

SISTEM EARLY WARNING DETEKSI KUALITAS UDARA BERBASIS IOT

Andrean Noor Abdul Muhid¹, Oky Rahmanto², Agustian Noor³, Fathurrahmani⁴

¹²³⁴. Program Studi Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Tanah Laut
Jln. Ahmad Yani No.Km.06 Tanah Laut Kalimantan Selatan 70815

¹andrean.noor.abdul.muhid@mhs.politala.ac.id, ²oky.rahmanto@politala.ac.id,

³agustian.noor@politala.ac.id, ⁴fathurrahmani@politala.ac.id

Abstract

Air pollution in Indonesia is a serious threat to human health, with impacts that include respiratory, heart disease and premature death. This condition is caused by various harmful air pollutants, including diameter dust, sulphur dioxide, carbon monoxide, nitrogen dioxide and others. The long dry season often triggers forest fires in various regions, including Bati-bati Village in South Kalimantan. Forest fires produce smoke that causes air pollution harmful to human health and the surrounding environment, reaching a level of around 160 classified as unhealthy. To solve this problem, researchers have developed an Internet of Things (IoT)-based air quality monitoring system at several points prone to forest and land fires. The system detects carbon monoxide (CO) and methane pollution levels in the air and provides early warnings to users via telegram if pollution levels exceed or approach set limits. Thus, the system helps users to take necessary precautions to protect health from the effects of air pollution.

Keywords : Air pollution, carbon monoxide, Internet of Things

Abstrak

Polusi udara di Indonesia merupakan ancaman serius bagi kesehatan manusia, dengan dampaknya yang meliputi penyakit pernapasan, jantung, dan kematian dini. Kondisi ini disebabkan oleh berbagai polutan udara yang berbahaya, termasuk debu diameter, sulfur dioksida, karbon monoksida, nitrogen dioksida, dan lainnya. Musim kemarau yang panjang sering kali memicu kebakaran hutan di berbagai daerah, termasuk Desa Bati-bati di Kalimantan Selatan. Kebakaran hutan menghasilkan asap yang menyebabkan polusi udara berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan sekitarnya mencapai angka sekitar 160 tergolong tidak sehat. Untuk mengatasi masalah ini, peneliti telah mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT) di beberapa titik rawan kebakaran hutan dan lahan. Sistem ini mendeteksi kadar polusi karbon monoksida (CO) dan metana di udara dan memberikan peringatan dini kepada pengguna melalui telegram jika kadar polusi melebihi atau mendekati batas yang ditetapkan. Dengan demikian, sistem ini membantu pengguna untuk mengambil tindakan pencegahan yang diperlukan untuk melindungi kesehatan dari dampak polusi udara.

Kata kunci : Polusi udara, karbon monoksida, *Internet of Things*

1. PENDAHULUAN

Polusi udara di Indonesia merupakan ancaman lingkungan besar yang berdampak signifikan terhadap kesehatan manusia. Menurut World Health Organization (WHO) dalam laporan Raming[1], pada tahun 2016, sebanyak 7,3 juta orang meninggal dunia akibat pencemaran udara, dengan Timur Tengah dan Asia Tenggara

mencatat angka kematian tertinggi. Di kawasan ini, tingkat pencemaran tahunan rata-rata melebihi batas yang ditetapkan, dengan 3,8 juta kematian terjadi di Timur Tengah dan Asia Tenggara, termasuk 567.000 kasus yang disebabkan oleh penyakit pernapasan dan kanker akibat paparan partikel halus. Dampak dari polusi udara setara dengan dampak kesehatan dari merokok tembakau dan konsumsi makanan yang

tidak sehat[1]. Konsentrasi polusi udara memiliki korelasi erat dengan jumlah kematian akibat penyakit pernapasan dan *Ischemic Heart Disease* (IHD)[1].

Salah satu penyebab utama memburuknya polusi udara di Indonesia adalah kebakaran hutan yang sering terjadi selama musim kemarau. Musim kemarau yang berkepanjangan memicu kebakaran hutan yang sulit dipadamkan akibat kurangnya persediaan air, mengakibatkan kualitas udara yang buruk karena banyaknya asap dari kebakaran tersebut[1]. Desa Bati-bati di Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan, merupakan salah satu daerah yang sering dilanda kebakaran hutan selama musim kemarau. Menurut Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Laut, desa Bati-bati dengan luas wilayah sekitar 9 km² dan jumlah penduduk 5.374 jiwa, sering mengalami kebakaran hutan. Sulitnya akses menuju lokasi sumber api, ditambah dengan struktur tanah gambut, menjadikan pemadaman api hanya bisa dilakukan melalui transportasi udara, sehingga api sulit dipadamkan dan polusi udara semakin meningkat[2].

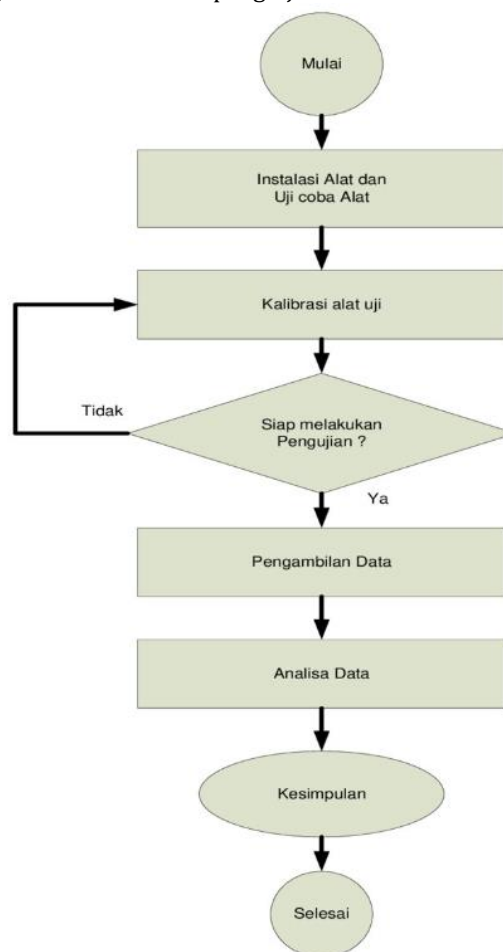
Polusi udara yang dihasilkan oleh kebakaran hutan mengandung berbagai partikel berbahaya, termasuk karbon monoksida, yang dapat menyebabkan gejala penyakit seperti kesulitan bernafas pada manusia[3]. Selain membahayakan kesehatan manusia, polusi udara juga mempengaruhi lingkungan sekitar dengan mengganggu pertumbuhan tanaman dan hewan[2]. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan kualitas udara yang dapat diakses untuk mengetahui tingkat pencemaran udara, khususnya kadar karbon monoksida.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem peringatan dini berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat mendeteksi kualitas udara. Alat ini bekerja dengan mendeteksi kadar polusi karbon monoksida dan *liquid petroleum gas* (LPG) di udara, tetapi dalam penelitian ini di titik beratkan fungsi sensor pendeteksi kadar polusi karbon monoksida diluar ruangan. Jika kadar polusi melebihi atau mendekati batas yang telah ditentukan, alat ini akan mengirimkan pesan peringatan ke ponsel pengguna melalui aplikasi Telegram, sehingga pengguna dapat mempersiapkan diri untuk menghindari polusi. Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana membangun sistem *early warning* untuk deteksi kualitas udara berbasis IoT.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Skema Alur Penelitian

