



Wireless Sensor Network Sebagai Penentu Lokasi Kebakaran Hutan

Iwan Fitrianto Rahmad^{1,*}, Yusfrizal¹, Lili Tanti², Budi Triandi³

¹ Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Rekayasa Sistem Komputer, Universitas Potensi Utama, Medan, Indonesia.

² Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Sistem Informasi, Universitas Potensi Utama, Medan, Indonesia

³ Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Informatika, Universitas Potensi Utama, Medan, Indonesia

Email: ^{1,*}iwanfitrah@yahoo.com, ²yusfrizal80@gmail.com, ³lilitanti82@gmail.com, ⁴buditriandi@gmail.com

Abstrak—Hutan mempunyai peranan penting bagi makhluk hidup saat ini. Dimana hutan menjadi sumber utama oksigen bagi makhluk hidup. Berdasarkan Data Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan (PKTL), menunjukkan bahwa luas lahan berhutan seluruh daratan Indonesia adalah 94,1 juta Ha atau 50,1% dari total daratan, dan sekitar 274.375 Ha mengalami kebakaran. Dalam mengatasi permasalahan tersebut pemerintah melakukan berbagai cara, mulai dari menghimbau maupun memberikan sanksi hukum terhadap individu maupun kelompok yang mengancam kelestarian hutan. Pada kasus kebakaran hutan, sering sekali terdeteksi lebih awal dan mendapatkan bantuan dari pihak pemadam kebakaran. Maka tujuan dari penelitian ini, untuk melakukan peringatan dini kebakaran hutan menggunakan NodeMCU. Dengan bantuan NodeMCU akan memberikan informasi yang cepat untuk mengetahui titik api kebakaran lebih dini sehingga kebakaran dapat diatasi sebelum menyebar luas. Teknologi ini akan memberikan informasi dimana titik kebakaran berada dan dikirim informasi tersebut melalui jaringan ke aplikasi monitoring kebakaran yang di buat. Untuk menentukan keakuratan lokasi kebakaran tersebut digunakan metode fuzzy mamdani yang salah satu bagian dari Fuzzy Inference System yang berguna untuk penarikan kesimpulan atau suatu keputusan terbaik dalam permasalahan yang tidak pasti. Kemudian akan menjadi media yang inovatif bagi setiap informasi kebakaran pada suatu daerah agar secara cepat dan instan mengetahui lokasi titik api dan segera memadamkan titik api sehingga memberi efek tidak terjadinya pembakaran yang luas dan mengakibatkan kerugian besar serta mempengaruhi efek polusi udara yang disebabkan kebakaran yang besar.

Kata Kunci: Hutan; Kebakaran; NodeMCU; Titik Kebakaran; Polusi Udara

Abstract—Forests have an important role for living things today. Where the forest is the main source of oxygen for living things. Based on data from the Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan (PKTL) of the Ministry of Environment and Forestry, it shows that the total forest area of the entire landmass of Indonesia is 94.1 million hectares or 50.1% of the total area. land, and about 274,375 hectares burned. In overcoming this problem, the government has taken various ways, ranging from advocating and imposing legal sanctions on individuals and groups who threaten forest sustainability. In the case of forest fires, they are often detected early and get help from the fire department. So the purpose of this research is to carry out early warning of forest fires using NodeMCU. With the help of NodeMCU will provide fast information to find out fires early so that fires can be contained before they spread widely. This technology will provide information on where the fire points are and send that information through the network to the fire monitoring application that is made. To determine location accuracy, the Mamdani fuzzy method is one part of the Fuzzy Inference System which is useful for drawing or making the best decisions in uncertain problems. will be an innovative medium for any fire information in an area so that it quickly and instantly knows the location of the hotspots and directly occurs at the hotspots so that the burning effect is extensive and results in large losses as well as the effects of air pollution that cause large fires.

Keywords: Forest; Fire; NodeMCU; Fire Spot; Air Pollution

1. PENDAHULUAN

Perkembangan robotika terus mengalami kemajuan yang sangat pesat. Hal ini seiring dengan berkembangnya teknologi *embedded system*. Selain itu peran serta negara dalam menyediakan wadah untuk menunjukkan kreatifitas juga merupakan factor penentu dari kemajuan tersebut [1]. Dunia teknologi juga diikuti sistem sensor yang terintegrasi seperti *Wireless Sensor Network* (WSN). *Wireless Sensor Network* adalah teknologi yang melakukan proses sensing, kontrol, dan komunikasi untuk memantau disekitar lingkungan tertentu. Secara pengukuran fisik WSN terdiri dari beberapa node sensor, serta base station yang diimplementasikan dan dapat saling mengirimkan data menggunakan jaringan nirkabel [2], *Wireless Sensor Network* digunakan untuk memantau kebakaran hutan dan lahan. Untuk membuat perangkat berbasis WSN maka kita gunakan teknologi Internet of Things (IoT) merupakan suatu konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus [3].

