

PURWARUPA ALAT DETEKSI INDIKASI DINI KESEHATAN PARU-PARU MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)

(PROTOTYPE FOR EARLY LUNG HEALTH INDICATION DETECTOR USING FUZZY LOGIC METHOD BASED ON INTERNET OF THING (IoT))

Aulya Fatimah Rahmah Pane¹, Ir. Ahmad Tri Hanuranto, M.T. ², Sussi, S, Si., M.T.³
^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹auliapane@student.telkomuniversity.ac.id, ²athanuranto@telkomuniversity.ac.id,
³sussiss@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Paru-paru merupakan organ tubuh penting manusia yang rentan terkena penyakit karena bersinggungan langsung dengan udara yang terhirup melalui hidung. Cara mendeteksi kesehatan paru-paru yaitu menggunakan CT-Scan. Banyak masyarakat yang tidak tahu dengan sistem ini dan biasanya biayanya mahal, lalu akhirnya malas untuk memeriksakan kondisi kesehatan paru-paru mereka.

Pada penelitian ini dirancang sebuah prototipe alat pendeteksi kesehatan paru-paru pasien menggunakan metode Fuzzy Logic berbasis Internet of Things (IoT), Sensor yang digunakan adalah sensor warna TCS3200, sensor suhu DS18B20 dan sensor Piezoelektrik yang dihubungkan dengan mikrokontroler Esp2866 dan disajikan dalam aplikasi android smartphone kemudian data sensor beserta nilai fuzzy akan diteruskan ke database firebase.

Dari hasil pengujian sistem, diketahui bahwa alat dapat terhubung dengan database dan pembacaan berjalan dengan baik. Pada pengujian prototipe diketahui bahwa masukan sensor yang semakin besar akan menghasilkan hasil keluaran nilai fuzzy yang tidak sehat. Pada algoritma fuzzy logic didapatkan akurasi sebesar 99,995 %. Untuk nilai rata-rata delay alat menuju API sebesar 0,670 s, sedangkan untuk rata-rata delay pembacaan data dari API ke alat sebesar 0,566 s dan rata-rata nilai throughput pembacaan data dari alat ke API sebesar 26969 bps, sedangkan untuk rata-rata throughput pembacaan data dari API ke alat sebesar 26535 bps.

Kata kunci : *IoT, Fuzzy Logic, Paru-paru, CT-`Scan, Smartphone, Firebase, Mikrokontroler.*

Abstract

The lungs are an important human organ that is susceptible to disease because it comes into direct contact with air that is inhaled through the nose. How to detect lung health is to use a CT scan. Many people do not know about this system and it is usually expensive, then they are lazy to have their lungs checked.

In this study, a prototype of a patient lung health detection tool was designed using the Internet of Things (IoT) based Fuzzy Logic method. The sensors used are the TCS3200 color sensor, DS18B20 temperature sensor and Piezoelectric sensor connected to the Esp2866 microcontroller and presented in the android smartphone application. Then the sensor data along with the fuzzy values will be forwarded to the Firebase database.

From the results of system testing, it is known that the tool can be connected to the database and the reading goes well. In prototype testing, it is known that the larger the sensor input will result in an unhealthy fuzzy value. The fuzzy logic algorithm has an accuracy of 99.995 %. For the average delay value for the tools to the API is 0.670 s, while for the average delay data reading from the API to the device is 0.566 s and the average throughput value for reading data from the device to the API is 26969 bps while the average throughput of data reading from API to the device is 26535 bps.

Keywords: *IoT, Fuzzy Logic, Paru-paru, CT-`Scan, Smartphone, Firebase, Mikrokontroler.*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi dipakai hampir disemua kalangan dan semua bidang. Salah satu bidang yang juga tidak terlepas dari teknologi adalah bidang kesehatan. Dengan adanya perkembangan teknologi dibidang kesehatan akan membuat tingkat kesehatan pada saat ini lebih baik lagi. Akan

tetapi permasalahan yang sering muncul adalah bagaimana menjadikan teknologi sebagai penunjang kesehatan kita. Salah satu kesehatan yang harus diperhatikan ialah kesehatan paru-paru[1].

Paru-paru manusia adalah organ yang rentan terkena penyakit karena bersinggungan langsung dengan udara yang terhirup melalui hidung. Penyakit paru merupakan penyakit yang tingkat kejadiannya cukup luas dan dapat menyerang siapa saja tanpa memandang usia dan suku bangsa. Dalam kehidupan sehari-hari kita banyak menjumpai penyakit seperti asma, bronkitis, TBC, batuk serta demam dalam masyarakat. Sekalipun ada beberapa penyakit paru yang tidak membahayakan jiwa, namun tetap tidak boleh di anggap sepele, mengingat berbagai komplikasi yang dapat di timbulkan[2]. Umumnya pengecekan kesehatan paru-paru saat ini menggunakan alat yang dinamakan Computer Tomography, Computer Tomography (CT) Scanner merupakan alat diagnostik dengan teknik radiografi yang menghasilkan gambar potongan tubuh secara melintang berdasarkan penyerapan sinar-x pada irisan tubuh yang ditampilkan pada layar monitor tv hitam putih[3]. Bisa dibilang CT-Scan adalah alat yang digunakan untuk membaca kondisi tubuh seseorang. Namun, keberadaan alat ini di setiap rumah sakit belum dipastikan ada, dikarenakan alat ini pun terbilang cukup mahal dan untuk pengecekan pasien juga berkisar jutaan rupiah.

Pada penelitian sebelumnya, purwarupa alat pendeteksi kesehatan paru-paru sudah ada tetapi belum menggunakan jaringan internet. Dengan adanya internet mampu membuat pekerjaan agar lebih mudah, salah satunya pengembangan ini menggunakan mobile device. Perkembangan teknologi mobile device saat ini memungkinkan kebutuhan akan informasi dapat terpenuhi. Salah satu contoh alat telekomunikasi yang mengalami perkembangan signifikan adalah alat telekomunikasi bergerak yang menggunakan sistem operasi Android[4]. Selain pengembangan menggunakan mobile device juga menggunakan metode Fuzzy Logic. Metode Fuzzy Logic adalah metodologi sistem control pemecahan masalah, yang cocok untuk diimplementasikan pada sistem, mulai dari sistem yang sederhana, sistem kecil, embedded system, jaringan PC, multi- channel atau workstation berbasis akuisisi data, dan sistem control. Dalam logika klasik dinyatakan bahwa segala sesuatu bersifat biner, yang artinya adalah hanya mempunyai dua kemungkinan, “Ya atau Tidak”, “Benar atau Salah”, “Baik atau Buruk” dan lainlain. Oleh karena itu, sistem ini dapat mempunyai nilai keanggotaan 0 atau 1. Akan tetapi, dalam logika fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan berada di antara 0 dan 1. Logika fuzzy dapat digunakan di berbagai bidang, seperti pada sistem diagnosis penyakit (dalam bidang kedokteran); pemodelan sistem pemasaran, riset operasi (dalam bidang ekonomi); kendali kualitas air, prediksi adanya gempa bumi, klasifikasi dan pencocokan pola (dalam bidang teknik)[5]. Maka dari itu perlu melakukan pengembangan pada penelitian ini yang memungkinkan untuk mengarah pada Internet of Things (IoT).

