BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Udara merupakan kebutuhan pokok yang sangat penting bagi seluruh makhluk hidup di bumi. Namun, kini semakin sulit mendapatkan udara yang benar-benar bersih, terutama di kawasan industri dan perkotaan. Meningkatnya aktivitas industri dan transportasi meningkatkan emisi gas dan partikel ke atmosfer, sehingga berdampak negatif pada kualitas udara dan kesehatan manusia. Polusi udara disebabkan oleh berbagai gas seperti oksigen, karbon dioksida, hidrokarbon, ozon, dan nitrogen, serta partikel seperti PM 10 dan PM 2.5. Pencemaran udara ini juga dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan seperti infeksi saluran pernapasan akut (ISPA), asma, pneumonia, bronkopneumonia, bahkan serangan jantung.

Meskipun manusia dapat mengandalkan inderanya untuk melakukan penilaian kasar terhadap kualitas udara, pemantauan yang konsisten dan berkelanjutan dibatasi oleh keterbatasan waktu dan ruang. Cara efektif untuk mengatasi masalah ini adalah dengan mengembangkan perangkat keras yang dapat dihubungkan dengan sistem pemantauan kualitas udara dan dapat memantau secara real time serta mengumpulkan data yang akurat.

Knalpot kendaraan kini menjadi sumber utama polusi udara di banyak kota. Emisi ini terdiri dari berbagai senyawa berbahaya contohnya seperti HC, CO dan gas berbahaya lainnya, yang dihasilkan ketika bahan bakar tidak terbakar

sempurna. Pengukuran emisi tersebut memerlukan peralatan pengujian emisi yang dapat memberikan hasil akurat secara real time. Namun alat yang tersedia secara komersial cenderung memiliki dimensi yang besar sehingga kurang praktis untuk digunakan di lapangan. Mempertimbangkan permasalahan ini, pengembangan perangkat pengukuran emisi yang lebih kecil dan portabel menjadi penting.

Beberapa penelitian telah dilakukan di bidang ini, termasuk pengembangan prototipe alat pendeteksi kualitas udara dalam ruangan menggunakan mikrokontroler dan sensor MQ-135, serta penggunaan algoritma kecerdasan buatan untuk meningkatkan akurasi prediksi zat berbahaya dalam ruangan. Studi ini mencerminkan kemajuan teknologi, khususnya dalam penggunaan *Internet of Things* (IoT) untuk memantau dan menganalisis polutan seperti CO dan debu secara otomatis.

Sensor MQ-7 dan MQ-135 adalah jenis sensor gas yang sering digunakan dalam aplikasi pemantauan kualitas udara. MQ-7 khususnya digunakan untuk mendeteksi konsentrasi karbon monoksida(CO), sedangkan MQ-135 dapat mendeteksi beberapa gas berbahaya salah satunya seperti hidrokarbon (HC), dan gas lainnya yang berpotensi merusak kesehatan.

Sensor MQ-7 bekerja berdasarkan prinsip perubahan resistansi dalam respon terhadap konsentrasi CO di udara. Semakin tinggi konsentrasi CO, semakin rendah resistansi sensor MQ-7. Sensor ini cocok digunakan dalam aplikasi untuk memantau tingkat CO di sekitar lingkungan industri atau transportasi.

Sementara itu, sensor MQ-135 memiliki spektrum yang lebih luas dalam mendeteksi gas-gas berbahaya. Prinsip kerjanya juga berdasarkan perubahan resistansi dalam respons terhadap gas-gas tertentu. Sensor ini dapat membantu mengukur kualitas udara dengan lebih komprehensif, termasuk memantau gas-gas yang berpotensi merugikan kesehatan manusia di dalam ruangan.

Penggunaan sensor-sensor ini dalam teknologi IoT telah memungkinkan integrasi yang lebih baik dalam sistem pemantauan udara secara real-time. Data yang dikumpulkan dari sensor-sensor ini dapat dianalisis secara otomatis untuk memberikan informasi yang lebih akurat dan dapat diandalkan tentang tingkat polusi udara di suatu wilayah. Ini merupakan langkah penting dalam upaya untuk meningkatkan kesadaran akan kualitas udara dan mengambil tindakan pencegahan yang tepat untuk menjaga kesehatan masyarakat.

B. Rumusan Masalah

Bagaimana cara merancang dan membangun prototype vehicle gas buang berbasis Arduino Uno?

C. Batasan Masalah

1. Jenis gas buang yang diukur terbatas pada karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC), yang diperoleh dari hasil pengukuran pada knalpot setelah melalui proses filtrasi, bukan secara langsung dari ruang bakar.
2. *Prototype vehicle gas* buang hanya diuji pada kendaraan roda dua.
3. Penelitian ini dibatasi pada tidak dilakukannya uji akurasi maupun validasi alat karena keterbatasan perangkat standar pembanding di daerah terdekat.

D. Tujuan Penelitian

Merancang dan membangun prototype vehicle gas buang berbasis Arduino Uno

E. Manfaat Penelitian

1. Manfaat bagi Penulis

   Mempelajari dan memahami konsep-konsep terkait emisi gas buang kendaraan beserta sensor apasaja yang digunakan, serta mendapatkan pengalaman dalam merancang, membangun, dan menguji prototype alat

2. Untuk Akademik

   Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi untuk pengembangan penelitian selanjutnya serta menambah literatur perpustakaan dan dapat menjadi bahan pertimbangan yang berhubungan dengan tugas akhir ini.

3. Manfaat bagi pengguna

   Prototype vehicle gas buang berbasis Arduino Uno dapat digunakan untuk memantau emisi gas buang kendaraan secara real-time. Hal ini dapat membantu pemilik kendaraan untuk mengetahui kondisi kendaraannya dan melakukan perbaikan jika diperlukan.

F. Sistematika Penulisan

Dalam menyusun sistematika penulisan, penulis menguraikan ke dalam lima bab yaitu :

1. BAB I PENDAHULUAN

Menguraikan tentang latar belakang penulisan, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan batasan masalah, dan juga sistematika penulisan.

2. BAB II TINJAU PUSTAKA

   Pada Bab ini berisi uraian - uraian tentang tinjauan penelitian sebelumnya dan teori - teori yang digunakan sebagai referensi dalam Perancangan Rancang Bangun *Protype Vehicle Gas Detector* Berbasis Arduino Uno.

3. BAB III METODE PENELITIAN

   Membahas tentang waktu dan tempat penelitian, metode penelitian, jenis penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian serta desain sistem.

4. BAB IV HASIL DAN PERANCANGAN APLIKASI

   Bab ini membahas tentang Analisis Sistem Dengan UML, Perancangan aplikasi,dan Implementasi.

5. BAB V PENGUJIAN SISTEM

   Bab ini membahas tentang metode pengujian menggunakan WhiteBox dan BlackBox.

6. BAB VI PENUTUP

   Membahas tentang kesimpulan dan saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjau Penelitian Terdahulu

1. Berdasarkan penelitian jurnal Saeful Bahri et al dengan judul "**Rancang Bangun Alat Ukur emisi Pada Gas Buang Kendaraan Bermotor Berbasis Mikrokontroler**" yang merancanag suatu alat yang bertujuan sebagai alat ukur kadar karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO2), dan hidrokarbon (HC) pada gas buang kendaraan bermotor yang dapat memberikan hasil secara bersamaan dan waktu nyata dengan bentuk lebih kecil dan mudah saat dibawa kemana-mana.
2. Berdasarkan penelitian jurnal Ilustre dkk. (2024) dengan judul ***"See Carbon: Real-time IoT Monitoring System for Motorcycle Vehicle Carbon Emissions"*** yang bertujuan mengembangkan sistem monitoring emisi karbon pada sepeda motor berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini menggunakan sensor MQ-135 untuk CO_2, MQ-9 untuk CO, dan MQ-2 untuk HC yang diintegrasikan dengan Arduino Nano, modul GSM, serta GPS. Data hasil pengukuran ditampilkan melalui aplikasi web dan mobile secara real-time, serta memberikan peringatan ketika emisi melebihi ambang batas.
3. Berdasarkan penelitian jurnal Huzzannie dkk. (2025) dengan judul ***"An IoT-Based Air Quality Monitoring System Using Arduino for Healthy Environment"*** yang mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan mikrokontroler

ESP32 dan sensor MQ-7, MQ-135, serta DHT22. Data hasil pengukuran kualitas udara dikirimkan melalui modul LoRa dan Wi-Fi ke platform ThingSpeak dan Blynk untuk divisualisasikan secara real-time, sementara notifikasi peringatan dikirimkan melalui Telegram apabila ambang batas polutan terlampaui. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan parameter lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan kadar CO secara akurat, serta memberikan peringatan dini kepada pengguna. Kesimpulannya, sistem ini efektif, hemat biaya, dan dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan sensor polutan lain serta integrasi *machine learning* untuk prediksi tren kualitas udara di masa depan

4. Berdasarkan penelitian jurnal, Kurnia Dwi Artika et al, "**Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Premium Dan Pertalite Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor Empat Tak Satu Silinder 108 Cc**" penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui dan menganalisa pengaruh penggunaan bahan bakar premium dan pertalite terhadap karakteristik dari emisi gas buang yang terkandung (HC, CO, CO2 , λ) dengan menggunakan sepeda Motor Honda Beat 108 cc pada tiga variasi tahun pembuatan yaitu tahun 2010, 2011, dan 2012. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan kualitas emisi gas buang pertalite sebesar 18 % lebih baik dari pada penggunaan bahan bakar premium, dan hasil ini masih berada di bawah nilai ambang batas emisi gas buang kendaraan berdasarkan keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006.

5. Berdasarkan penelitian jurnal Arida Amalia Rosa et al, **"Sistem Pendeteksi Pencemar Udara Portabel Menggunakan Sensor MQ-7 dan MQ-135",** merancang sebuah alat Untuk mendeteksi kadar polusi udara menggunakan sensor gas MQ-7 yang peka terhadap gas karbon monoksida, stabil dan berumur panjang, dan sensor gas MQ-135 yang dapat digunakan untuk menentukan kadar konsentrasi gas amonia, bensol, alkohol. Dan untuk tampilan menggunakan LCD yang sebelumnya di proses oleh mikrokontroler Arduino nano.
6. Berdasarkan penelitian jurnal Firmansah et al, **"DETEKSI OTOMATIS KEBOCORAN GAS PADA TABUNG LPG BERBASIS ARDUINO",** Merancang sebuah alat pendeteksi kebocoran gas Elpiji/LPG yang dapat dipakai untuk keperluan rumah tangga (Single Sensor) maupun untuk keperluan industri (Multi Sensor). Pada penelitian ini terdapat sensor gas modul MQ-6 yang terhubung dengan mikrokontroller arduino nano. Output dari sistem diproses menggunakan motor servo. Motor servo yang dijadikan sebagai alat pemutus antara regulator dan tabung LPG dapat berefungsi dengan baik ketika sensor Mq-6 mendeteksi adanya kebocoran gas sesuai dengan program yang telah diberikan ke arduino nano.
7. Berdasarkan penelitian jurnal Zainal M et al, **"SISTEM PENDETEKSI KEBOCORAN GAS LPG BERBASIS *INTERNET OF THINGS*",** Merancang suatu sistem deteksi kebocoran gas LPG yang dapat memonitor dan mendeteksi kebocoran gas LPG. Data kadar gas LPG akan ditampilkan pada Aplikasi Android dan dapat menghapus data yang tersimpan serta

terdapat notifikasi ketika terdeteksi adanya kebocoran gas LPG. suatu alat pendeteksi kebocoran gas yang menggunakan *LED* dan *Buzzer* sebagai peringatan dini agar apabila tidak ada orang yang berada didalam rumah tetap akan mendapat informasi kalau terjadi kebocoran gas didalam rumah yang ditinggalinya dan mengendalikan penanggulangan apabila terjadi kebocoran yaitu dengan menggunakan pengendali katup.

B. Kajian Teori

1. Prototype Vehicle

Ahli rekayasa otomotif mendefinisikan *prototype vehicle* sebagai kendaraan yang dibangun berdasarkan desain awal dan konsep teknologi baru yang sedang diuji. Kendaraan ini sering kali dibuat dengan tujuan untuk mengevaluasi kinerja, keamanan, dan keandalan dari teknologi atau desain baru sebelum diterapkan pada produksi massal. Prototipe kendaraan memungkinkan insinyur dan desainer untuk mengeksplorasi berbagai aspek teknis dan estetika, memastikan bahwa setiap elemen kendaraan berfungsi dengan baik sebelum mencapai tahap produksi final.