Akibat dari kebakaran hutan dan lahan yang langsung dirasakan baik suatu negara ataupun wilayah terhadap masyarakat adalah pencemaran udara dari asap yang ditimbulkan mengakibatkan gangguan pernapasan dan mengganggu aktifitas sehari-hari. Seperti pada peristiwa kebakaran hutan yang terjadi di Indonesia pada tahun 1997 – 1998 dan 2002 – 2005 menghasilkan asap yang juga dirasakan oleh masyarakat Malaysia, Singapura, dan Brunei Darussalam serta mengancam terganggunya hubungan transportasi udara antar negara [4].

Berdasarkan data NASAfirm pada tanggal 26 Juli 2017 Kebakaran hutan Indonesia terdapat 743 titik panas yang tersebar di seluruh Indonesia [1]. Jika kebakaran yang terjadi di lahan gambut lebih sulit diatasi karena api dapat menyebar melalui biomassa di atas tanah dan di lapisan gambut di bawah permukaan ini menyebabkan proses membara di lahan gambut ini sulit diketahui penyebarannya secara baik secara visual ataupun non visual [5] sehingga sulit untuk menentukan titik api darimana berasal. Banyaknya bencana alam diindonesia berupa kebakaran hutan dan lahan untuk itu baiknya mengembangkan sebuah alat, dimana alat yang dikembangkan sebuah alat yang dapat mendeteksi titik dimana sumber api berasal atau titik pertama keluarnya api tersebut. Dengan menggunakan metode logika fuzzy yang merupakan logika yang memiliki nilai fuzzy atau kesamaran (Fuzzyness) antara benar dan salah [6]. Dimana logika fuzzy sebagai sistem pendukung keputusan yang banyak diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari antara lain, Logika fuzzy untuk

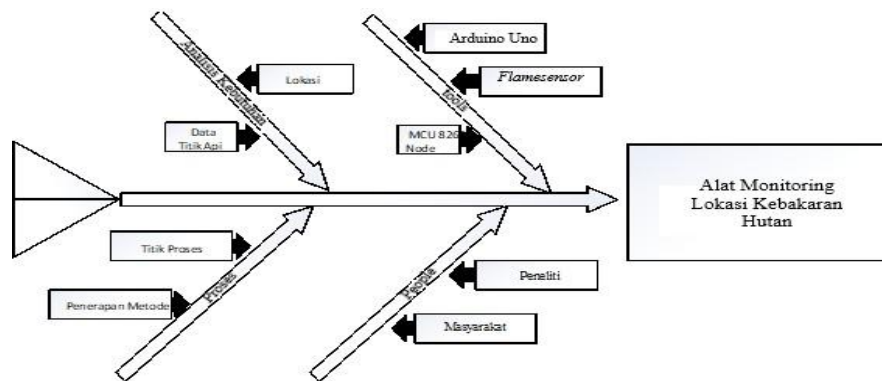
sistem pengaturan suhu ruangan, logika fuzzy untuk sistem pengaturan lampu lalu lintas, logika fuzzy untuk sistem penggajian karyawan, penerapan logika fuzzy sebagai sistem pendukung keputusan prakiraan cuaca, logika fuzzy untuk mesin cuci dan lain lainnya. Penelitian sebelumnya adalah penerapan Wireless Sensor Network menggunakan topologi tree pada pendeteksi dini potensi kebakaran lahan gambut yang diintegrasikan dengan Internet of Things[7], penelitian ini mengutamakan penanganan sebelum terjadinya kebakaran dengan membaca suhu lingkungan setiap node. Kemudian Teknologi Wireless Sensor Network/ WSN dalam mengetahui lokasi sensor menjadi penting untuk mengelola dan menganalisis data-data sensor dalam konteks spasial dan temporal [8], penelitian ini penentuan letak posisi dan lokasi WSN menggunakan teknologi GPS dengan metode waypoint. Dan penelitian perihal data sensor node pada Wireless Sensor Network ini dipasang pada titik-titik wilayah yang rawan kebakaran [9], data yang diterima di node gateway akan disimpan di database yang tersedia pada platform server antares. Data yang disimpan di database tersebut akan ditampilkan pada aplikasi android yang digunakan pengguna.

