

SISTEM PENDETEKSI DINI KEBAKARAN UNTUK PENANGGULANGAN BENCANA LINGKUNGAN KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN DI PROVINSI RIAU

Suherman¹, Refni Wahyuni², Abdi Muhaimin³, Yuda Irawan^{4*}

¹Sistem Informasi – Universitas Hang Tuah Pekanbaru

^{2,3,4}Teknik Informatika – Universitas Hang Tuah Pekanbaru

suhermansohor@gmail.com¹, refniabid@gmail.com², abdi.muhaimin86@gmail.com³,
yudairawan89@gmail.com^{4*}

Abstract

Forest and land fires in Riau are natural disasters that always repeat every time they enter the dry season. Soil conditions in the Riau area are peat-type soils with a total area of approximately 4.04 million hectares or 56.1% of the total area of peatlands in Sumatra so they are very vulnerable to fire. One solution in this research will be to design a system to be able to find out more quickly the signs of forest and land fires. A forest fire detection system or forest alert by applying the leading technology of the Internet of Things (IoT) to find out more quickly the signs of forest or land fires. The application of Internet of Things (IoT) technology is required in sending information to land owners and other authorities. In making an early detection tool for forest fires on peatlands, Arduino Uno is needed as a programming place. DHT22 temperature sensor as a means of detecting temperature and humidity on the ground and capacitive soil moisture sensor as a means of detecting soil moisture as an input device to Arduino. From these three data, it is sent to the server using the ESP8266 Wi-Fi module. From the test results, it can be concluded that the fire early detection system using the DHT22 sensor and capacitive soil becomes a system that is interconnected and runs well. The data processing on the DHT22 sensor reads the temperature and humidity values of the air around the sensor. While the data process on the capacitive soil sensor reads the value of moisture in the soil around the sensor. Websites that function to monitor early detection of fires are running well and can display and manage data sent by sensors. The data processing on the DHT22 sensor reads the temperature and humidity values of the air around the sensor. While the data process on the capacitive soil sensor reads the value of moisture in the soil around the sensor.

Keywords: Fire Early Detection, DHT22, Soil Sensor, ESP8266, IoT

Abstrak

Kebakaran hutan dan lahan di Riau merupakan bencana alam yang selalu berulang setiap memasuki musim kemarau. Kondisi tanah di daerah Riau merupakan tanah dengan jenis gambut dengan total luas lebih kurang 4,04 juta hektare atau 56,1% dari luas total lahan gambut di Sumatera sehingga sangat rentan terbakar. Salah satu Solusi dalam penelitian ini akan dirancang sebuah sistem untuk dapat mengetahui lebih cepat adanya tanda-tanda kebakaran hutan dan lahan. Sistem pendeteksi kebakaran hutan atau forest alert dengan menerapkan teknologi terkemuka Internet of Things (IoT) untuk mengetahui lebih cepat adanya tanda-tanda kebakaran hutan atau lahan. Penerapan teknologi Internet of Things (IoT) diperlukan dalam mengirimkan informasi kepada pemilik lahan dan pihak berwenang lainnya. Pada pembuatan alat pendeteksi dini kebakaran hutan di lahan gambut membutuhkan arduino uno sebagai tempat pemrograman. Sensor suhu DHT22 sebagai alat pendeteksi suhu dan kelembapan udara pada lahan dan sensor capacitive soil moisture sebagai alat pendeteksi kelembapan tanah sebagai alat input ke arduino. Dari ketiga data ini, dikirim ke server menggunakan modul Wi-Fi ESP8266. Dari hasil pengujian maka dapat disimpulkan sistem pendeteksi dini kebakaran dengan menggunakan sensor DHT22 dan capacitive soil menjadi sebuah sistem yang saling terhubung dan berjalan dengan baik. Proses data

pada sensor DHT22 membaca nilai suhu dan kelembaban udara di sekitar sensor. Sedangkan proses data pada sensor capacitive soil membaca nilai kelembaban dalam tanah sekitar sensor. Website yang berfungsi untuk melakukan monitoring deteksi dini kebakaran berjalan dengan baik dan dapat menampilkan serta mengelolah data yang dikirimkan oleh sensor. Proses data pada sensor DHT22 membaca nilai suhu dan kelembaban udara di sekitar sensor. Sedangkan proses data pada sensor capacitive soil membaca nilai kelembaban dalam tanah sekitar sensor.

