteksi Kebakaran Pada Kondisi Bahaya

Pengujian sistem pendeteksi kebakaran pada kondisi bahaya ini bertujuan untuk membuktikan bahwa keluaran pada alat sudah sesuai dengan keluaran yang diinginkan. Pengujian ini dilakukan di Hutan Gunung Wayang, Kota Pangalengan, Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Dengan cara meletakkan alat pada sebuah batang kayu yang didekatkan dengan tempat pembakaran kayu dan dedaunan sehingga alat terpapar oleh panas dan asap yang dihasilkan. Selama 30 menit keluaran yang dihasilkan akan diperhatikan.

Pengujian dilakukan sebanyak 30 kali dan data yang diperoleh dari hasil pengujian sistem pendeteksi kebakaran pada kondisi bahaya dapat dilihat pada tabel IV-6. Dapat dilihat bahwa dalam 30 kali percobaan pada kondisi aman, semua keluaran yang dihasilkan dari sistem ber status bahaya. Dimana dapat disimpulkan pada pengujian kali ini sistem pada alat tersebut sudah sesuai dan dapat bekerja dengan baik.

4.7 Pengujian Jarak Sensor

Pengujian Jarak sensor sistem pendeteksi kebakaran ini bertujuan untuk melihat seberapa jauh jangkauan sensor. Pengujian ini dilakukan di Hutan Gunung Wayang, Kota Pangalengan, Kabupaten Bandung, Jawa Barat, pada tanggal 26 Juni 2019. Dengan cara meletakkan alat pada sebuah batang kayu dan diberi jarak antara sensor dengan api dari pembakaran kayu dan dedaunan sebesar 1, 2, dan 3 Meter. Dan selama 30 menit keluaran yang dihasilkan akan diperhatikan. Pengujian alat pada jarak 1 Meter dapat dilihat pada tabel IV-7. Pengujian alat pada jarak 2 Meter dapat dilihat pada tabel IV-8, dan pengujian alat pada jarak 3 Meter dapat dilihat pada tabel IV-9.

Berdasarkan hasil dari tabel IV-7 dapat dilihat bahwa dalam 30 kali percobaan, semua keluaran yang dihasilkan dari sistem berstatus bahaya. Dimana dapat disimpulkan pada pengujian kali ini yang berjarak 1 Meter sudah sesuai dan dapat bekerja dengan baik.

Berdasarkan hasil dari tabel IV-8 dapat dilihat bahwa dalam 30 kali percobaan, semua keluaran yang dihasilkan dari sistem berstatus bahaya. Dimana dapat disimpulkan pada pengujian kali ini yang berjarak 2 Meter sudah sesuai dan dapat bekerja dengan baik.

Tabel IV-7 Pengujian Jarak 1 Meter

Menit Ke-	Suhu (°C)	Kelembaban (%RH)	CO2 (ppm)	Status
1	42	38.9	861	BAHAYA
2	42	38.6	697	BAHAYA
3	42	38.1	869	BAHAYA
4	43	37.7	734	BAHAYA
5	44	37.1	680	BAHAYA
6	43	36	790	BAHAYA
7	44	36.9	451	BAHAYA
8	44	36.4	702	BAHAYA
9	45	37.2	651	BAHAYA
10	46	37.7	763	BAHAYA
11	45	38.2	401	BAHAYA
12	45	38.3	671	BAHAYA
13	46	38.9	605	BAHAYA
14	46	39.6	737	BAHAYA
15	46	38.4	745	BAHAYA
16	47	38.1	443	BAHAYA
17	46	38	731	BAHAYA
18	46	39.7	505	BAHAYA
19	45	38.6	879	BAHAYA
20	45	37.2	799	BAHAYA
21	44	37.5	733	BAHAYA
22	44	36.8	615	BAHAYA
23	44	37.1	455	BAHAYA
24	43	37.9	391	BAHAYA
25	43	38.2	445	BAHAYA
26	44	37.4	591	BAHAYA
27	45	36.2	532	BAHAYA
28	45	36.9	754	BAHAYA
29	43	37	398	BAHAYA
30	44	37.8	530	BAHAYA

