

Prototipe Sistem Monitoring, Penyaringan dan Pembuangan Asap Rokok Otomatis dalam Ruangan Berbasis NodeMCU ESP-32

Hernawati*, Sayuti, Iswanto

Fakultas Ilmu Komputer dan Informatika, Teknik Informatika, Universitas Nurtanio, Bandung, Indonesia

Email: ^{1,*}hernawatifiki@unnur.ac.id, ²sayuti.phang@gmail.com, ³isw789ng@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: hernawatifiki@unnur.ac.id

Submitted: 06/11/2024; Accepted: 30/11/2024; Published: 30/11/2024

Abstrak—Asap rokok merupakan salah satu sumber polusi yang mengandung berbagai macam zat seperti nikotin, tar, gas karbon monoksida (CO) gas karbon dioksida (CO₂) yang membahayakan kesehatan tubuh. Asap rokok terhirup oleh perokok aktif dan perokok pasif, yaitu orang yang tidak merokok, namun terpapar dan menghirup asap rokok dari lingkungan sekitarnya. Data WHO menunjukkan 8 juta kematian yang disebabkan oleh asap rokok, 1,2 juta di antaranya merupakan perokok pasif. Saat ini di beberapa tempat telah disediakan ruangan khusus merokok, akan tetapi asap rokok yang mengalir ke luar ruangan tetap menyebabkan polusi. Pengurangan polusi udara merupakan hal yang krusial dan harus diberi solusi, antara lain dengan cara penyaringan udara dari ruangan merokok. Penelitian ini bertujuan untuk membangun prototipe sistem monitoring, penyaringan, dan pembuangan asap rokok dalam ruangan secara otomatis. Prototipe melakukan pengurangan kadar asap rokok dalam ruangan sampai mencapai kondisi normal (400-1000 ppm) dan melakukan penyaringan asap rokok hasil produksi dari ruangan merokok sebelum dilepas ke luar ruangan. Penggunaan NodeMCU ESP-32 sebagai mikrokontroler dan dibekali dengan sensor MQ-2 yang mampu mendeteksi berbagai jenis gas termasuk karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂) dan asap rokok, serta karbon aktif sebagai bahan utama dalam proses penyaringan asap rokok. Karbon aktif mempunyai kemampuan absorpsi yang tinggi sehingga efektif untuk menjadi media pemurnian udara. Hasil pengujian sistem berhasil mendeteksi, memonitor, menyaring dan membuang asap yang telah tersaring dengan rata rata kadar asap rokok yang berhasil disaring sebesar 249,5 ppm.

Kata Kunci: NodeMCU ESP-32; Asap Rokok; Sensor MQ-2; Karbon Aktif; Prototipe

Abstract—Cigarette smoke is a source of pollution which contains various substances such as nicotine, tar, carbon monoxide gas (CO) and carbon dioxide gas (CO₂) which harm the body's health. Cigarette smoke is inhaled by active smokers and passive smokers, namely people who do not smoke, but are exposed to and inhale cigarette smoke from the surrounding environment. WHO data shows that 8 million deaths were caused by cigarette smoke, 1.2 million of which were passive smokers. Currently, in several places special smoking rooms have been provided, however, cigarette smoke flowing outside the room still causes pollution. Reducing air pollution is crucial and must be provided with a solution, including by filtering the air from smoking rooms. This research aims to build a prototype system for monitoring, filtering and automatically disposing of indoor cigarette smoke. The prototype reduces the level of cigarette smoke in the room until it reaches normal conditions (400-1000 ppm) and filters the cigarette smoke produced from the smoking room before it is released outside the room. The NodeMCU ESP-32 is used as a microcontroller and is equipped with an MQ-2 sensor which is capable of detecting various types of gas including carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂) and cigarette smoke, as well as activated carbon as the main ingredient in the cigarette smoke filtering process. Activated carbon has high absorption capacity so it is effective as an air purification medium. The system test results succeeded in detecting, monitoring, filtering and disposing of filtered smoke with an average level of filtered cigarette smoke of 249.5 ppm.

Keywords: NodeMCU ESP-32; Asap Rokok; Sensor MQ-2; Activated Carbon; Prototype

1. PENDAHULUAN

Asap rokok merupakan campuran kompleks dari lebih dari 7.000 bahan kimia, di mana sekitar 70 di antaranya diketahui bersifat karsinogenik (penyebab kanker)[1]. Bahan kimia pada asap rokok terdiri dari antara lain nikotin, tar, dan karbon monoksida. Dampak negatif asap rokok tidak hanya berpengaruh kepada perokok aktif tetapi juga pada perokok pasif dan lingkungan. Saat ini menurut temuan *Global Adults Tobacco Survey (GATS)*, jumlah perokok dewasa telah meningkat sebesar 8,8 juta selama dekade terakhir, dari 60,3 juta pada tahun 2011 menjadi 69,1 juta pada tahun 2021[2]. Hal ini berarti jumlah perokok pasif juga meningkat seiring meningkatnya jumlah perokok aktif. Dengan berdasarkan laporan terbaru Kualitas Udara Dunia IQAir 2021 yang dirilis pada Maret 2022, Indonesia menduduki peringkat ke-17 sebagai negara dengan tingkat polusi udara tertinggi di dunia, dengan konsentrasi PM_{2,5} mencapai 34,3 µg per meter kubik[3]. Laporan ini juga mencatat bahwa Indonesia menduduki peringkat teratas sebagai negara yang memiliki tingkat polusi tertinggi di kawasan Asia Tenggara. Meskipun rokok bukan penyumbang polusi terbesar tetapi dampak negatif yang dihasilkan harus diperhitungkan sebagai bentuk kecintaan pada sesama dan lingkungan. Saat ini telah banyak disediakan ruangan khusus merokok, tetapi asap rokok yang terhisap oleh perokok dan yang mengalir keluar ruangan tetap menjadi penyebab buruknya kesehatan. Berdasarkan kondisi di atas, masalah pengaruh negatif asap rokok ini harus diberi solusi yang tepat agar bisa dikurangi secara optimal. Berbagai penelitian telah dilakukan dengan memanfaatkan berbagai teknologi yang tersedia.

Penelitian yang dilakukan Anang Dwi Nugroho pada tahun 2021 mengenai sistem alarm asap rokok ruangan termonitor berbasis iot menggunakan mikrokontroler ESP-32 dengan notifikasi sms, hasil pengujian alat mampu mendeteksi asap rokok di dalam ruangan. Peringatan berupa LED dan buzzer bekerja dengan baik serta

pemberitahuan melalui SMS terkirim. Monitoring alat melalui website menunjukkan angka yang sama dengan nilai yang terkirim SMS dan terunduh di dalam file system[4]. Sensor MQ-2 memiliki sensitivitas yang cukup untuk mendeteksi asap rokok.

Pande Gede Aditya Ananda Logiasa pada tahun 2022 telah membuat prototipe sistem pendeteksian dan pembuangan asap rokok berbasis IoT pada smoking room. Sistem dapat bekerja dengan baik dalam mendeteksi, membuang, serta memantau dan mengendalikan konsentrasi asap rokok di dalam smoking room. Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan didapat tingkat sensitivitas dari sensor MQ-2 dan sensor MQ-135 dengan alat ukur ppm. Rata-rata error yang didapat dari pengukuran sensor MQ-2 dengan alat ukur ppm adalah sebesar 3,7 %. Sedangkan rata-rata error yang di dapat dari pengukuran sensor MQ-135 dengan alat ukur ppm adalah sebesar 5,4 % [5]. Sensor MQ-2 memiliki sensitivitas yang lebih baik dalam mendeteksi asap rokok.