Kata kunci: Deteksi Dini Kebakaran, DHT22, Sensor Soil, ESP8266, IoT

1. Pendahuluan

Kebakaran merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di daerah pemukiman penduduk yang menyebabkan terjadinya korban jiwa dan kerugian material. Menurut data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNBP) bahwa sepanjang Januari hingga Agustus 2019 mencatat total luas hutan dan lahan yang terbakar di seluruh Indonesia mencapai 328.724 hektare. Adapun kebakaran hutan dan lahan yang terbesar salah satunya berada di Provinsi Riau. Karena kondisi tanah di daerah Riau merupakan tanah dengan jenis gambut dengan total luas lebih kurang 4,04 juta hektare atau 56,1% dari luas total lahan gambut di Sumatera sehingga sangat rentan terbakar[1].

Kebakaran hutan di lahan gambut disebabkan oleh 2 faktor yaitu faktor alami dan faktor perbuatan manusia. Salah satu faktor alami yang menyebabkan terjadinya kebakaran yaitu cuaca panas pada musim kemarau panjang yang membuat lahan mengalami kekeringan, sedangkan faktor akibat ulah manusia antara lain dikarenakan pembukaan lahan, penebangan, dan pembakaran liar[2]. Kebakaran hutan di lahan gambut sering kali menyebabkan bencana asap yang dapat mengganggu aktivitas dan kesehatan masyarakat sekitar. Hal tersebut dikarenakan kebakaran hutan di lahan gambut menghasilkan emisi karbon terutama dalam bentuk karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂) dalam jumlah besar ke atmosfer sehingga menghasilkan asap yang tebal [3].

Adapun berbagai pemicu yang menyebabkan kebakaran salah satunya ketika cuaca sedang panas. Cuaca yang panas dapat mengakibatkan suhu menjadi tinggi, dari suhu yang tinggi dapat menyebabkan berkembangnya api. Kemudian kelembaban udara yang berasal dari evaporasi tanah, badan air dan transpirasi tumbuh-tumbuhan. Ketika keadaan suhu tinggi, membuat kelembaban udara menjadi rendah yang juga dapat menyebabkan kebakaran akan menjadi berlangsung

cepat. Lalu untuk kondisi tanah juga mempengaruhi kebakaran karena ketika cuaca yang panas menyebabkan kandungan air di dalam tanah berkurang sehingga nilai kelembaban tanah menjadi rendah.

Salah satu solusi untuk dapat mengetahui lebih cepat adanya tanda-tanda kebakaran hutan di lahan gambut maka diperlukan sebuah alat pendeteksi kebakaran otomatis yang dapat dijadikan informasi langsung kepada pemilik lahan, sehingga ketika terjadi bencana kebakaran, risiko menjalarnya api ke tempat yang lebih luas dapat di tanggulang dengan cepat karena pemilik lahan sudah melakukan tindakan sejak dini.

Maka dari itu membutuhkan multisensor untuk mendeteksi kebakaran di lahan gambut yang terdiri dari sensor suhu, sensor kelembaban tanah, dan sensor udara. Teknologi yang akan dirancang ini merupakan penggabungan beberapa komponen teknologi yang dikemas menjadi satu dan ditempatkan kedalam hutan atau lahan. Sistem ini dirancang untuk mengakses area hutan dan lahan yang jauh dan tidak terjangkau yang dilengkapi dengan beberapa sensor dalam mendeteksi kebakaran hutan sebelum api keluar dan mengirimkan informasi tersebut kepada pemilik lahan dan pihak berwenang. Sistem ini akan mendeteksi kebakaran dengan cepat dan akurat sebelum menyebar ke ratusan hektar dan diluar kendali, sehingga ketika terjadi bencana kebakaran maka resiko menjalarnya api ke tempat yang lebih luas dapat di tanggulang dengan cepat.