James S. Kemper, dalam bukunya "*Automotive Engineering*", menyatakan bahwa prototipe kendaraan sangat penting dalam proses desain untuk mengidentifikasi masalah dan memperbaiki desain secara iteratif. Menurut *Kemper*, penggunaan prototipe memungkinkan tim pengembangan untuk melakukan uji coba yang mendalam, baik melalui simulasi komputer maupun pengujian lapangan. Hal ini membantu dalam menemukan dan memperbaiki

kesalahan pada tahap awal, sehingga mengurangi biaya dan waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki masalah di kemudian hari.

Dengan demikian, *prototype vehicle* bukan hanya alat uji teknis, tetapi juga merupakan bagian integral dari proses inovasi dan peningkatan kualitas dalam industri otomotif. Prototipe membantu memastikan bahwa kendaraan yang akhirnya diproduksi tidak hanya memenuhi standar kinerja dan keamanan yang ketat, tetapi juga sesuai dengan harapan konsumen. Proses iteratif yang melibatkan pembuatan dan pengujian prototipe memungkinkan pengembang untuk terus meningkatkan desain dan teknologi, menghasilkan kendaraan yang lebih canggih dan andal.

2. Gas Detector

Menurut *Friedrich Paul Dorn*, seorang fisikawan Jerman, pada awal 1900-an, pengembangan detektor gas berawal dari kebutuhan untuk mendeteksi gas radon di tambang. Dorn dikenal karena penelitiannya tentang radioaktivitas, yang membantu mendorong pengembangan teknologi awal untuk deteksi gas.

Dr. James W. L. Thomas, dalam penelitiannya pada tahun 1970-an, menyatakan bahwa gas detector modern menggunakan berbagai teknologi seperti semikonduktor, katalis, dan sensor inframerah untuk mendeteksi berbagai jenis gas berbahaya. Dalam artikelnya yang diterbitkan pada jurnal *Journal of Occupational Health and Safety*, Thomas menekankan bahwa pengembangan gas detector menjadi semakin canggih dan akurat dengan kemajuan teknologi sensor.

Dr. Robert H. Perry, dalam edisi terbaru buku "*Chemical Engineers' Handbook*" yang ia sunting pada tahun 1997, mendefinisikan gas detector sebagai

perangkat yang menggunakan sensor untuk mendeteksi keberadaan gas tertentu di udara dan memberikan peringatan dini terhadap konsentrasi gas yang berpotensi berbahaya. *Perry* menekankan pentingnya gas detektor dalam industri kimia, minyak dan gas, serta manufaktur untuk menjaga keselamatan dan kepatuhan terhadap regulasi lingkungan.

Gas detektor adalah alat yang dirancang untuk mendeteksi keberadaan gas di lingkungan tertentu dan sering digunakan untuk mengidentifikasi kebocoran gas atau untuk memantau kualitas udara. Menurut para ahli, gas detector memainkan peran penting dalam berbagai industri untuk memastikan keselamatan pekerja dan mengurangi risiko kebakaran atau ledakan. Dari awal pengembangannya di awal 1900-an oleh *Friedrich Paul Dorn* untuk mendeteksi gas radon di tambang, hingga perkembangan teknologi sensor modern pada tahun 1970-an yang dijelaskan oleh *Dr. James W. L. Thomas*, gas detector telah mengalami evolusi signifikan. Teknologi seperti semikonduktor, katalis, dan sensor inframerah telah membuat deteksi gas semakin canggih dan akurat.

Secara keseluruhan, gas detector telah berevolusi dengan berbagai teknologi canggih untuk memastikan keselamatan dalam berbagai aplikasi industri dan rumah tangga. Ahli-ahli di berbagai periode telah menekankan pentingnya alat ini dalam memantau dan mendeteksi gas berbahaya untuk melindungi manusia dan lingkungan. *Dr. Robert H. Perry*, dalam edisi terbaru buku "*Chemical Engineers' Handbook*" pada tahun 1997, menyoroti peran penting gas detector dalam industri kimia, minyak dan gas, serta manufaktur. Alat ini tidak hanya memberikan peringatan dini terhadap konsentrasi gas yang berpotensi

berbahaya tetapi juga memastikan kepatuhan terhadap regulasi lingkungan, menjaga keselamatan dan kesehatan para pekerja serta masyarakat luas.



Gambar 2. 1 Tampilan *Gas Detector*
(sumber: https://rb.gy/slkwj5)

3. Gas Karbon Monoksida (CO)

CO adalah singkatan dari karbon monoksida, yaitu gas yang tidak berwarna, tidak berbau, dan sangat beracun. Karbon monoksida terbentuk dari pembakaran bahan bakar fosil seperti gas, minyak, kayu, atau batu bara yang tidak sempurna. Gas ini sangat berbahaya karena dapat menggantikan oksigen dalam darah ketika terhirup, yang dapat menyebabkan keracunan serius dan bahkan kematian. erikut adalah beberapa pengertian karbon monoksida menurut pandangan para ahli:

a. Menurut *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC):

   Karbon monoksida didefinisikan sebagai "gas yang tidak memiliki bau atau warna dan dapat menyebabkan penyakit mendadak atau kematian jika terhirup." CDC menekankan bahwa CO dihasilkan dari pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna dalam peralatan seperti pemanas ruangan, generator, mobil, dan alat memasak berbahan bakar.

b. Menurut *American Lung Association*:

CO disebut sebagai "gas beracun yang mematikan" karena kemampuannya untuk menggantikan oksigen dalam darah. Asosiasi ini menekankan bahwa paparan karbon monoksida dapat menyebabkan gejala mulai dari pusing dan mual hingga kehilangan kesadaran dan kematian, tergantung pada tingkat paparan.

c. Menurut ahli Toksikologi:

Karbon monoksida didefinisikan sebagai "gas yang memiliki afinitas tinggi terhadap hemoglobin dalam darah, yang menghalangi pengangkutan oksigen ke seluruh tubuh." Ahli toksikologi memperingatkan bahwa hal ini dapat menyebabkan hipoksia jaringan, kerusakan otak, dan organ vital lainnya, yang bisa berakibat fatal jika tidak segera ditangani.

Tabel 2. 1 Ambang batas karbon monoksida(CO)

KATEGORI	TAHUN PEMBUATAN	KARBON MONOKSIDA(CO)	METODE PENGUJIAN
Sepeda Motor 2 langkah	<2010	4,5 persen	Idle
Sepeda motor 4 langkah	<2010	5,5 persen	Idle
Sepeda motor	2010-2018	4 persen	Idle
Sepeda motor	>2018	3 persen	Idle

(Sumber: http://surl.li/bkdmnz)

4. Gas Hidrokarbon (HC)

HC adalah singkatan dari hidrokarbon, yaitu senyawa kimia yang terdiri dari atom karbon (C) dan hidrogen (H). Hidrokarbon merupakan komponen utama dari minyak bumi, gas alam, dan banyak bahan bakar lainnya. Mereka dapat muncul dalam berbagai bentuk, seperti gas, cairan, atau padatan, tergantung pada struktur molekulnya.

HC adalah bahan bakar yang belum terbakar tetapi sudah keluar bersama-sama dengan gas buang ke atmosfer. Tingginya kadar HC disebabkan oleh pembakaran yang kurang sempurna, yaitu karena kurangnya oksigen atau bahan bakar sehingga ada sebagian bahan bakar yang belum terbakar dan keluar masih dalam bentuk hidrokarbon.

Berikut adalah pengertian hidrokarbon menurut pandangan beberapa ahli:

1. Menurut *John McMurry*, ahli kimia organik:

   Hidrokarbon didefinisikan sebagai "salah satu kelompok senyawa organik yang paling sederhana dan paling penting, terdiri hanya dari karbon dan hidrogen." McMurry menjelaskan bahwa hidrokarbon adalah dasar dari banyak senyawa organik lainnya dan membentuk tulang punggung kimia dari kehidupan dan industri kimia.

2. Menurut IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*):

   IUPAC mendefinisikan hidrokarbon sebagai "senyawa organik yang mengandung hanya atom karbon dan hidrogen, dan bisa eksis dalam bentuk rantai terbuka (alifatik) atau tertutup (siklik) serta dalam bentuk jenuh atau tak jenuh." Mereka menekankan bahwa variasi struktur hidrokarbon memungkinkan terjadinya berbagai reaksi kimia yang penting dalam kimia organik dan industri.

3. Menurut ahli kimia lingkungan, *Robert H. Crabtree*:

   Crabtree menyatakan bahwa "hidrokarbon adalah senyawa esensial yang memainkan peran penting dalam penyediaan energi dan bahan kimia dasar. Mereka dihasilkan secara alami dari dekomposisi bahan organik dan

merupakan komponen utama dari minyak bumi dan gas alam." Ia juga menyoroti dampak lingkungan dari hidrokarbon, terutama dalam konteks polusi udara dan perubahan iklim.

4. Menurut pengertian dalam buku "*Organic Chemistry*" karya Paula Yurkanis Bruice:

   Hidrokarbon digambarkan sebagai "senyawa yang dapat dibagi menjadi dua kategori utama: alifatik dan aromatik, di mana alifatik mencakup alkana, alkena, dan alkuna, sedangkan aromatik termasuk benzena dan turunannya." Bruice menekankan pentingnya hidrokarbon sebagai blok bangunan untuk banyak senyawa organik yang lebih kompleks.

Jenis-jenis Hidrokarbon:

1. Alkana (Parafin): Hidrokarbon jenuh yang hanya memiliki ikatan tunggal antara atom karbon. Contohnya adalah metana (CH_4), etana (C_2H_6), dan propana (C_3H_8).
2. Alkena (Olefin): Hidrokarbon tak jenuh yang memiliki setidaknya satu ikatan rangkap dua antara atom karbon. Contohnya adalah etilena (C_2H_4) dan propilena (C_3H_6).
3. Alkuna: Hidrokarbon tak jenuh dengan satu atau lebih ikatan rangkap tiga antara atom karbon. Contohnya adalah asetilena (C_2H_2).
4. Aromatik: Hidrokarbon yang memiliki cincin benzena dalam strukturnya, seperti benzena (C_6H_6).

Tabel 2. 2 Ambang batas Hidrokarbon(HC)

KATEGORI	TAHUN PEMBUATAN	HIDROKARBON (HC)	METODE PENGUJIAN
Sepeda Motor 2 langkah	<2010	6.000 ppm	Idle
Sepeda motor 4 langkah	<2010	2.200 ppm	Idle
Sepeda motor	2010-2018	1.200 ppm	Idle

Lanjutan Tabel 2. 2

KATEGORI	TAHUN PEMBUATAN	HIDROKARBON (HC)	METODE PENGUJIAN
Sepeda motor	>2018	1.000 ppm	Idle

(Sumber: http://surl.li/bkdmnz)

5. Sensor MQ-7

Sensor MQ-7 merupakan sensor gas yang sensitive dengan gas karbon monoksida. Sensor ini dapat mengukur dari 20-2000 kadar gas karbon monoksida dalam bentuk ppm. Bahan detektor gas adalah metal oxida SnO2, dimana ketika bahan metal oxida dihangatkan pada temperatur tertentu, oksigen akan diserap pada permukaan kristal dan bermuatan negatif. Hal ini disebabkan karena permukaan kristal mendonorkan elektron pada oksigen yang terdapat pada lapisan luar sehingga oksigen bermuatan negatif. Permukaan luar Kristal akan bermuatan positif sehingga membuat tegangan permukan menghambat aliran laju electron.

Sensor MQ-7 memiliki enam pin empat diantaranya digunakan untuk menjemput sinyal, dan dua diantaranya sebagai penyedia dari *heating current*. Pada perancangan alat ukur uji karbon monoksida (CO), tiga pin terhubung pada sumber tegangan, satu pin terhubung pada arduino sebagai pemberi sinyal, dan dua pin terhubung pada resistor 10kΩ dan ground.



Gambar 2. 2 Tampilan Sensor MQ-7
(sumber: https://rb.gy/tuzuhe)

Tabel 2. 3 Spesifikasi Sensor MQ-7

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Operasi:	5V DC
Kisaran Deteksi	10 ppm hingga 1000 ppm (part per million) CO
Waktu Pemanasan	60 detik
Resistansi Beban	10 kΩ
Respon Waktu	< 10 detik
Suhu Operasi	-10 hingga 50°C
Kelembaban Operasi	< 95% RH

6. Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 adalah jenis sensor kimia yang sensitif terhadap senyawa NH3, NOx, alkohol, benzol, asap (CO), CO2, dan lain-lain. Sensor ini bekerja dengan cara menerima perubahan nilai resistansi (*analog*) bila terkena gas. Sensor ini memiliki daya tahan yang baik untuk penggunaan penanda bahaya polusi karena praktis dan tidak memakan daya yang besar. Penyesuaian sensitifitas sensor ditentukan oleh nilai resistansi dari MQ-135 yang berbeda-beda untuk berbagai konsentrasi gas-gas. Jadi, Ketika menggunakan komponen ini, penyesuaian sensitifitas sangat diperlukan. Selain itu, kalibrasi pendeteksian konsentrasi NH3 sebesar 100 ppm atau alkohol sebesar 50 ppm di udara.