Kerangka penelitian dalam studi kasus perancangan sistem peringatan dini untuk deteksi kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) mencakup identifikasi masalah, pengumpulan data yang relevan, dan pembangunan sistem menggunakan model waterfall. Berikut ini adalah gambaran dari alur pengerjaan sistem.



Gambar 1. Alur Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan tahap identifikasi masalah, di mana peneliti mengidentifikasi permasalahan terkait polusi udara di Indonesia dan kebutuhan akan sistem peringatan dini yang efektif. Setelah masalah teridentifikasi, langkah berikutnya adalah pengumpulan data. Dalam tahap ini, peneliti mengumpulkan berbagai data yang diperlukan, termasuk data kualitas udara, data kesehatan terkait polusi udara, dan data teknis yang diperlukan untuk pembangunan sistem. Setelah data terkumpul, peneliti melanjutkan ke tahap perancangan dan pembangunan sistem. Menggunakan model *waterfall*, tahap ini mencakup desain sistem,

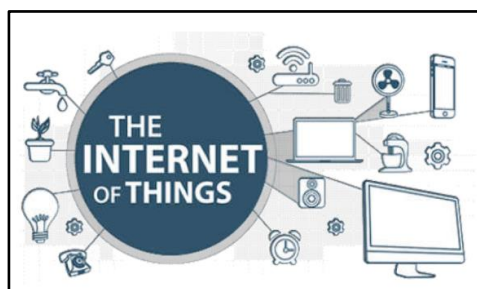
pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian fungsionalitas, dan implementasi sistem IoT untuk deteksi kualitas udara. Terakhir, penelitian diakhiri dengan tahap evaluasi sistem dan penulisan laporan akhir, yang mencakup analisis kinerja sistem dan rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut.

2.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui metode studi pustaka dan dokumentasi. Studi pustaka merupakan kegiatan yang bertujuan untuk mengumpulkan informasi yang relevan dengan topik atau masalah penelitian, dilakukan dengan mencari berbagai sumber referensi yang mendukung pembuatan penelitian, termasuk informasi dari internet dan buku yang telah diterbitkan. Sementara itu, dokumentasi adalah proses mengumpulkan, menganalisis, dan menyajikan informasi terkait dengan suatu sistem, produk, atau proyek. Dokumentasi bisa berupa laporan, manual, dan dokumen lainnya, yang membantu meningkatkan efisiensi, efektivitas, serta mengurangi kesalahan dalam pengembangan penelitian.

2.3. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) terdiri dari sensor-sensor yang terhubung ke internet dan berfungsi seperti internet itu sendiri, dengan membuat koneksi yang selalu terbuka, berbagi data secara bebas, serta memungkinkan munculnya aplikasi-aplikasi baru yang tak terduga. Hal ini memungkinkan komputer untuk memahami dunia di sekitarnya dan menjadi bagian integral dari kehidupan manusia. [4]. IoT telah berkembang pesat dan telah digunakan dalam berbagai bidang, termasuk bisnis, kesehatan, transportasi, lingkungan, energi, dan lain-lain. Indonesia juga telah mengaplikasikan teknologi IoT, walaupun tidak menjadi mayoritas, dan telah menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam berbagai sektor[5].



Gambar 2. Internet of Things[4]

IoT sendiri terdiri dari beberapa komponen utama, seperti sensor, *gateway*, dan *cloud*. Sensor digunakan untuk mengumpulkan data dari objek-objek fisik yang terhubung dengan jaringan[6]. *Gateway* berfungsi untuk mentransmisikan data dari sensor ke *cloud* atau *internet* yang terhubung. *Cloud* kemudian digunakan untuk memproses dan menyimpan data yang dikumpulkan[7].

IoT memiliki manfaat yang luas, IoT memungkinkan untuk melakukan pengendalian perangkat dari jarak jauh dengan internet, hal ini menciptakan peluang untuk langsung menghubungkan dan mengintegrasikan dunia fisik ke sistem berbasis komputer menggunakan perangkat sensor dan jalur internet [4].

2.4. Karbon Monoksida

Karbon monoksida (CO) adalah gas beracun yang tidak memiliki warna, tidak menimbulkan iritasi, tidak berbau, dan tidak memiliki rasa. Gas ini dihasilkan dari pembakaran bahan bakar yang mengandung karbon secara tidak sempurna, seperti kayu, bensin, batu bara, gas alam, dan minyak tanah [8]. Karbon monoksida tidak dapat dideteksi oleh manusia baik melalui penglihatan, rasa maupun penciuman. Proses oksidasi yang tidak sempurna selama pembakaran dapat menyebabkan tingginya konsentrasi karbon monoksida di udara dalam ruangan[9]. Jika karbon monoksida masuk ke dalam tubuh dan dibawa oleh hemoglobin ke otot-otot, seseorang akan mengalami kekurangan oksigen. Ini terjadi karena karbon monoksida mengikat oksigen dari hemoglobin, sehingga mengurangi kadar oksigen dalam tubuh. Akibatnya, gejala keracunan karbon monoksida dapat muncul, seperti pusing, ketidaknyamanan pada mata, telinga berdenging, mual, muntah, detak jantung meningkat, rasa tertekan di dada, kesulitan bernapas, kelemahan otot, kehilangan kesadaran, dan bahkan kematian[9].