Penelitian Fahmi Nurul Falah pada tahun 2024 telah membuat prototipe sistem pendeteksi asap rokok menggunakan sensor MQ-2 dan MQ-7 berbasis iot. Hasil penelitian disimpulkan bahwa sensor MQ-2 lebih sensitif dalam mendeteksi adanya asap rokok dan data yang ditampilkan di ubidots sama dengan data yang ditampilkan di serial LCD.[6]

Erwin Harahap, Haris Dhaifullah, Farid Badruzzaman, Anan Suparman, Suliadi, Aulia Yasmin pada tahun 2022 membuat sistem pendeteksi asap rokok menggunakan sensor MQ-2 berbasis mikrokontroler ESP-32. Sistem mendeteksi keberadaan asap rokok di area sekitar atau pada lokasi tertentu yang dapat memonitor suatu wilayah secara keseluruhan. Penelitian telah berhasil membuat alat SPAR dan berfungsi baik dalam mendeteksi asap rokok [7].

Ivanno Alexander Rombang, Lukas Bambang Setyawan, Gunawan Dewantoro pada tahun 2022 membuat prototipe alat deteksi asap rokok menggunakan sensor MQ-135 mendeteksi kadar gas CO₂ dan MQ-2 mendeteksi kadar gas CO serta mikrokontroler Arduino Uno R3 untuk mengolah data hasil pendeteksian dari sensor MQ-135 dan MQ-2. Pada sistem ini juga ditambahkan purifier berupa exhaust fan yang dilengkapi filter karbon aktif untuk menyaring udara di dalam ruangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat dapat membersihkan udara dalam ruangan prototipe dengan rata-rata waktu pembersihan 34,52 menit (kategori sedikit), 40,4 menit (kategori sedang), dan 58,3 menit (kategori banyak) [8].

Seluruh penelitian di atas berhasil melakukan pendeteksian asap rokok menggunakan sensor. Penelitian dari Pande Gede melakukan pembuangan asap rokok dari ruangan ke luar ruangan tanpa disaring, hal ini memberikan solusi untuk membersihkan udara di dalam ruangan saja tetapi tidak untuk di luar ruangan. Penelitian Ivanno melakukan penyaringan untuk udara di dalam ruangan dilewatkan melalui exhaust fan dan filter, hasil penyaringan dikembalikan ke ruangan.

Dalam penelitian ini akan dibuat prototipe sistem yang mendeteksi asap rokok menggunakan sensor MQ-2 dengan mikrokontroler NodeMCU ESP-32 dan membersihkan udara di dalam ruangan merokok menggunakan *exhaust fan* yang memindahkan asap rokok ke ruang pembuangan, kemudian di ruang pembuangan dilakukan penyaringan menggunakan karbon aktif. Karbon aktif memiliki struktur pori yang terdiri dari kombinasi pori mikro yang diameternya kurang dari 2nm, mesopores 2-50nm, dan makropores lebih dari 50nm [9] membuat karbon aktif sangat efektif dalam menyerap molekul-molekul kecil, seperti gas, uap, dan berbagai kontaminan. Udara hasil penyaringan akan dikeluarkan menggunakan *exhaust fan* ke lingkungan luar ruangan, sehingga dihasilkan udara bersih di dalam ruangan maupun di luar ruangan. Kadar asap rokok dan besarnya kemampuan karbon aktif menyerap asap rokok dimonitor melalui tampilan di LED dan di aplikasi berbasis Web. Prototipe sistem yang dibangun akan mampu mengurangi kadar asap rokok dalam ruangan mencapai kondisi normal bagi kesehatan (400-1000 ppm)[10]. Dengan dibangunnya prototipe ini diharapkan dapat memberikan solusi yang efektif dalam menjaga kualitas udara dalam ruangan maupun lingkungan luar.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini ada dua, pertama adalah tahapan pengumpulan data yang menggunakan metode studi literatur, kedua adalah tahapan pengembangan sistem yang mengadopsi metode prototipe.

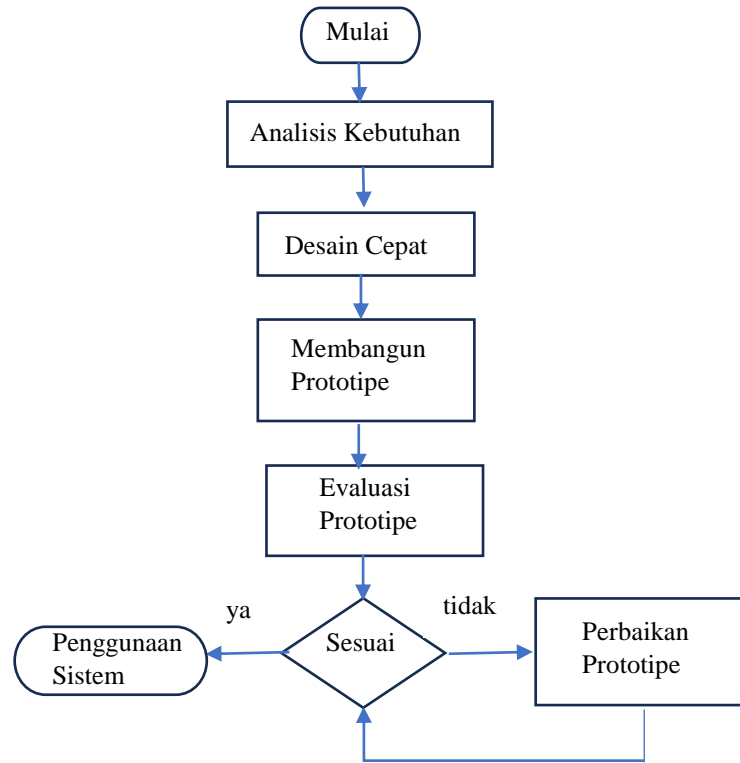
2.1.1 Tahapan Pengumpulan Data Menggunakan Studi Literatur

Peneliti menerapkan metode studi literatur untuk mengumpulkan, meninjau, dan menganalisis informasi dari sumber-sumber yang relevan guna mendapatkan data dari topik serupa. Proses pengumpulan data dilakukan dengan mengkaji dari berbagai sumber yang tersedia dipustaka atau pencarian melalui internet, sumber-sumber ini berupa buku, laporan penelitian, artikel, jurnal, referensi, laporan, perundang-undangan dan lain-lain.

2.1.2 Tahapan Pengembangan Sistem

Metode pengembangan sistem menggunakan pendekatan model prototipe yang menerapkan untuk membuat rancangan dengan cepat dan bertahap sehingga dapat segera diimplementasikan dan dievaluasi. Penggunaan metode ini memungkinkan peneliti dapat mendemostrasikan konsep-konsep, percobaan rancangan, dan kekurangan sistem sehingga peneliti memiliki gambaran versi awal dari sistem yang akan di bangun atau di

kembangkan lebih jelas. Model prototipe merupakan teknik pengembangan sistem yang banyak digunakan dan teknik ini juga memberikan fasilitas bagi pengembang dan pemakai untuk saling berinteraksi selama proses pembuatan, sehingga pengembang dapat dengan mudah memodelkan perangkat lunak yang akan dibuat[11]. Tahapan pengembangan sistem dalam penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 1. Tahap Pengembangan Sistem

1. Analisis Kebutuhan

Tahap ini merupakan proses identifikasi, dan pemahaman,kebutuhan yang harus di penuhi oleh sistem baik itu perangkat lunak maupun perangkat keras. Dalam analisis akan digunakan diagram alur lintas fungsi, digunakan untuk menggambarkan hubungan antara langkah-langkah dalam suatu proses dan bagian atau area fungsional yang bertanggung jawab atas langkah-langkah tersebut [12].