2. Dasar Teori

2.1 Kesehatan Paru-paru

Umumnya kesehatan paru-paru tidak sering difikirkan sebagian orang. Memiliki paru-paru yang sehat ataupun kurang sehat merupakan hal yang kurang diperhatikan sebagian orang kecuali sudah merasakan gejala-gejala yang mengganggu kegiatan sehari-hari seperti contohnya sesak napas, batuk berdahak, rasa nyeri dada ataupun gejala-gejala lainnya. Gejala-gejala tersebut akan menimbulkan penyakit seperti Asma, Ispa maupun TBC. Penyakit tersebut akan datang akibat kelalaian seseorang akan pentingnya memperhatikan kesehatan paru-paru. Salah satu faktor yang menyebabkan minimnya tingkat kesadaran akan kesehatan paru-paru ialah dengan biaya yang mahal untuk pengecekan dan ketersediaan alat di rumah sakit juga tidak mengadai akibat alatnya cukup besar dan mahal. Untuk memudahkan seseorang dalam upaya menjaga kesehatan paru-paru tanpa harus merogoh biaya yang mahal dan juga memudahkan dokter maupun rumah sakit untuk melakukan pengecekan kesehatan paru-paru pasien tanpa harus menyediakan ruangan yang besar dan membeli alat seperti CT-Scan yang cukup mahal dibutuhkan suatu alat yang mampu mengatasi dan mengurangi permasalahan tersebut.

2.2 Kondisi Kesehatan Paru-Paru

Peneliti menemukan beberapa kesamaan gejala pada penyakit paru-paru. Maka dari itu, untuk menentukan status kesehatan paru-paru pada penelitian ini dianalisis berdasarkan tiga parameter yaitu:

1. Kuku sering dijadikan sebagai barometer kesehatan secara keseluruhan. Salah satu indikatornya adalah warna pada kuku. Kuku yang berwarna biru menandakan adanya gejala penyakit pernapasan yaitu kurangnya suplai oksigen yang baik ke dalam darah[6].

2. Dari setiap penyakit pada paru-paru ada satu gejala yang hampir sama, yaitu demam atau suhu tubuh diatas $37,1^{\circ}\text{C}$ [7].
3. Pada perubahan tekanan mengukur pada kapasitas vital paru-paru, respirasi rate, dan jika hasil ukur kapasitas vital paru-paru kurang dari 80 % dari nilai prediksi kapasitas paru-paru maka kondisi paru-paru dideteksi tidak sehat[8].

2.3 Internet of Things (IoT)

Internet of things adalah suatu konsep dimana objek tertentu punya kemampuan untuk mentransfer data lewat jaringan tanpa memerlukan adanya interaksi dari manusia ke manusia ataupun dari manusia ke perangkat komputer. Pada sistem pengiriman data internet of things umumnya digunakan sebuah cloud sebagai penyimpanan data. Internet of Things juga merupakan sebuah teknologi yang dapat memungkinkan terjadinya pengendalian, komunikasi dan kerjasama dengan perangkat keras atau hardware melalui suatu jaringan internet. IoT menggunakan bahasa pemrograman tingkat rendah yang hanya dimengerti oleh mesin, bentuk komukasinya yaitu dapat di kendalikan dari jarak jauh karena terhubung dengan jaringan komputer atau internet[9].

2.4 NodeMCU ESP 8266

NodeMCU ESP8266 adalah chip terintegrasi yang dirancang untuk menghubungkan mikrokontroler dengan internet melalui Wi-Fi. Ia menawarkan solusi jaringan Wi-Fi yang lengkap dan mandiri, yang memungkinkan untuk menjadi host ataupun sebagai Wi-Fi client. ESP8266 memiliki kemampuan pengolahan dan penyimpanan on-board yang kuat, yang memungkinkannya untuk diintegrasikan dengan sensor dan aplikasi perangkat khusus lain melalui GPIOs dengan pengembangan yang mudah serta waktu loading yang minimal. Tingkat integrasinya yang tinggi memungkinkan untuk meminimalkan kebutuhan sirkuit eksternal, termasuk modul front-end, dirancang untuk mengisi daerah PCB yang minimal[10].



Gambar 2.1 NodeMCU ESP-2866

2.5 Sensor Warna TCS3200

TCS3200 merupakan konverter yang diprogram untuk mengubah warna menjadi frekuensi yang tersusun atas konfigurasi idan konverter arus ke frekuensi dalam IC CMOS monolithic yang tunggal. Keluaran dari sensor ini adalah gelombang kotak (duty cycle 50%) frekuensi yang berbanding lurus dengan intensitas cahaya (irradiance)[11].



Gambar 2.2 Sensor TCS3200

2.6 Sensor Suhu DS18B20

Sensor DS18B20 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat mudah menghubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan[12]. Sensor suhu DS18B20 ini merupakan alat pengukur suhu dengan kemampuan tahan air (waterproof). Cocok digunakan untuk mengukur suhu pada tempat yang sulit, atau basah. Karena output data alat ini merupakan data digital, maka sangat baik ketika digunakan untuk jarak yang jauh, tanpa harus khawatir akan degradasi data.



Gambar 2.3 Sensor DS18B20

2.7 Sensor Piezoelektrik

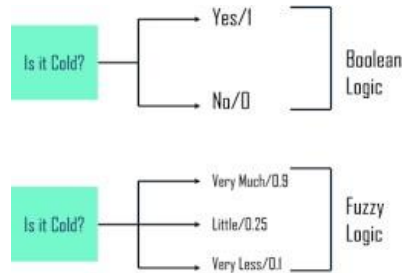
Piezoelectric diartikan sebagai kemampuan yang dimiliki dengan berbahan kristal maupun bahan-bahan tertentu yang dapat menghasilkan tegangan listrik jika mendapatkan tekanan atau regangan untuk mengukur tekanan, regangan, kekuatan, atau percepatan (Maulana, 2016). Efek piezoelectric terjadi akibat adanya tekanan dan menghasilkan tegangan listrik[13].