Dalam penelitian ini bagaimana menentukan titik kebakaran sebagai data yang dapat diimplementasikan dengan metode logika fuzzy mamdani untuk pemantauan titik lokasi kebakaran hutan serta dapat ditampilkan dalam aplikasi android tanpa keterlambatan data yang tampil.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Model Perancangan

Adapun langkah-langkah Metode Perancangan Monitoring Lokasi Kebakaran Hutan Dengan Menentukan Titik Api Menggunakan diagram fishbone adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Fishbone

Tahapan ini berupa proses dimana penulis menganalisa lebih lanjut permasalahan yang ada, menggunakan analisa sebab akibat sebagai dasar penentuan analisa kebutuhan.

1. Analisa Kebutuhan

Pada tahap ini penulis melakukan analisa sehingga dapat di definisikan kebutuhan-kebutuhan sistem meliputi input, output, operasi dan resources sehingga dapat terbentuk suatu alat yang baru yang lebih handal.

2. Desain Sistem

Tahapan ini meliputi desain model sistem yang akan berjalan pada perangkat arduino dan android sebagai monitoringnya.

3. Perancangan

Pada tahap perancangan yang akan dirancang adalah koneksi antara arduino dengan android dengan memanfaatkan NodeMCU untuk melakukan koneksi antar device.

4. Pengujian

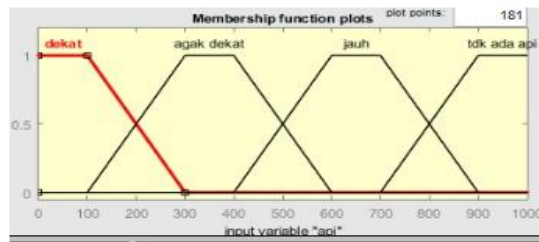
Pada tahap ini dilakukan ujicoba terhadap alat yang telah dirancang dengan melakukan koneksi dan melakukan simulasi pada alat yang telah dibuat.

2.1 Metode Mamdani

Metode Fuzzy Mamdani merupakan salah satu bagian dari Fuzzy Inference System yang berguna untuk penarikan kesimpulan atau suatu keputusan terbaik dalam permasalahan yang tidak pasti[6]. Metode Fuzzy Mamdani diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Metode Fuzzy Mamdani dalam prosesnya menggunakan kaedah-kaedah linguistik dan memiliki algoritma fuzzy yang dapat dianalisis secara matematika, sehingga lebih mudah dipahami. McNeill [10]

2.2 Fungsi Keanggotaan

Untuk data api memiliki 4 fungsi keanggotaan yaitu dekat, agak dekat, jauh, dan tidak ada api. Perancangan himpunan fuzzy api dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 2. Fungsi Keanggotaan

2.3 Fuzzyfikasi

Untuk penerapan fuzzy logic menggunakan variabel Api (deteksi, tidak terdeteksi). Variabel Api : Komponen deteksi (0-550), tidak terdeteksi (400-1023). Berdasarkan penentuan variabel, himpunan, dan aturan diatas, maka dapat dilakukan simulasi penghitungan dengan menggunakan nilai Sensor KY - 026 = 380. Dengan menggunakan nilai sensor diatas akan dilakukan proses algoritma fuzzy metode Mamdani sebagai berikut : Fuzzifikasi Pada tahap ini akan dilakukan proses penghitungan untuk mencari derajat keanggotaan masing-masing himpunan input berdasarkan nilai sensor tersebut. Maka, akan digunakan rumus fungsi keanggotaan linear untuk sensor KY-026. Sensor KY-026 himpunan terdeteksi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Masalah

Dalam perancangan alat monitoring lokasi kebakaran hutan dengan menentukan titik api menggunakan rancang bangun yang pembuatannya terdapat beberapa masalah yang harus dipecahkan. Permasalahan-permasalahan tersebut antara lain :

1. Sistem Mekanik Alat

Dalam merancang mekanik alat monitoring lokasi kebakaran hutan dengan menentukan titik api merupakan suatu hal yang cukup sulit, karena dalam perakitannya memerlukan imajinasi dan konsentrasi yang tepat dalam pengukuran jarak api dengan sensor, menentukan tata letak alat, dan perancangan yang baik agar alat dapat bekerja dengan baik.