2. Desain Cepat



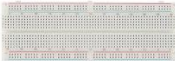


Desain cepat ini dilakukan dengan meninjau hasil analisis kebutuhan yang harus dipenuhi. Pada tahap ini dibuat rancangan sistem yang sederhana. Ini memberi gambaran singkat tentang sistem kepada pengguna. Fase ini membantu dalam mengembangkan prototipe [13].







3. Pembangunan Prototipe

Dalam tahap ini peneliti membangun prototipe sesuai dengan kebutuhan dan hasil perancangan. Perangkat Lunak yang digunakan adalah Arduino IDE dan Visual Studio Code , bahasa pemrograman PHP dan C serta untuk basis data digunakan XAMPP dan RDBMS MySQL.Arduino IDE terdiri dari tiga komponen utama, yaitu: editor program yang digunakan untuk menulis dan mengedit program , compiler yaitu modul yang bertugas mengonversi bahasa pemrograman menjadi kode biner, dan uploader yaitu modul yang bertugas memasukkan kode biner ke dalam memori mikrokontroler. Modul ini bertanggung jawab untuk mengirimkan program yang telah dikompilasi ke mikrokontroler sehingga dijalankan[14]. Perangkat keras yang akan digunakan adalah sensor MQ-2(sensor gas), kipas, LED, power supply, breadboard, NodeMCU ESP-32, relay, stepdown, adapter, LCD, arang aktif dan akrilik. Kebutuhan perangkat keras untuk pembangunan prototipe ini diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan Perangkat Keras

No	Perangkat	Gambar	Keterangan
K1	NodeMCU ESP-32		Mikrokontroler sebagai pusat kendali sistem. merupakan mikrokontroler SoC (System on Chip) terpadu dengan dilengkapi WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth versi 4.2, dan berbagai peripheral. ESP32 adalah chip yang cukup lengkap, terdapat prosesor, penyimpanan dan akses pada GPIO (General Purpose Input Output), memiliki kemampuan untuk

No	Perangkat	Gambar	Keterangan
K2	Sensor MQ-2		<p>mendukung terkoneksi ke WI-FI secara langsung ESP32 memiliki dua versi, yaitu 30 GPIO dan 36 GPIO. Keduanya memiliki fungsi yang sama tetapi versi yang 30 GPIO dipilih karena memiliki dua pin GND. Semua pin diberi label dibagian atas board sehingga mudah untuk dikenali. Board ini memiliki interface USB to UART yang mudah diprogram dengan program pengembangan aplikasi seperti Arduino IDE. Sumber daya board bisa diberikan melalui konektor micro USB [15].</p> <p>Sensor MQ2 terdiri dari lapisan SnO₂ yang bereaksi dengan gas target. Ketika molekul gas bersentuhan dengan permukaan sensor, akan mengubah hambatan listrik lapisan oksida timah. Sensor beroperasi berdasarkan prinsip perubahan resistif, dimana resistansi elemen penginderaan sensor bervariasi sebagai respons terhadap konsentrasi gas target. Sensor menghasilkan sinyal tegangan analog sebanding dengan konsentrasi gas, yang dapat dibaca oleh mikrokontroler atau konverter analog-ke-digital (ADC). Sensor MQ2 merupakan sensor gas populer yang digunakan dalam berbagai aplikasi untuk mendeteksi keberadaan gas seperti metana, propana, karbon monoksida, hidrogen, Alkohol dan asap [16].</p>
K3	LCD (Liquid Crystal Display) 16 x 2		<p>LCD merupakan salah satu komponen eletronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD dibuat menggunakan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit.</p> <p>Prinsip kerjanya adalah dengan menggunakan lapisan film yang berisi kristal cair dan diletakkan di antara dua lempeng kaca yang telah dipasang elektroda logam transparan. Saat tegangan dicatukan pada beberapa pasang elektroda, molekul-molekul kristal cair akan menyusun agar cahaya yang mengenainya akan diserap. Dari hasil penyerapan cahaya tersebut akan terbentuk huruf, angka, atau gambar sesuai bagian yang diaktifkan[17].</p>
K4	Breadboard		<p>Breadboard adalah sebuah papan yang digunakan untuk membantu proses perangkaian prototipe elektronik tanpa harus menyolder komponen komponen tersebut. Dengan menggunakan breadboard, komponen komponen elektronik yang dipakai dapat dibongkar pasang sehingga bisa digunakan kembali untuk keperluan lain. Breadboard umumnya terbuat dari material berbahan plastik dengan banyak lubang lubang di bagian atas [18].</p>
K5	Terminal Block		<p>Alat koneksi yang digunakan untuk menghubungkan dan memisahkan kabel atau sirkuit listrik.</p>
K6	Power Supply		<p>Perangkat yang menyediakan listrik atau energi.</p>

No	Perangkat	Gambar	Keterangan
K7	Relay		Saklar elektromagnetik
K8	Fan5 volt		Kipas angin dengan tegangan 5 volt, untuk memindahkan asap rokok dari suatu ruangan ke ruangan lain.
K9	Stepdown		Stepdown untuk menurunkan tegangan listrik.
K10	LED (Light Emitting Diode)		Komponen elektronik yang menghasilkan cahaya ketika diberi arus listrik.
K11	Karbon aktif		Penyaring asap rokok sebelum di buang ke luar ruangan.
K12	Hepa filter		Penyaring partikel dalam udara untuk meminimalisir penutupan pori-pori pada karbon aktif agar penggunaan filter lebih lama.

4. Evaluasi/ Pengujian Prototipe

Pada tahapan ini dilakukan evaluasi terhadap hasil pengujian prototipe untuk memenuhi kebutuhan sistem. Jika ditemukan ketidak sesuaian maka akan dilakukan perbaikan. Jika sudah sesuai maka dilanjutkan pada tahap penggunaan sistem.

5. Perbaikan Prototipe

Tahap ini adalah tahap penyempurnaan prototipe yang telah dibangun agar menghasilkan prototipe yang sesuai dengan kebutuhan. Perbaikan dilakukan berdasarkan hasil evaluasi.

6. Penggunaan Sistem

Tahap terakhir dalam metode penelitian ini adalah penggunaan sistem. Pada tahap ini sistem yang telah melalui tahap-tahap sebelumnya dan sesuai dengan kebutuhan siap digunakan untuk dijadikan sistem yang sebenarnya..

2.2 Tingkat Aman CO Dan CO2 Di Dalam Ruangan

Asap rokok merupakan salah satu sumber pencemaran udara yang berbahaya karena mengandung berbagai zat kimia beracun. Beberapa zat kimia berbahaya yang terkandung dalam asap rokok antara lain nikotin, tar, karbon monoksida, formaldehida, dan benzena. Pencemaran udara akibat asap rokok dapat diukur dalam satuan ppm (Polutan Per Million). Satuan ppm digunakan untuk menyatakan konsentrasi relatif polutan dalam udara. Penelitian tentang kadar ppm asap rokok dalam udara dapat memberikan informasi penting tentang tingkat pencemaran udara yang disebabkan oleh rokok. Dengan mengetahui tingkat ppm asap rokok, dapat diambil langkah-langkah untuk mengurangi dampak buruknya terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan. Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan tingkat aman gas CO2 dan gas CO di dalam ruangan.

