

**SISTEM PENDETEKSI KEBOCORAN GAS LPG
MENGGUNAKAN SENSOR MQ-2 DAN KIPAS UNTUK
MENDORONG KONSENTRASI GAS LPG**

SKRIPSI



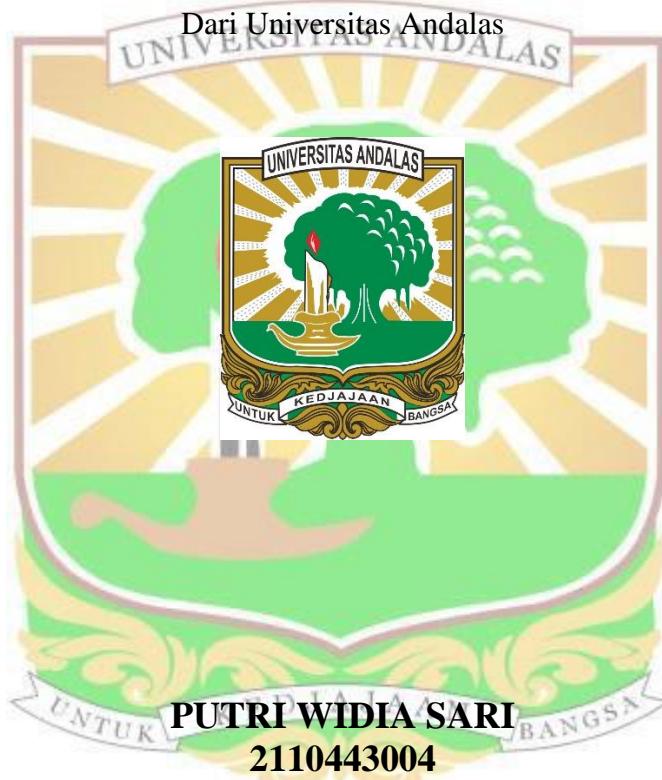
**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG**

2026

**SISTEM Pendetksi Kebocoran Gas LPG
Menggunakan Sensor MQ-2 dan Kipas Untuk
Mendorong Konentrasi Gas LPG**

SKRIPSI

Karya tulis sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Sains



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG**

2026

SKRIPSI

SISTEM Pendetksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Sensor MQ-2 dan Kipas Untuk Mendorong Konsentrasi Gas LPG

Disusun oleh :

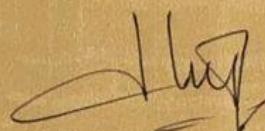
PUTRI WIDIA SARI
2110443004

Telah dipertahankan di hadapan Dosen Penguji

Pada tanggal 15 Januari 2025

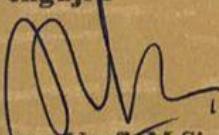
Dosen Penguji

Dosen Pembimbing



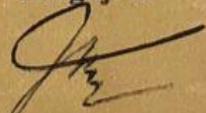
Rahmat Rasyid, M.Si
NIP. 196711031998021002

Penguji I



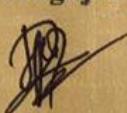
Dr. Megorry Yusfi, M.Si
NIP.198305312006042001