2. Sistem Kerja

Sistem kerja alat ini yaitu disini saya menggunakan beberapa sensor yang akan di pasang mengelilingi hutan. Dan NodeMCU sebagai alat pphubung antara sensor dengan android. Jika terjadi kebakaran atau munculnya api di dalam hutan, beberapa sensor tersebut akan mendeteksi jarak antara sensor ke api tersebut. Nilai jarak tersebut akan di hasilkan di layar android yang sudah terkoneksi jaringan nodemcu tadi, jarak antara sensor mana yang paling mendekati maka disitulah titik api berasal.

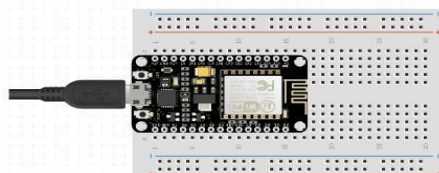
3.2 Strategi Pemecahan Masalah

Ada beberapa permasalahan yang terjadi dalam alat monitoring lokasi kebakaran hutan dengan menentukan titik api menggunakan metode fuzzy logic , maka di butuhkan solusi atau pemecahan masalah, antara lain :

1. Dengan adanya permasalahan pada sistem mekanik, untuk itu harus teliti dalam menentukan jarak sensor dengan hutan, posisi dan tata letak alat, dan pelakukan perancangan dengan baik dan teliti agar alat tersebut dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan kebutuhan. Dalam hal pemilihan bahan, penulis memilih bahan untuk membuat alat yang sudah ditetapkan.
2. Untuk sistem kerja, pada alat tersebut penulis menggunakan metode fuzzy logic dimana alat tersebut berkerja secara otomatis ketika timbulnya api di dalam hutan, secara otomatis sensor api mendeteksi api tersebut dan mengeluarkan jarak berapa meter jarak api kesensor, dimana hasil angka tersebut akan ditampilkan di layar android yang sudah terkoneksi oleh modul NodeMCU.

3.3 Perancangan Rangkaian Modul NodeMCUESP8266

Modul NodeMCU ESP8266 yang berfungsi sebagai perangkat tambahan mikrokontroler seperti Arduino agar dapat terhubung langsung dengan wifi dan membuat koneksi TCP/IP. Modul ini membutuhkan daya sekitar 3.3v dengan memiliki tiga mode wifi yaitu Station, Access Point dan Both (Keduanya). Modul ini juga dilengkapi dengan prosesor, memori dan GPIO dimana jumlah pin bergantung dengan jenis ESP8266 yang saya gunakan. Sehingga modul ini bisa berdiri sendiri tanpa menggunakan mikrokontroler apapun karena sudah memiliki perlengkapan layaknya mikrokontroler.

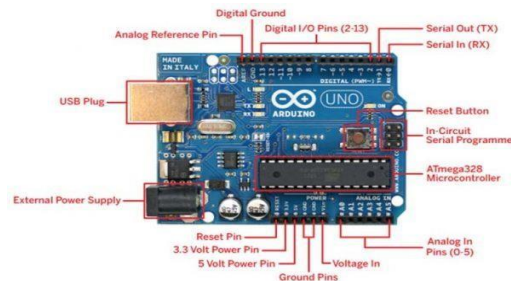


Gambar 3. Rangkaian Modul NodeMCU ESP8266

Fungsi modul ini di alat yg penulis buat sebagai peringatan ketika sensor mendeteksi adanya api, Keseluruhan sistem yang terintegrasi ini diharapkan dapat mempermudah upaya mitigasi dan mampu meminimalisir terjadinya kebakaran hutan dalam skala besar.

3.4 Perancangan Rangkaian Arduino Uno

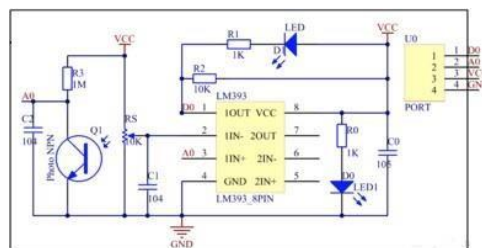
Fungsi Arduino disini sebagai pengontrol untuk sensor api. Selain itu data yg di terima oleh sensor akan diproses oleh arduino. Disini arduino juga sangat berperan penting bagi semua modul mulai dari sensor, NodeMCU, hingga ke android.