Tabel 2. Tingkat aman gas CO2 di dalam ruangan[10]

Kadar gas CO ₂	Keterangan
250-400 ppm	Konsentrasi udara normal di luar ruangan dan sekelilingnya
400-1000 ppm	Konsentrasi udara normal dalam ruangan
1000-2000 ppm	Konsentrasi udara buruk
2000-5000 ppm	Konsentrasi udara buruk yang dapat menyebabkan sakit kepala, pusing, mual, detak jantung meningkat
5000 ppm	Batas paparan karbon dioksida yang berlebihan (8 jam maks)
>40.000 ppm	Paparan yang dapat menyebabkan kerusakan pada otak, koma hingga kematian

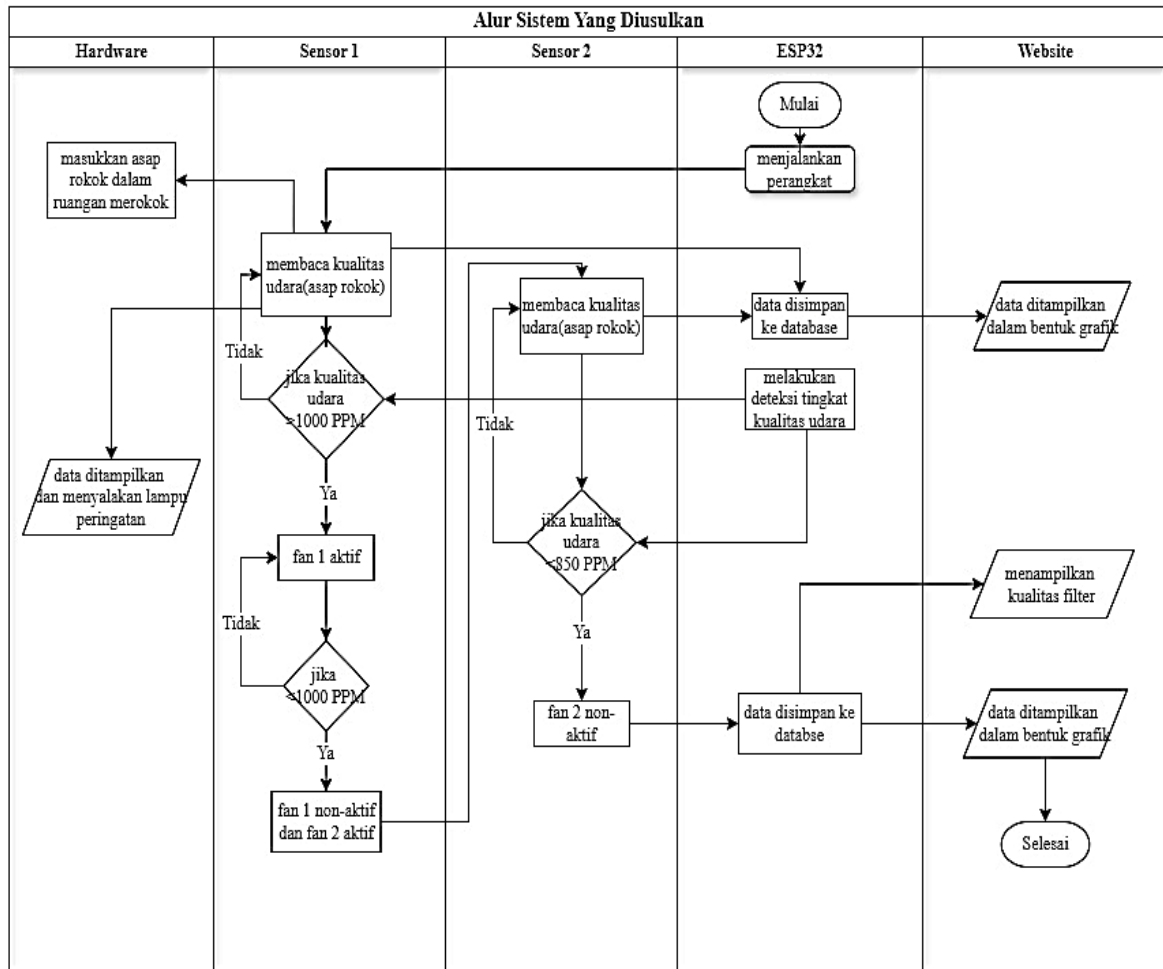
Tabel 3. Tingkat aman gas CO di dalam ruangan[10]

Kadar gas CO	Keterangan
9-35 ppm	Batas paparan karbon monoksida selama 8 jam
800 ppm	Kematian dalam waktu 2 sampai 3 jam akibat keracunan karbon monoksida
12.800 ppm	Kematian dalam waktu 1 sampai 3 menit akibat keracunan karbon monoksida

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Kebutuhan

Diagram alur sistem yang diusulkan mengacu pada urutan yang dilalui oleh informasi atau data dalam sistem melalui prosedur atau langkah-langkah yang dilakukan oleh sistem. Alur sitem diperlihatkan melalui diagram alir lintas fungsi pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur Sistem Yang Diusulkan

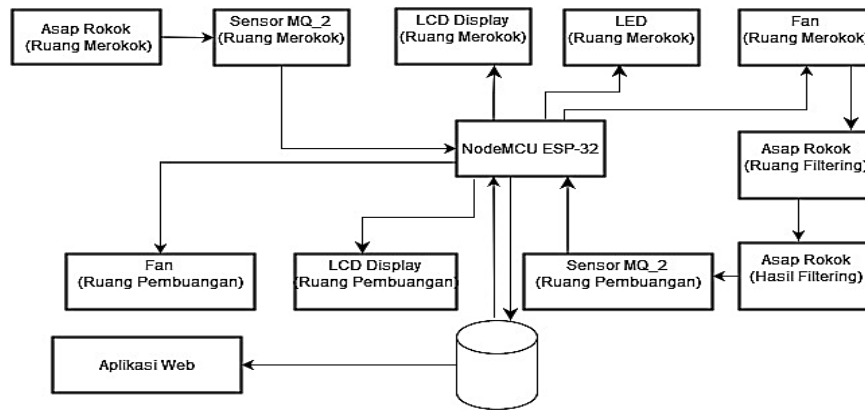
Sistem ini akan berjalan sesuai dengan kondisi kualitas udara dalam ruangan merokok. Ketika sensor pada ruangan merokok mendeteksi kualitas udara >1000 ppm maka *exhaust fan* pada ruangan merokok akan menyala, hal ini berfungsi untuk memindahkan asap dari ruangan merokok ke ruangan pembuangan. Ketika sensor pada ruangan merokok mendeteksi kualitas udara <1000 ppm (normal) maka *exhaust fan* pada ruangan merokok akan mati dan *exhaust fan* pada ruangan pembuangan akan menyala, hal ini berguna untuk membuang asap yang telah di saring ke luar ruangan. Dan terakhir ketika sensor pada ruangan pembuangan mendeteksi kualitas udara <850 ppm maka *exhaust fan* pada ruangan pembuangan akan dimatikan. Dan setelahnya maka bisa di dapatkan nilai hasil penyaringan.

3.2 Desain Cepat

Berdasarkan hasil analisis diperoleh kebutuhan yang harus dipenuhi oleh sistem untuk memberikan solusi permasalahan yang selanjutnya sistem dirancang dan disajikan dalam Diagram Blok, Desain Tata Letak Perangkat Keras, *Flowchart* perangkat lunak nodeMCU ESP-32 dan desain aplikasi web.