Penguji II



Wildian, Drs. M.Si
NIP.196108121994031001

Penguji III



Rico Adrial, M.Si
NIP.198803212019031007

SISTEM PENDETEKSI KEBOCORAN GAS LPG MENGGUNAKAN SENSOR MQ-2 DAN KIPAS UNTUK MENDORONG KONSENTRASI GAS LPG

ABSTRAK

Kebocoran gas LPG merupakan permasalahan serius dalam lingkungan rumah tangga karena dapat memicu kebakaran dan ledakan apabila tidak terdeteksi serta ditangani dengan cepat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengevaluasi sistem pendekksi kebocoran gas LPG berbasis Arduino Uno yang dilengkapi dengan sensor MQ-2, *buzzer*, motor servo, dan kipas sebagai mekanisme penanganan otomatis. Sensor MQ-2 digunakan untuk mendekksi kadar gas LPG dalam satuan *parts per million* (ppm), sementara *buzzer* berfungsi sebagai indikator peringatan. Motor servo dan kipas diimplementasikan untuk membuka ventilasi dan mempercepat proses pengeluaran gas ketika konsentrasi gas melebihi batas aman sebesar 300 ppm. Tahapan penelitian meliputi perancangan perangkat keras, pemrograman mikrokontroler, serta pengujian kinerja sistem melalui karakterisasi sensor dan pengamatan respon sistem terhadap variasi bukaan ventilasi dan kecepatan kipas pada konsentrasi gas tertentu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor MQ-2 memiliki respon yang sebanding dengan alat ukur standar AS8800L dengan rata-rata kesalahan pengukuran sebesar 1,81%, sehingga sensor ini cukup akurat untuk digunakan pada aplikasi rumah tangga. Pengujian sistem juga memperlihatkan bahwa peningkatan bukaan ventilasi dan kecepatan kipas berpengaruh signifikan terhadap percepatan waktu penanganan gas. Waktu deteksi terlama terjadi pada ventilasi kecil dengan rentang 50–70 detik, sedangkan pada ventilasi besar dengan kecepatan kipas maksimum waktu penanganan dapat dipercepat hingga sekitar 18–20 detik. Sistem yang dirancang mampu bekerja secara otomatis dengan mengaktifkan *buzzer*, membuka ventilasi melalui motor servo, dan menyalakan kipas ketika konsentrasi gas mencapai atau melebihi 300 ppm, serta kembali ke kondisi siaga setelah kadar gas turun ke tingkat aman. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem pendekksi kebocoran gas LPG ini memiliki kinerja yang efektif dan responsif dalam meningkatkan keselamatan rumah tangga dari risiko kebocoran gas.

Kata kunci: Arduino Uno, Sensor MQ-2, kebocoran gas LPG, *buzzer*, motor servo sevo, kipas, sistem ventilasi otomatis.

LPG GAS LEAKAGE DETECTION SYSTEM USING AN MQ-2 SENSOR AND A FAN TO REDUCE LPG GAS CONCENTRATION

ABSTRACT

LPG gas leakage is a serious problem in household environments because it can trigger fires and explosions if not detected and handled promptly. This study aims to design and evaluate an Arduino Uno-based LPG gas leakage detection system equipped with an MQ-2 sensor, a buzzer, a servo motor, and a fan as an automatic mitigation mechanism. The MQ-2 sensor is used to detect LPG gas concentration in parts per million (ppm), while the buzzer functions as a warning indicator. The servo motor and fan are implemented to open ventilation and accelerate the gas removal process when the gas concentration exceeds the safe limit of 300 ppm. The research stages include hardware design, microcontroller programming, and system performance testing through sensor characterization and observation of system responses to variations in ventilation opening and fan speed at specific gas concentrations. The test results show that the MQ-2 sensor has a response comparable to the standard measuring instrument AS8800L, with an average measurement error of 1.81%, indicating that the sensor is sufficiently accurate for household applications. System testing also demonstrates that increasing the ventilation opening and fan speed significantly affects the acceleration of gas mitigation time. The longest detection time occurs with small ventilation, ranging from 50 to 70 seconds, while with large ventilation and maximum fan speed, the mitigation time can be accelerated to approximately 18–20 seconds. The designed system is able to operate automatically by activating the buzzer, opening the ventilation through the servo-motor, and turning on the fan when the gas concentration reaches or exceeds 300 ppm, and returning to standby mode after the gas level decreases to a safe level. Based on these results, it can be concluded that the proposed LPG gas leakage detection system has effective and responsive performance in improving household safety against the risk of gas leakage.

Keywords: *Arduino Uno, MQ-2 sensor, LPG leakage, buzzer, servo motor, fan, automatic ventilation system.*