Tabel IV-8 Pengujian Jarak 2 Meter

Menit Ke-	Suhu (°C)	Kelembaban (%RH)	CO2 (ppm)	Status
1	40	49.6	586	BAHAYA
2	40	50.9	561	BAHAYA
3	41	51.6	739	BAHAYA
4	42	51.1	599	BAHAYA
5	42	50	828	BAHAYA
6	41	49.8	421	BAHAYA
7	42	49.1	774	BAHAYA
8	43	49.7	475	BAHAYA
9	43	50.6	769	BAHAYA
10	43	51.1	437	BAHAYA
11	43	51.8	866	BAHAYA
12	44	50.6	872	BAHAYA
13	42	51.9	861	BAHAYA
14	42	51.1	831	BAHAYA
15	43	50.4	585	BAHAYA
16	44	49.7	652	BAHAYA
17	44	49.3	565	BAHAYA
18	43	50.1	407	BAHAYA
19	43	51.8	904	BAHAYA
20	43	50	486	BAHAYA
21	42	49.7	442	BAHAYA
22	41	49.1	767	BAHAYA
23	41	49.8	706	BAHAYA
24	41	49.2	641	BAHAYA
25	42	48.9	903	BAHAYA
26	42	49.5	656	BAHAYA
27	41	48.5	522	BAHAYA
28	41	48.2	687	BAHAYA
29	42	49.2	719	BAHAYA
30	42	48.4	503	BAHAYA

Tabel IV-9 Pengujian Jarak 3 Meter

Menit Ke-	Suhu (°C)	Kelembaban (%RH)	CO2 (ppm)	Status
1	37	70	320	SIAGA
2	37	71.9	595	SIAGA
3	36	72.5	525	SIAGA
4	35	71.1	513	SIAGA
5	35	70.5	572	SIAGA
6	36	71.1	672	SIAGA
7	35	70.2	391	SIAGA
8	35	69.3	521	SIAGA
9	35	69.8	628	SIAGA
10	35	70.2	626	SIAGA
11	34	70.7	434	SIAGA
12	34	70.3	640	SIAGA
13	33	71.5	436	SIAGA
14	33	71.9	438	SIAGA
15	34	72.5	367	SIAGA
16	34	71	312	SIAGA
17	35	71.6	538	SIAGA
18	34	71.1	512	SIAGA
19	34	70.9	508	SIAGA
20	34	70.4	350	SIAGA
21	33	70.8	531	SIAGA
22	33	71.5	437	SIAGA
23	33	71.6	628	SIAGA
24	34	72.1	597	SIAGA
25	34	72.8	503	SIAGA
26	35	72.2	603	SIAGA
27	34	71.7	449	SIAGA
28	33	70.9	507	SIAGA
29	34	70.4	356	SIAGA
30	33	71.5	337	SIAGA

Berdasarkan hasil dari tabel IV-11 dapat dilihat bahwa dalam 30 kali percobaan, semua keluaran yang dihasilkan dari sistem berstatus siaga. Ini terjadi karena keterbatasan dalam pengujian dengan menggunakan api unggun dimana radius panasnya tidak sampai ke sensor, semakin besar kebakarannya maka semakin besar pula radius panasnya

4.8 Pengujian Pengiriman Pesan

Pengujian pengiriman pesan dalam bentuk sms ini bertujuan untuk membuktikan bahwa pengiriman pesan sms dengan menggunakan Modul GSM SIM800L pada alat sudah sesuai seperti yang diinginkan. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengirimkan pesan dengan menggunakan Modul GSM SIM800L yang dihubungkan dengan Arduino, lalu akan diamati penerimaan pesan pada handphone.

Tabel IV-10 Pengujian Penerimaan Pesan

Percobaan Ke-	Status	Pesan Yang Dikirim	Pesan Yang Diterima
1	AMAN	Kondisi Hutan AMAN	Kondisi Hutan AMAN
2	AMAN	Kondisi Hutan AMAN	Kondisi Hutan AMAN
3	AMAN	Kondisi Hutan AMAN	Kondisi Hutan AMAN
4	AMAN	Kondisi Hutan AMAN	Kondisi Hutan AMAN
5	AMAN	Kondisi Hutan AMAN	Kondisi Hutan AMAN
6	AMAN	Kondisi Hutan AMAN	Kondisi Hutan AMAN
7	AMAN	Kondisi Hutan AMAN	Kondisi Hutan AMAN
8	AMAN	Kondisi Hutan AMAN	Kondisi Hutan AMAN
9	AMAN	Kondisi Hutan AMAN	Kondisi Hutan AMAN
10	AMAN	Kondisi Hutan AMAN	Kondisi Hutan AMAN
11	SIAGA	Kondisi Hutan SIAGA	Kondisi Hutan SIAGA
12	SIAGA	Kondisi Hutan SIAGA	Kondisi Hutan SIAGA
13	SIAGA	Kondisi Hutan SIAGA	Kondisi Hutan SIAGA
14	SIAGA	Kondisi Hutan SIAGA	Kondisi Hutan SIAGA
15	SIAGA	Kondisi Hutan SIAGA	Kondisi Hutan SIAGA
16	SIAGA	Kondisi Hutan SIAGA	Kondisi Hutan SIAGA
17	SIAGA	Kondisi Hutan SIAGA	Kondisi Hutan SIAGA
18	SIAGA	Kondisi Hutan SIAGA	Kondisi Hutan SIAGA
19	SIAGA	Kondisi Hutan SIAGA	Kondisi Hutan SIAGA
20	SIAGA	Kondisi Hutan SIAGA	Kondisi Hutan SIAGA
21	BAHAYA	Kondisi Hutan BAHAYA	Kondisi Hutan BAHAYA
22	BAHAYA	Kondisi Hutan BAHAYA	Kondisi Hutan BAHAYA
23	BAHAYA	Kondisi Hutan BAHAYA	Kondisi Hutan BAHAYA
24	BAHAYA	Kondisi Hutan BAHAYA	Kondisi Hutan BAHAYA
25	BAHAYA	Kondisi Hutan BAHAYA	Kondisi Hutan BAHAYA
26	BAHAYA	Kondisi Hutan BAHAYA	Kondisi Hutan BAHAYA
27	BAHAYA	Kondisi Hutan BAHAYA	Kondisi Hutan BAHAYA
28	BAHAYA	Kondisi Hutan BAHAYA	Kondisi Hutan BAHAYA
29	BAHAYA	Kondisi Hutan BAHAYA	Kondisi Hutan BAHAYA
30	BAHAYA	Kondisi Hutan BAHAYA	Kondisi Hutan BAHAYA