3.2.1 Diagram Blok Sistem

Diagram blok dari sistem yang menggambarkan bagaimana sistem dijalankan diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Blok Sistem

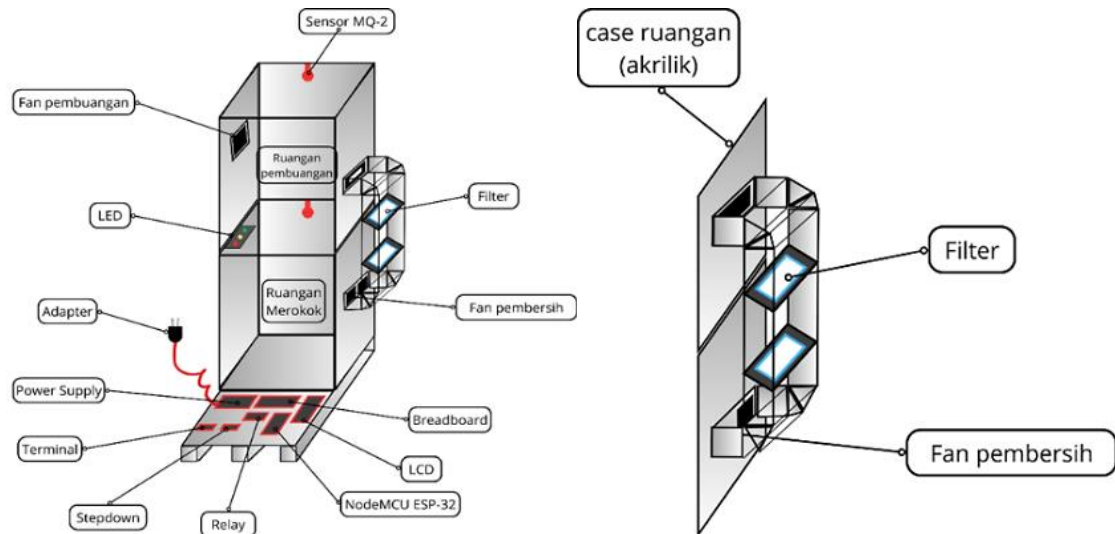
Penjelasan Diagram Blok Sistem adalah sebagai berikut:

1. NodeMCU ESP-32 sebagai alat pengendali utama yang telah di program untuk memproses data, membaca sensor yang terhubung, on/off fan, menampilkan nilai sensor dan menyalakan lampu peringatan.
2. Sensor MQ-2 mendeteksi kadar asap rokok dalam ruangan merokok dan ruangan pembuangan.
3. Fan membersihkan ruangan merokok dan ruangan pembuangan yang diaktifkan oleh relay.
4. LCD menampilkan kualitas udara dalam ruangan merokok dan ruangan pembuangan
5. LED sebagai lampu peringatan jika kualitas udara buruk.
6. Database untuk menyimpan data sensor dan hasil kadar asap rokok tersaring.
7. Aplikasi web digunakan untuk memonitor kualitas udara dalam ruangan merokok, ruangan pembuangan, hasil penyaringan, dan kondisi filter terkini. Aplikasi ini menggunakan antar muka pengguna yang memudahkan dalam mengamati informasi hasil proses yang dilakukan. Antarmuka pengguna umumnya mengacu pada elemen visual dari sebuah produk atau pengalaman penggunaan berdasarkan tampilan dan nuansa, serta presentasi dan interaktivitas dari produk yang digunakan pengguna untuk berinteraksi dan diharapkan memberikan pengalaman yang memuaskan [19].

3.2.2 Desain Tata Letak Perangkat Keras

Desain tata letak perangkat keras seperti diperlihatkan pada Gambar 4 terdiri dari tiga bagian yaitu ruangan merokok, ventilasi filter, dan ruangan pembuangan dengan fungsi masing-masing sebagai berikut :

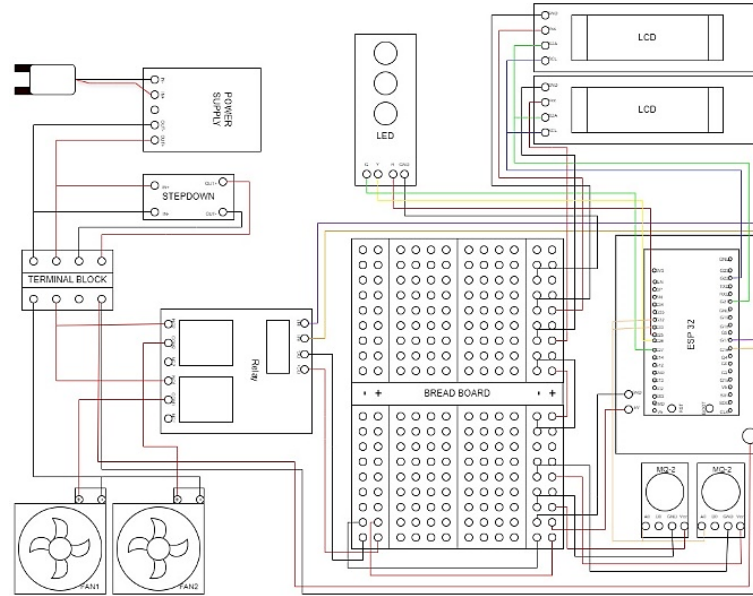
1. Ruangan merokok berada pada bagian bawah yang merupakan tempat merokok.
2. Bagian ventilasi filter merupakan penghubung ruangan merokok dan ruangan pembuangan yang berada di samping.
3. Ruangan pembuangan adalah ruangan bagian atas ini berguna untuk menampung asap rokok yang telah melalui filter yang berada pada ventilasi, di ruangan ini diukur seberapa besar hasil penyaringan asap rokok setelah melalui filter. Setelah asap rokok pada ruangan merokok mencapai kondisi normal maka asap rokok yang berada pada ruangan pembuangan akan dibuang menggunakan *exhaust fan*.



Gambar 4. Rancangan Tata Letak Perangkat Keras

3.2.2 Desain Mikrokontroler NodeMCU ESP-32

Rancangan pada mikrokontroler NodeMCU ESP-32 diperlihatkan pada Gambar 5.



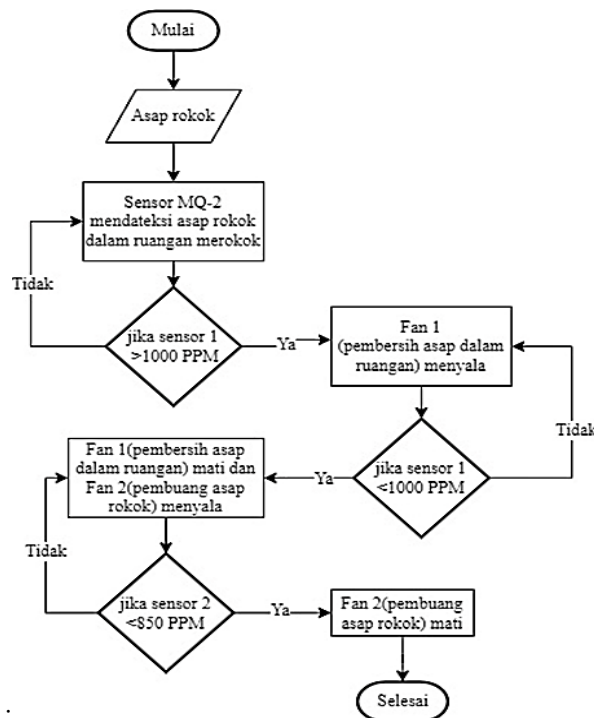
Gambar 5. Desain Mikrokontroler NodeMCU ESP-32

3.2.3 Desain Perangkat Lunak

Desain perangkat lunak ada 2 macam, yaitu desain perangkat lunak NodeMCU ESP-32 dan desain perangkat lunak aplikasi WEB.