Menurut batasan yang ditetapkan oleh WHO, paparan karbon monoksida (CO) sebaiknya tidak melebihi 25 ppm (29 mg/m³) untuk mencegah kadar COHb mencapai 2,5-3% dalam 1 jam, dan 10 ppm (11,5 mg/m³) untuk paparan selama 8 jam. Selain itu, berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405 tahun 2002 mengenai persyaratan kesehatan lingkungan kerja perkantoran dan industri, kadar gas yang tercemar di ruang kerja dapat dilihat pada tabel berikut:

TABEL I. BATASAN PAPARAN GAS PENCEMAR DIDALAM RUANG

No.	Parameter	Konsentrasi Maksimal	
		(mg/m ³)	ppm
1.	Asam Sulfida	1	-
2.	Amonia(NH ₃)	17	25
3.	Karbon Monoksida (CO)	29	25
4.	Nitrogen (NO ₂)	5,60	3,0
5.	Sulfur Dioksida (SO ₂)	5,2	2

2.5. Kebakaran Hutan

Kebakaran hutan dan lahan merupakan suatu kejadian yang sering terjadi di wilayah Indonesia, khususnya di Pulau Kalimantan. Kebakaran hutan merupakan salah satu penyebab berkurangnya kualitas ekosistem alam, seperti kerusakan lahan hutan dan vegetasi, perubahan komposisi ekosistem hutan, fisiologi tanaman, serta gangguan kesehatan masyarakat di sekitar lokasi kebakaran, sehingga kebakaran hutan di Kalimantan merupakan ancaman potensi bagi pembangunan yang berkelanjutan. Bencana yang terjadi di musim kemarau menyebabkan kerusakan ekosistem dan kerugian aspek ekonomi, sosial dan budaya.

Kebakaran hutan dapat menyebabkan berbagai kerugian serta kerusakan yang sangat besar terhadap lingkungan, ekonomi, dan sosial. Selain dampak negatif terhadap ekosistem hutan dan lingkungan, kebakaran hutan dan lahan juga dapat berdampak pada kesehatan makhluk hidup, maka dari itu perlu dilakukan pengendalian kebakaran hutan agar dapat mengurangi dampak kebakaran hutan. Kejadian kebakaran hutan tiap tahun berbeda-beda dan tiap tahun cenderung meningkat. Kebakaran hutan ini menyebabkan meningkatnya polusi udara yang terkontaminasi asap. Berdasarkan buku Lindungi Diri dari Bencana Kabut Asap yang dikeluarkan oleh World Health Organization (WHO) dan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia asap dalam kebakaran hutan mengandung zat berbahaya untuk kesehatan[10].

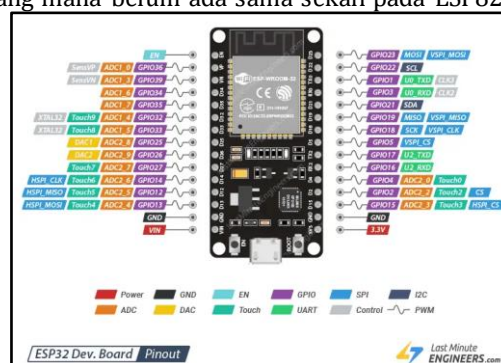
Berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU), ada lima kandungan berbahaya dalam asap kebakaran hutan, yakni Karbon Monoksida (CO), Sulfur Dioksida (SO₂), Nitrogen Dioksida (NO₂), dan Ozon Permukaan (O₃)[10].

2.6. ESP32

NodeMCU ESP32 adalah papan prototyping atau mikrokontroler yang kompak dan mudah diprogram menggunakan perangkat lunak Arduino IDE. ESP32 menawarkan kemampuan Wi-Fi dan Bluetooth yang sangat kuat, dengan

banyak GPIO yang tersedia, serta board development yang menunjukkan keunggulan dalam desain modul IoT yang sangat mudah diakses[11].

Jenis ini memiliki beberapa perbedaan dengan ESP8266 salah satunya adalah pada bagian prosesor, ESP32 sudah dilengkapi dengan prosesor *Dual-Core* 32 bit yang membuat ESP32 memiliki kinerja yang lebih cepat dibanding dengan ESP8266 yang masih menggunakan *Single-Core* 32 bit[12]. Selain itu, ESP32 juga dilengkapi dengan *Bluetooth* tipe 4.2 yang mana belum ada sama sekali pada ESP8266.



Gambar 3. Pin Out ESP 32[13]

Seperti yang terlihat dari gambar di atas merupakan pin out dari ESP32. Pada pin out tersebut terdiri dari 18 pin *Analog Digital Converter* (ADC), 2 pin *Digital Analog Converter* (DAC), 16 pin *Pulse Width Modulation* (PWM), serta pin antarmuka I2C, I2S, dan SPI[14].

Pin-pin tersebut dapat digunakan sebagai input atau output untuk mengendalikan LCD, lampu, dan bahkan motor DC. ESP32 pada dasarnya adalah penerus dari modul ESP8266. ESP32 dilengkapi dengan CPU yang lebih cepat serta Wi-Fi yang lebih efisien, menawarkan lebih banyak GPIO, dan mendukung Bluetooth 4.2 dengan konsumsi daya yang rendah. Karena ESP32 memiliki lebih banyak pin GPIO dibandingkan ESP8266, Anda dapat menentukan pin mana yang akan digunakan untuk fungsi UART, I2C, atau SPI sesuai dengan kebutuhan kode program yang dibuat[15].

2.7. Sensor Gas MQ-7

Sensor adalah perangkat yang berfungsi mengubah besaran mekanik, magnetik, suhu, cahaya, dan kimia menjadi sinyal listrik. Sinyal listrik ini dapat berubah dalam bentuk arus, dan perubahan dari berbagai elemen ini dapat digunakan untuk pembacaan dalam rangkaian mikrokontroler[6].

Sensor MQ-7 merupakan sensor yang memiliki kepekaan tinggi terhadap gas Carbon

Moxide (CO) dan hasil kalibrasinya stabil serta tahan lama [16]. Sensor ini memerlukan catu daya heater sebesar 5V AC/DC dan catu daya rangkaian 5V DC. Sensor ini ideal untuk mendeteksi gas CO dengan jangkauan deteksi antara 10 hingga 10.000 ppm. Keunggulan dari sensor MQ-7 meliputi sensitivitas yang tinggi, stabilitas, umur panjang, kemampuan pengukuran, kemudahan integrasi, kalibrasi, dan penggunaan.