Sensor MQ-135 menawarkan solusi efektif dalam memantau keberadaan berbagai gas polutan, termasuk hidrokarbon. Dengan kemampuan deteksi yang luas, sensor ini dapat mengukur konsentrasi beberapa gas polutan yang sering ditemukan dalam emisi industri dan polusi udara. Sensor ini bekerja dengan prinsip semikonduktor, di mana perubahan resistansi elemen semikonduktor yang terpapar gas digunakan untuk mengukur konsentrasi gas secara akurat.

Dengan memahami cara kerja sensor MQ-135 dan karakteristik gas hidrokarbon, kita dapat menerapkan teknologi ini secara lebih efektif untuk pemantauan kualitas udara dan pengendalian polusi. Penggunaan sensor MQ-135 dalam sistem pemantauan lingkungan membantu mengidentifikasi sumber polusi dan mengambil tindakan yang tepat untuk mengurangi dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Teknologi ini merupakan alat penting dalam upaya menjaga kualitas udara dan lingkungan yang lebih bersih dan sehat.



Gambar 2. 3 Tampilan *Sensor MQ-135*
(sumber: https://rb.gy/rh8ag5)

Tabel 2. 4 Spesifikasi Sensor MQ-135

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Operasi	5V DC
Konsumsi Arus (maksimum)	150 mA

Waktu Pemanasan	Kurang dari 1 menit
Resistansi Beban	20 kΩ - 50 kΩ
Respon Waktu	< 10 detik
Suhu Operasi	-10°C hingga 50°C
Kelembaban Operasi	< 95% RH

7. Display LCD 20x4

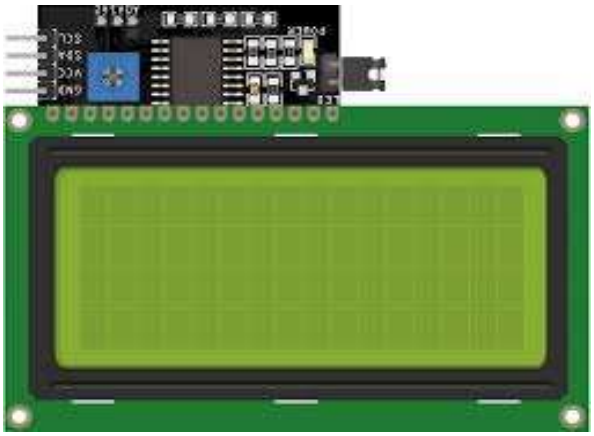
LCD 20x4 adalah layar Liquid Crystal Display yang banyak digunakan dalam berbagai proyek elektronik untuk menampilkan informasi dalam format 20 karakter per baris dan 4 baris. Dengan kapasitas tampilan yang lebih besar dibandingkan LCD 16x2, modul ini sangat ideal untuk aplikasi yang membutuhkan penyajian informasi yang lebih lengkap. Kelebihannya terletak pada kemudahan penggunaan, harga yang terjangkau, dan ukuran fisik yang masih cocok untuk berbagai perangkat berbasis mikrokontroler seperti Arduino, ESP32, dan lainnya.

Modul ini menggunakan kontroler HD44780 atau yang kompatibel, yang mendukung tampilan karakter alfanumerik dan simbol dasar. Terdapat dua jenis antarmuka utama, yaitu paralel dan I2C. Antarmuka paralel dapat digunakan dalam mode 4-bit atau 8-bit, namun membutuhkan lebih banyak pin. Sebaliknya, antarmuka I2C memanfaatkan chip ekspander seperti PCF8574, sehingga hanya memerlukan dua pin data (SDA dan SCL), menjadikannya solusi yang efisien untuk proyek dengan keterbatasan pin I/O.

Secara fisik, LCD 20x4 memiliki ukuran sekitar 98 mm x 60 mm, dengan area tampilan sekitar 76 mm x 25 mm. Modul ini beroperasi pada tegangan 4.7V hingga 5.3V DC, dan biasanya dilengkapi dengan backlight berwarna biru atau hijau untuk visibilitas yang lebih baik dalam kondisi cahaya rendah. Pengaturan

kontras layar dapat dilakukan menggunakan potensiometer, sementara penggunaan resistor pull-up pada pin SDA dan SCL disarankan agar komunikasi I2C tetap stabil.

Dalam praktiknya, LCD 20x4 banyak digunakan untuk menampilkan data sensor (seperti suhu, kelembaban, atau kadar gas), membuat antarmuka menu pada sistem kontrol, dan sebagai alat bantu pembelajaran di bidang mikrokontroler. Library Arduino seperti *LiquidCrystal.h* untuk mode paralel dan *LiquidCrystal_I2C.h* untuk I2C mempermudah pemrograman dan integrasi dengan perangkat lunak. Dengan kemampuan tampilan yang luas dan integrasi yang mudah, LCD 20x4 menjadi komponen andalan dalam banyak aplikasi elektronika.



Gambar 2. 4 Tampilan LCD I2C 20x4
(sumber: https://shorturl.at/3Lv6G)

Tabel 2. 5 Spesifikasi LCD 20x4 Display

Spesifikasi	Keterangan
Ukuran Layar	20 karakter x 4 baris
Dimensi	Biasanya sekitar 98mm x 60mm
Tegangan Operasional	4.7V - 5.3V
Jenis Kontroler	Umumnya menggunakan HD44780 atau kompatibel

Jenis Antarmuka	Paralel (4-bit atau 8-bit), I2C (dengan modul I2C tambahan)

8. Kabel Jumper

Kabel jumper adalah sejenis kabel pendek yang digunakan dalam proyek elektronika untuk menghubungkan komponen-komponen elektronik satu sama lain atau dengan papan sirkuit seperti *breadboard* atau PCB (*Printed Circuit Board*). Kabel ini biasanya terdiri dari sejumlah kawat yang dilapisi dengan bahan isolator, dengan ujung-ujungnya yang dilengkapi dengan konektor seperti pin atau soket.

Kabel jumper digunakan untuk membuat koneksi sementara antara berbagai komponen elektronik tanpa perlu melakukan *soldering*. Ini memungkinkan pengguna untuk dengan mudah menyesuaikan dan mengubah konfigurasi sirkuit sesuai kebutuhan tanpa perlu merusak komponen atau papan sirkuit. Mereka sangat berguna dalam pengembangan prototipe dan eksperimen elektronika.

Beberapa karakteristik kabel jumper yaitu :

a. Panjang yang Bervariasi

Kabel jumper tersedia dalam berbagai panjang, mulai dari beberapa sentimeter hingga beberapa puluh sentimeter. Panjang yang tepat tergantung pada jarak antara komponen yang akan dihubungkan.

b. Konektor yang Beragam

Kabel jumper dapat memiliki berbagai jenis konektor di ujungnya, seperti *male-to-male*, *male-to-female*, atau *female-to-female*. Ini

memungkinkan untuk menghubungkan berbagai jenis komponen elektronik dengan berbagai jenis konektor.

c. Warna yang Berbeda

Beberapa kabel jumper tersedia dalam berbagai warna yang berbeda. Ini dapat membantu dalam mengidentifikasi koneksi antara komponen-komponen yang berbeda dalam sebuah sirkuit.

d. Fleksibilitas

Kabel jumper harus cukup *fleksibel* untuk memudahkan pengaturan dan penataan koneksi dalam sebuah sirkuit. *Fleksibilitas* yang baik memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan posisi komponen atau modul dengan mudah.



Gambar 2. 5 Kabel *Jumper*
(sumber: https://shorturl.at/R0ukZ)

Tabel 2. 6 Spesifikasi Kabel Jumper

Spesifikasi	Keterangan
Panjang	Biasanya bervariasi antara beberapa sentimeter hingga beberapa puluh sentimeter.
Jenis Konektor	Male-to-male, male-to-female, atau female-to-female, tergantung pada kebutuhan penggunaan.
Warna	Terdapat berbagai pilihan warna yang

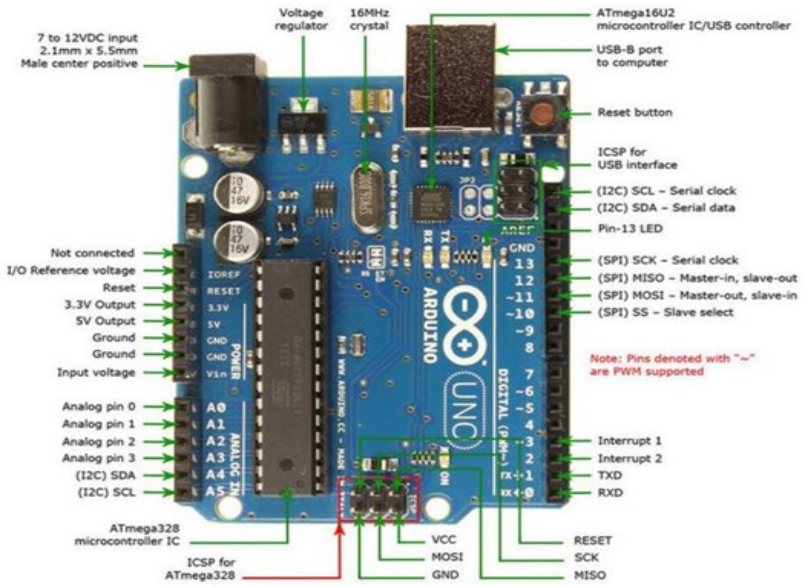
	memudahkan identifikasi koneksi antara komponen-komponen dalam rangkaian.
Materi	Kabel umumnya terbuat dari kawat tembaga dengan lapisan isolator plastik atau karet.
Fleksibilitas	Kabel harus cukup fleksibel untuk memudahkan penataan dan pengaturan koneksi dalam rangkaian.

9. Arduino UNO

Menurut Bahrin Dahlan. Arduino UNO adalah Arduino Merupakan papan elektronik berbasis mikrokontroller ATMega yang memenuhi sistem minimum mikrokontroller agar dapat bekerja secara mandiri (*standalone controller*) komponen utama didalam papan Arduinoadalah sebuah mikrokontroler 8 bit dengan merk ATMega yang dibuat oleh *Atmel corporation*. Berbagai papan Arduino menggunakan tipe Atmega yang berbeda–beda tergantung dari spesifikasinya, sebagai contoh Arduino Uno menggunakan ATmega328 sedangkan Arduino Mega2560 yang lebih canggih menggunakan ATmega2560. Arduino UNO menggunakan Atmega16U2 yang diprogram sebagai USB to serial converter untuk komunikasi serial ke komputer melalui port USB.

Arduino Uno merupakan salah satu papan kontroler mikro (*mikrokontroler)* berbasis *dataseheet* Atmega328. Papan kontroler ini bersifat sumber terbuka yang paling populer karena dirancang untuk memudahkan pengendalian elektronik di segala bidang. Arduino AG sebagai perusahaan Italia yang memegang merek Arduino melakukan kegiatan bisnisnya dengan memproduksi beberapa papan kontroler lainnya Editor Kode yang Kuat: *Android Studio* menyediakan editor kode yang canggih dengan fitur *auto-completion,*

highlighting, dan *refactoring*, yang membantu pengembang menulis kode dengan lebih cepat dan akurat. Editor ini juga mendukung berbagai bahasa pemrograman yang umum digunakan dalam pengembangan Android, seperti *Java*, Kotlin, dan C++.