3.2.3.1 Desain Perangkat Lunak NodeMCU ESP-32

Desain perangkat lunak NodeMCU ESP-32 sesuai kebutuhan sistem diperlihatkan pada flowchart pada Gambar 6.



Gambar 6. Desain Perangkat Lunak NodeMCU ESP-32

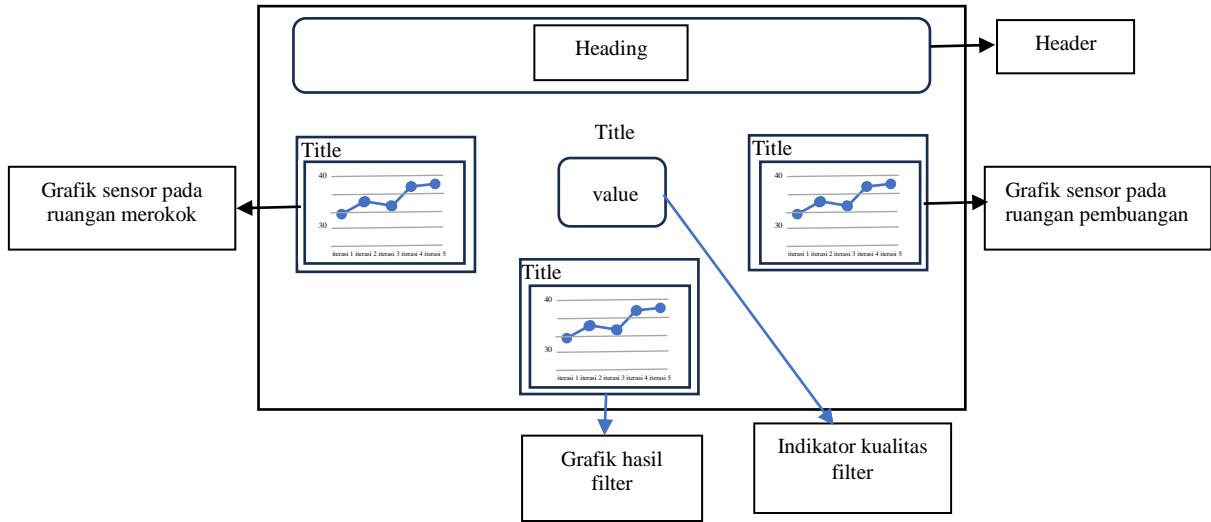
Perangkat lunak prototipe sistem bekerja sebagai berikut : dimulai adanya asap rokok di dalam ruangan, kemudian dideteksi oleh sensor MQ-2 yang ada di ruangan merokok secara terus menerus. Jika kadar asap rokok melebihi 1000 ppm maka *exhaust fan* dalam ruangan (*fan1*) dinyalakan dan akan menghisap asap rokok serta membuangnya ke ruangan pembuangan melalui penyaring secara terus menerus sampai kadar asap rokok di

dalam ruangan terdeteksi kurang dari 1000 ppm. Selanjutnya Fan 1 dimatikan dan *exhaust fan* di dalam ruang pembuangan(Fan 2) dinyalakan terus menerus untuk membuang asap rokok ke luar sampai sensor MQ-2 di ruangan pembuangan mendeteksi kadar asap rokok kurang 850 ppm. Selanjutnya Fan 2 dimatikan.

3.2.3.2 Desain Perangkat Lunak WEB

Desain perangkat lunak web memuat beberapa informasi, dipelihatkan pada Gambar 7, yaitu :

- Grafik kadar asap rokok yang dideteksi sensor MQ-2 di ruangan merokok.
- Grafik kadar asap rokok yang dideteksi sensor MQ-2 di ruangan pembuangan.
- Grafik kadar asap rokok yang berhasil difilter.
- Indikator kualitas filter.

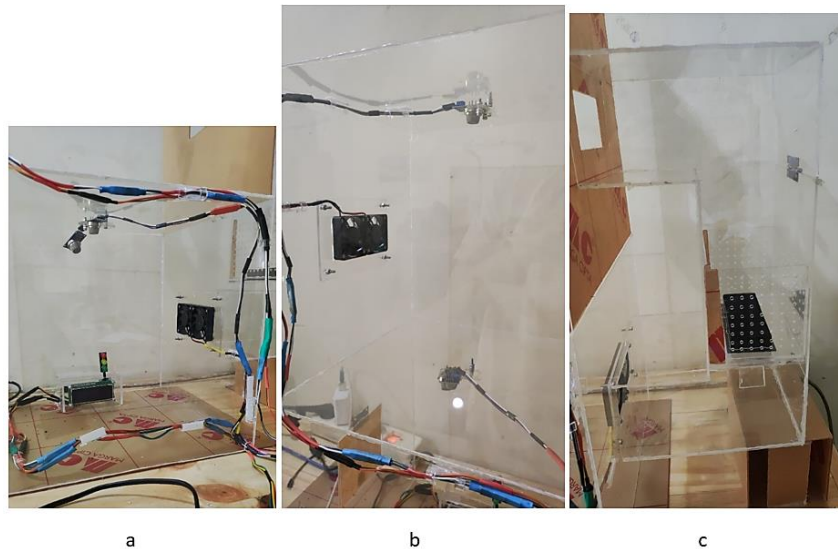


Gambar 7. Desain Perangkat Lunak Web

3.3 Pembangunan Prototipe

3.3.1 Pembangunan Perangkat Keras

Pembangunan dari desain perangkat keras diperlihatkan pada Gambar 8.

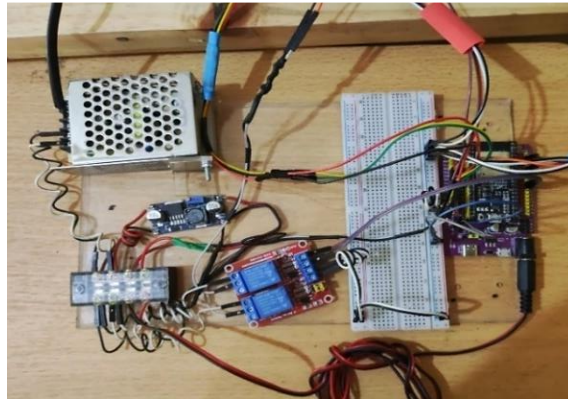


Gambar 8. Pembangunan Perangkat Keras

- Perakitan ruang merokok yaitu merakit sensor, LED, LCD, dan kipas. LCD dan LED ini digunakan untuk menampilkan informasi dan peringatan kualitas udara dari pembacaan sensor MQ₂ dalam ruangan merokok, sedangkan kipas berguna untuk memindahkan asap rokok dari ruangan merokok ke ruangan pembuangan melalui ventilasi.
- Perakitan ruangan pembuangan dengan merakit sensor dan kipas. Kipas berfungsi untuk membuang asap rokok yang telah disaring yang aktif ketika sensor pada ruangan merokok mendeteksi kadar asap mencapai titik normal dan non-aktif ketika sensor pada ruangan pembuangan mendeteksi kadar asap mencapai titik normal.

- c. Perakitan bagian ventilasi dan filter yang berfungsi sebagai jalur pemindahan asap rokok dari ruangan merokok ke ruangan pembuangan. Pada bagian ventilasi ini terdapat filter yang terdiri dari hepa filter dan karbon aktif untuk menyaring asap rokok sebelum di buang keluar ruangan.