Gambar 4. Sensor MQ-7

Sensor MQ-7 tersusun oleh tabung kramik mikro, lapisan sensitif timah dioksida (SnO₂), elektroda pengukur dan pemanas sebagai lapisan kulit yang terbuat dari plastik dan permukaan jaringan *stainless steel* bersih yang menjadi kerak pelindung tabung [16]. Sensor ini dibuat dengan 6 pin, 4 dari 6 pin tersebut digunakan untuk mengambil sinyal dan 2 lainnya digunakan untuk menyalurkan arus pemanas.

Sensor MQ-7 sangat bermanfaat dalam berbagai aplikasi yang memerlukan pengukuran kadar gas CO, seperti dalam pengawasan kualitas udara di ruang tertutup, industri, dan kendaraan. Dengan sensor MQ-7, kita dapat mendeteksi tingkat CO yang tinggi dan mengambil langkah-langkah untuk mengurangi risiko kecelakaan yang terkait dengan gas CO. Selain itu, sensor MQ-7 juga berguna dalam pengembangan teknologi untuk menciptakan sistem pemantauan gas CO yang lebih efektif dan efisien [17].

2.8. Sensor MQ-2

Sensor Gas MQ-2 adalah sensor yang sensitif terhadap asap dan digunakan untuk mendeteksi berbagai jenis gas yang dapat terbakar. Elemen utama dari sensor ini adalah SnO₂, yang memiliki konduktivitas rendah dalam udara bersih. Namun, ketika terpapar gas, konduktivitas sensor meningkat sesuai dengan konsentrasi gas. Sensor MQ-2 dapat mendeteksi gas-gas seperti LPG, propana, hidrogen, karbon monoksida, metana, alkohol, serta gas mudah terbakar lainnya. Sensor ini dapat mengidentifikasi konsentrasi gas yang

mudah terbakar dan asap, menghasilkan sinyal tegangan yang sederhana [15].

Sensor MQ-2 dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi berbagai gas seperti isobutana, propana, metana, alkohol, asap, dan LPG. Sensor ini memungkinkan deteksi kebocoran gas, sehingga tindakan pencegahan dapat diambil untuk mengurangi risiko kecelakaan yang terkait dengan gas berbahaya. Selain itu, MQ-2 juga bermanfaat dalam pengembangan teknologi untuk menciptakan sistem pemantauan gas yang lebih efisien dan efektif [15].



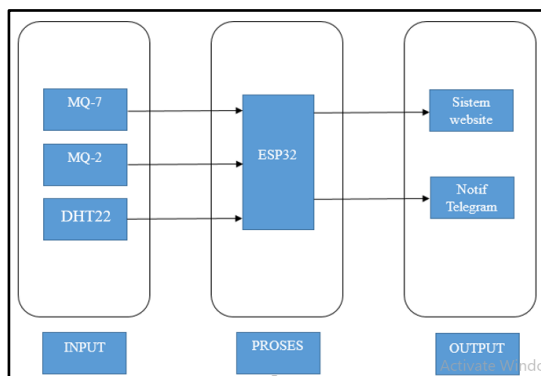
Gambar 5. Sensor MQ-2 [18]

Sensor MQ-2 memiliki 2 masukan tegangan yakni VH dan VC. VH digunakan untuk tegangan pada pemanas (*heater*) bagian internal dan VC merupakan tegangan sumber serta memiliki output yang menghasilkan *output* analog. Dalam sensor MQ-2 terdiri dari 6 buah pin sama seperti sensor MQ-7 yaitu 4 pin digunakan untuk *input/output* dan 2 pin di gunakan untuk sistem pemanas (*heater*).

Kelebihan lain dari sensor MQ-2 adalah kemampuan integrasi dengan berbagai perangkat keras dan perangkat lunak, seperti mikrokontroler, LCD, buzzer, dan aplikasi telegram. Dengan demikian, sensor MQ-2 dapat digunakan dalam berbagai aplikasi yang memerlukan pengukuran kadar gas CO, serta dalam meningkatkan keselamatan dan kualitas udara di berbagai lingkungan [14].

2.9. Rancangan

Desain perangkat dalam penelitian ini menggunakan diagram blok, yang memudahkan pemantauan dan pengorganisasian data dari bagian input, proses, dan output dengan cara yang jelas dan terstruktur. Berikut ini adalah gambaran dari diagram blok yang dibuat penulis



Gambar 6. Diagram Blok

Pada bagian *input* terdapat 3 (tiga) sensor yang akan bekerja sesuai dengan kode program yang dibuat oleh penulis, dalam hal ini sensor gas MQ-2 dan MQ-7 akan membaca kadar karbon monoksida (CO) pada ruangan tersebut, kemudian ada sensor DHT22 yang akan membaca temperatur suhu ruangan dan kelembapan pada ruangan[19].

Perancangan alat dalam penelitian yang berjudul "Rancang Bangun Sistem *Early Warning* untuk Deteksi Kualitas Udara Berbasis *Internet Of Things (IoT)*" ini menggunakan NodeMCU ESP32 yang diprogram melalui *software arduino IDE*, NodeMCU ESP32 kemudian akan dipasangkan dengan *Baseplate* khusus seri ESP32 fungsinya agar mempermudah penghubungan dengan perangkat lain seperti sensor gas MQ-7, sensor gas MQ-2, dan sensor DHT22. Tujuan dari pembuatan sistem ini adalah untuk melakukan deteksi kualitas udara dengan cara sensor akan deteksi kadar karbon monoksida (CO) diudara sehingga dapat meminimalisir terhirupnya karbon monoksida (CO) berlebih yang dapat membahayakan bagi kesehatan[20].