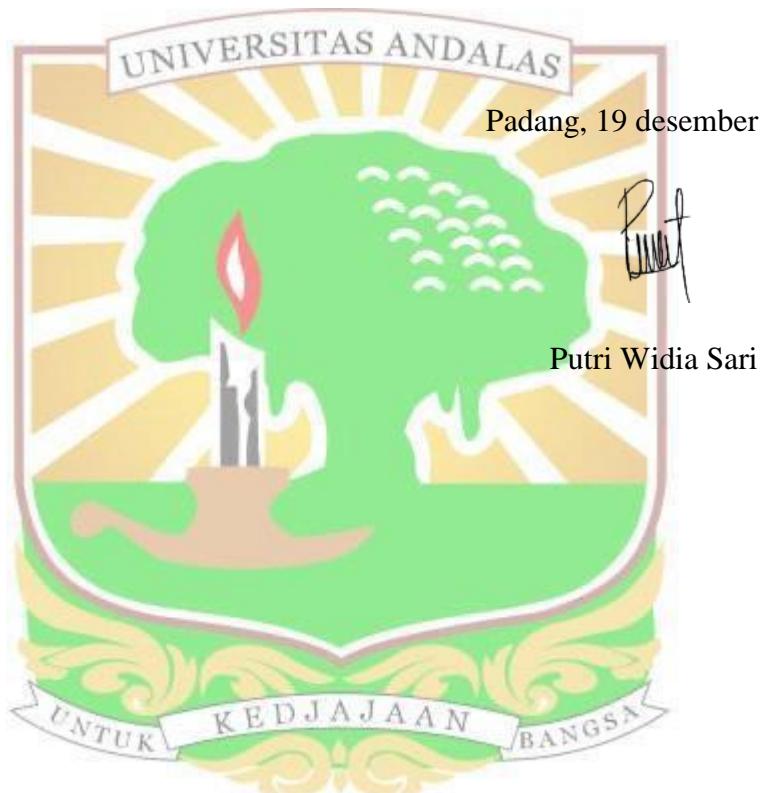
KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Shalawat serta salam semoga tercurah kepada nabi Muhammad SAW yang telah membawa umatnya dari zaman kebodohan ke zaman yang penuh ilmu pengetahuan seperti saat ini.

Selesainya penulisan skripsi ini tidak terlepas oleh bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua yang paling berjasa dalam hidup penulis, ayah Joni anwar, Ibu Emi dawati, penulis mengucapkan terima kasih atas Doa, kasih sayang, sertadukungan moral dan material yang senantiasa diberikan selama menempuh pendidikan. Kepada kakak tercinta Desmaliza dan Aknesia, penulis juga menyampaikan terima kasih atas dukungan dan semangat yang diberikan selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Rahmat Rasyid, M.Si selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan, semangat, saran dan arahan dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan skripsi ini.
3. Ibuk Dr. Meqorry Yusfi, bapak Drs. Wildian, M.Si dan Bapak Rico Adrial, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan kritikan, arahan, serta saran dan masukan yang membangun dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak Prof. Dr. Dahyunir Dahlan selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan memberi saran terkait pelaksanaan kegiatan akademik selama menduduki bangku perkuliahan.
5. Ibuk Dr. Dian Fitriyani sebagai Kepala Departemen Fisika dan seluruh dosen yang telah berbagi ilmu, pemahaman, dan pengalamannya, serta seluruh pegawai akademis di lingkungan Departemen Fisika atas segala kemudahan dan bantuan yang telah diberikan.

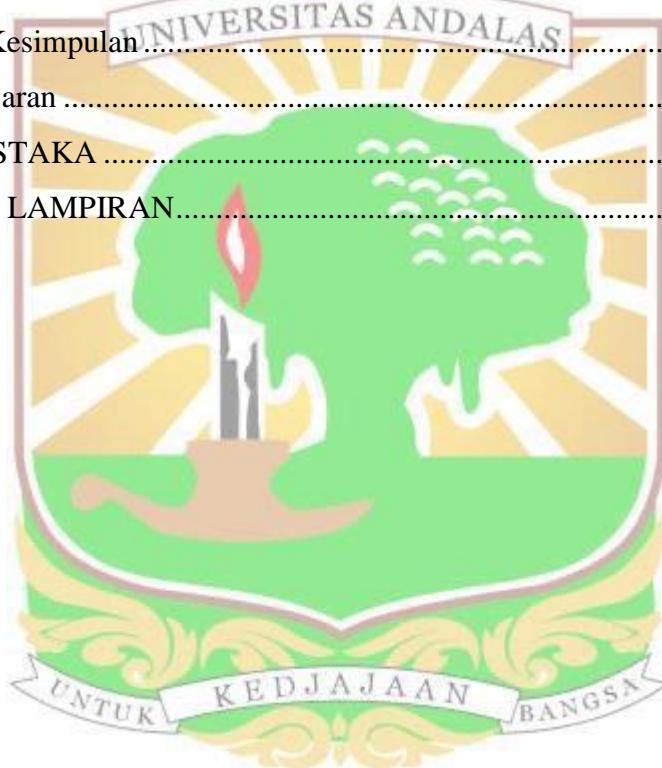
6. Kepada seseorang yang special bagi saya tentunya (AP), yang telah menemani saya dan selalu support, memberi semangat, motivasi dan dukungan selama dalam proses pembuatan skripsi ini.
7. Teman-teman kelas B , Delta XXI Departemen Fisika Universitas Andalas atas segala bantuan yang di berikan
8. Teman-teman KBK instrument yang telah membantu dan memberikan dukungan selama penelitian