3.3.2 Pembangunan Mikrokontroler NodeMCU ESP-32



Gambar 9. Implementasi Mikrokontroler NodeMCU ESP-32

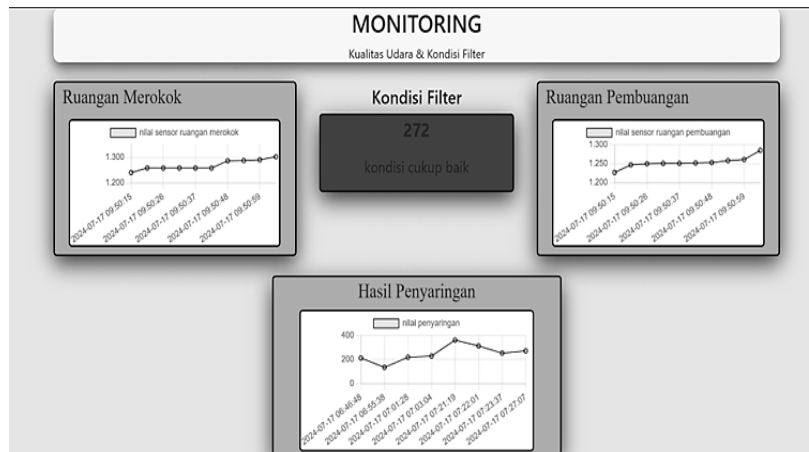
Perakitan komponen komponen yang terhubung pada mikrokontroler NodeMCU ESP-32 sebagai pusat kendali sistem serta terdapat beberapa komponen yang berguna untuk memberikan arus listrik.

3.3.3 Pembangunan Perangkat Lunak NodeMCU ESP-32

Pembangunan perangkat lunak NodeMCU dilakukan pada environment Arduino IDE. Bahasa pemrograman Arduino dasarnya menggunakan pemrograman C. Bahasa C sendiri merupakan bahasa tingkat tinggi yang populer dan banyak digunakan programmer. Oleh sebab itu, aturan penulisan dan penggunaan dari bahasa Arduino akan sama dengan bahasa C[20].

3.3.4 Pembangunan Perangkat Lunak WEB

Hasil pembangunan ini digunakan untuk memonitor kualitas udara dalam ruangan merokok, ruangan pembuangan, hasil penyaringan, dan kondisi filter terkini. Hasil implementasi diperlihatkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Implementasi Perangkat Lunak WEB

3.4 Pengujian

Pengujian yang telah dilakukan terhadap semua kebutuhan fungsional di Tabel 3. menunjukkan bahwa sistem telah berhasil memenuhi kebutuhan fungsional tsb. Pengujian Kemampuan Penyaringan diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kemampuan Penyaringan

waktu_simpan	waktu_1	nilai_1	waktu_2	nilai_2	hasil	sesi
1721191608036	1721191349811	1196	1721191414436	983	213	1
1721192138647	1721191945689	1095	1721192026709	960	135	2
1721192488501	1721192235387	1226	1721192289350	1007	219	3
1721192584400	1721192499275	1020	1721192520790	791	229	4
1721193679116	1721192897219	1224	1721193379931	862	362	5

waktu_simpan	waktu_1	nilai_1	waktu_2	nilai_2	hasil	sesi
1721193721476	1721193700228	1019	1721193684531	706	313	6
1721193817823	1721193759192	1009	1721193753801	756	253	7
1721194027940	1721193845466	1035	1721193974477	763	272	8

Tabel 6. Penjelasan Hasil Pengujian Kemampuan Penyaringan

Nama kolom	keterangan
waktu_simpan	waktu ketika semua data yang di perlukan di ambil dan berhasil disimpan. Angka disini merupakan id yang di dapat dari konversi timestamp menjadi epoch time.
waktu_1	Waktu dari nilai data yang di simpan pada tb_sensor1. Angka disini merupakan id yang di dapat dari konversi timestamp menjadi epoch time.
nilai_1	Nilai merupakan nilai tertinggi dari pembacaan sensor diruangan merokok dalam satu proses looping (sesi)
waktu_2	Waktu dari nilai data yang di simpan pada tb_sensor2. Angka disini merupakan id yang di dapat dari konversi timestamp menjadi epoch time.
nilai_2	Nilai merupakan nilai tertinggi dari pembacaan sensor diruangan pembuangan dalam satu proses looping (sesi)
hasil	Ini hasil selisih dari nilai 1 dan nilai 2. (nilai_1 – nilai_2 = hasil) hasil selisih ini di asumsikan sebagai nilai penyerapan filter atau jumlah kadar asap rokok yang berhasil di saring.
Sesi	Sesi adalah satu periode looping dalam proses monitoring, penyaringan dan pembuangan asap rokok dalam ruangan otomatis

3.5 Pembahasan

Dari hasil pengujian pada Tabel 5 sesi 1 terdeteksi kadar asap rokok dalam ruangan merokok 1196 ppm dan pada ruangan pembuangan 983 ppm sehingga di dapatkan hasil penyaringan 213 ppm, sesi 2 terdeteksi kadar asap rokok dalam ruangan merokok 1095 ppm dan pada ruangan pembuangan 960 ppm sehingga di dapatkan hasil penyaringan 135 ppm, sesi 3 terdeteksi kadar asap rokok dalam ruangan merokok 1226 ppm dan pada ruangan pembuangan 1007 ppm sehingga di dapatkan hasil penyaringan 219 ppm, sesi 4 terdeteksi kadar asap rokok dalam ruangan merokok 1020 ppm dan pada ruangan pembuangan 791 ppm sehingga di dapatkan hasil penyaringan 229 ppm, sesi 5 terdeteksi kadar asap rokok dalam ruangan merokok 1224 ppm dan pada ruangan pembuangan 862 ppm sehingga di dapatkan hasil penyaringan 362 ppm, sesi 6 terdeteksi kadar asap rokok dalam ruangan merokok 1019 ppm dan pada ruangan pembuangan 706 ppm sehingga di dapatkan hasil penyaringan 313 ppm, sesi 7 terdeteksi kadar asap rokok dalam ruangan merokok 1009 ppm dan pada ruangan pembuangan 756 ppm sehingga di dapatkan hasil penyaringan 253 ppm, sesi 8 terdeteksi kadar asap rokok dalam ruangan merokok 1035 ppm dan pada ruangan pembuangan 763 ppm sehingga di dapatkan hasil penyaringan 272 ppm, dari hasil 8 sesi pengujian rata rata kadar asap rokok tersaring 249,5 ppm.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil membangun prototipe sistem monitoring, penyaringan, dan pembuangan asap rokok otomatis menggunakan NODEMCU ESP-32 sebagai mikrokontroler, sensor MQ-2 untuk mendeteksi asap rokok, karbon aktif yang dipadukan dengan HEPA filter untuk menyaring asap rokok, dan relay untuk mengendalikan kipas yang digunakan untuk membersihkan udara dalam ruangan. Data sensor ini disimpan ke server menggunakan API berbasis PHP dan SQL dan ditampilkan pada dashboard aplikasi web untuk monitoring jarak jauh. Prototipe yang dibangun telah memenuhi kebutuhan sistem dengan baik yaitu mendeteksi dan menyaring asap rokok di ruangan, memonitor kondisi ruangan dari asap rokok, menghitung penyerapan asap rokok, dan membuang udara hasil penyaringan ke lingkungan luar ruangan. Prototipe ini bisa menjadi solusi dari permasalahan dan dapat diimplementasikan pada sistem sebenarnya. Penggunaan filter karbon aktif dan relay untuk mengontrol kipas dalam sistem ini berhasil menurunkan kadar asap rokok dalam ruangan mencapai kondisi normal (400-1000) ppm. Pengaturan perulangan nyala dan matinya kipas berdasarkan nilai sensor gas MQ-2 memungkinkan pengelolaan kualitas udara dalam ruangan merokok lebih baik. Kemampuan filter berupa penggunaan hepa filter dan karbon aktif berhasil menyaring kadar asap rokok pada 8 sesi pengujian rata-rata sebesar 249,5 ppm. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan sensor khusus pendeteksi asap, gas CO atau CO2 agar hasil lebih akurat.