Pada pembuatan sistem *early warning* untuk deteksi kualitas udara berbasis *Internet of Things (IoT)* mencakup beberapa langkah yang perlu diikuti, dan pada tahap ini, *flowchart* digunakan untuk merancang rangkaian pada NodeMCU ESP32. Beberapa langkah dalam proses pembuatan perangkat meliputi:

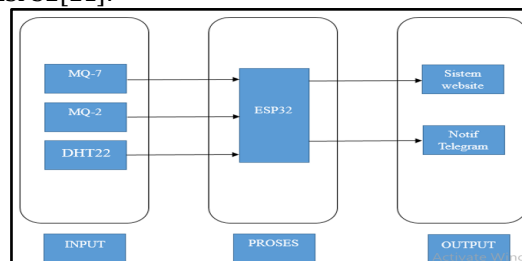
1. Memasang NodeMCU ESP32 ke *baseplate* khusus ESP32 untuk memperbanyak *pin out* yang dapat digunakan.
2. Menghubungkan sensor DHT22 ke *baseplate* agar dapat terhubung dengan NodeMCU ESP32 menggunakan kabel *jumper*.
3. Menghubungkan sensor gas MQ-7 ke *baseplate* agar dapat terhubung dengan NodeMCU ESP32 menggunakan kabel *jumper*.
4. Menghubungkan sensor gas MQ-2 ke *baseplate* agar dapat terhubung dengan NodeMCU ESP32 menggunakan kabel *jumper*.

5. Membuat website agar dapat menampilkan data dari NodeMCU ESP32
6. Membuat program PHP dengan *framework codeigniter 4* menggunakan *software Visual Studio Code*.
7. Membuat program PHP agar dapat menerima data yang dikirimkan dari NodeMCU ESP32 menggunakan *software Visual Studio Code*.
8. Membuat program agar mengirimkan data dari NodeMCU ESP32 ke *server PHP* menggunakan *software Arduino IDE*.
9. Membuat program agar mengirimkan notifikasi dari NodeMCU ESP32 ke telegram menggunakan *software Arduino IDE*.
10. Membuat *chatBot* dari telegram yang akan digunakan untuk menerima dan menampung pesan notifikasi yang dikirimkan dari NodeMCU ESP32[14].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Diagram Blok

Berikut ini merupakan diagram blok yang menggambarkan alur proses kerja sistem, dalam diagram blok ini terdapat 3 (tiga) pembacaan dari sensor yang berbeda yaitu sensor DHT22 sebagai sensor untuk pembacaan suhu dan kelembapan, sensor gas MQ-7 dan MQ-2 sebagai sensor untuk pembacaan kadar karbon monoksida (CO) dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32[21].



Gambar 7. Diagram Blok

1. Input

Pada bagian input ini semua sensor yang ada akan bekerja berdasarkan apa yang telah diprogram oleh *user* sesuai dengan fungsinya masing-masing. Pada hal ini sensor MQ-7 dan sensor MQ-2 akan melakukan pembacaan kadar polutan karbon monoksida (CO) dan gas metana yang ada diudara didalam ruangan dan sensor DHT22 yang akan melakukan pembacaan terhadap suhu serta kelembapan diruangan.

2. Proses

Pada bagian ini setelah semua data yang dikirim dari *input* sebelumnya, akan diproses didalam mikrokontroler ESP32 proses ini akan dilakukan dengan menggunakan pengkodean atau *coding* agar alat-alat seperti sensor-sensor dapat berfungsi sesuai dengan kegunaan dan program

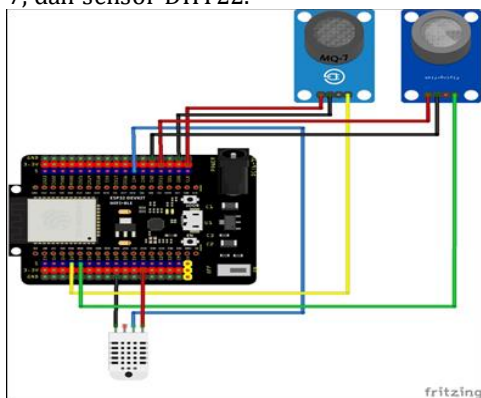
yang dimasukkan oleh *user*, nantinya hasil dari pemrosesan ini akan dialirkan ke dalam bentuk *output*.

3. Output

Pada bagian ini setelah pemrosesan data telah selesai maka hasil dari proses tersebut dapat berubah menjadi kontrol perangkat elektronik, tampilan untuk *serial monitor*, tampilan untuk *website* atau tampilan untuk aplikasi *mobile*. Hasil keluaran (*output*) tergantung dari pengkodean atau *coding* yang diberikan pada mikrokontroler, seperti halnya telegram yang akan memberikan notifikasi peringatan berdasarkan data kadar polutan dari sensor gas yang dianggap telah mencapai kondisi tertentu yang diterapkan dalam pengkodean dan data dari sensor gas tersebut dapat dilihat juga oleh *user* melalui *website* sehingga *user* dapat melakukan pemantauan terhadap kondisi tersebut[15].

3.2. Diagram Skematik

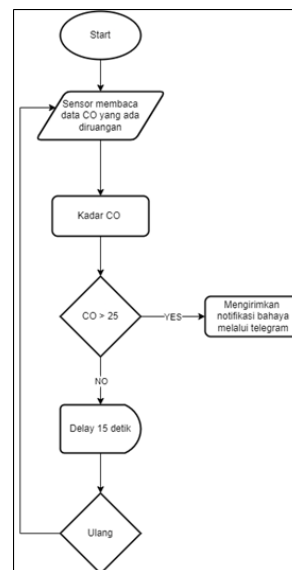
Berikut ini merupakan gambaran diagram skematik yang menggambarkan keseluruhan perangkat yang digunakan, diagram ini dibuat menggunakan aplikasi *Fritzing* untuk jenis perangkat yang digunakan dalam diagram ini adalah NodeMCU ESP32, *Baseplate* khusus NodeMCU ESP32, sensor gas MQ-2, sensor gas MQ-7, dan sensor DHT22.



Gambar 8. Rancangan Skematik

3.3. Flowchart

Berikut ini merupakan gambar dari alur pembacaan data gas oleh sensor MQ-2 dan sensor MQ-7 yang digunakan untuk membaca data kadar CO diudara.

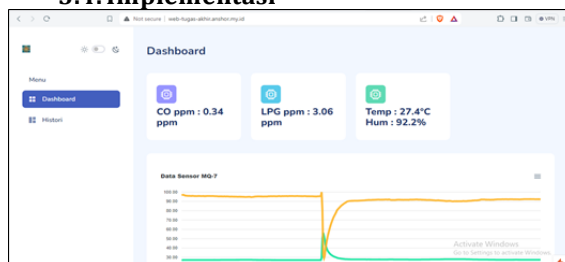


Gambar 9. Flowchart Pembacaan Data

Untuk pembacaan data gas yang diterima dari sensor dilakukan dengan pengujian uji coba dan berhasil seperti yang diharapkan.