Gambar 2. 6 *Ardiuno uno*
(sumber: https://t.ly/JFqOd)

Tabel 2. 7 *Pin Arduino Uno*

Tipe Pin	Nomor Pin	Fungsi	Karakteristik
Digital	0-13	Input/Output Digital	Mengirim atau menerima sinyal HIGH (5V) atau LOW (0V)
PWM	3, 5, 6, 9, 10, 11	Modulasi Lebar Pulsa (PWM)	Mensimulasikan output analog dengan mengatur duty cycle dari sinyal digital
Analog	A0-A5	Input Analog	Membaca sinyal analog dengan resolusi 10-bit (nilai 0-1023, tegangan 0-5V)
Power	Vin, 5V, 3.3V, GND	Daya dan Ground	Vin: Input tegangan eksternal (7-12V). 5V &

			3.3V: Output daya. GND: Ground
Reset	Reset	Reset Mikrokontroler	Mereset mikrokontroler pada Arduino Uno
Serial	0 (RX), 1 (TX)	Komunikasi Serial	RX: Menerima data serial. TX: Mengirim data serial

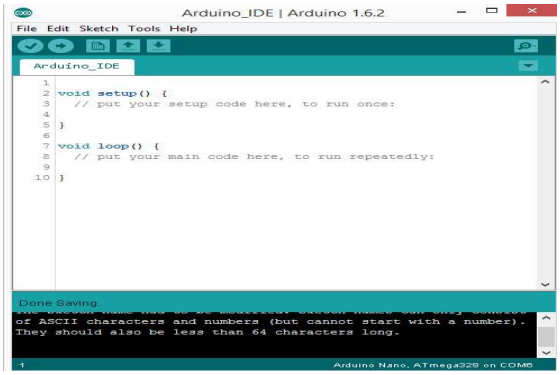
Tabel 2. 8 Spesifikasi *Arduino Uno*

Spesifikasi	
Mikrokontroler	ATmega328P
Tegangan Operasional	5V
Tegangan Input (maksimum)	12V (ideal antara 7-12V)
Pin Digital I/O	14 (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM)
Pin Analog Input	6
Memori Flash	32 KB (2 KB digunakan oleh bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Kecepatan Clock	16 MHz
Port USB	Untuk komunikasi dan pemrograman
Konektor DC	Untuk daya eksternal
Pin Reset	Untuk mereset papan
LED Indikator	LED onboard untuk indikasi daya dan komunikasi
Modul I/O	Tidak termasuk, tetapi dapat diperluas dengan shield atau modul tambahan

10. Arduino IDE

IDE merupakan kependekan dari *Integrated Defelopment Enviroenment*, atau secara bahasa mudahnya merupakan lingkungan terintegritas yang digunakan

untuk melakukan pengembangan. Disebut sebagai lingkungan karena melalui *software* inilah Arduino dilakukan pemrograman untuk melakukan fungsi-fungsi yang dibenamkan melalui sintaks pemrograman. Arduino menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai bahasa C. Bahasa pemrograman Arduino (*Sketch*) sudah dilakukan perubahan memudahkan pemula dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Sebelum dijual ke pasaran, IC mikrokontorler Arduino telah ditanamkan suatu program bernama *Bootlader* yang berfungsi sebagai penengah antara *Compiler* Arduino dengan Mikrokontroler.



Gambar 2. 7 *Ardiuno IDE*
(Sumber: https://shorturl.at/wryB7)

11. Bahasa C



Gambar 2. 8 Bahasa C
(Sumber: https://shorturl.at/LWpsb)

Pada tahun 1971 seorang pengembang sistem bernama *Dennis Ritchie* yang menciptakan bahasa baru dengan nama C yang bertujuan untuk menulis ulang dan menutupi kelemahan- kelemahan yang ada pada sistem operasi Unix.

Menurut sumber yang ada, nama ‘C’ ini juga konon diambil dari huruf kedua dalam kata BCPL (*Basic Combined Programming Language*).

Bahasa pemrograman arduino merupakan bahasa C, dan ketika sebuah perintah atau *coding* sedang dibuat maka hasil akan langsung terlihat di arduino tersebut. Berikut adalah fungsi serta instruktur pada bahasa pemrograman arduino. (leksono dkk, 2019)

a. Struktur dari pemrograman Arduino

1) Void setup

Tempat untuk menuliskan kode atau perintah kita di sini untuk bisa

Tempat untuk menuliskan kode atau erintah kita di sini untuk bisa

2) Void Loop

Perintah *void loop* ini tempat dimana menulis kode untuk menjalankan program itu berulang kali agar tidak berhenti sendiri.

3) Variable

Sebuah program membutuhkan *variable* untuk mendefinisikan suatu perintah untuk memindahkan angka.

Tabel 2. 9 Penggunaan *symbol* Bahasa C pada *arduino IDE*

Symbol/Variabel	Keterangan
//	Diperlukan untuk memberikan catatan, cukup menuliskan dua buah garis miring dan apapun yang kita tulis dibelakang akan diabaikan oleh program. Variable ini digunakan hanya untuk menuliskan komentar satu baris.
/* */	Diperlukan untuk menuliaskan banyak catatan, maka hal itu dapat diuliskan pada beberapa baris sebagai komentar. Semua hal yang terletak di antara dua

	symbol tersebut akan diabaikan oleh program.
{ }	Digunakan untuk mendefinisikan kapan blok diagram mulai dan berakhir (digunakan juga pada fungsi dan pengulangan).

Lanjutan Tabel 2. 9

Symbol/Variabel	Keterangan
;	Setiap baris kode harus diakhiri dengan tanda titk koma (jika ada titik koma yang hilang maka program tidak akan bisa dijalankan).
Int	(integer) digunakan untuk menyimpan angka dalam 2 byte (16 bit). Tidak mempunyai angka decimal dan menyimpan nilai dari 32,768 dan 32,767.
Long	(long) digunakan ketika integer tidak mencukupi lagi. Memakai 4 byte (32 but) dan memori (RAM) dan mempunyai rentang dari 2,147,483,648 dan 2,147,483,647.
Boolean	(Boolean) variable sederhana ang digunakanuntuk meyimpan nilai TRUE (benar) atau FALSE (salah). Sangat berguna karenahanya menggunakan 1 bit dari RAM.
Float	(float) digunakan untuk angka desima (floating point). Memakai 4 byte (32 bit). RA dan mempunyai rentang dari 3.4028235E+38 dan 3.4028235E+38.
Boolean	(Boolean) variable sederhana ang digunakanuntuk meyimpan nilai TRUE (benar) atau FALSE (salah). Sangat berguna karenahanya menggunakan 1 bit dari RAM.
Float	(float) digunakan untuk angka desima (floating point). Memakai 4 byte (32 bit). RA dan mempunyai rentang dari 3.4028235E+38 dan 3.4028235E+38.
Char	(character) menyimpan 1 karakter menggunakan kode ASCII (isalnya ‘A=65). Hanya memakai 1 byte (8 bit) dari RAM.

4) Operator matematika dan Operator Pembanding

Tabel 2. 10 Penggunaan Operator Matematika pada *Arduino UNO*

Operator Matematika	Keterangan
=	Membuat sesuatu menjadi sama dengan nilai yang lain.
%	Menghasilakan sisa dari hasil pembagagian suatu angka dengan angka yang lain (misalnya :12% 10, ini menghasilakn angka 2).
+	Digunakan sebagai perintah penjumlahan
-	Digunakan sebagai perintah pengurangan.
*	Digunakan sebagai perintah pengali.
/	Digunakan sebagai perintah pembagi.
= =	Sama dengan (misalnya : 12 = = 10 adalah FALSE (salah) atau 12 = = 12 adalah TRUE (benar)).
! =	Tidak sama dengan (misalnya : 12 != 10 adalah TRUE (benar) atau 12 != 12 adalah FALSE (salah)).
<	Lebih kecil dari (misalnya: 12< 10 adalah FALSE (salah) atau 12<12 adalah FALSE (salah) atau 12 <14 adalah TRUE (salah)).
>	Lebih besar dari (misalnya: 12>10 adalah TRUE (benar) atau 12>12 adalah FALSE atau 12>14 adalah FALSE (salah)).

b. Struktur Pengaturan Program

Untuk menjalankan sebuah program dibutuhkan beberapa struktur dengan format seperti berikut ini :

1) *If… else*

If (kondisi) {}

else If(kondisi) {}

else{}

dengan sturktur seperi diatas program akan menjalankan kode yanga ada didalam kurung kurawal jika kondisinya *TRUE*, dan jika tidak (*FALSE*) maka akan diperiksa apakah kondisi pada *else if* dan jika kondisinya *FALSE* maka kode pada else yang akan dijalankan.

2) For

For (*int* i-0;i<#pengulangan;i++) {}

digunakan bila anda ingin melakukan pengulangan kode di dalam kurung kurawal beberapa kali, ganti #pengulangan dengan jumlah pengulangan yang diinginkan. Melakukan perhitungan keatas dengan i++ atau kebawah dengan i—

c. Digital

1) *pinMode*(*pin, mode*)

digunakan untuk menetapkan mode dari suatu pin, pin adalah nomor pin yang akan digunakan dari 0-9 (pin analog 0-5 adalah 14-19). Mede yang digunakan adalah *INPUT* atau *OUTPUT*.

2) *digitalWrite*(*pin,Value*)

ketika sebuah pin ditetapkan sebagai *OUTPUT*, pin tersebut dapat dijadikan *HIGH* (ditarik menjadi 5 volts) atau *LOW* (diturunkan menjadi *ground*).

3) digitalRead(pin)

ketika sebuah pin ditetapkan sebagai input maka anda dapat menggunakan kode ini untuk mendapatkan nilai pin tersebut apakah *HIGH* (ditarik menjadi *volts*) atau *LOW* (diturunkan menjadi *Groud*).

12. Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan loud speaker, jadi *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi *electromagnet*. Kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. *Buzzer* biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (alarm).

Buzzer adalah sebuah elektronika yang berfungsi mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya cara kerja *buzzer* hampir sama dengan *loud speaker*, *Buzzer* terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma. *Buzzer*

biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat.

Buzzer sering digunakan untuk memberikan umpan balik berupa suara, yang membantu pengguna mengenali adanya kondisi tertentu dalam sebuah sistem. Misalnya, *buzzer* dapat digunakan sebagai alarm untuk memberikan peringatan ketika ada masalah atau bahaya yang terdeteksi. Selain itu, *buzzer* juga dapat berfungsi sebagai pengingat, seperti pada *oven* atau *microwave*, yang berbunyi ketika makanan sudah matang.

Selain sebagai alarm dan pengingat, *buzzer* juga berperan sebagai indikator di berbagai perangkat. Dalam konteks ini, *buzzer* memberikan isyarat audio untuk menunjukkan bahwa suatu proses telah selesai, atau bahwa suatu perintah telah dijalankan dengan benar. Contoh lainnya adalah dalam sistem elektronik kendaraan, di mana *buzzer* berbunyi ketika pengemudi tidak menggunakan sabuk pengaman atau pintu mobil tidak tertutup rapat.

Secara keseluruhan, *buzzer* adalah komponen yang sederhana namun sangat penting dalam berbagai aplikasi elektronik. Kemampuan *buzzer* untuk memberikan umpan balik suara yang cepat dan mudah dikenali membuatnya menjadi alat yang efektif untuk komunikasi sederhana antara perangkat elektronik dan penggunanya.



Gambar 2. 9 *Buzzer*
(Sumber: https://shorturl.at/Rabj3)

13. Use Case

Use case diagram merupakan struktur dari interaksi antara sistem dan aktor. *Use case* bekerja untuk mendeskripsikan tipe interaksi antara pengguna sebuah sistem dengan sistemnya sendiri melalui sebuah cerita bagaimana sebuah sistem dipakai. Sebuah *use case* menggambarkan sebuah interaksi antara pengguna (aktor) dengan sistem yang sudah ada. Langkah-langkah membuat *use case* diantaranya:

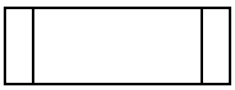
a. Mengidentifikasi aktor. Perhatikan bahwa aktor sebenarnya adalah peran yang dimainkan oleh pengguna.
b. Setelah peran aktor diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah mengembangkan tujuan yang harus dicapai oleh peran tersebut saat menggunakan sistem. Tujuan ini adalah tugas yang dilakukan oleh pemangku kepentingan untuk mencapai beberapa fungsi bisnis yang menambah nilai bagi organisasi.

14. Flowchart

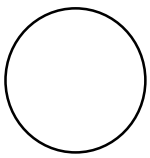
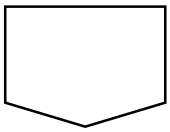
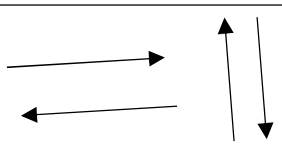
Bagan alir program (program *flowchart*) merupakan bagan yang menjelaskan rinci langkah-langkah dari proses program. Bagan alir program dibuat dengan menggunakan symbol-simbol sebagai berikut :

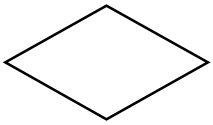
Tabel 2. 11 Simbol *Flowchart*

No	Simbol	Nama	Keterangan

1		*Input/Output*	Simbol input/output digunakan untuk mewakili data input/output
2		*Process*	Simbol procces, digunakan untuk mewakili suatu proses
3		*Predifine process*	Simbol proses terdefinisi, digunakan untuk menunjukkan suatu operasi yang rinciannya ditunjukkan ditempat lain

Lanjutan Tabel 2. 11

No	Simbol	Nama	Keterangan
4		*Terminal*	Simbol titik terminal, digunakan untuk awal dan akhir suatu proses
5		*Connector*	Simbol penghubung, digunakan untuk menunjukkan sambungan dari alir yang terputus dihalaman yang masih sama
6		*Offline Connector*	Simbol penghubung, digunakan untuk menunjukkan sambungan dari alir yang terputus dihalaman yang berbeda
7		*Flow*	Simbol garis alir, menunjukkan arus dari proses

8		*Decision*	Simbol keputusan, digunakan untuk suatu penyelesaian kondisi didalam program

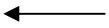
15. *UML (Unified Modeling Language)*

Menurut Munawar, UML (*Unified Modeling Language*) menyatakan dalam buku "*Visual Modeling with* UML" (2005) bahwa UML merupakan salah satu alat yang paling dapat diandalkan dalam dunia pengembangan sistem berorientasi objek. Sedangkan menurut Adi Nugroho (2010), "*Unified Modeling Language* adalah bahasa pemodelan sistem atau perangkat lunak dengan paradigma berorientasi objek". Tujuan sebenarnya dari pemodelan adalah untuk memudahkan mempelajari dan memahami masalah yang kompleks.