DAFTAR ISI

	Halaman
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	i
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian	4
1.3 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian	4
1.4 Hipotesis	4
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Kebakaran	5
2.2 LPG (<i>Liquid Petroleum Gas</i>).....	7
2.3 Sensor Gas MQ-2.....	9
2.4 <i>Buzzer</i>	11
2.5 Arduino UNO	12
2.6 Motor servo.....	14
2.7 Kipas	15
2.8 Driver motor	17
BAB 3 METODE PENELITIAN	19
3.1 Waktu dan lokasi penelitian.....	19
3.2 Bahan dan alat penelitian	19
3.2.1 Bahan penelitian	19
3.2.2 Alat penelitian	19
3.3 Teknik Penelitian	20
3.3.1 Diagram alir penelitian.....	20
3.3.2 Studi literatur.....	21
3.3.3 Perancangan diagram blok	21

3.3.4	Perancangan perangkat kera.....	22
3.3.5	Perancangan dan pengujian perangkat lunak sistem	24
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1	Hasil pengujian sensor MQ-2	26
4.2	Hasil pengujian alat secara keseluruhan	28
4.2.1	Hasil pengujian luas ventilasi 30 cm^2	28
4.2.2	Hasil pengujian luas ventilasi 60 cm^2	30
4.2.3	Hasil pengujian luas ventilasi 75 cm^2	31
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	34
5.1	Kesimpulan.....	34
5.2	Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN - LAMPIRAN	39



DAFTAR GAMBAR

Halaman

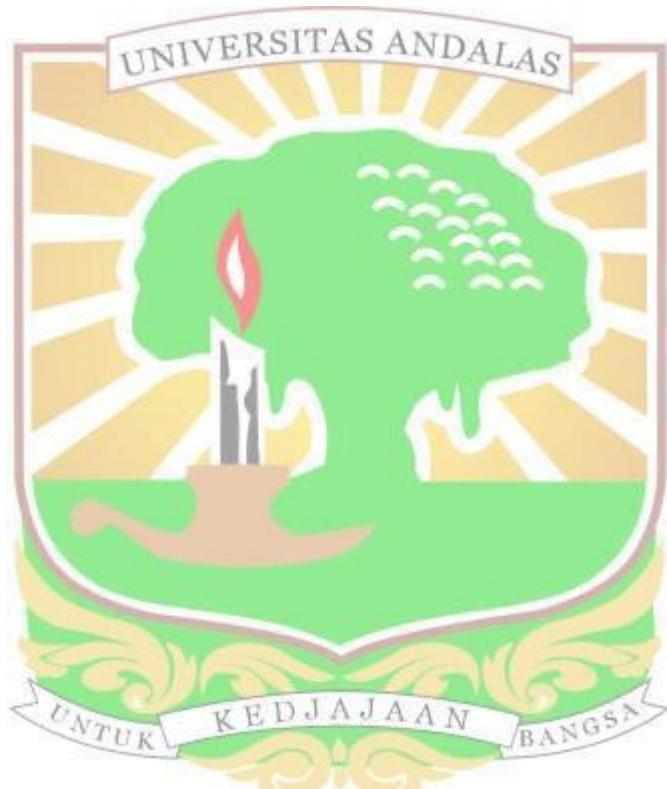
Gambar 2. 1 Segitiga Api.....	6
Gambar 2. 2 Tabung LPG	9
Gambar 2. 3 Sensor MQ-2	10
Gambar 2. 4 Prinsip Kerja dan karakteristik Sensor MQ-2	10
Gambar 2. 5 <i>Buzzer</i>	12
Gambar 2. 6 Arduino UNO	13
Gambar 2. 7 Fungsi pin-pin pada Arduino UNO.....	14
Gambar 2. 8 Motor servo	15
Gambar 2. 9 Kipas.....	16
Gambar 2. 10 Driver motor.....	18
Gambar 3. 1 Diagram alir.....	20
Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem	21
Gambar 3. 3 Rangkaian Alat Secara Keseluruhan	22
Gambar 3. 4 Desain Alat Secara Keseluruhan	23
Gambar 3. 5 Diagram Alir Perangkat Lunak Sistem	24