2. Tinjauan Pustaka

1. Arduino

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 pin digital input/output. Arduino Uno memiliki 6 pin (3, 5, 6, 9, 10, dan 11) yang dapat digunakan sebagai output PWM, 6 input analog, clock speed 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP, dan tombol reset[4].

2. ATmega328

ATmega328 merupakan chip mikrokontroler yang digunakan oleh Arduino Uno dengan kemampuan tinggi dari atmel 8-bit mikrokontroler AVR berbasis RISC yang menggabungkan 32KB ISP flash memory dengan kemampuan read-write, 1KB EEPROM, 2KB SRAM, 23 line general purpose I/O, 32 buah register, intrupsi internal dan eksternal, serial USART programmable, 6 channel 10-bit ADC. Perangkat ini berkerja membutuhkan daya sekitar 1,8-5,5 volt[5].

3. Sensor DHT-22

Sensor DHT-22 merupakan salah satu sensor suhu dan kelembaban yang juga dikenal sebagai sensor AM2302. Sensor ini hampir sama seperti DHT11 juga memiliki empat kaki[6].

4. Capacitive Soil Moisture Sensor

Soil moisture adalah salah satu jenis sensor yang berfungsi untuk mendeteksi tingkat kelembaban tanah. Tingkat kelembaban tanah didapatkan dengan cara membaca resistansinya, semakin banyak kandungan air didalam tanah maka semakin mudah sensor ini menghantarkan listrik (resistansi kecil), dan akan sulit menghantarkan listrik ketika tanah dalam keadaan kering (resistansi besar)[7].

5. Modul ESP8266

Modul wireless ESP8266 merupakan modul low-cost Wi-Fi dengan dukungan penuh untuk penggunaan TCP/IP. Modul ini di produksi oleh Espressif Chinese manufacturer. Pada tahun 2014, AI-Thinker manufaktur pihak ketiga dari modul ini mengeluarkan modul ESP-01, modul ini menggunakan AT-Command untuk konfigurasinya. Harga yang murah, penggunaan daya yang rendah dan dimensi modul yang kecil menarik banyak developer untuk ikut mengembangkan modul ini lebih jauh[8].

Tinjauan Penelitian

Penelitian yang dilakukan oleh Lukman Hakim dan Jhensen Halim tahun 2018 dengan judul Peringatan Kebakaran Hutan Menggunakan Sensor Api, Suhu, dan Asap. Pada penelitian ini menggunakan detektor api dengan sensor KY-026 dan detektor asap dengan sensor MQ-2 ditambahkan sensor kelembaban udara dengan sensor HDT11, menggunakan mikrokontroler arduino dan algoritma fuzzy logic mamdani yang menghitung nilai sensor pada alat detektor peringatan kebakaran.[9]

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Gading Sasongko dan Dwi Ana Ratna Wati tahun 2019

berjudul Perancangan Prototype Pendeteksi Kebakaran Otomatis Dengan Sistem Fuzzy Berbasis IoT. Pada penelitian ini digunakan 3 buah sensor yaitu sensor suhu, sensor gas, dan sensor api. Setiap sensor memonitoring kondisi di lingkungan sekitarnya dan nantinya kesimpulan dari level kebakaran akan dilakukan oleh sistem fuzzy. Apabila ada indikasi terjadinya kebakaran maka sistem akan mengirimkan e-mail dan menghidupkan buzzer. Selain itu juga, kondisi semua sensor dapat dimonitor melalui web server[10].

Penelitian selanjutnya oleh Nur Yanti, Fathur Zaini Rachman, Taufik Nur, dan Bobby Ade Saputra tahun 2019 dengan judul Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Dini Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan Multisensor. Penelitian ini menggunakan multisensor dalam mendeteksi kebakaran. Sensor yang digunakan meliputi sensor api KY-026, sensor asap MQ-9 dan sensor suhu DS18B20. Pada sistem juga ditanamkan sebuah sistem cerdas yaitu logika fuzzy untuk mengolah data pembacaan sensor. Hasil output dari sistem ini berupa nilai tegas yaitu nilai dalam range 1 sampai 5 dari hasil defuzzifikasi multisensor pada setiap modul. Sehingga dihasilkan rata-rata error defuzzifikasi sebesar 0.99%, setelah dibandingkan dengan output MATLAB[11].