Gambar 2.4 Sensor Piezoelektrik

2.8 Fuzzy Logic

Logika fuzzy diperkenalkan pertama kali pada tahun 1965 oleh Prof Lutfi A. Zadeh seorang peneliti di Universitas California di Berkeley dalam bidang ilmu komputer. Professor Zadeh beranggapan logika benar salah tidak dapat mewakili setiap pemikiran manusia, kemudian dikembangkanlah logika fuzzy yang dapat mempresentasikan setiap keadaan atau mewakili pemikiran manusia. Perbedaan antara logika tegas dan logika fuzzy terletak pada keanggotaan elemen dalam suatu himpunan. Jika dalam logika tegas suatu elemen mempunyai dua pilihan yaitu terdapat dalam himpunan atau bernilai 1 yang berarti benar dan tidak pada himpunan atau bernilai 0 yang berarti salah. Sedangkan dalam logika fuzzy, keanggotaan elemen berada di interval $[0,1]$. Sebagai contohnya ialah suatu dimensi temperatur ruangan bisa diekspresikan dalam teori logika fuzzy dengan perkataan dingin, normal, maupun panas[14].



Gambar 2.5 Logika Fuzzy Logic

Kontrol yang ditanamkan pada sistem ini merupakan kontrol menggunakan logika fuzzy. Pada sistem ini sensor suhu dan warna berfungsi sebagai masukan untuk sistem dan setelah diolah nantinya masukan tersebut akan mengatur keluaran berupa tolak ukur parameter dalam bentuk waktu. Pengendali logika fuzzy akan mengevaluasi setiap input crisp berupa error dan perubahan error ke dalam tiga tahapan, yaitu fuzzifikasi, Inference dan defuzzifikasi.

2.9 Quality of Service

Quality of Service QoS adalah metode untuk mengukur seberapa baik kualitas jaringan dan usaha untuk menggambarkan karakteristik dan sifat dari suatu layanan. QoS mengacu kepada seberapa baik jaringan dapat menyediakan layanan yang lebih baik melalui teknologi yang berbeda-beda. Parameter yang digunakan untuk menguji QoS adalah delay dan throughput[15].

2.10 Android Studio

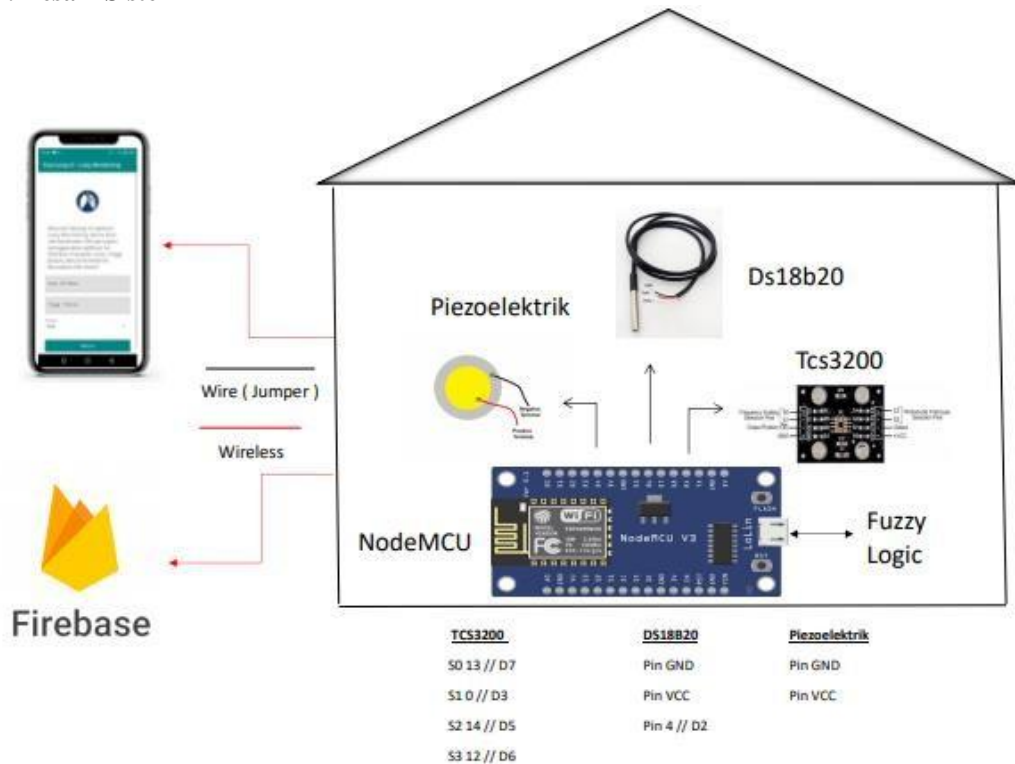
Android Studio merupakan sebuah Integrated Development Environment (IDE) khusus untuk membangun aplikasi yang berjalan pada platform android. Android studio ini berbasis pada IntelliJ IDEA, sebuah IDE untuk bahasa pemrograman Java. Bahasa pemrograman utama yang digunakan adalah Java, sedangkan untuk membuat tampilan atau layout, digunakan bahasa XML. Android studio juga terintegrasi dengan Android Software Development Kit (SDK) untuk deploy ke perangkat android[16].

2.11 Firebase

Firebase merupakan platform untuk aplikasi realtime. Ketika data berubah, maka aplikasi yang terhubung dengan firebase akan meng-update secara langsung melalui setiap device (perangkat) baik website ataupun mobile [3]. Firebase mempunyai library (pustaka) yang lengkap untuk sebagian besar platformweb dan mobile dan dapat digabungkan dengan berbagai framework lain seperti node, java, javascript, dan lain-lain. Application Programming Interface (API) untuk menyimpan dan sinkronisasi data akan disimpan sebagai bit dalam bentuk JSON (JavaScript Object Notation) pada cloud dan akan disinkronisasi secara realtime[17].