REFERENCES

- [1] cdc.gov, "Health Effects of Cigarettes: Cancer," .cdc.gov. Accessed: Sep. 24, 2024. [Online]. Available: <https://www.cdc.gov/tobacco/about/cigarettes-and-cancer.html>
- [2] drg. Widyawati MKM, "Temuan Survei GATS : Perokok Dewasa di Indonesia Naik 10 Tahun Terakhir," Sehat Negeriku. Accessed: Jun. 16, 2024. [Online]. Available:

- <https://sehatnegeriku.kemkes.go.id/baca/umum/20220601/4440021/temuan-survei-gats-perokok-dewasa-di-indonesia-naik-10-tahun-terakhir/>
- [3] Ronald Sofyan, “Peningkatan Polusi Udara di Indonesia: Perspektif Ekonomi Berdasarkan Teori Freakonomics,” setkab.go.id. Accessed: Sep. 24, 2024. [Online]. Available: <https://setkab.go.id/peningkatan-polusi-udara-di-indonesia-perspektif-ekonomi-berdasarkan-teori-freakonomics/>
 - [4] A. D. Nugroho, “Rancang Sistem Alarm Asap Rokok Ruang Yang Termonitor Berbasis Iot (Internet Of Things) Menggunakan Esp-32 Dengan Notifikasi Sms,” Universitas Diponegoro, Semarang, 2023. Accessed: Sep. 30, 2024. [Online]. Available: <https://eprints2.undip.ac.id/id/eprint/13000>
 - [5] Pande Gede Aditya Ananda Logiasa, “Rancang Bangun Prototipe Sistem Pendeteksian Dan Pembuangan Asap Rokok Berbasis Iot Pada Smoking Room,” Badung, Oct. 2022. Accessed: Jun. 20, 2024. [Online]. Available: <http://repository.pnb.ac.id/id/eprint/3708>
 - [6] F. N. Falah, “Rancang bangun protipe sistem pendeteksi asap rokok menggunakan sensor MQ-2 dan MQ-7 berbasis IoT,” Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati, Bandung, 2023. Accessed: Jun. 22, 2024. [Online]. Available: <https://digilib.uinsgd.ac.id/85428/>
 - [7] Erwin Harahap, Haris Dhaifullah, Farid Badruzzaman, Anan Suparman, Suliadi Suliadi, and Aulia Yasmin, “Sistem Pendeteksi Asap Rokok Dengan Sensor MQ-2 Berbasis Mikrokontroler ESP32,” *Jurnal Aplikasi IPTEK Indonesia*, vol. 6, no. 1, pp. 15–20, Jun. 2022, doi: 10.24036/4.16457.
 - [8] I. A. . Rombang, L. B. Setyawan, and G. Dewantoro, “Perancangan Prototipe Alat Deteksi Asap Rokok dengan Sistem Purifier Menggunakan Sensor MQ-135 dan MQ-2,” *tech*, vol. 21, no. 1, pp. 131–144, Apr. 2022, doi: 10.31358/techne.v21i1.312.
 - [9] SYNERGY SOLUSI, “Teknologi Pembersih Udara Berbasis Karbon Aktif untuk Reduksi Paparan Zat Kimia Berbahaya,” SYNERGY SOLUSI. Accessed: Jun. 20, 2024. [Online]. Available: <https://synergysolusi.com/artikel-qhse/teknologi-pembersih-udara-berbasis-karbon-aktif-untuk-reduksi-paparan-zat-kimia-berbahaya>
 - [10] Kane International Ltd, “What are safe levels of CO and CO2 in rooms?,” Kane International Ltd. Accessed: Jun. 16, 2024. [Online]. Available: <https://www.kane.co.uk/knowledge-centre/what-are-safe-levels-of-co-and-co2-in-rooms>
 - [11] Kurniati, “Penerapan Metode Prototype Pada Perancangan Sistem Pengarsipan Dokumen Kantor Kecamatan Lais,” *Journal of Software Engineering Ampera*, vol. 2, no. 1, pp. 16–27, Feb. 2021, doi: 10.51519/journalsea.v2i1.89.
 - [12] Visual Paradigm Online, “CrossFlowchart,” Visual Paradigm Online. Accessed: Jul. 28, 2024. [Online]. Available: <https://online.visual-paradigm.com/knowledge/flowchart/what-is-cross-functional-flowchart/>
 - [13] M. S. Mohamad Adenan, A. N. Mas Erwan, and M. N. H. Muzaffar Alfian, “Smart Smoke Detector,” *International Journal of Recent Technology and Applied Science*, vol. 3, no. 1, pp. 16–31, Mar. 2021, doi: <https://doi.org/10.36079/lamintang.ijortas-0301.198>.
 - [14] B. Kusumo and T. Ardiansyah, “Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis Mikrokontroler Esp32,” *Jurnal Elektro*, vol. 12, no. 1, pp. 48–68, Jan. 2024, doi: <https://doi.org/10.61488/jetro.v12i1.440>.
 - [15] MN. Nizam, H. Yuana, and Z. Wulansari, “Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web,” *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 6, no. 2, pp. 767–772, Nov. 2022, doi: <https://doi.org/10.36040/jati.v6i2.5713>.
 - [16] U. J. Ekah, Simeon Ozuomba, and Etinamabasiyaka Ekott, “Evaluating MQ Sensors in Gas Leakage Detection Systems,” *Journal of Scientific and Engineering Research*, vol. 11, pp. 12–16, Nov. 2024, Accessed: Sep. 26, 2024. [Online]. Available: <https://jsaer.com/download/vol-11-iss-9-2024/JSAER2024-11-9-12-16.pdf>
 - [17] Shela Mindasari, M. As’ad, and Dian Meilantika, “Sistem Keamanan Kotak Amal di Musala Sabilul Khasanah Berbasis Arduino UNO,” *Jurnal Teknik Informatika Mahakarya(JTIM)*, vol. 5, no. 2, pp. 7–13, Dec. 2022, Accessed: Jul. 24, 2024. [Online]. Available: <https://journal.unmaha.ac.id/index.php/jtim/article/view/239>
 - [18] D. Tantowi and Y. Kurnia, “Simulasi Sistem Keamanan Kendaraan Roda Dua Dengan Smartphone dan GPS Menggunakan Arduino,” *Jurnal Algor*, vol. 1, no. 2, pp. 9–15, May 2020.
 - [19] A. Sodik, R. R. Putri, I. Firdaus, and S. A. Husada, “Penerapan Metode Design Thinking Pada User Interface Dan User Experince Aplikasi Monitoring Skripsi Berbasis Website,” *TELSINAS*, vol. 7, no. 2, pp. 176–189, Sep. 2024, doi: <https://doi.org/10.38043/telsinas.v7i2.5611>.
 - [20] Zainudin and Dede Supiyan, “Perancangan dan Implementasi Kendali Lampu Ruang berbasis IOT Menggunakan NODEMCU ESP 32,” *Journal of Research and Publication Innovation*, vol. 1, no. 3, pp. 850–855, Jul. 2023, Accessed: Jan. 02, 2025. [Online]. Available: <https://jurnal.portalpublikasi.id/index.php/JORAPI/article/view/393>