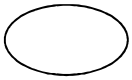
a. Simbol *Use Case Diagram*

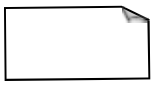
Tabel 2. 12 Simbol *Use Case Diagram*

No	Gambar	Nama	Keterangan
1.		*Actor*	Menspesifikasikan himpunan peran yang penggunanya memainkanketika berinteraksi dengan *use case*.
2.		*Dependency*	Hubungan dimana perubahan yang terjadi pada suatu elemen mandiri (*independent*) akan mempengaruhi elemen yang bergantung padanya elemen yang tidak mandiri (*independent*).

3.		*Generalization*	Hubungan dimana objekanak (descendent) berbagi perilaku dan struktur data dari objek yang ada di atasnya objek induk (ancestor).
4.		*Include*	Menspesifikasikan bahwause case sumber secaraeksplisit.
5.		*Extend*	Menspesifikasikan bahwause case target memperluas perilaku dari *use case* sumber pada suati titik yang diberikan.
6.		*Association*	Apa yang menghubungkan antara objek satu dengan objek lainnya.

Lanjutan Tabel 2. 12

No	Gambar	Nama	Keterangan
7.		*System*	Menspesifikasikan paketyang menampilkan sistem secaraterbatas.
8.		*Use Case*	Deskripsi dari urutan aksi-aksi yang di tampilkansistem yang menghasilkan suatu hasil yang terukur bagi suatu aktor.
9.		*Collaboration*	Interaksi aturan-aturan dan elemen lain yang bekerja sama untuk menyediakan prilaku yang lebih besar dari jumlah dan elemen-elemennya (sinergi).

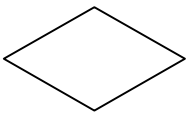
10.		*Note*	Elemen fisik yang eksis saat aplikasi di jalankan dan mencerminkan suatu sumber daya komputasi.

b. Simbol *activy diagram*

Tabel 2. 13 Simbol *activy diagram*

No	Gambar	Nama	Keterangan
1.		*Activity*	Memperlihatkan bagaimana masing-masing kelas antar muka saling berinteraksi satu sama lain.
2.		*Action*	State dari sistem yang mencerminkan eksekusi dari suatu akasi

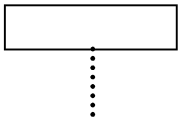
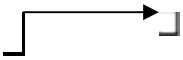
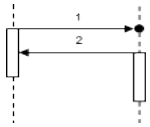
Lanjutan Tabel 2. 13

No	Gambar	Nama	Keterangan
3.		*Initial Node*	Bahagaimana objek di bentuk atau diawali.
4.		*Final Node*	Bagaimana objek di bentuk dan di hancurkan
5.		*Fork Node*	Saluran aliran yang pada tahap tertentu berubah menjadi beberapa aliran.
6.		*Decision*	Memungkinkan suatu usecase menggunakan fungsionalitas yang dilakukan oleh *use case*.

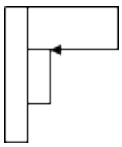
7.		*Interaction*	Alur

c. Simbol *Sequence Diagram*

Tabel 2. 14 Simbol *Sequence Diagram*

No	Gambar	Nama	Keterangan
1.		*LifeLine*	Objek *entity*, antarmuka yang berinteraksi.
2.		*Message*	Spesifikasi dari komunikasi antar objek yang membuat informasi-informasi tentang aktifitas yang terjadi.
3.		*Synconous Message*	*Message* ini mengaktifkan sebuah proses dan sampai selesai, baru bisa mengirimkan sebuah *message* baru.

Lanjutan Tabel 2.14

No	Gambar	Nama	Keterangan
4.		*Message to self*	Suatu hasil kembalian sebuah operasi dan berjalan pada objek itu sendiri.

C. Metode Pengujian

Beberapa *test-case* harus dilaksanakan dengan beberapa perbedaan *strategi, query,* atau jalur navigasi yang mewakili penggunaan sistem yang tipical, kritis atau abnormal. Isu kunci pada pengembangan sistem adalah pemilihan

sekelompok *test-case* yang cocok, sekecil dan secepat mungkin, untuk meyakinkan perilaku sistem secara detail. Pengujian harus mencakup unit *testing*, yang mengecek validasi dari prosedur dan fungsi-fungsi secara independen dari komponen sistem yang lain. Kemudian *modul testing* harus menyusul dilakukan untuk mengetahui apakah penggabungan beberapa unit dalam satu modul sudah berjalan dengan baik, termasuk eksekusi dari beberapa modul yang saling berelasi, apakah sudah berjalan sesuai karakteristik sistem yang diinginkan.

Jika struktur kendali antar modul sudah terbukti bagus, maka pengujian yang tak kalah pentingnya adalah pengujian unit. Pengujian unit digunakan untuk menguji setiap modul untuk menjamin setiap modul menjalankan fungsinya dengan baik. Ada 2 metode untuk melakukan unit testing, yaitu:

1. ***Blackbox Testing***

   Berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan, seluruh navigasi dan tombol fasilitas program lainnya serta proses yang di jalankan tidak terjadi kesalahan, tetapi aplikasi mempunyai aturan-aturan yang sudah di tetapkan dan harus di ikuti karena apabila di hiraukan maka sistem akan menolak perintah yang tidak sesuai seperti kesalahan ketika *user* belum menginput data yang harusnya di input sesuai ketentuan sistem yang di jalankan dan sistem memberikan informasi kepada *user* karena data yang ingin diproses belum lengkap atau tidak memenuhi ketentuan untuk proses selanjutnya. Pengujian terhadap cara kerja perangkat lunak itu sendiri yaitu prosedur programnya *(basis path)* atau proses *looping* (pengulangan) yang berfokus pada efektifitas aplikasi yang dirancang.

Tabel 2. 15 contoh pengujian *BlackBox*

NO	Jarak master dan Slave (Meter)	Mater mengirim	Slave menerima	Keterangan	Alarn Buzzer
1	1	1	1	Terkoneksi	Mati
2	2	1	1	Terkoneksi	Mati
3	4	1	1	Terkoneksi	Mati
4	6	1	1	Terkoneksi	Mati
5	8	1	1	Terkoneksi	Mati
6	10	1	1	Teroneksi	Mati
7	11	1	0	Tidak terkoneksi	Menyala
8	12	1	0	Tidak terkoneksi	Menyala
9	13	1	0	Tidak terkoneksi	Menyala
10	14	1	0	Tidak terkoneksi	Menyala

2. White Box Testing

White Box Testing merupakan salah satu cara untuk menguji suatu aplikasi atau *software* dengan cara melihat modul untuk dapat meneliti dan menganalisa kode dari program yang dibuat ada yang salah atau tidak. Apabila modul ini dan telah diproduksi dalam output yang tidak memenuhi persyaratan, kode akan dikompilasi ulang dan diperiksa lagi sampai mencapai apa yang diharapkan. Singkatnya *White Box Testing* ini menguji dengan cara melihat *pure code* dari suatu aplikasi atau *software* yang diuji tanpa memperdulikan tampilan atau UI dari aplikasi tersebut.

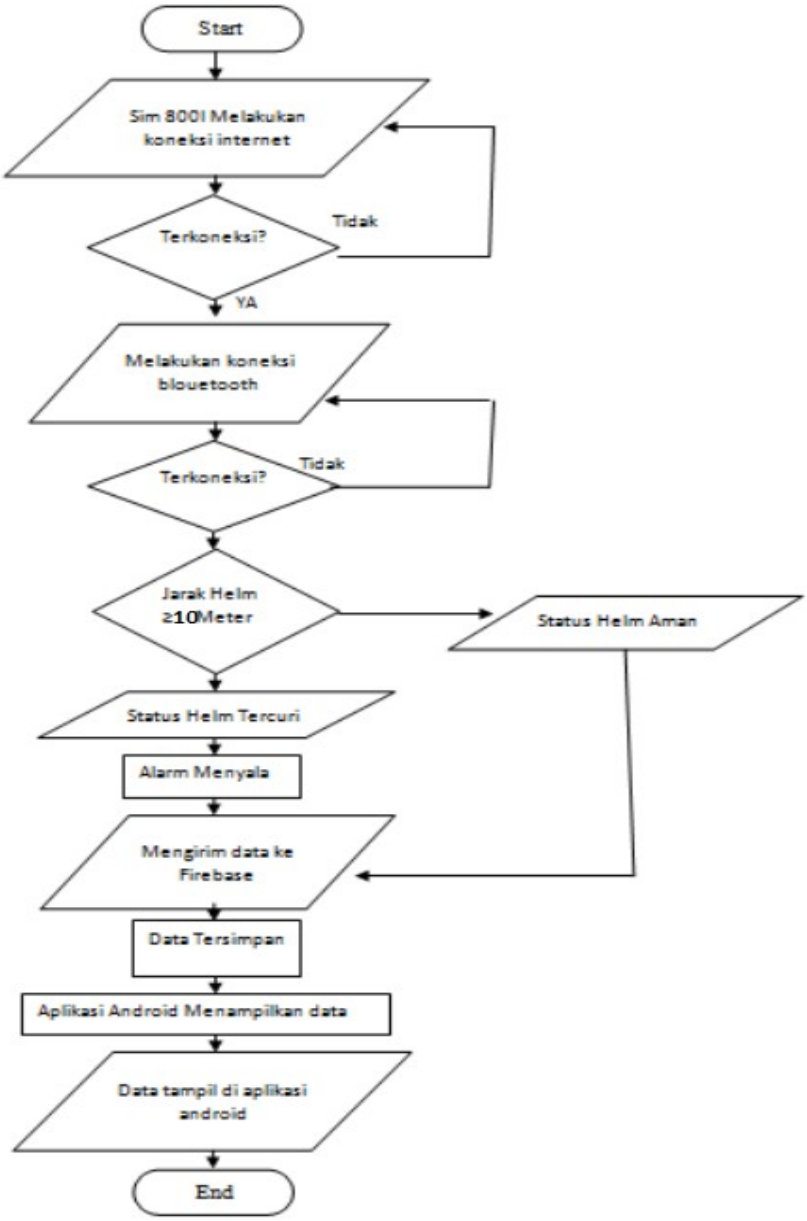
Untuk membuat *white box testing*, maka tester harus memiliki kompetensi dalam pemrograman, untuk memahami kode sumber yang ia pelajari, juga harus memiliki pandangan global tentang fungsi aplikasi, elemen-elemen yang dibuatnya, dan tentu saja, kode sumbernya. Tidak seperti dalam pengujian “kotak hitam”, tester memiliki profil “pengembang”, bukan profil “pengguna”.

Dengan membuat tes *white box testing*, tester dapat melihat baris kode mana yang dipanggil untuk setiap fungsi. Hal ini memungkinkan untuk menguji aliran data, dan penanganan pengecualian dan kesalahan. Ketergantungan sumber daya, serta logika dan kebenaran internal kode juga dipelajari. Itulah sebabnya tes ini terutama berguna selama pengembangan aplikasi, bahkan jika itu dapat dilakukan selama beberapa fase kehidupan

proyek. Metode *white box testing* dapat diterapkan untuk (terutama) tes unit, tes integrasi, dan tes sistem.