3. Pembahasan

3.1. Desain Sistem

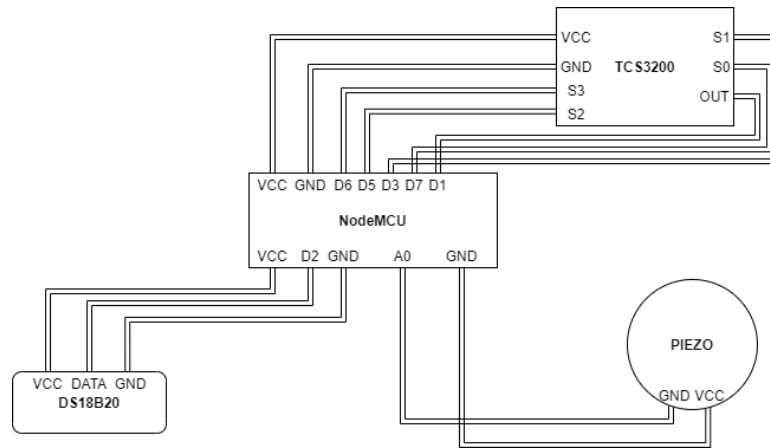


Gambar 3.1 Desain Sistem

Pada Gambar 3.1 menjelaskan desain sistem yang sudah dipisah dari bagian software. Desain sistem tersebut dirancang untuk mendeteksi kesehatan dini paru-paru manusia berbasis algoritma fuzzy logic yang akan menentukan sebuah keputusan yang akurat berdasarkan parameter yang ada dari setiap sensor. Lalu output pada sistem ini yaitu berupa monitoring hasil keputusan pengecekan pada Android, 3 keluaran yang berbeda berdasarkan keputusan fuzzy yaitu sehat, istirahat, konsultasi dokter. Kemudian pada output juga akan memberikan informasi berupa data sensor dan juga kesimpulan nilai fuzzy agar mengetahui seberapa bahaya kondisi kesehatan dini paru-paru manusia ke sisi software.

3.2 Rangkaian Skematik

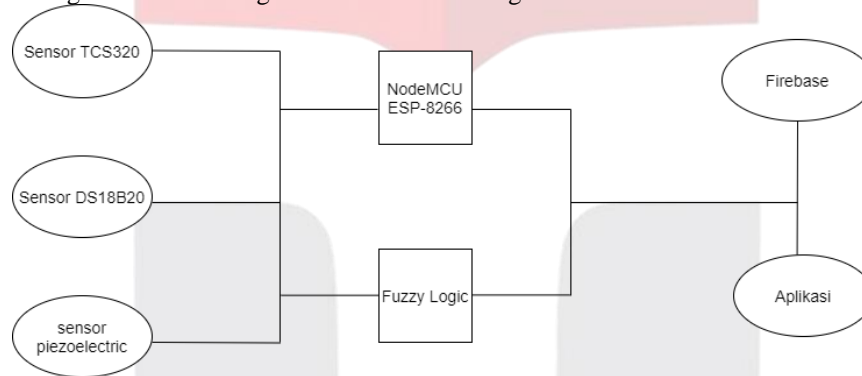
Skema rangkaian elektronika diperlukan sebagai panduan dalam pembuatan rangkaian elektronika. Skema rangkaian elektronika sebaiknya didesain atau dirancang dahulu pertama kali sebelum melakukan proses pembuatan rangkaian elektronika. Proses pembuatan skema rangkaian elektronika dapat dilakukan dengan cara manual dan dengan aplikasi komputer. Berikut adalah rangkaian skematik tentang sistem tersebut.



Gambar 3.2 Rangkaian Skematik

3.3 Diagram Blok

Sebelum merancang sistem program ini, dibutuhkan diagram blok yang fungsinya untuk mengetahui gambaran sistem secara umum. Yang setiap bloknya mempunyai fungsi dan cara kerja masing-masing. Berikut adalah gambaran umum tentang sistem tersebut.

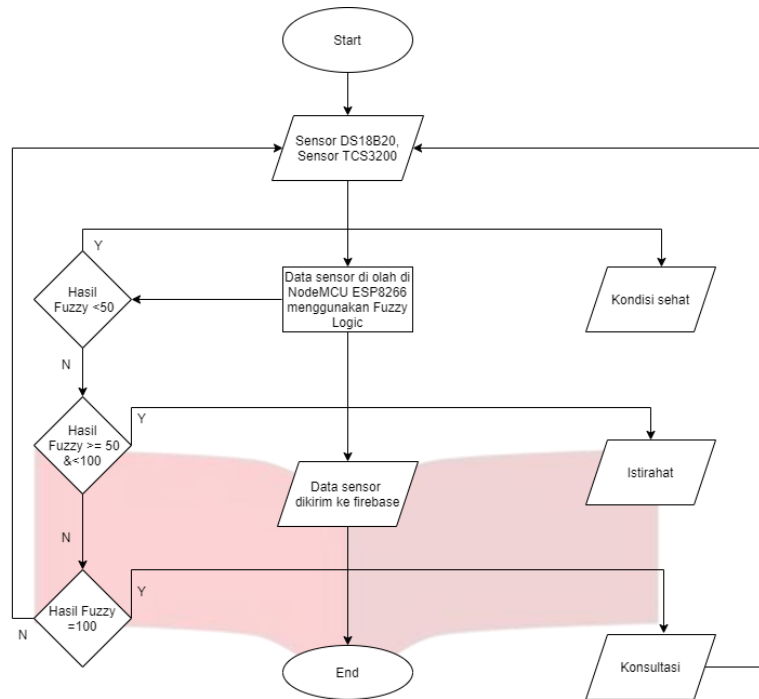


Gambar 3.3 Diagram Blok

Penjelasan Gambar 3.3 sistem diagram blok secara umum di atas untuk merancang sistem pendeteksi kesehatan dini paru-paru menggunakan metode algoritma fuzzy logic, yaitu pertama-tama di dalam suatu alat harus memiliki sensor yang memiliki 3 parameter (suhu, warna dan Gerakan tekanan) yaitu TCS3200, DS18B20, dan sensor Piezoelektrik. Sensor-sensor tersebut terkoneksi dengan NodeMcu Esp- 8266. Data yang terdeteksi dari sensor akan diproses ke dalam fuzzy logic, sesuai dengan kondisi yang sudah ditentukan sebelumnya, data sensor juga akan dikirimkan beserta hasil nilai fuzzy yang akan dikirimkan ke bagian software yaitu Android Studio.