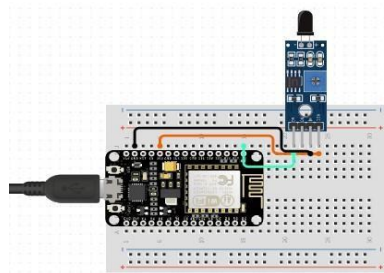
Gambar 4. Rangkaian Arduino

3.5 Perancangan Rangkaian Flame Sensor

Cara kerja sensor ini yaitu dengan mengidentifikasi atau mendeteksi nyala api dengan menggunakan metode optik. Pada sensor ini menggunakan transduser yang berupa infrared (IR) sebagai sensing sensor. Transduser ini digunakan untuk mendeteksi akan penyerapan cahaya pada panjang gelombang tertentu. Suhu normal pembacaan normal sensor ini yaitu pada 25 – 85°C dengan besar sudut pembacaan pada 60°.



Gambar 5. Rangkaian Flame Sensor



Gambar 6. Perancangan Rangkaian Flame Sensor

Pada gambar 6. terdapat rangkaian flame sensor ke arduino yang dimana vcc pada flame sensor tersambung ke 5v di Nodemcu, gnd pada flame sensor terhubung pada gnd pada Nodemcu.

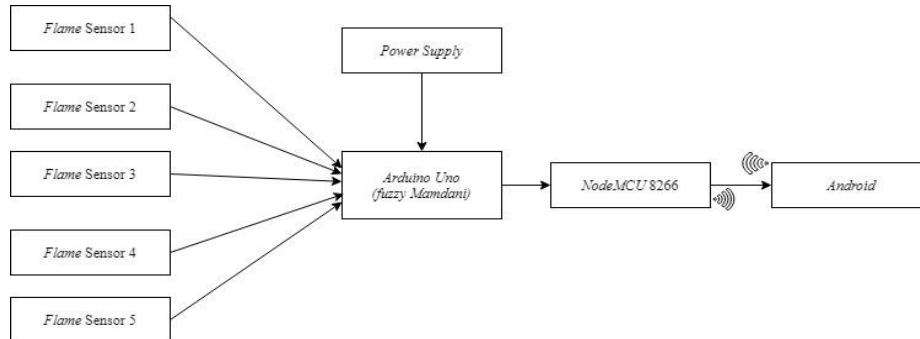
3.6 Rancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak merupakan hal yang penting, untuk menterjemahkan data yang dikirim dari Smartphone Android ke Arduino yang digunakan sebagai perintah untuk Mengatur Pergerakan, dan mode dan keterangan dari operator. Dalam penelitian ini software yang digunakan dalam pembuatan alat monitoring lokasi kebakaran ini antara lain:

1. Arduino1.8.4 dan Arduino Uno
2. Software ini digunakan untuk penulisan program.
3. Ms. Office Visio
4. Software ini digunakan untuk menggambar Flowchart dari alat yang akan dibuat.
5. MIT AppInventor, Software ini digunakan untuk membuat aplikasi android.

3.7 Diagram Blok Rangkaian

Secara garis besar, perancangan dan implementasi monitoring lokasi kebakaran hutan dengan menentukan titik api menggunakan metode fuzzy logic ini terdiri dari sensor api, minimum sistem mikrokontroler arduino uno, nodemcu, power supply, serta smartphone android. Adapun diagram blok dari sistem yang dirancang adalah seperti yang diperlihatkan pada gambar 7. berikut ini:



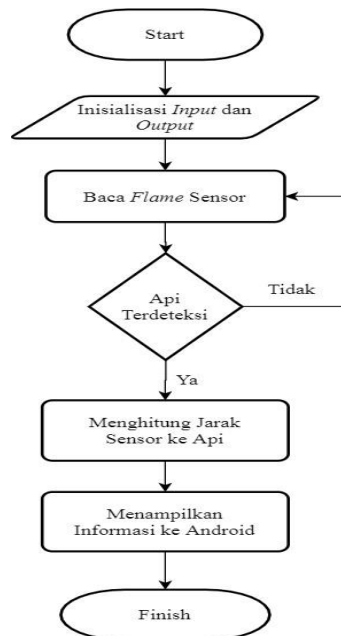
Gambar 7. Diagram Blok Rangkaian

Penjelasan dan fungsi dari masing – masing blok adalah sebagai berikut:

1. Flame sensor (sensor api) berfungsi sebagai alat pendeteksi api.
2. Fuzzy Logic berfungsi yg tadinya tidak pasti menjadi pasti.
3. Power supply berfungsi sebagai sumber energi ataategangan.
4. Arduino berfungsi sebagai kontroler semua modul.
5. NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai pusat kendali dari keseluruhan sistem kerjarangkaian dan juga berfungsi sebagai modul wifi yang bertujuan untuk menghubungkan android ke sensor.
6. Android berfungsi sebagai monitoringnya dan untuk menampilkan hasil inputan sensor.

3.8 Flowchart Alat Monitoring Lokasi Kebakaran Hutan

Berikut merupakan rancangan flowchart alat monitoring lokasi kebakaran hutan.



Gambar 8. Flowchart Sistem Kerja Alat

Penjelasan dari masing-masing bagian flowchart sebagai berikut:

1. Start, yaitu ketika alat mulai dinyalakan maka sistem mulai aktif dan siap untuk ke prosesselanjutnya.
2. Inialisasi input dan output, yaitu proses eksekusi program bagian pengaturan pada nodemcu mulai dari pengaturan Sensor, nodemcu, input dan output tiap pin arduino.
3. Baca flame sensor, yaitu untuk mendeteksi keberadaan titik api pada kebakaran hutan.
4. Api terdeteksi, jika ya, maka sensor akan menghitung jarak antara sensor dengan api. Jika tidak, maka sensor akan terus mencari keberadaan titik api.
5. Menampilkan informasi ke android, jika sensor telah mendeteksi titik api dan menghitung jaraknya maka sensor akan mengirim informasi ke android berupa jarak pada tiap-tiap sensor.

6. Finish, menyatakan akhir dari program.

3.9 Prototype Rangkaian

Dibawah ini akan ditampilkan dan dijelaskan dari rangkaian alat monitoring kebakaran hutan pada gambar 9.



Gambar 9. Tampilan Rangkaian Alat

Pada gambar 9 di atas dijelaskan bahwa alat tersebut memiliki komponen – komponen yaitu Arduino dan NodeMCU berperan penting dalam alat tersebut karna modul inilah yg mengatur semua pekerjaan Flame Sensor , kemudian ada sensor api (Flame Sensor) modul ini berfungsi sebagai pendeteksi api setelah ini mengirimkan data yg telah diterimanya ke Arduino, dan Android sebagai alat monitoringnya dan yang terakhir ada sumbu kompor untuk menyalakan apinya agar semua alat dapat bekerja.

3.10 Tampilan Aplikasi Android

Dibawah ini akan ditampilkan dan dijelaskan tampilan dari aplikasi monitoring kebakaran hutan yang dapat dilihat pada gambar 10 berikut ini :



Gambar 10. Tampilan Aplikasi Android

Pada gambar 10 terdapat tampilan yang berfungsi menampilkan informasi dari sensor api. Tetapi jika ingin menggunakan aplikasi ini, kita harus tersambung dulu dengan modul NodeMCU yang telah disetting sebelumnya.

3.11 Hasil Pengujian

Berikut hasil tabel pengujian dari sensor yang telah dirancang

Tabel 1. Hasil Pengujian

No	Flame Sensor 1	Flame Sensor 2	Materi Pengujian			Nilai < 100 Fuzzy Logic	Hasil Pengujian Notifikasi Aplikasi
			Flame Sensor 3	Flame Sensor 4	Flame Sensor 5		
1.	40	120	150	12	50	Flame 4	Tampil pesan "Kebakaran pada titik 4"



No	Materi Pengujian					Nilai <100 Fuzzy Logic	Hasil Pengujian Notifikasi Aplikasi
	Flame Sensor 1	Flame Sensor 2	Flame Sensor 3	Flame Sensor 4	Flame Sensor 5		
2.	40	100	130	30	20	Flame 5	Tampil pesan "Kebarakan pada titik 5 "
3.	800	700	900	600	1000	Null	Tampil Pesan "Kebarakan pada titik 0"