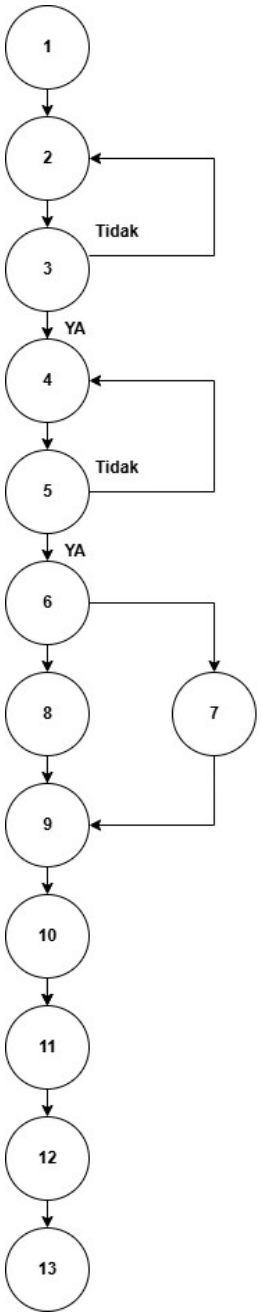
Contoh pengujian *Whitebox*

a. *Flowchart*



Gambar 2. 10 contoh *Flowchart*

b. *Flowgrapgh*



Gambar 2. 11 contoh *Flowgraph*

c. *Grafik Matriks*

Tabel 2. 16 *Grafik Matriks*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	E - 1
1		1												1-1=0
2			1											1-1=0
3				1										1-1=0
4					1									1-1=0
5						1								1-1=0
6							1							1-1=1
7									1					1-1=0
8									1					1-1=0
9										1				1-1=0
10											1			1-1=0
11												1		1-1=0
12													1	1-1=0
13														0
		Sum (E + 1)												1+1=2

D. Kerangka Pikir

Meningkatnya transportasi meningkatkan emisi gas dan partikel ke atmosfer, knalpot kendaraan merupakan sumber utama polusi udara di banyak kota, mengeluarkan berbagai senyawa berbahaya seperti CO, dan HC yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna. Diperlukan pengembangan perangkat keras yang dapat dihubungkan dengan sistem pemantauan kualitas udara dan dapat memantau secara real-time serta mengumpulkan data yang akurat.



Untuk Mengurangi tingkat polusi udara perlu perancangan sistem prototype melalui pengembangan perangkat keras yang mampu memantau kualitas udara secara real-time dan mengumpulkan data yang akurat yang berkelanjutan alat pengukur emisi kendaraan yang lebih kecil, portabel, dan akurat untuk digunakan di lapangan.



Perancangan sistem prototype mencakup beberapa komponen utama. Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama, sensor gas seperti MQ-7 dan MQ-135 untuk pengukuran CO dan HC, kemudian data akan ditampilkan di LCD. Apabila zat gas yang ditampilkan melebihi ambang batas maka buzzer akan berbunyi sebagai peringatan.



Perancangan ini diharapkan memberikan solusi efektif untuk memantau kualitas udara, serta menjadi alat pengukur emisi kendaraan yang lebih kecil, portabel, dan akurat untuk digunakan di lapangan.
.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian *eksperimental,* Dimana peneliti dapat mengontrol variabel-variabel yang mempengaruhi hasil pengukuran, seperti konsentrasi gas, kondisi lingkungan, dan waktu pemantauan.

B. Waktu Penelitian

Adapun waktu yang dipergunakan untuk pelaksanaan penelitian ini adalah kurang lebih 3 bulan dan bertempat di kota Parepare, Sulawesi Selatan, Indonesia.

C. Metode Pengumpulan Data

Dalam melakukan penelitian cara mengumpulkan data dilakukan dengan metode antara lain sebagai berikut:

1. Studi Kepustakaan (*Library Research*)

   Melakukan pengumpulan data dengan cara membaca beberapa literatur /buku-buku yang mendukung dan berhubungan dengan penelitian. Pelaksanaan dimulai dari tahap pengumpulan data, perancangan system (*desain*), pembuatan program, uji program (*testing*), hingga penyusunan laporan.

2. Observasi

   Metode pengumpulan data dengan cara mengamati secara langsung objek yang diteliti. Metode observasi dilakukan untuk mendaptkan gambaran

yang jelas mengenai pelaksanaan sistem yang berjalan serta mencari dan mengumpulkan data yang dibutuhkan langsung dari sumbernya. Guna mengumpulkan informasi mengenai kebutuhan sistem, penulis melakukan pengumpulan data dengan cara observasi di tempat penelitian tersebut.

D. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan penelitian yang mendukung kegiatan penelitian tersebut antara lain:

1. Alat

   Alat yang digunakan untuk membangun aplikasi ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Alat

Spesifikasi	
Merk Laptop	Laptop Asus Vivobook
Processor Laptop	intel® Core™ i3
Sistem Operasi	*Windows 11 Pro 64 Bit*

2. Bahan

   Bahan yang digunakan untuk membangun aplikasi ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Bahan

Spesifikasi	
Bahasa Pemrograman	Bahasa C
Arduino Uno	berbasis ATmega328P

Lanjutan Tabel 3. 2

Spesifikasi	
Sensor	Sensor MQ-7 dan MQ-135
LCD	Display LCD 20x4
Artikel	Jurnal

E. Tahap Penelitian

1. Analisis data.

   Selama tahap analisis, peneliti melakukan analisis terhadap data-data yang sudah dikumpulkan pada tahap sebelumnya, menganalisis sistem yang diterapkan saat ini dan merumuskan masalah yang akan diselidiki.

2. Perancangan

   Pada tahap ini peneliti merancang alat atau system berdasarkan alternatif pemecahan masalah.

3. Pembuatan program

   Setelah melakukan pengumpulan, analisis dan perancangan data, maka peneliti akan membangun program dengan menggunakan bahasa pemrograman Java.

4. Pengujian

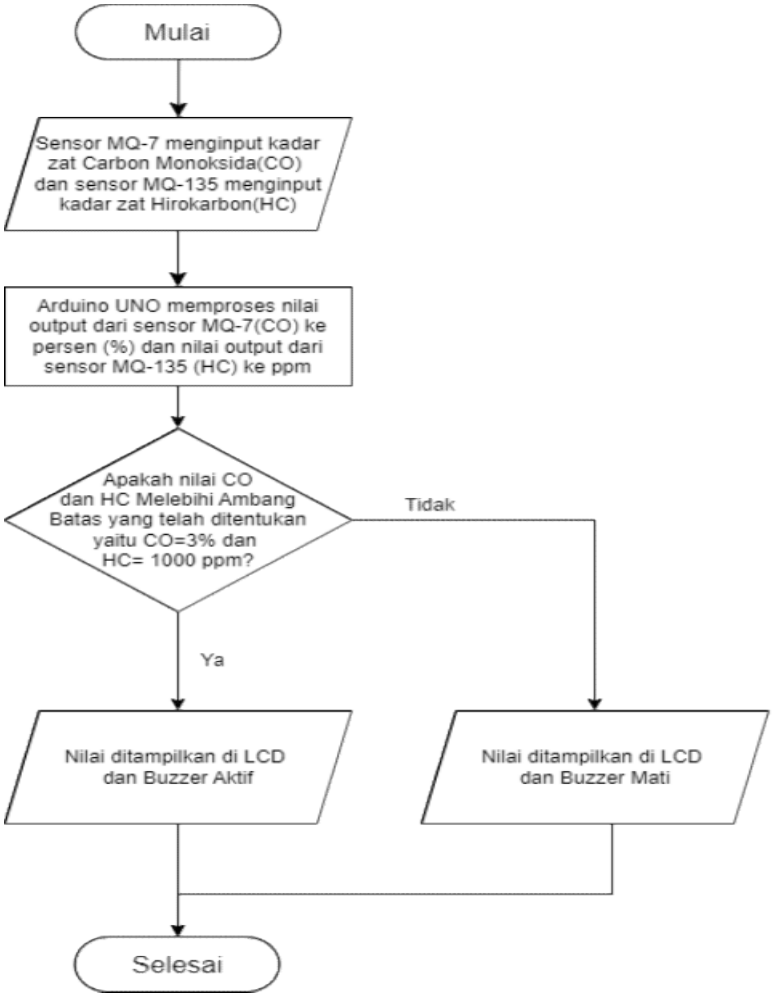
   Program yang telah dibangun sebelumnya akan diuji tingkat keberhasilannya untuk melakukan proses analisis pengobatan dengan metode islam.

5. Implementasi

   Apabila desainnya sempurna, aplikasi akan tersedia untuk pengguna.

F. Desain Sistem

1. Sistem yang Diusulkan



Gambar 3. 1 Sistem yang Diusulkan

Keterangan:

Pada Gambar 3. 1 yaitu dilakukan penginputan zat karbon monoksida (CO) dan zat hidrokarbon (HC) menggunkan sensor mq-7 untuk menghitung nilai CO dan sensor mq-135 untuk menghitung nilai HC, kemudian Arduino uno akan memproses output dari sensor mq-7 yaitu nilai CO ke persen dan output sensor mq-135 yaitu nilai HC ke PPM. Selanjutnya output akan di tampilkan di LCD dan apabila output melebihi ambang batas yang telah di tentukan yaitu nilai CO 3%

dan nilai HC 1000 PPM maka buzzer akan berbunyi dan LCD akan menampilkan status “MELEBIHI AMBANG BATAS” dan apabila output kurang dari atau sama dengan ambang batas yang ditentukan yaitu nilai CO 3% dan nilai HC 1000 PPM maka buzzer tidak akan berbunyi dan LCD akan menampilkan status “AMAN”.

2. Gambaran Diagram Blok

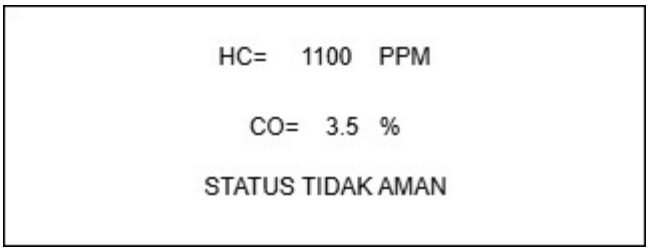


Gambar 3. 2 Diagram Blok

Keterangan:

1. MQ-7 : Berfungsi untuk mendeteksi/mengukur kadar karbon monoksida (CO) yang dihasilkan oleh sepeda motor
2. MQ-135 : Berfungsi untuk mendeteksi/mengukur kadar Hidrokarbon (HC) yang dihasilkan oleh sepeda motor
3. Arduino UNO: Berfungsi untuk memproses data yang diinput melalui sensor MQ-7 dan MQ-135
4. LCD: Berfungsi sebagai output yaitu menampilkan berapa persen karbon monoksida dan hidrokarbon yang dihasilkan oleh sepeda motor
5. Buzzer: Berfungsi sebagai alarm yang akan berbunyi jika karbon monoksida dan hirokarbon yang dihasilkan melebihi ambang batas yang telah ditentunkan.

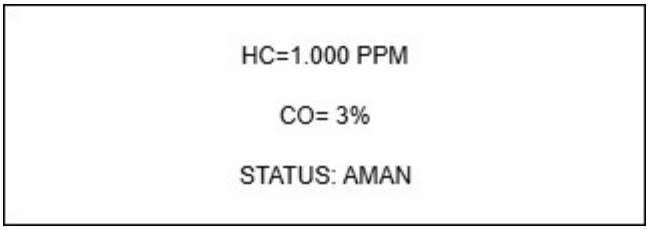
3. Gambaran Tampilan LCD



Gambar 3. 3 Gambaran tampilan LCD jika melewati ambang batas

Keterangan:

Diatas merupakan gambar LCD jika melebihi ambang batas yang dimana nilai CO menunjukkan 3.5% atau lebih dari ambang batas yang telah di tentukan yaitu 3% dan nilai HC menunjukkan 1100 PPM atau lebih dari ambang batas yang telah di tentukan yaitu 1000 PPM.



Gambar 3. 4 Gambaran tampilan LCD jika aman

Keterangan:

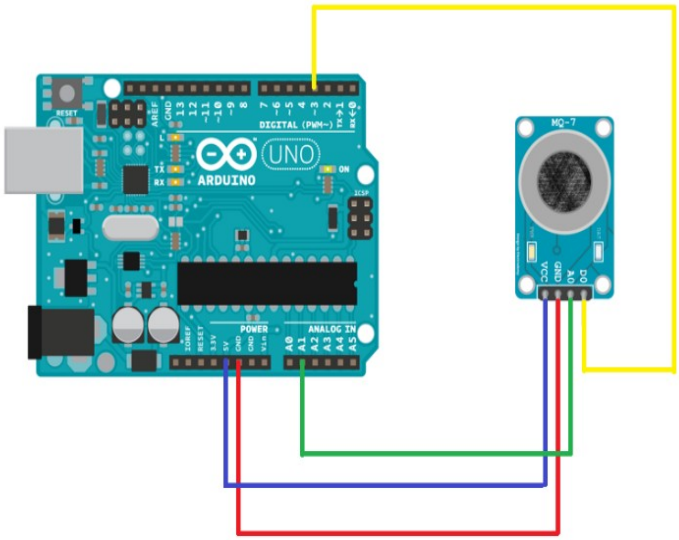
Diatas merupakan gambar LCD jika aman yang dimana nilai CO menunjukkan 3% atau kurang dari ambang batas yang telah di tentukan yaitu 3% dan nilai HC menunjukkan 1000 PPM atau kurang dari ambang batas yang telah di tentukan yaitu 1000 PPM.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rancang Perangkat Keras (*Hardware*)

Pembuatan perangkat keras merupakan awal sebelum terbentuknya suatu system atau rangkaian elektronika. Rancangan ini akan menjelaskan alat yang digunakan serta pemilihan komponen yang tepat. Pada dasarnya rancangan sistem keamanan helm ini memiliki *Hardware* yang terdiri dari Arduino Uno R3 ADMEGA328P, sensor MQ-7, MQ-135, LCD 20x4, dan Buzzer.