3.4 Flowchart Sistem

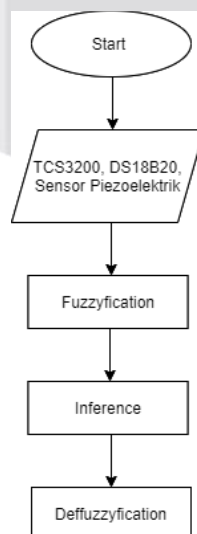
Melalui 3 parameter sensor (suhu, warna, dan perubahan tekanan akibat gerakan) kemudian masuk kedalam mikrokontroler NodeMCU agar data diolah menggunakan fuzzy logic untuk menentukan sebuah keputusan, jika hasil fuzzy kurang dari 50 maka kondisi dalam kategori sehat, namun jika hasil fuzzy diantara 50-99 kondisi dalam kategori istirahat sedangkan untuk hasil fuzzy sama dengan 100 maka kondisi dalam kategori konsultasi dokter. Setelah data sensor diolah kemudian data sensor dan hasil fuzzy akan dikirimkan ke database.



Gambar 3.4 Flowchart Sistem

3.5 Flowchart Fuzzy Logic

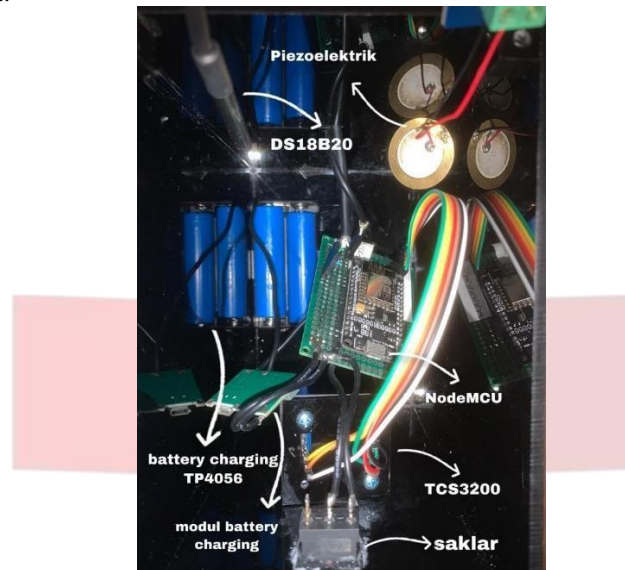
Desain sistem menggunakan metode fuzzy membutuhkan beberapa tahapan, sehingga dapat terbentuknya suatu keputusan (output) sesuai dengan perhitungan fuzzy. Adapun tahapan yang dimaksud adalah fuzzyfication, inference dan defuzzyfication. Pada tahap fuzzyfication ini, dimana tiap nilai crisp yang masuk yaitu 0 atau 1 akan diubah (convert) menjadi nilai fuzzy yaitu 0 sampai dengan 1 sesuai dengan fungsi keanggotaan yang telah dirancang berdasarkan kondisi dari setiap parameter. Didalam tahap inference, nilai-nilai yang didapat dari tahap sebelumnya akan dibuat rules sesuai dengan kondisinya dari setiap parameter. Berdasarkan jumlah rules fuzzy yang telah dirancang, kemudian akan ditentukan nilai minimum untuk masing-masing aturan. Setelah mengetahui nilai minimum, selanjutnya mengelompokkan nilai output yang sama dari setiap rules lalu menentukan nilai maximum. Tahap terakhir yaitu defuzzyfication dimana nilai output fuzzy diubah (convert) menjadi nilai output crisp. Metode defuzzyfication yang digunakan adalah centroid method. Untuk gambaran lebih jelasnya flowchart desain control fuzzy dapat dilihat pada Gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.5 Flowchart Fuzzy Logic

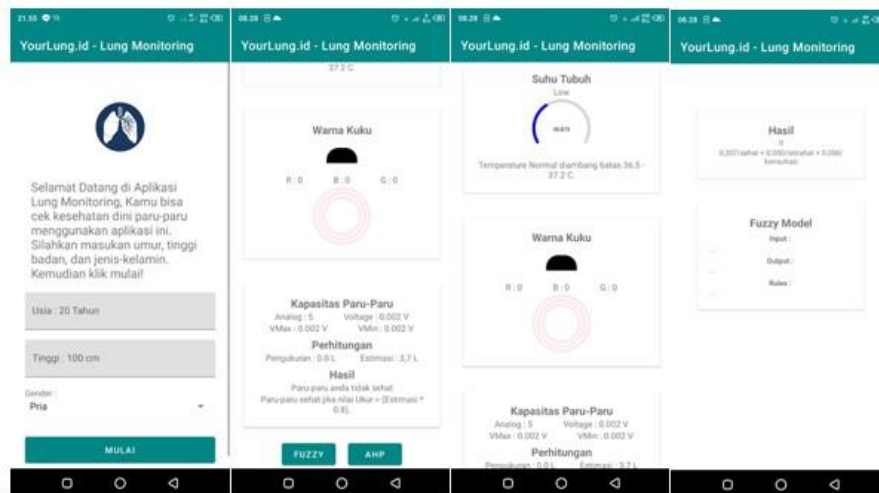
3.6 Desain Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam sistem pintar ini yaitu NodeMcu Esp—8266 sebagai mikrokontroler, kemudian sensor TCS3200, DS18B20 dan sensor Piezoelektrik sebagai input kemudian melalui modul esp8266 sebagai pengirim data sensor ke database. Dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut:



Gambar 3.6 Desain Perangkat Keras

3.7 Desain Perangkat Lunak



Masuk dengan isi data, jenis kelamin, umur dan tinggi badan

Mendeteksi input dari 3 sensor berdasarkan masing-masing parameter

Hasil keputusan berdasarkan metode fuzzy

Gambar 3.7 Desain Perangkat Lunak

Pada Gambar 3.7 tampilan pertama merupakan pengisian data jenis kelamin, umur dan tinggi badan. Kemudian setelah pengisian data maka tampilan selanjutnya ialah mendeteksi input dari 3 sensor berdasarkan masing-masing parameter, selanjutnya pemilihan metode yang digunakan. Hasil keputusan berdasarkan metode Fuzzy akan ditampilkan pada halaman terakhir.