Penelitian oleh Edy Supriadi dan Faizal Puji Subagja tahun 2020 berjudul Rancang Bangun Alarm Pendeteksi Kebakaran Pada Gedung Bertingkat Menggunakan Metode Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler Serta Terintegrasi IOT. Pada penelitian ini ini bekerja menggunakan metode logika fuzzy untuk mengukur kondisi asap dan suhu ruangan, di mana output dari proses logika fuzzy tersebut adalah kecepatan putaran kipas exhaust. Serta sensor api akan mendeteksi api pada ruangan jika terdeteksi api, pompa akan aktif untuk memadamkan api pada ruangan tersebut serta secara bersamaan akan mengirimkan data dan status kebakaran menuju webserver[12].

Penelitian oleh Siswanto, Sutarti, Riyan Naufal Hay's, dan Ardi Setyo Anggoro tahun 2020 berjudul Prototype Wireless Sensor Network (WSN) Sistem Pendeteksi Dini Kebakaran Hutan

Pada penelitian ini mendeteksi kebakaran hutan dapat memberikan informasi kepada penjaga hutan dari jarak jauh untuk mengurangi dampak dari kebakaran. Teknologi yang dapat digunakan

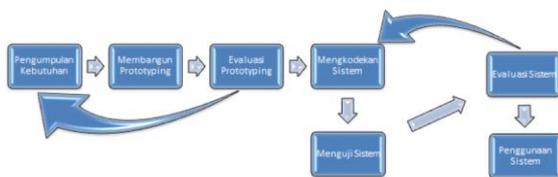
adalah teknologi Wireless Sensor Network (WSN) yang terhubung dengan sensor Mq2, sensor api, sensor suhu, dan terhubung ke internet melalui aplikasi Blynk yang terpasang pada Smartphone[13].

Peneliti terdahulu memiliki kelebihan dan kekurangannya setiap alat yang di buat, namun alat yang di buat peneliti kali ini memiliki kelebihan yang tidak di miliki peneliti terdahulu:

1. Alat yang akan di rancang lebih minimalis.
2. Menggunakan Solar Cell untuk mengatasi permasalahan listrik pada saat alat akan diletak di lahan yang jauh dari sumber energi listrik.
3. Biaya pengeluaran cenderung lebih hemat karena dalam mendeteksi ancaman dengan menggunakan dua sensor didapat 3 hasil data yang dibaca sensor.

4. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam merancang dan membangun sistem pada laporan penelitian ini yakni menggunakan metode model *prototype*, pada model *prototype* terdapat alur dalam pengembangan sistem.



Gambar 1. Metode Prototyping

Metode ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

1. Pengumpulan Kebutuhan

Peneliti akan melakukan pengumpulan data terlebih dahulu terhadap permasalahan yang terjadi dan apa saja faktor atau penyebab yang memengaruhi terjadinya kebakaran pada lahan gambut sebagai bahan pertimbangan dalam penelitian agar menentukan keputusan pada tahap selanjutnya.

2. Membangun Prototyping

Perancangan dilakukan dengan cepat dan rancangan tersebut mewakili semua aspek perangkat keras yang diketahui dan rancangan ini menjadi dasar pembuatan alat.

3. Evaluasi Prototyping

Tahap selanjutnya, prototype yang telah dibangun akan dievaluasi terlebih dahulu. Apakah sudah sesuai dengan semua kebutuhan untuk pembuatan alat. Jika belum, mengulang ke langkah 1 dan 2. Jika sudah, lanjut ke tahap 4.

4. Mengkodekan Sistem

Setelah prototyping selesai dievaluasi, tahap selanjutnya prototyping diterjemahkan dalam bahasa pemrograman.

5. Menguji Sistem

Kemudian tahap selanjutnya kode program yang telah dibuat sebelumnya akan diuji apakah dapat berjalan dengan baik atau masih ada yang perlu diperbaiki atau belum sesuai harapan.