1. Rangkaian Arduino Uno ADMEGA328P dengan sensor MQ-7

Gambar 4. 1 Rangkaian ADMEGA328P ke sensor MQ-7

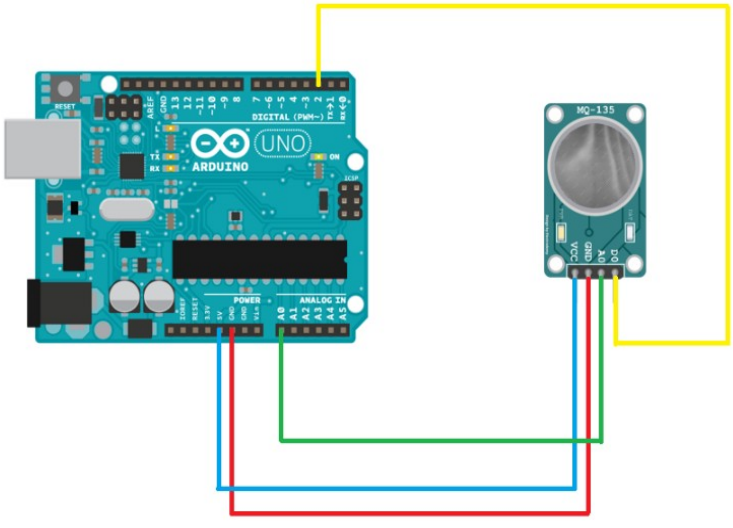
Berikut merupakan rangkain *hardware* yang di gunakan:

Tabel 4. 1 Rangkaian ADMEGA328P dengan sensor MQ-7

No	Arduino Uno ADMEGA328P	sensor MQ-7
1.	5V	VCC
2.	GND	GND
3.	A1	AO
4.	D3	DO

Pada rangkaian **Gambar 4.1** menjelaskan alur *hardware* yang menghubungkan berbagai pin. Dapat dilihat dari Arduino Uno ADMEGA328P terhubung dengan sensor MQ-7 dengan Pin (5V) dihubungkan dengan pin (VCC) di sensor MQ-7, Pin (GND) dihubungkan dengan pin (GND) di sensor MQ-7, Pin (A1) dihubungkan dengan pin (AO) di sensor MQ-7, Pin (D3) dihubungkan dengan pin (DO) di sensor MQ-7.

2. Rangkaian Arduino Uno ADMEGA328P dengan sensor MQ-135



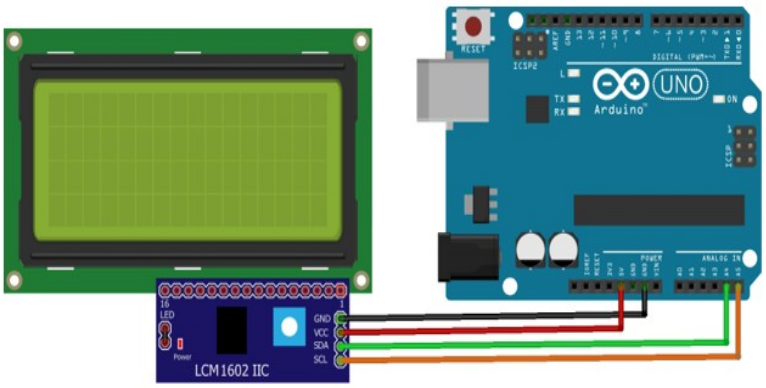
Gambar 4. 2 Rangkaian ADMEGA328P ke sensor MQ-135

Berikut merupakan rangkain *hardware* yang di gunakan:

Tabel 4. 2 Rangkaian ADMEGA328P dengan sensor MQ-135

No	Arduino Uno ADMEGA328P	sensor MQ-135
1.	5V	VCC
2.	GND	GND
3.	A0	AO
4.	D2	DO

Pada rangkaian **Gambar 4.2** menjelaskan alur *hardware* yang menghubungkan berbagai pin. Dapat dilihat dari Arduino Uno ADMEGA328P terhubung dengan sensor MQ-135 dengan Pin (5V) dihubungkan dengan pin (VCC) di sensor MQ-135, Pin (GND) dihubungkan dengan pin (GND) di sensor MQ-135, Pin (A0) dihubungkan dengan pin (AO) di sensor MQ-7, Pin (D2) dihubungkan dengan pin (DO) di sensor MQ-7.



3. Rangkaian Arduino Uno ADMEGA328P dengan LCD 20x4

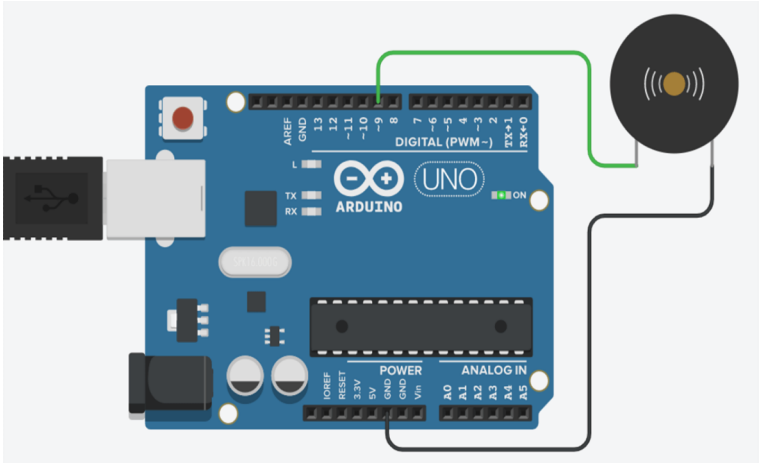
Gambar 4. 3 Rangkaian ADMEGA328P ke LCD

Berikut merupakan rangkain *hardware* yang di gunakan:

Tabel 4. 3 Rangkaian ADMEGA328P dengan LCD 20x4

No	Arduino Uno ADMEGA328P	LCD
1.	5V	VCC
2.	GND	GND
3.	A4	SDA
4.	D5	SCL

4. Rangkaian Arduino Uno ADMEGA328P dengan *Buzzer*



Gambar 4. 4 Rangkaian Arduino Uno ADMEGA328P *Buzzer*

Berikut merupakan rangkain *hardware* yang di gunakan:

Tabel 4. 4 Rangkaian ADMEGA328P dengan *Buzzer*

No	Arduino Uno ADMEGA328P	BUZZER
1.	D9	+
2.	GND	-

B. Rancang Perangkat Lunak (*Software*)

Rancangan perangkat lunak (*software design*) dalam penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi emisi gas kendaraan, khususnya karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC), menggunakan sensor gas seperti MQ-7 dan MQ-135. Data yang diperoleh dari sensor akan diproses oleh mikrokontroler Arduino Uno, lalu hasil deteksinya akan ditampilkan melalui layar LCD I2C 20x4 dan/atau *buzzer* sebagai bentuk peringatan visual maupun audio apabila konsentrasi gas melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Perangkat lunak ini merupakan komponen utama dari sistem *prototype* deteksi gas buang kendaraan, yang dirancang untuk memantau gas berbahaya yang dikeluarkan dari knalpot kendaraan.

Perangkat lunak ini memiliki beberapa fungsi utama, yaitu membaca nilai dari sensor, mengolah data tersebut menjadi informasi yang dapat ditampilkan, serta memberikan peringatan saat nilai gas melebihi batas aman. Selain LCD, sistem juga dapat dilengkapi dengan *buzzer* atau LED indikator yang menyala ketika terjadi lonjakan gas berbahaya. Tujuannya adalah memberikan notifikasi langsung kepada pengguna agar segera mengambil tindakan bila emisi kendaraan terdeteksi berada di atas standar normal.

Pada tahap inisialisasi (setup), Arduino akan mengatur konfigurasi pin I/O, memulai komunikasi dengan modul LCD, dan menampilkan pesan pembuka

sistem. Selanjutnya, dalam loop utama, Arduino akan membaca nilai analog dari sensor MQ-7 dan MQ-135 secara berkala. Nilai ini kemudian dikonversi menjadi satuan konsentrasi gas, baik dalam bentuk angka mentah maupun satuan ppm (parts per million). Jika nilai pembacaan melebihi ambang batas yang ditetapkan (contoh: >400 untuk CO dan >300 untuk HC), maka *buzzer* akan menyala dan peringatan akan muncul di layar LCD.

Untuk memastikan keandalan pembacaan sensor, diperlukan proses pemanasan awal (*preheating*) selama beberapa menit sebelum pengukuran dilakukan. Pemrograman perangkat lunak ini menggunakan *library LiquidCrystal_I2C* untuk mempermudah tampilan data pada LCD. Dengan pendekatan ini, prototype yang dibangun dapat memberikan informasi emisi secara langsung, baik secara visual maupun suara. Selain itu, sistem ini dapat di

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#define MQ135_PIN A1    // MQ-135 (HC)
#define MQ7_PIN   A0    // MQ-7  (CO)

#define AMBANG_HC 1000.0     // Ambang batas HC dalam ppm
#define AMBANG_CO 3.0       // Ambang batas CO dalam % (30000
ppm)

#define BUZZER_PIN 9        // Pin buzzer aktif HIGH

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4); // LCD I2C 20x4

void setup() {
  lcd.init();
  lcd.backlight();

  lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("HC :           PPM");
  lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("CO :             %");

  pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
  digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);

  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  // ==== Baca sensor MQ-135 (HC) ====
  int nilaiAnalogMQ135 = analogRead(MQ135_PIN);
  float ppmHC = (nilaiAnalogMQ135 / 1023.0) * 1000.0;

  // ==== Baca sensor MQ-7 (CO) ====
  int nilaiAnalogMQ7 = analogRead(MQ7_PIN);
```

```
// ==== Serial Output ====
  Serial.print("HC: ");
  Serial.print(ppmHC, 1);
  Serial.print(" ppm\tCO: ");
  Serial.print(persenCO, 4);
  Serial.println(" %");

  // ==== Tampilkan ke LCD ====
  lcd.setCursor(5, 0); lcd.print("        "); // clear
  lcd.setCursor(5, 0); lcd.print(ppmHC, 1);

  lcd.setCursor(5, 1); lcd.print("        "); // clear
  lcd.setCursor(5, 1); lcd.print(persenCO, 4);

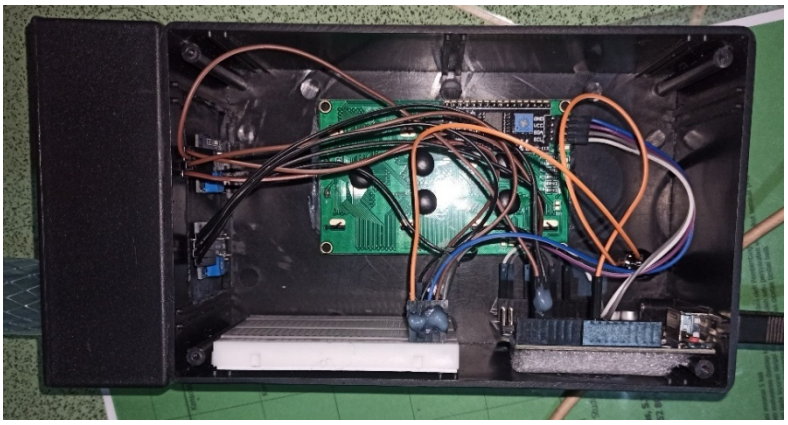
  // ==== Status & Buzzer ====
  lcd.setCursor(0, 3);
  lcd.print("Status:           ");
  lcd.setCursor(8, 3);

  if (ppmHC > AMBANG_HC || persenCO > AMBANG_CO) {
    lcd.print("Tidak Aman");
    digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
  } else {
    lcd.print("Aman      ");
    digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
  }