4. Hasil dan Analisis

4.1 Hasil Akurasi Alat

Pengujian prototype dilakukan berdasarkan 3 skenario menurut kondisi subjek berstatus sehat, istirahat dan konsultasi dokter. Pada setiap skenario terdapat 5 percobaan dengan masukan suhu, warna kuku dan gerakan tekanan. Berdasarkan 3 skenario tersebut dapat diputuskan keluaran hasil fuzzy dan status kondisinya pada setiap skenarionya. Dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Skenario	Suhu	Warna kuku	VcUkur
Skenario 1	36,44°C	R= 100, G=0, B=0	4.13
	36,38°C	R= 91, G=0, B=0	4.27
	37,0°C	R= 97, G=0, B=0	4.2
	36,15°C	R= 103, G=0, B=0	3.95
	35,89°C	R= 192, G=0, B=0	3
Skenario 2	36,44°C	R= 200, G=181, B=177	2.2
	37,56°C	R= 216, G=205, B=187	4.27
	36,55°C	R= 191, G=167, B=165	4.13
	36,13°C	R= 190, G=190, B=192	3.93
	36,61°C	R= 198, G=168, B=170	2.12
	36,44°C	R= 203, G=192, B=190	2.2
Skenario 3	33.8° C	R= 142, G=117, B=105	2.2
	36.9° C	R=162, G=96, B=166	3
	21.9° C	R= 94, G=66, B=51	3.15
	24.6° C	R= 164, G=180, B=217	3.8
	27.8° C	R=210, G=22, B=255	4.62

Gambar 4.1 Skenario Pengujian

4.2 Pengujian Fuzzy Logic

Pengujian fuzzy logic membandingkan perhitungan manual dengan algoritma fuzzy logic yang ada di sistem untuk mencari nilai akurasi. Pengujian dibuat 1 sampel kondisi yang berbeda dari setiap nilai masukan sensor yang bervariasi.

No.	Suhu (C)	Warna (ppm)	Vc Ukur (nm)	Kondisi	Nilai Fuzzy	Nilai Manual	Akurasi (%)
1.	36,15 °	R=93 G=0 B=0	4	Sehat	11.56	11.558	99,983
2.	36,20°	R=115 G=0 B=0	4.13	Sehat	45.04	45.038	99,996
3.	37,03°	R=103 G=0 B=0	2.2	Istirahat	73.08	73,079	99,998
4.	38,23°	R=95 G=95 B=209	3.9	Konsultasi	100	100	100
5.	37,04°	R=101 G=0 B=0	2.90	Istirahat	87.99	87.985	99,994
6.	37,02°	R=90 G=0 B=0	2.12	Istirahat	65.84	65.836	99,994
7	36,50°	R=89 G=0 B=0	3	Sehat	33.10	33.10	100
8	37,03°	R=100 G=95 B=220	3.95	Konsultasi	100	100	100
9	36,65°	R=113 G=0 B=0	4.3	Sehat	20.20	20.197	99,985
10	37,2°	R=85 G=0 B=0	4.13	Istirahat	93.59	93.586	99,996
11	37°	R=103 G=0 B=0	2.1	Istirahat	73.08	73,079	99,998
12	37,09°	R=95 G=95 B=209	3.9	Konsultasi	100	100	100
13.	36,15°	R=93 G=0 B=0	4	Sehat	11.56	11.558	99,983
14.	37,30°	R=95 G=95 B=209	3.9	Konsultasi	100	100	100
15.	36.50 °	R=89 G=0 B=0	3	Sehat	33.10	33.10	100
Rata – rata							99,995%

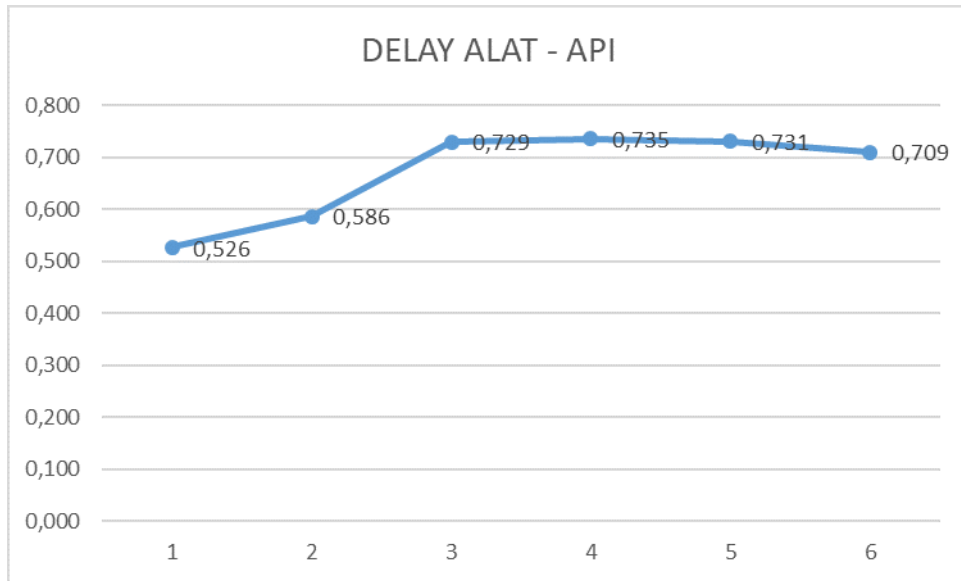
Gambar 4.2 Pengujian Fuzzy Logic

4.3 Pengujian Quality of Service

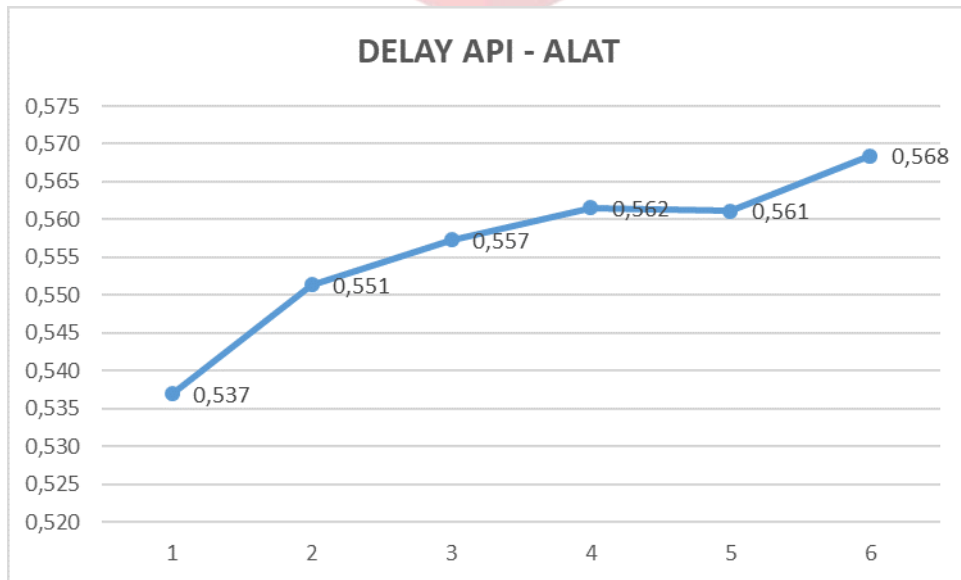
Pengujian Quality of Service dilakukan untuk mengetahui kualitas jaringan sistem yang telah dibuat. Pengujian ini mengambil parameter delay dan throughput pada saat proses pengiriman dan pembacaan data yang dilakukan oleh alat.