6. Evaluasi Perangkat

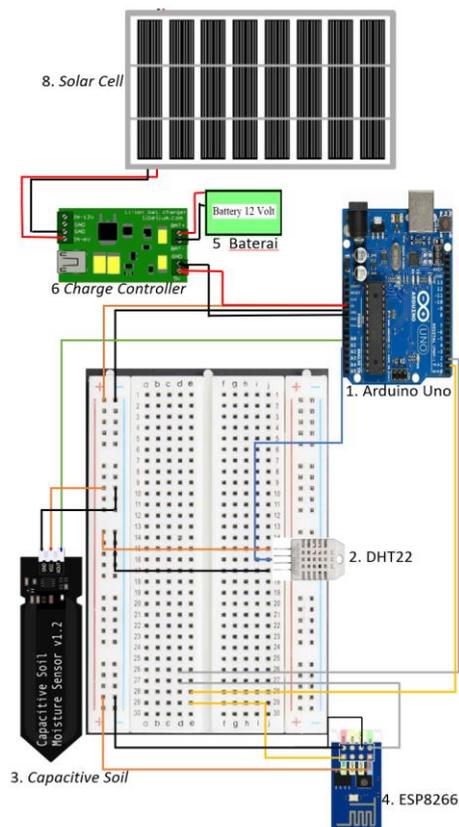
Setelah selesai diuji maka akan dilakukan evaluasi keseluruhan perangkat yang sudah jadi. Apakah sesuai dengan yang diharapkan atau belum. Jika belum, maka keseluruhan perangkat akan direvisi kembali dan mengulang ketahap 4 dan 5. Jika sudah, maka perangkat yang telah dibuat siap untuk digunakan.

7. Penggunaan Sistem

Tahap ini merupakan tahap akhir dari pembuatan alat Pendeteksi Dini Kebakaran Hutan dengan metode prototype. Pada tahap ini, alat yang sudah jadi dan sudah lulus uji, siap untuk digunakan oleh pengguna.

5. Hasil dan Pembahasan

Rancangan penelitian dibutuhkan untuk mempermudah peneliti melakukan dan mencapai tujuan sesuai alur yang sudah ditetapkan. Perancangan perangkat keras yang akan dibuat adalah sebagai berikut.



Gambar 2. Perancangan Alat dan Komponen

Gambar 2 menunjukkan proses dari tiap bagian perangkat dalam melakukan proses. Pada gambar tersebut terdiri dari komponen-komponen yaitu:

1. Pin-pin yang akan digunakan pada papan arduino yaitu, pin GND, pin 5v pin digital 1, pin digital 2, pin analog 0, dan pin analog 1. Fungsi Arduino Uno adalah untuk melakukan program mikrokontroler dan memudahkan dalam melakukan prototyping.
2. DHT22 salah satu komponen utama dalam alat ini. DHT22 memiliki fungsi untuk mendeteksi suhu. Selain untuk mendeteksi suhu, DHT22 ini juga untuk mendeteksi kelembaban udara di sekitar sensor. DHT22 berada di pin analog 1.
3. Selain DHT22, komponen utama lain yaitu Capacitive soil moisture. Komponen ini berfungsi untuk mendeteksi kelembaban tanah. Sensor yang dipilih adalah sensor yang dipilih adalah sensor memiliki sifat tahan air agar alat tidak rusak terkena rendaman air. Untuk komponen ini, dipasangkan di pin analog 0.
4. ESP8266 berfungsi merupakan modul wi-fi yang berfungsi sebagai perangkat tambahan

mikrokontroler seperti arduino agar dapat terhubung langsung dengan wi-fi dan membuat koneksi TCP/IP. Pin-pin yang digunakan adalah pin GND, VIN, pin RX, pin TX. Dengan adanya komponen ini, maka data dapat dikirimkan ke server.