Pada setiap sistem atau pun yang dibuat pasti memiliki kelebihan dan kekurangan, berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan kelebihan serta kekurangan dari alat kebakaran hutan dengan menentukan titik api menggunakan metode *fuzzy logic* yang telah dibuat. Adapun yang menjadi kelebihan dari alat yang telah dirancang adalah alat ini dapat memberikan informasi titik pertama kali terjadinya kebakaran hutan dan dapat dipantau kapan saja, selagi masih dalam jangkauan jaringan NodeMCU. Sedangkan kekurangan Sistem adalah tidak bisa digunakan di luar jangkauan jaringan Nodemcu dan alat ini hanya memberikan informasi titik kebakaran sehingga menunggu petugas datang untuk memadamkan apinya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa sebelumnya yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan dengan menggunakan alat pemantau lokasi kebakaran hutan dapat menemukan keberadaan titik api pertama kali muncul dengan memanfaatkan sensor api dapat mengembangkan alat pendeteksi kebakaran sebesar 75%. Dengan memanfaatkan alat ini kita langsung dapat menemukan keberadaan titik api dan tidak perlu mencari cari lagi titik apinya didalam hutan. Agar didapat rancangan program yang lebih baik, pengamatan perlu diperluas dengan percobaan menggunakan sumber api yang lebih besar, sehingga dapat dideteksi pada jarak yang lebih jauh.

REFERENCES

- [1] A. Wajiansyah, S. Supriadi, S. Nur, and A. B. Wicaksono P, "Implementasi Fuzzy Logic Pada Robot Line Follower," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 4, p. 395, 2018, doi: 10.25126/jtiik.201854747.
- [2] dan Y. A. Tri Fidrian Arya, Mahar Faiqurahman, "APLIKASI WIRELESS SENSOR NETWORK UNTUK SISTEM MONITORING DAN KLASIFIKASI KUALITAS UDARA," *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., no. 246, pp. 74–82, 2018.
- [3] L. Hakim and J. Halim, "Peringatan Kebakaran Hutan Menggunakan Sensor Api , Suhu dan Asap," *Semin. Nas. Teknol. Inf. Dan Komun.*, vol. 14, pp. 26–38, 2018.
- [4] F. Rasyid, "Permasalahan dan Dampak Kebakaran Hutan," no. 4, pp. 47–59, 2014.
- [5] A. Yusuf, H. Hapsah, S. H. Siregar, and D. R. Nurrochmat, "Analisis Kebakaran Hutan Dan Lahan Di Provinsi Riau," *Din. Lingkungan. Indones.*, vol. 6, no. 2, p. 67, 2019, doi: 10.31258/dli.6.2.p.67-84.
- [6] A. Rizky Purwandito, Hardi Suyitno, "PENERAPAN SISTEM INFERENSI FUZZY METODE MAMDANI UNTUK PENENTUAN JUMLAH PRODUKSI EGGROLL," *UNNES J. Math.*, vol. 8, no. 1, pp. 6–8, 2019, doi: 10.1007/978-1-137-58506-6_2.
- [7] H. Irawan, M. Rivai, and F. Budiman, "Rancang Bangun Wireless Sensor Network Pada Pendeteksi Dini Potensi Kebakaran Lahan Gambut Menggunakan Banana Pi IoT," *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 2, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v6i2.26016.
- [8] A. F. Amira, A. S. Handayani, and C. Ciksadan, "Pengembangan Sistem Estimasi Posisi Node Sensor dengan Teknologi GPS pada Wireless Sensor Network," *Annu. Res. Semin.*, vol. 3, no. 1, pp. 157–160, 2017, [Online]. Available: file:///C:/Users/BANU/Zotero/storage/ELQZISKM/1714.html.
- [9] F. A. Fauzi, S. Sumaryo, M. A. Murti, F. T. Elektro, U. Telkom, and W. S. Network, "Desain Dan Implementasi Wireless Sensor Network Pada Sistem Monitoring Kebakaran Hutan Berbasis Internet of Things Design and Implementation Wireless Sensor Network for Forest Fires Monitoring System Based on Internet of Things," *J. Eng.*, vol. 5, no. 3, pp. 3869–3878, 2018.
- [10] N. Febriany, "PLIKASI METODE FUZZY MAMDANI DALAM PENENTUAN STATUS GIZI DAN KEBUTUHAN KALORI HARIAN BALITA MENGGUNAKAN SOFTWARE MATLAB," *J. Math.*, pp. 29–49, 2016.