4.3.1 Pengujian Delay

Pengujian delay dilakukan dengan cara mengukur lama waktu tempuh yang dibutuhkan saat pengiriman data dari alat ke API dan lama waktu waktu tempuh yang dibutuhkan saat pembacaan data API ke alat. Pengukuran delay dilakukan dengan menggunakan 60 sampel yang dilakukan sebanyak 6 sesi, dimana 1 sesi terdapat 10 sampel pengujian. Berikut merupakan grafik hasil pengukuran delay yang telah dilakukan:



Gambar 4.3 Rata-rata delay alat ke API

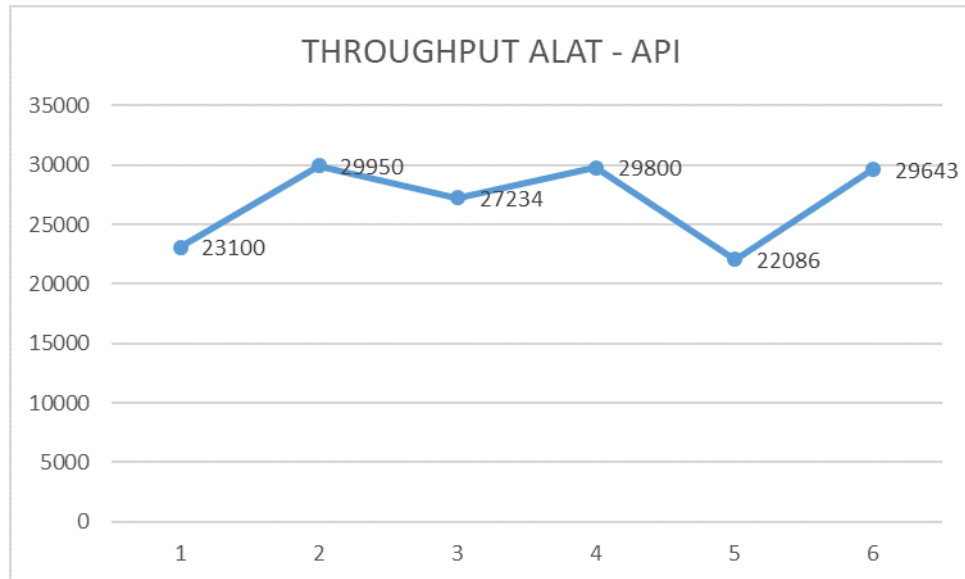


Gambar 4.4 Rata-rata delay API ke alat

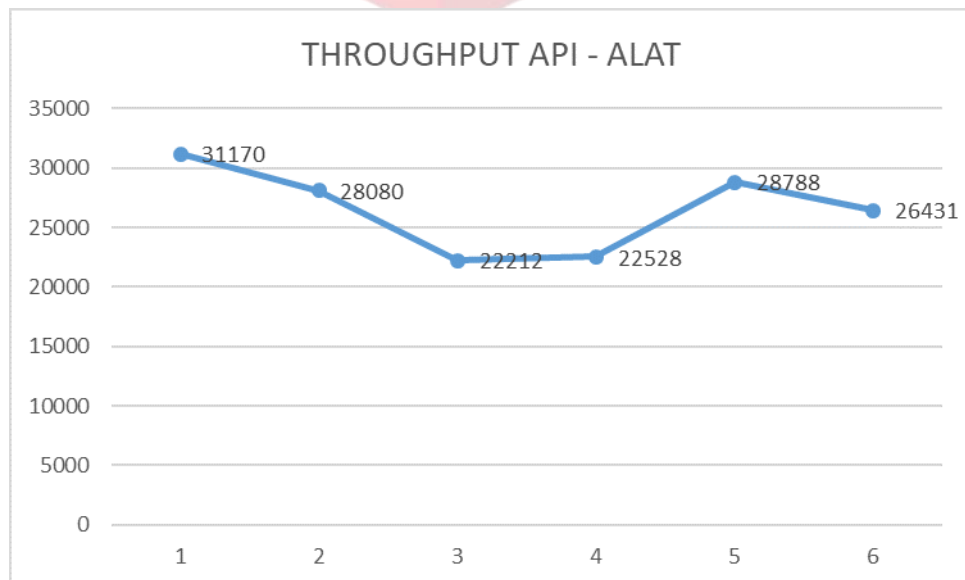
Gambar 4.3 merupakan hasil pengujian delay alat ke API yang telah dilakukan, dari hasil pengujian tersebut didapatkan rata-rata delay sebesar 0,670s untuk delay terkecil terdapat pada sesi 1 sebesar 0,526s sedangkan delay terbesar terdapat pada sesi 4 sebesar 0,735s. Gambar 4.4 merupakan hasil pengujian delay API ke alat, dari hasil pengujian tersebut didapatkan bahwa rata-rata delay sebesar 0,566s untuk delay terkecil terjadi pada sesi 1 yaitu sebesar 0,537s sedangkan delay terbesar terjadi pada sesi 6 yaitu sebesar 0,568s.

4.3.2 Pengujian Throughput

Pengujian throughput dilakukan pada saat pengiriman data dari alat ke API dan pembacaan data dari API ke alat. Pengukuran throughput dilakukan dengan menggunakan 60 sampel yang dilakukan sebanyak 6 sesi, dimana 1 sesi terdapat 10 sampel pengujian. Berikut grafik hasil pengukuran throughput yang terdapat pada gambar 4.5 dan gambar 4.6 dibawah.



Gambar 4.5 Rata-rata Throughput alat ke API



Gambar 4.6 Rata-rata Throughput API ke alat

Berdasarkan pada hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil rata-rata throughput alat ke API sebesar 26969bps untuk throughput terkecil terdapat pada sesi 5 sebesar 22086bps sedangkan yang terbesar terdapat pada sesi 2 sebesar 29950bps. Sedangkan untuk rata-rata throughput dari API ke alat sebesar 26535bps untuk throughput terkecil terdapat pada sesi 3 sebesar 22212bps dan yang terbesar terdapat pada sesi 1 yaitu sebesar 31170bps.

5. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada prototipe pendeteksi dini kesehatan paru-paru menggunakan algoritma fuzzy logic berbasis Internet of Things (IOT), maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pada prototipe pada manusia menggunakan algoritma fuzzy logic berbasis Internet of Things (IOT) secara keseluruhan berjalan dengan baik.
2. Cara kerja monitoring kesehatan dini paru-paru diawali dengan pengambilan data oleh sensor TCS3200, DS18B20, Piezoelktrik yang selanjutnya data akan diolah dengan mikrokontroler ESP2866 dan mengirimkan hasil keputusan ke smartphone.

3. Penelitian tugas akhir ini berhasil mengimplementasikan alat dan aplikasi android yang mampu mengumpulkan data warna kuku, perubahan suhu tubuh dan tekanan akibat gerakan kemudian berhasil menampilkan melalui aplikasi dan data tersimpan database.
4. Nilai masukan data sensor dengan pengolahan algoritma fuzzy logic menghasilkan akurasi sebesar 99,995 %.
5. Rata-rata delay dari alat ke API sebesar 0,670s sedangkan rata-rata delay dari API ke alat sebesar 0,566s.
6. Rata-rata throughput dari alat ke API sebesar 26969bps sedangkan rata-rata throughput dari API ke alat sebesar 26535bps.

6. Saran

Untuk meningkatkan performansi prototipe pendeteksi dini kesehatan paru-paru menggunakan algoritma fuzzy logic berbasis Internet of Things (IOT), maka dari itu ada beberapa saran yang dapat dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Menambahkan parameter inputan lain yang berpengaruh terhadap paru-paru agar semakin akurat.
2. Parameter pengukuran input lain yang mempengaruhi kesehatan paru-paru agar lebih akurat.
3. Menambahkan feedback langsung atau controlling dari alat atau sistem agar lebih efisien.
4. Mencari metode atau algoritma lain untuk mencari sistem yang lebih akurat dan efektif.



Referensi :

- [1] D. Kurniawan, R. Maulana, and M. H. H. Ichsan, "Implementasi Pendeteksi Penyakit Paru-Paru Berdasarkan Warna Kuku dan Suhu Tubuh Berbasis Sensor TCS3200 Dan Sensor LM35 dengan Metode Naive Bayes," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 3, no. 4, pp. 3383–3389, 2019.
- [2] P. Anak, D. Metode, E. R. Ritonga, and M. D. Irawan, "SISTEM PAKAR DIAGNOSA PENYAKIT PARU-PARU," vol. 2, no. 1, pp. 39–47, 2017.
- [3] P. Ramadhani, "Elektronika Kedokteran " CT Scanner ",," 2006.
- [4] J. Hendrawan, "Rancang Bangun Aplikasi Mobile Learning Design and Development Application of Mobile Learning for Shalat Guidance," *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, vol. 1, no. 1, pp. 44–59, 2018.
- [5] A. Putri and Effendi, "Fuzzy Logic Untuk Menentukan Lokasi Kios Terbaik Di Kepri Mall Dengan Menggunakan Metode Sugeno," *Teknik Informatika*, vol. 3, pp. 49–59, 2017.
- [6] L. Mayer and R. Bhikha, "Nails as Indicators of Health Status," *Tibb Institute*, no. November, pp. 1–21, 2014. [Online]. Available: <https://tibb.co.za/articles/Nails-as-indicators-of-health-status.pdf>
- [7] D. Kurniawan, R. Maulana, and M. H. H. Ichsan, "Implementasi Pendeteksi Penyakit Paru-Paru Berdasarkan Warna Kuku dan Suhu Tubuh Berbasis Sensor TCS3200 Dan Sensor LM35 dengan Metode Naive Bayes," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 3, no. 4, pp. 3383–3389, 2019.
- [8] K. KEMALASARI, P. S. WARDANA, and R. ADIL, "Spirometer NonInvasive dengan Sensor Piezoelektrik untuk Deteksi Kesehatan Paru-Paru," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 5, no. 2, p. 188, 2018.
- [9] F. Trihatmoko, E. Kurniawan, and C. Ekaputri, "Desain Dan Implementasi Lampu LED Berbasis Internet Of Thing (IoT) Dan Berstandar EMC Menggunakan Single Tuned Filter," *eProceedings of Engineering*, vol. 8, no. 1, p. 3, 2019.
- [10] M. R. Hidayat, C. Christiono, and B. S. Sapudin, "IoT-Based Home Security System Design Using NodeMCU ESP8266, HC-SR501, PIR Sensor AND Smoke Detector Sensor," *Jurnal Kilat*, vol. 7, no. 2, pp. 139–148, 2018.
- [11] B. Ii and T. Pustaka, "(Sumber : <http://baskarapunya.blogspot.co.id/2013/05/sensorwarna-tcs3200-and-tcs3210.html>)," vol. 3200, pp. 5–25, 2013.
- [12] A. Pudoli, D. Kusumaningsih, and M. Wahyudi, "Penerapan Algoritma C4.5 untuk Memprediksi Masa Studi dan Predikat Lulusan S1 Akuntansi pada STIE Muhammadiyah Jakarta," *Jurnal TICOM*, vol. 5, no. 3, pp. 181–186, 2017.
- [13] K. M. Rizki, R. Maulana, and W. Kurniawan, "Implementasi Sensor Piezoelectric Sebagai Prototype Alat Musik Piano Berbasis Arduino UNO," vol. 2, no. 11, 2018.
- [14] L. W. Trimartanti, "Penerapan Sistem Fuzzy Untuk Diagnosis Campuran Bahan Bakar Dan Udara Pada Mobil F15 Gurt," pp. 7–37, 2011. [Online]. Available: <http://eprints.uny.ac.id/43552/>
- [15] R. Wulandari, "ANALISIS QoS (QUALITY OF SERVICE) PADA JARINGAN INTERNET (STUDI KASUS : UPT LOKA UJI TEKNIK PENAMBANGAN JAMPANG KULON – LIPI)," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 2, no. 2, pp. 162–172, 2016
- [16] I. Al Fikri, "Aplikasi Navigasi Berbasis Perangkat Bergerak dengan Menggunakan Platform Wikitude untuk Studi Kasus Lingkungan ITS," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 5, no. 1, pp. 48–51, 2016.
- [17] E. A. W. Sanad, "Pemanfaatan Realtime Database di Platform Firebase Pada Aplikasi E-Tourism Kabupaten Nabire," *Jurnal Penelitian Enjiniring*, vol. 22, no. 1, pp. 20–26, 2019.