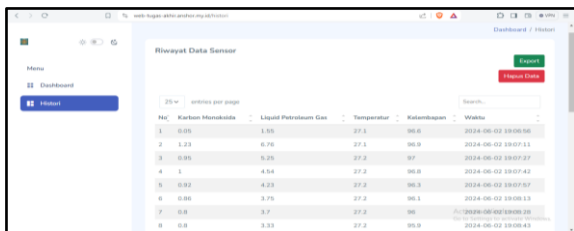
1. Sensor MQ-2 dan MQ-7 akan membaca kadar CO yang terkandung diudara pada ruangan.
2. Jika pembacaan kadar CO dalam ruang terdeteksi melebihi 35 ppm atau lebih dari itu, maka sistem akan mengirimkan notifikasi peringatan bahaya melalui aplikasi telegram yang sudah terintegrasi dengan sistem untuk memperingati bahaya kepada penghuni ruangan.
3. Jika pembacaan kadar CO dalam ruang terdeteksi kurang dari atau sama dengan 35 ppm, maka sistem akan terus melakukan *looping* pembacaan data, dengan *delay* selama 15 detik sebelum pembacaan data selanjutnya.

3.4. Implementasi



Gambar 10. Halaman website bagian dashboard

Gambar 10 diatas merupakan halaman *dashboard* yang digunakan untuk melihat data yang ditangkap dari sensor kemudian dikirimkan melalui NodeMCU ESP32. Pada halaman ini menampilkan seluruh data sensor yang telah diterima kedalam bentuk grafik garis serta menampilkan data yang terakhir kali diambil oleh sensor.



Gambar 11. Halaman website bagian Histori

Gambar 11 diatas merupakan halaman histori yang digunakan untuk melihat data sensor yang telah diterima. Halaman ini menampilkan data sensor kedalam bentuk tabel yang disertai dengan fitur *export* data untuk menampilkan halaman *download* file *export* kedalam bentuk *csv*, dan fitur hapus data untuk melakukan penghapusan seluruh data.



Gambar 12. Realisasi Alat

Gambar 12 diatas merupakan hasil realisasi menjadi sebuah alat dari rancangan pada gambar 8, alat ini digunakan untuk mengukur kadar emisi karbon monoksida dan gas *liquid petroleum gas* (LPG) yang berada diudara dan apabila terjadi peningkatan kadar yang membuatnya melewati ambang batas yang ditentukan diantara salah satu atau kedua emisi tersebut maka alat ini akan mengirimkan pesan peringatan bahaya melalui chat grup pada aplikasi telegram yang telah terhubung.

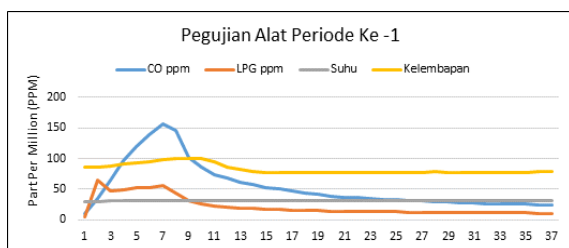
3.5. Pengujian

Berikut ini adalah hasil dari pengujian alat yang telah dilakukan.

TABEL II. PENGUJIAN

no mo r	co_ pp m	lpg_ ppm	su hu	kelemb apan	waktu	Status pesan
12 4	9.79	4.06	30 .1	86.3	6/9/202 4 12:40	Normal
12 5	34.5 6	64.2 1	30 .1	86.5	6/9/202 4 12:40	Warnin g Sent
12 6	65.2 6	47.8 1	30 .2	88.3	6/9/202 4 12:41	Warnin g Sent
12 7	95.8 2	48.8 3	30 .3	90.3	6/9/202 4 12:41	Warnin g Sent
12 8	119. 45	51.9 4	30 .5	92.6	6/9/202 4 12:41	Warnin g Sent
12 9	138. 19	53.1 .7	30	95.5	6/9/202 4 12:41	Warnin g Sent
13 0	156. 61	55.8 6	31 .1	98.3	6/9/202 4 12:42	Warnin g Sent

13 1	145. 23	43.6 2	31 .4	100	6/9/202 4 12:42	Warnin g Sent
13 2	101. 45	30.7 9	31 .8	100	6/9/202 4 12:42	Warnin g Sent
13 3	86.3 2	25.1 9	31 .8	100	6/9/202 4 12:43	Warnin g Sent
13 4	73.8 9	22.3 7	31 .8	93.9	6/9/202 4 12:43	Warnin g Sent
13 5	67.9 8	21.2 8	31 .8	86.2	6/9/202 4 12:43	Warnin g Sent
13 6	61.6 4	18.2 6	31 .7	81.8	6/9/202 4 12:44	Warnin g Sent
13 7	57.1 3	18.2 .6	31	79.1	6/9/202 4 12:44	Warnin g Sent
13 8	52.9 3	17.3 .5	31	77.5	6/9/202 4 12:44	Warnin g Sent
13 9	49.7 4	16.5 9	31 .4	77.1	6/9/202 4 12:44	Warnin g Sent
14 0	46.3 4	16 .4	31	76.8	6/9/202 4 12:45	Warnin g Sent
14 1	43.8 3	15.2 .3	31	76.4	6/9/202 4 12:45	Warnin g Sent
14 2	41.3 8	14.5 9	31 .2	76.7	6/9/202 4 12:45	Warnin g Sent
14 3	38.6 3	14.1 8	31 .1	76.6	6/9/202 4 12:46	Warnin g Sent
14 4	36.6 5	13.6 5	31 .1	76.4	6/9/202 4 12:46	Warnin g Sent
14 5	35.5 2	13.5 7	31	76.6	6/9/202 4 12:46	Warnin g Sent
14 6	34.6 6	13.0 5	30 .9	76.9	6/9/202 4 12:46	Warnin g Sent
14 7	33.5 2	12.9 4	30 .9	76.9	6/9/202 4 12:47	Warnin g Sent
14 8	32.4 2	12.7 7	30 .8	77.4	6/9/202 4 12:47	Warnin g Sent
14 9	31.4 8	12.2 1	30 .8	77.5	6/9/202 4 12:47	Warnin g Sent
15 0	30.2 4	11.9 1	30 .7	77.7	6/9/202 4 12:48	Warnin g Sent
15 1	29.6 2	11.8 9	30 .7	78.2	6/9/202 4 12:48	Warnin g Sent
15 2	28.8 3	11.7 2	30 .7	77.9	6/9/202 4 12:48	Warnin g Sent
15 3	27.9 7	11.5 5	30 .6	77.8	6/9/202 4 12:49	Warnin g Sent
15 4	27.2 9	11.2 6	30 .6	77.9	6/9/202 4 12:49	Warnin g Sent
15 5	26.6 3	11.2 1	30 .6	77.5	6/9/202 4 12:49	Warnin g Sent
15 6	26.1 4	11.1 6	30 .5	77.7	6/9/202 4 12:49	Warnin g Sent
15 7	25.3 4	11.0 5	30 .5	77.5	6/9/202 4 12:50	Warnin g Sent
15 8	25.2 2	10.7 6	30 .5	77.7	6/9/202 4 12:50	Warnin g Sent
15 9	24.5 5	10.6 5	30 .5	78	6/9/202 4 12:50	Normal
16 0	24.0 9	10.5 3	30 .4	78.2	6/9/202 4 12:51	Normal