  delay(1000);
}
```

C. Rancang Alat

Pada bagian ini di jelaskan mengenai hasil perancangan alat pendeteksi kemiringan tiang istrik.



Gambar 4. 5 Rancangan Alat

Alat ini dirancang untuk mendeteksi emisi gas buang kendaraan menggunakan Arduino Uno. Sensor MQ-7 dan MQ-135 digunakan untuk membaca kadar CO dan HC, lalu ditampilkan pada LCD 20x4. Bila gas melebihi batas, *buzzer* aktif sebagai peringatan. Sistem bekerja otomatis dan cocok untuk monitoring emisi kendaraan.

D. Pengujian *Blackbox*

Tabel 4. 5 Pengujian *Blackbox*

No	Fitur yang diuji	input	output	status
1	Inisialisasi sistem	Arduino dinyalakan	LCD menampilkan pesan awal / sistem siap	✔ Lulus
2	Pembacaan sensor CO (MQ-7)	Simulasi Gas CO (< 3%)	LCD tampilkan nilai CO rendah, buzzer mati	✔ Lulus
3	Pembacaan sensor CO tinggi	Simulasi gas CO tinggi (>3%)	LCD tampilkan nilai CO tinggi, buzzer aktif	✔ Lulus
4	Pembacaan sensor HC (MQ-135)	Simulasi gas HC (< 1000 ppm)	LCD tampilkan nilai HC tinggi, buzzer aktif	✔ Lulus
5	Pembacaan sensor HC tinggi	Simulasi gas HC (> 1000 ppm)	LCD tampilkan nilai HC tinggi, buzzer aktif	✔ Lulus
6	Respons alarm	CO dan HC tinggi sekaligus	LCD tampilkan dua nilai tinggi, buzzer aktif	✔ Lulus
7	Pemadaman sistem	Arduino dimatikan	Sistem mati, tidak menampilkan output	✔ Lulus

Tabel 4. 6 Pengujian Status Aman

Uji Coba	Hasil	Keterangan
Nilai CO menunjukkan sama dengan atau kurang dari ambang batas yang telah di tentukan yaitu 3% dan nilai HC menunjukkan sama dengan atau kurang dari ambang batas yang telah di tentukan yaitu 1000 PPM.	✓	Alat berhasil menampilkan keterangan status alat deteksi gas pada kendaraan Dalam Keadaan Aman



Gambar 4. 6 Pengujian Status Aman

Tabel 4. 7 Pengujian Status Tidak Aman

Uji Coba	Hasil	Keterangan
Nilai CO menunjukkan lebih dari ambang batas yang telah di tentukan yaitu 3% dan nilai HC menunjukkan sama dengan atau kurang dari ambang batas yang telah di tentukan yaitu 1000	✓	Alat berhasil menampilkan keterangan status waspada

PPM. / Nilai CO menunjukkan sama dengan atau kurang dari		

Lanjutan Tabel 4.7

Uji Coba	Hasil	Keterangan
ambang batas yang telah di tentukan yaitu 3% dan nilai HC menunjukkan lebih dari ambang batas yang telah di tentukan yaitu 1000 PPM.		



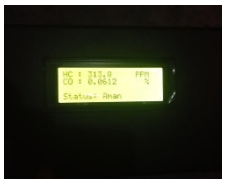
Gambar 4. 7 Pengujian Status Tidak Aman

E. Hasil pengujian

Adapun beberapa hasil percobaan atau hasil pengujian alat agar memastikan perangkat berjalan dengan baik, Bisa dilihat di tabel di bawah ini:

Tabel 4. 8 Hasil pengujian

No	Tipe Motor	Hasil		Gambar 1	Gambar 2
		PPM (HC)	% (CO)		

1	Supra 2001	313.8	0.0612		

Lanjutan Tabel 4. 8

No	Tipe Motor	Hasil		Gambar 1	Gambar 2
		PPM (HC)	% (CO)		
2	Scoopy 2013	285.5	0.0551		
3	Scoopy 2014	327.5	0.0606		
4	SoulGT 2017	289.3	0.0790		
5	MioM3 2017	322.6	0.0686		

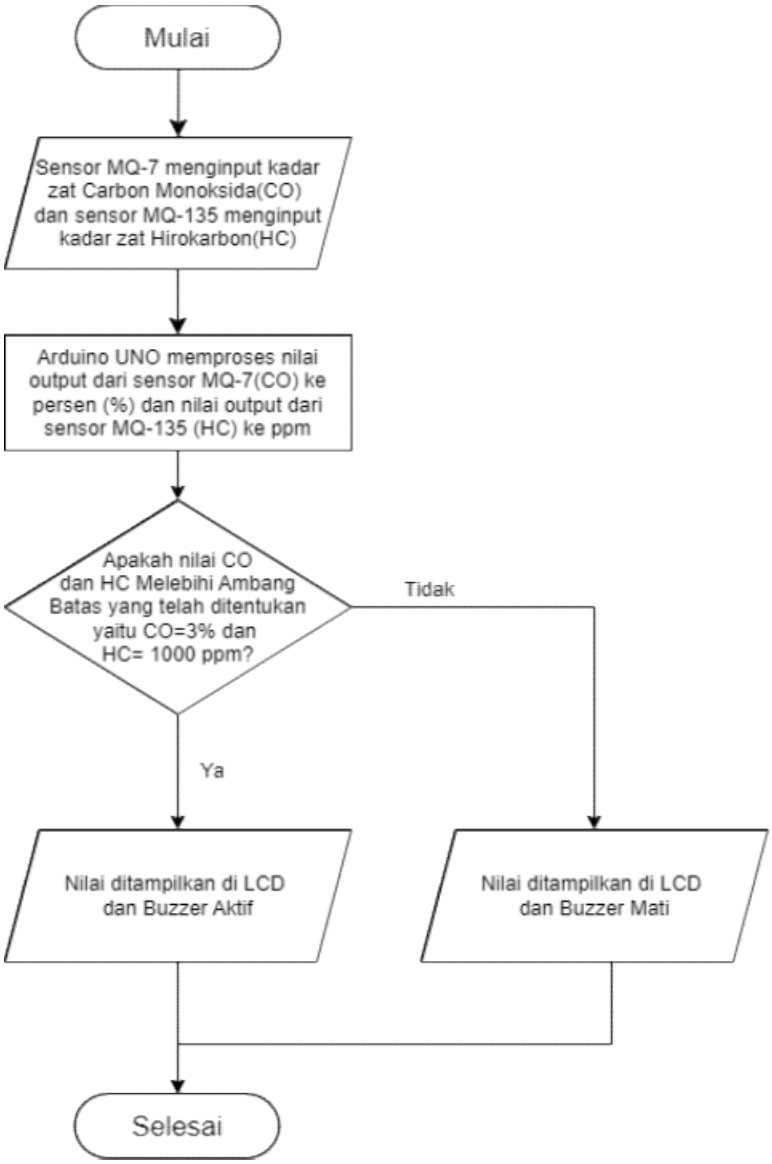
6	Scoopy 2021	348.0	0.0731		

Lanjutan Tabel 4. 8

No	Tipe Motor	Hasil		Gambar 1	Gambar 2
		PPM (HC)	% (CO)		
7	FreeGO 2023	328.4	0.0674		
8	Scoopy 2024	345.1	0.0677		

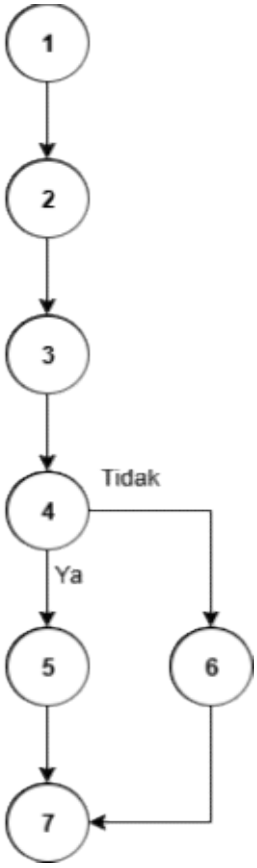
F. Pengujian *Whitebox*

1. *Flowchart*



Gambar 4. 8 *Flowchart*

2. *Flowgraph*



Gambar 4. 9 *Flowgrph*

Dari gambar *Flowgraph* diatas dapat dilakukan proses perhitungan sebagai berikut :

Diketahui :

N = 7 E = 7 R = 2

penyelesaian :

V(G) = (E – N) + 2

= (7 – 7) + 2 = 2

Path 1 : 1-2-3-4-5-7

Path 2 : 1-2-3-4-6-7

3. Grafik Matriks

Tabel 4. 9 *Grafik Matriks*

	1	2	3	4	5	6	7	E= -1
1		1						1-1=0
2			1					1-1=0
3				1				1-1=0
4					1	1		2-1=1
5							1	1-1=0
6							1	1-1=0
7								0
Sum(E+1)								1+1=2

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. *Prototype* alat berhasil mendeteksi emisi gas buang kendaraan, yaitu karbon monoksida (CO) menggunakan sensor MQ-7 dan hidrokarbon (HC) menggunakan sensor MQ-135.
2. Arduino Uno berhasil memproses data sensor dan menampilkan hasil melalui LCD, dan memberikan peringatan lewat *buzzer* saat konsentrasi gas melebihi ambang batas (CO > 3%, HC > 1000 ppm). Alat ini bekerja pada kendaraan roda dua dan mampu menunjukkan status aman atau tidak aman sesuai hasil pengukuran.
3. Pengukuran gas buang dalam penelitian ini difokuskan pada kandungan karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) yang berasal dari knalpot setelah melalui proses filtrasi, bukan langsung dari ruang bakar.
4. Data yang dihasilkan penelitian ini belum akurat dan valid karena belum dilakukan uji akurasi maupun validasi alat disebabkan keterbatasan ketersediaan perangkat standar pembanding di kota parepare dan daerah terdekat

5. Penggunaan *whitebox testing* dan *blackbox testing* menunjukkan bahwa sistem berjalan sesuai alur logika program dan dapat merespon kondisi input.

B. Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan uji akurasi dan validasi alat menggunakan perangkat standar pembanding, serta menambahkan fitur konektivitas nirkabel (Wi-Fi/Bluetooth) agar data dapat dikirim secara real-time. Selain itu, cakupan pengukuran gas buang perlu diperluas tidak hanya pada CO dan HC, tetapi juga mencakup parameter lain seperti NOx atau partikel, baik setelah proses filtrasi maupun langsung dari ruang bakar, sehingga analisis emisi menjadi lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

Amalia, A. R., Alexis, B. S., & Sherdy, K. L., (2020). Sistem Pendeteksi Pencemar Udara Portabel Menggunakan Sensor MQ-7 dan MQ-135. Universitas Multimedia Nusantara, Tangerang, Indonesia.

Bahri, S., & Isyanto, H., & Fiqih, Z., (2016). Rancang bangun alat ukur emisi pada gas buang kendaraan bermotor berbasis mikrokontroler. Universitas Muhammadiyah Jakarta.

Dwi Artika, K., Jurusan Mesin Otomotif, R., Negeri Tanah Laut Jl Yani Km, P. A., & Tanah Laut Kalimantan Selatan, P. (2017). *Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Premium Dan Pertalite Terhadap Emisi Gas Buang | 54 Jurnal Elemen*. *4*.

Dwi, K. A., & Rudiansyah (2017). Pengaruh penggunaan bahan bakar premium dan pertalite terhadap emisi gas buang sepeda motor empat tak satu silinder 108 cc. Politeknik Negeri Tanah Laut.

Fani, H. Al, Sumarno, S., Jalaluddin, J., Hartama, D., & Gunawan, I. (2020). Perancangan Alat Monitoring Pendeteksi Suara di Ruangan Bayi RS Vita Insani Berbasis Arduino Menggunakan Buzzer. *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, *4*(1), 144. https://doi.org/10.30865/mib.v4i1.1750

Firmansah, M. (n.d.). *DETEKSI OTOMATIS KEBOCORAN GAS PADA TABUNG LPG BERBASIS ARDUINO*. http://tobuku.com/docs/Arduino-

Hardiyan, S. M., & Kholis, N., (2020). Studi literatur: pengaruh penggunaan sensor gas terhadap persentase nilai *error* karbonmonoksida (co) dan hidrokarbon (hc) pada *prototipe vehicle gas detector* (vgd). Universitas Negeri Surabaya

Kete, S. S., & Putu, G. R. A., & Jasa, L., (2017). Rancang Bangun Alat Ukur Uji Emisi Gas Karbon Monoksida (CO) Berbasis Mikrokontroler. Teknologi Elektro, Vol. 16, No1, Januari-April 2017.

Nur Alfan, A., & Ramadhan, V. (2022). *PROTOTYPE DETEKTOR GAS DAN MONITORING SUHU BERBASIS ARDUINO UNO*. *9*(2).

Rosa, A. A., Simon, B. A., & Lieanto, K. S. (2020). Sistem Pendeteksi Pencemar Udara Portabel Menggunakan Sensor MQ-7 dan MQ-135. *ULTIMA Computing*, *XII*(1).

Sarungallo, S. K., Putu, G., & Agung, R. (n.d.). Rancang Bangun Alat Ukur Uji Emisi Gas Karbon Monoksida (CO) Berbasis Mikrokontroler. *Teknologi Elektro*, *16*.

Zainal, M. (n.d.). *SISTEM PENDETEKSI KEBOCORAN GAS LPG BERBASIS INTERNET OF THINGS*. https://jurnal.umpar.ac.id/index.php/sylog