DAFTAR TABEL

Halaman

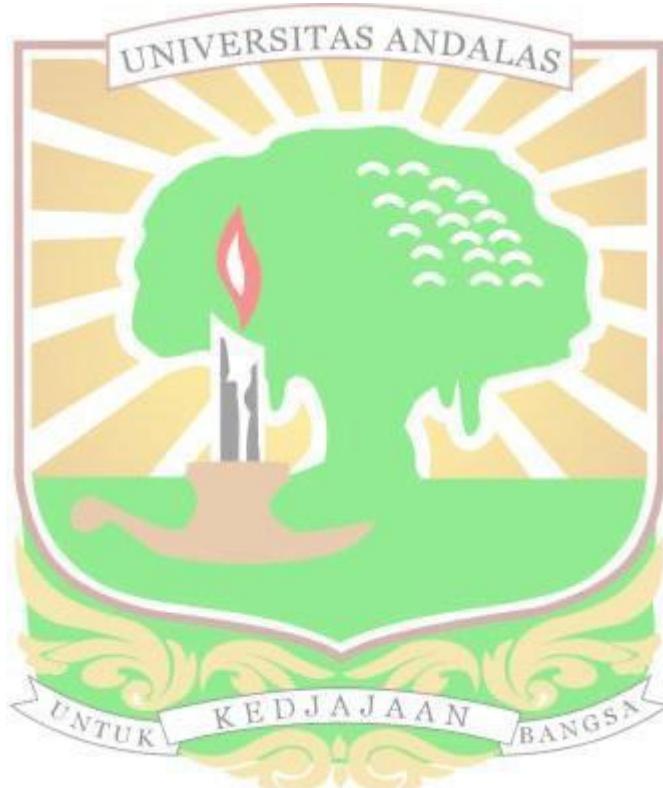
Tabel 4. 1 Hasil pengujian Sensor MQ-2.....	26
Tabel 4. 2 Hasil pengujian bukaan jendela 30°	29
Tabel 4. 3 Hasil pengujian bukaan jendela 60°	30
Tabel 4. 4 Hasil pengujian bukaan jendela 75°	32



DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran A. Alat dan Bahan	39
Lampiran B. Data Pengukuran	40
Lampiran C. Program IDE Arduino	42
Lampiran D. Program IDE Arduino	46



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gas LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) merupakan salah satu sumber energi utama yang banyak digunakan dalam rumah tangga, khususnya untuk kegiatan memasak. Gas ini banyak digunakan karena memiliki efisiensi tinggi dalam menghasilkan panas serta kemudahan dalam penyimpanan di dalam tabung, namun penggunaan LPG juga memiliki risiko yang cukup tinggi apabila terjadi kebocoran. Gas LPG yang bocor di dalam ruangan tertutup sangat mudah terbakar dan berpotensi memicu ledakan apabila terkena percikan api atau sumber panas lainnya. Hal ini disebabkan oleh sifat gas LPG yang lebih berat daripada udara, sehingga cenderung mengendap di permukaan lantai dan sulit terdispersi secara alami tanpa adanya sistem ventilasi yang memadai (Material dan Energi, 2025).

Di Indonesia, kasus kebakaran akibat kebocoran gas LPG masih sering terjadi. Menurut data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), setiap tahun tercatat berbagai insiden kebakaran rumah akibat kebocoran gas yang tidak terdeteksi secara dini. Hal ini menunjukkan bahwa sistem deteksi kebocoran gas yang efisien dan responsif masih sangat dibutuhkan untuk mengurangi risiko kebakaran dan ledakan akibat gas LPG (Hakim dan Yonatan, 2017).