Gambar 13. Grafik pengujian

Pada Gambar 13 menampilkan hasil pengukuran dengan empat parameter lingkungan yaitu CO ppm (karbon monoksida), LPG ppm (*liquefied petroleum gas*), Suhu, dan Kelembapan. Garis biru yang mewakili CO ppm menunjukkan adanya lonjakan signifikan pada awal pengujian, pada pengukuran nomor 124 pukul 12:40 CO ppm menunjukkan nilai yang normal yaitu 9.79 ppm pada titik ke-1 dan mencapai puncak sekitar 156.61 ppm pada titik ke-7, yaitu pada pengukuran nomor 130 pukul 12:42. Setelah mencapai puncak ini, nilai CO menurun secara bertahap hingga mencapai sekitar 24.09 ppm pada pengukuran nomor 160 pukul 12:51, hal ini menunjukkan adanya sumber emisi CO yang tinggi yang kemudian menurun seiring berjalannya waktu.

Garis oranye yang mewakili LPG ppm juga menunjukkan pola peningkatan tajam di awal pengujian, puncaknya sekitar 64.21 ppm pada titik ke-2, yaitu pada pengukuran nomor 125 pukul 12:40. Setelah itu, nilai LPG menurun secara bertahap hingga stabil pada sekitar 10.53 ppm pada pengukuran nomor 160 pukul 12:51. Ini menunjukkan adanya pelepasan LPG yang tinggi di awal yang kemudian berkurang.

Garis abu-abu yang mewakili suhu menunjukkan bahwa suhu cenderung stabil sepanjang pengujian, dengan sedikit fluktuasi di awal, berada di kisaran sekitar 30 derajat Celsius, menunjukkan bahwa kondisi lingkungan dari segi suhu relatif konstan. Garis kuning yang mewakili kelembapan juga menunjukkan pola yang stabil, berada di sekitar 80% sepanjang pengujian, menunjukkan bahwa kelembapan lingkungan tidak banyak terpengaruh oleh perubahan kadar CO dan LPG.

Secara keseluruhan, hasil pengujian ini menunjukkan bahwa terdapat lonjakan awal dalam emisi CO dan LPG pada awal pengujian, yang kemudian menurun dan stabil seiring waktu. Sedangkan waktu yang diperlukan untuk sensor mendeteksi emisi CO pada puncak tertinggi yaitu 2 menit (terhitung dari pukul 12:40 - 12:42), emisi LPG pada puncaknya yaitu 2 menit (terhitung dari pukul 12:40 - 12:42) dan waktu untuk stabil kembali sekitar 9 menit untuk CO (terhitung dari pukul 12:42 - 12:51), 1 menit untuk LPG

(terhitung dari pukul 12:42 - 12:43). Sementara suhu dan kelembapan tetap stabil yang mengindikasikan bahwa pengujian dilakukan dalam lingkungan terkontrol dengan perubahan cepat pada parameter gas di awal pengujian.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan pembahasan yang dilakukan mengenai Rancang Bangun Sistem *Early Warning* untuk Deteksi Kualitas Udara Berbasis *Internet of Things* (IoT) dapat disimpulkan yaitu:

1. Telah dibuat rancangan alat untuk deteksi kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terhubung dengan website dan aplikasi telegram sebagai media untuk memberikan pesan peringatan dini (*early warning*) sebagaimana diketahui daerah Bati-bati dan sekitarnya belum mempunyai alat pengukur kualitas udara.
2. Pada pengujian yang dilakukan terhadap sistem, terutama sistem ini mampu membaca kadar emisi karbon monoksida, dan sebagai tambahan mendeteksi gas LPG diudara dengan baik serta mampu mengirimkan pesan notifikasi ke aplikasi telegram dengan cepat secara *real-time*.
3. Hasil pengujian yang dilakukan terhadap pengiriman pesan notifikasi ke aplikasi telegram memiliki tingkat keberhasilan 100%.
4. Hasil pengujian sensor yang telah dilakukan terhadap sistem menunjukkan bahwa sistem ini mampu membaca kadar emisi karbon monoksida (CO) dan *liquid petroleum gas* (LPG) dalam satuan *parts per million* (PPM) dengan baik dalam waktu pembacaan pada saat emisi terdeteksi rata-rata 2,6 menit atau 159,6 detik untuk Karbon Monoksida (CO), 2 menit atau 120 detik untuk *liquid petroleum gas* (LPG) dan waktu untuk kembali normal rata-rata 7 menit atau 420 detik untuk jenis emisi karbon monoksida (CO), 3 menit atau 180 detik untuk jenis emisi *liquid petroleum gas* (LPG) dengan peresentasi keakuratan di atas 80 persen.

Dari desain sistem yang telah diimplementasikan menjadi sebuah perangkat, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak aspek yang bisa ditingkatkan. Misalnya, menambahkan cadangan daya seperti *power bank* untuk memastikan sistem tetap berfungsi selama pemadaman listrik dan menambahkan fitur-fitur tambahan pada sistem *website* untuk meningkatkan kinerjanya. Penulis juga mengakui adanya kekurangan dalam laporan ini dan berharap para pembaca dapat memberikan

masukannya berupa kritik dan saran untuk perbaikan lebih lanjut.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.