5. Baterai 12 V sebagai sistem penyimpanan energi.
6. Charge controller berfungsi mengatur arus pengisian dari solar sel ke baterai sedemikian rupa tanpa menyebabkan baterai kelebihan pengisian. Pin-pin yang digunakan yaitu untuk koneksi ke solar cell menggunakan pin GND dan In-4V. Untuk koneksi ke arduino uno menggunakan pin GND dan 5V. Sedangkan untuk koneksi ke baterai menggunakan pin BAT+ dan BAT-
7. Solar cell berfungsi sebagai sumber listrik utama pada alat ini, terletak di luar lemari agar solar cell mendapatkan cahaya matahari. Sebelum dihubungkan ke arduino, komponen ini dihubungkan ke charge controller untuk mengatur arus pengisian untuk mengisi baterai 12 V sebagai sistem penyimpanan energi.

Implementasi sistem merupakan tahap dimana sistem yang telah dirancang pada tahap sebelumnya akan diterapkan. Dengan penerapan sistem yang dirancang, hasilnya dapat dioperasikan dan digunakan secara optimal sesuai kebutuhan. Langkah-langkah dalam implementasi sistem adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Desain Alat

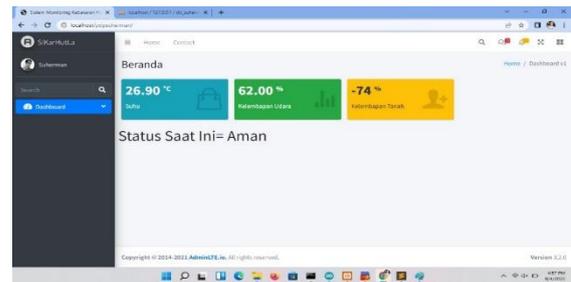
Gambar 3 merupakan implementasi alat pendeteksi dini kebakaran hutan di lahan gambut semua komponen selain capacitive soil, disimpan dalam sebuah lemari berukuran 10x20x40 cm.



Gambar 4. Komponen Sensor dan Perangkat Pendukung

Gambar 4 merupakan desain dari alat pendeteksi kebakaran ini. Komponen arduino dan

DHT22 disimpan dalam sebuah lemari. Sedangkan sensor capacitive soil diletakkan di luar lemari. Untuk implementasi sumber energi listrik, menggunakan solar cell. Solar cell ini dipasang diatas lemari sehingga mendapatkan cahaya matahari langsung. Pemasangan solar cell sebelum dihubungkan ke arduino, menggunakan charge controller yang berfungsi mengatur arus pengisian dari solar sel ke baterai sedemikian rupa tanpa menyebabkan baterai kelebihan pengisian. Dan untuk baterai, menggunakan baterai 12 V sebagai sistem penyimpanan energi.



Gambar 5. Tampilan Website Monitoring Kebakaran

Dalam melakukan monitoring deteksi dini kebakaran menggunakan Bahasa pemrograman berbasis website yang dapat di akses secara online. Pada website akan ditampilkan 3 parameter untuk mendeteksi dini kebakaran, yaitu parameter suhu, kelembapan udara, dan kelembapan tanah. Adapun parameter tersebut berasal dari inputan yang telah dikirim melalui teknologi IoT dan sensor-sensor.

Pengujian

Berikut tabel hasil pengujian:

Tabel 1. Pengujian Sensor

Komponen	Uji		
	Kalibrasi	Respon	Hasil
Suhu	≤ 34 = Normal	Merespon Suhu	Sukses
	$35 - 40$ = Siaga	Merespon Suhu	Sukses
	≥ 41 = Bahaya	Merespon Suhu	Sukses
Kelembapan Udara	≤ 60 = Kering	Merespon Kelembapan Udara	Sukses
	≥ 59 = Lembab	Merespon Kelembapan Udara	Sukses
Kelembapan Tanah	> 3200 = Kadar Air Kering	Merespon Kelembapan Tanah	Sukses
	1300 s/d 3200 = Kadar Air Sedang	Merespon Kelembapan Tanah	Sukses
	< 1300 = Kadar Air Tinggi	Merespon Kelembapan Tanah	Sukses

Setelah dilakukan perhitungan pengujian dalam waktu yang berbeda sebanyak 8 kali seperti yang pada tabel 1, didapatkan hasil keluaran menunjukkan bahwa sensor pada alat pendeteksi dini kebakaran ini bekerja dengan baik, dan dapat merespon dengan baik.