Pengujian dilakukan sebanyak 30 kali dan data yang diperoleh dari hasil pengujian sistem pendeteksi kebakaran pada kondisi bahaya dapat dilihat pada tabel IV-10. Dapat dilihat bahwa dalam 30 kali percobaan pada kondisi aman, semua keluaran yang dihasilkan dari sistem ber status bahaya. Dimana dapat disimpulkan pada pengujian kali ini sistem pada alat tersebut sudah sesuai dan dapat bekerja dengan baik.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis yang dilakukan pada tugas akhir ini, maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Akurasi dari sensor suhu DHT22 sebesar 94.57% dengan error maksimal sebesar 2°C, dan akurasi dari sensor kelembaban DHT22 sebesar 97.33% dengan nilai error maksimal sebesar 9%RH.
2. Metode logika fuzzy yang digunakan terbukti sesuai menghasilkan keluaran yang diinginkan dengan akurasi sebesar 99.024% dan nilai error maksimal sebesar 0.004.
3. Sistem pendeteksi kebakaran di hutan ini berhasil dan memiliki keluaran yang sesuai dengan keinginan pada setiap kondisi aman, kondisi siaga, dan kondisi bahaya

5.2 Saran

Berdasarkan pengujian dan analisa yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan diantaranya sebagai berikut:

1. Casing system diharapkan mampu bertahan dalam kondisi panas yang ekstrim, sehingga ketahanannya lebih baik.
2. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya ditambahkan juga sistem komunikasi dan catu daya.

Daftar Pustaka

- [1] E. A. M. Zuhud, *Potensi Hutan Tropika Indonesia Sebagai Penyangga Bahan Obat Alam Untuk Kesehatan Bangsa*, Bogor: Bogor Agricultural University, 2015.
- [2] W. C. Adinugroho, I. N. N. Suryadiputra, B. H. Saharjo, L. Siboro. *Panduan Pengendalian Kebakaran Hutan Dan Lahan Gambut: Pentingnya Pengendalian Kebakaran Hutan Dan Lahan Gambut*, Bogor: Wetlands International, 2004.
- [3] N. Itsnaini, B. Sasmito, A. Sukmono, I. Prasasti. *Analisis Hubungan Curah Hujan dan Parameter Sistem Peringkat Bahaya Kebakaran (SPBK) Dengan Kejadian Kebakaran Hutan dan Lahan Untuk Menentukan Nilai Ambang Batas Kebakaran*, Semarang: Universitas Diponegoro, 2017.
- [4] N. Handayani, *Wireless Sensor Network (WSN)*, Jakarta: Universitas Trilogi, 2015.
- [5] I. Permadi, S. Sumardi, I. Setiawan. *Pengendalian Temperature Pada Plant Electric Furnace Menggunakan Sensor Thermocouple Dengan Metode Fuzzy Logic*, Semarang: Universitas Diponegoro, 2012.
- [6] Kusumadewi S., Purnomo H. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [7] R. Passarella, K. Exaudi, S. Fatimah. *Perancangan Sistem Navigasi Robot Kapal Katamaran untuk Menghindari Rintang Menggunakan Logika Fuzzy*, Palembang: Universitas Sriwijaya, 2018.