Saya ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua saya tercinta, yang telah memberikan dukungan moral, doa, serta kasih sayang yang tiada henti sepanjang perjalanan studi saya. Tanpa dukungan dan cinta mereka, saya tidak akan bisa mencapai titik ini.

Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada dosen pembimbing saya, bapak Oky Rahmanto, S.Kom., M.T dan bapak Ir. Agustian Noor, M.Kom, yang telah memberikan bimbingan, saran, serta dukungan yang sangat berharga dalam proses penulisan penelitian ini. Pengetahuan dan wawasan yang beliau bagikan sangat membantu dalam menyelesaikan penelitian ini dengan baik.

Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Tanah Laut, kampus tercinta saya, atas fasilitas dan lingkungan belajar yang mendukung. Dukungan dari seluruh staf pengajar dan pihak kampus sangat berharga bagi kelancaran proses studi saya.

Akhir kata, saya mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama penelitian ini. Semoga segala bantuan dan kebaikan yang telah diberikan mendapat balasan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa.

Daftar Pustaka:

- [1] A. A. Anandari, A. F. Wadjdi, and G. Harsono, "Dampak Polusi Udara terhadap Kesehatan dan Kesiapan Pertahanan Negara di Provinsi DKI Jakarta," *J. Educ.*, vol. 6, no. 2, pp. 10868–10884, 2024, doi: 10.31004/joe.v6i2.4880.
- [2] R. Umah and E. Gusmira, "Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Masyarakat di Perkotaan," *Profit J. Manajemen, Bisnis dan Akunt.*, vol. 3, no. 3, pp. 103–112, 2024.
- [3] K. Lee and M. Greenstone, "Polusi Udara Indonesia dan Dampaknya Terhadap Usia Harapan Hidup," *Air Qual. Life Index*, no. September, pp. 1–11, 2021, [Online]. Available: https://aqli.epic.uchicago.edu/wp-content/uploads/2021/09/AQLI_Indones

- [4] Y. Yudhanto and A. Azis, *Pengantar Teknologi Internet of Things (IoT)*. UNSPress, 2019.
- [5] A. Noor, P. Studi Teknologi Informasi, P. Negeri Tanah Laut Jln Ahmad Yani Km, and D. Panggung Pelaihari Tanah Laut, "Prototipe Smart Agriculture Di Lahan Pertanian Berbasis Web," *J. Inform. Rekayasa Elektron.*, vol. 7, no. 1, pp. 140–151, 2024, [Online]. Available: <http://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/jire> ISSN.2620-6900
- [6] Y. Efendi, "Internet Of Things (IoT) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile," *J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 21–27, 2018, doi: 10.35329/jiik.v4i2.41.
- [7] A. Zilham and R. Gunawan, "Potensi Iot Dalam Industri 4.0," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 2, pp. 1932–1940, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i2.9209.
- [8] T. H. Soekamto and D. Perdanakusuma, "Intoksikasi karbon monoksida," *J. Airlangga Univ.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–20, 2008.
- [9] V. V. Raming, J. M. . Umboh, and F. Warouw, "Literature Review: Gambaran Risiko Kesehatan pada Masyarakat akibat Paparan Gas Karbon Monoksida (CO)," *Kesmas*, vol. 11, no. 4, pp. 95–101, 2022.
- [10] B. H. Saharjo and U. Hasanah, "Analisis Faktor Penyebab Terjadinya Kebakaran Hutan dan Lahan di Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengan," *J. Trop. Silv.*, vol. 14, no. 01, pp. 25–29, 2023, doi: 10.29244/j-siltrop.14.01.25-29.
- [11] A. Budijanto, S. Winardi, and D. K. E. Susilo, *Interfacing ESP32*. Scopindo Media Pustaka, 2021.
- [12] M. N. Nizam, Haris Yuana, and Zunita Wulansari, "Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 6, no. 2, pp. 767–772, 2022, doi: 10.36040/jati.v6i2.5713.
- [13] Lastminuteengineers.com, "ESP32," lastminuteengineers.com.
- [14] I. P. A. W. Widyatmika, N. P. A. W. Indrawati, I. W. W. A. Prastya, I. K. Darminta, I. G. N. Sangka, and A. A. N. G. Saptaka, "Perbandingan Kinerja Arduino Uno dan ESP32 Terhadap Pengukuran Arus dan Tegangan," *J. Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, vol. 13, no. 1, pp. 35–47, 2021, doi: 10.5614/joki.2021.13.1.4.
- [15] T. Lesmana and M. Silalahi, "RANCANGAN

- BANGUN SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS IOT Ari," *Comasie*, vol. 3, no. 3, pp. 21–30, 2020.
- [16] D. P. Dwi Prasetyo, I. L. Ibrahim Lamada, and W. N. A. Wilma Nurrul Adzillah, "Implementasi Monitoring Kualitas Udara menggunakan Sensor MQ-7 dan MQ-131 berbasis Internet Of Things," *Electrician*, vol. 15, no. 3, pp. 239–245, 2021, doi: 10.23960/elc.v15n3.2184.
- [17] A. Noor, "Aplikasi Pendeteksi Kualitas Air Menggunakan Turbidity Sensor Dan Arduino Berbasis Web Mobile," *Joutica*, vol. 5, no. 1, p. 316, 2020, doi: 10.30736/jti.v5i1.329.
- [18] Wiki.sunfounder.cc, "MQ-2 Gas Sensor," wiki.sunfounder.cc.
- [19] T. Jubair and A. Stefanie, "Implementasi Sensor MQ2 Sebagai Pendeteksi Kebocoran Gas Pada Fire Alarm Dengan Android," *Epic J. Electr. Power Instrum. Control*, vol. 5, no. 1, p. 57, 2022, doi: 10.32493/epic.v5i1.20335.
- [20] M. R. Dengo, A. Suwondo, and S. Suroto, "Hubungan Paparan CO terhadap Saturasi Oksigen dan Kelelahan Kerja pada Petugas Parkir," *Gorontalo J. Public Heal.*, vol. 1, no. 2, p. 78, 2018, doi: 10.32662/gjph.v1i2.347.
- [21] I. W. Suriana, Ahmad Feldiansah, I Wayan Sugara Yasa, and I Wayan Dikse Pancane, "Rancang Bangun Alat Penghitung Pengunjung Berbasis Arduino Atmega328," *J. Inform. dan Rekayasa Elektron.*, vol. 6, no. 2, pp. 155–161, 2023, doi: 10.36595/jire.v6i2.838.