6. Kesimpulan

Proses perancangan sistem pendeteksi dini kebakaran dengan menggunakan sensor DHT22 dan capacitive soil menjadi sebuah sistem yang saling terhubung dan berjalan dengan baik. Proses data pada sensor DHT22 membaca nilai suhu dan kelembaban udara di sekitar sensor. Sedangkan proses data pada sensor capacitive soil membaca nilai kelembaban dalam tanah sekitar sensor. Website yang berfungsi untuk melakukan monitoring deteksi dini kebakaran berjalan dengan baik dan dapat menampilkan serta mengelolah data yang dikirimkan oleh sensor.

Daftar Rujukan

- [1] Wahyuno, S. Ritung, H. S. (2003). Map of Peatland Distribution Area and Carbon Content in Sumatera. Wetland International-Indonesia Program and Wildlife Habitat Canada (WHC).
- [2] Pambudi, R. A., Setiawan, B. D., & Wijoyo, S. H. (2017). Implementasi Fuzzy Time Series untuk Memprediksi Jumlah Kemunculan Titik Api. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIHK) Universitas Brawijaya*, 2(11), 4767–4776.
- [3] Leven, T.S, Rismawan, T., Nirmala, I. (2017). Sistem Monitoring Dan Peringatan Dini Kebakaran Hutan Dan Lahan Gambut Berbasis Arduino Dengan Antarmuka Website Dan Short Message Service (Sms). *Jurnal Coding, Sistem Computer Untan*, Vol. 05 No, 72–79.
- [4] Amarudin, A., Saputra, D. A., & Rubiyah, R. (2020). Rancang Bangun Alat Pemberi Pakan Ikan Menggunakan Mikrokontroler. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali Dan Listrik*, 1(1), 7-13.
- [5] Dabukke, H., Sijabat, S., & Adiansyah, A. (2020). Rancang Bangun Pulse Oximetry (Spo2) Pada Alat Pasien Monitor. *Jurnal Teknologi Kesehatan Dan Ilmu Sosial (Tekesnos)*, 2(2), 122-137.
- [6] Mukhammad, Z. (2020). Perancangan sistem pembersih udara menggunakan metode Fuzzy Mamdani untuk kontrol kipas berbasis IOT (Internet Of Things) (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- [7] Putra, R. W., & Suryamen, H. (2019). Sistem Monitoring Tanah Longsor Berbasis Internet of Things dan Geographic Information System. *JITCE (Journal of Information Technology and Computer Engineering)*, 3(02), 70-77.
- [8] AZHAR, M. I. (2019). Rancang Bangun Robot Pengukuran Jarak Menggunakan Web Dan Smartphone Android. *Kumpulan Karya Ilmiah Mahasiswa Fakultas sains dan Tekhnologi*, 1(1), 368-368.
- [9] Mei Dwila Nawa, S. N. (2020). Prototype Sistem Pendeteksi Kebakaran Hutan Berbasis Arduino Dan Fuzzy Logic (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Telkom Purwokerto).
- [10] Sasongko, G. (2019). Perancangan Prototype Otomatis Pendeteksi Kebakaran Sistem Fuzzy Berbasis IoT.
- [11] Yanti, N., Rahman, F. Z., & Nur, T. (2019). Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Dini Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan Multisensor. *Journal of Industrial Engineering Management*, 4(2), 213-224.
- [12] Supriyadi, E., & Subagja, F. P. (2020). Rancang Bangun Alarm Pendeteksi Kebakaran Pada Gedung Bertingkat Menggunakan Metode Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler Serta Terintegrasi Iot. *Sinusoida*, 22(2), 10-20.
- [13] Siswanto, S., Sutarti, S., Hays, R. N., & Anggoro, A. S. (2020). Prototype Wireless Sensor Network (Wsn) Sistem Pendeteksi Dini Kebakaran Hutan. *Jurnal Perspektif*, 4(2), 117-122.