Salah satu solusi yang telah banyak dikembangkan adalah sistem deteksi kebocoran gas berbasis mikrokontroler, seperti arduino. Sistem ini memungkinkan integrasi berbagai sensor gas dan alarm yang dapat memberikan respons cepat ketika gas terdeteksi. Sensor MQ-2 misalnya, merupakan sensor yang cukup sensitif untuk mendekksi gas LPG serta asap, dan sering digunakan dalam sistem deteksi kebocoran gas karena kemampuannya mendekksi gas dalam rentang konsentrasi 200–10.000 ppm (Ingi dan Pangala, 2021). Selain sensor MQ-2, sensor MQ-6 juga banyak digunakan dalam aplikasi serupa karena sensitivitasnya yang tinggi terhadap gas LPG dan propana (Putra dkk., 2017). Beberapa sistem

juga mulai menggunakan sensor tambahan seperti sensor CO atau CO2 untuk meningkatkan akurasi dan memperluas cakupan deteksi (Gas, T. 2020).

Berbagai pendekatan telah diterapkan dalam pengembangan sistem deteksi kebocoran gas. Beberapa penelitian menambahkan algoritma *fuzzy logic* untuk meningkatkan ketepatan deteksi gas. *Fuzzy logic* yang digunakan dalam penelitian oleh (Hakim dan Yonatan, 2017). memungkinkan sistem untuk mengklasifikasikan tingkat konsentrasi gas dan memberikan peringatan sesuai dengan tingkat urgensinya. Algoritma ini dapat menghasilkan hasil yang lebih akurat dalam kondisi lingkungan yang berubah-ubah, misalnya dalam ruangan dengan ventilasi yang berbeda atau perubahan suhu.

Penerapan teknologi komunikasi jarak jauh juga telah menjadi tren dalam pengembangan sistem deteksi kebocoran gas dan sebagai contoh (Tambunan dan Stefanie, 2023). menggunakan bot Telegram untuk memberi notifikasi kepada penghuni rumah jika terdeteksi kebocoran gas. Fitur ini memungkinkan penghuni rumah untuk mendapatkan informasi secara langsung meskipun mereka tidak berada di tempat. Selain itu, integrasi sensor gas dengan sistem rumah pintar semakin diminati karena dapat mempermudah pengawasan secara *real-time* (Khan dan Kumar, 2018).

Meskipun banyak penelitian yang fokus pada deteksi dan pemberian peringatan, beberapa aspek yang masih jarang diperhatikan adalah respon otomatis yang dapat mengurangi risiko kebakaran atau ledakan. Sebagai contoh, sistem yang dikembangkan oleh (Nugraha dkk., 2022). hanya mengandalkan output berupa buzzer dan LED sebagai indikator peringatan. Dalam situasi darurat, terutama jika kebocoran terjadi saat tidak ada orang di rumah, sistem semacam itu tidak cukup untuk mencegah risiko kebakaran. Karena itu, perlu dikembangkan sistem yang dapat secara otomatis melakukan tindakan mitigasi, misalnya membuka ventilasi atau jendela untuk menurunkan konsentrasi gas di dalam ruangan (Dewi dkk., 2020).

Inovasi lain yang mulai dikembangkan adalah sistem deteksi kebocoran gas yang terintegrasi dengan motor servo untuk membuka jendela atau ventilasi secara otomatis. Sistem seperti ini memungkinkan pengurangan kadar gas di ruangan secara langsung tanpa menunggu intervensi manusia. Motor servo dikendalikan oleh mikrokontroler yang terhubung dengan sensor gas, ketika konsentrasi gas mencapai ambang batas bahaya, motor akan membuka ventilasi sehingga gas dapat keluar dari ruangan (Rahman dkk., 2022). Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan keselamatan tetapi juga mempercepat respon terhadap kondisi darurat.

Selain itu, sistem deteksi kebocoran gas juga dapat ditingkatkan dengan menambahkan beberapa jenis sensor lainnya seperti sensor suhu dan sensor asap, sehingga sistem dapat merespons berbagai kemungkinan bahaya di lingkungan rumah tangga. Dalam beberapa kasus, peningkatan suhu atau keberadaan asap merupakan indikator awal terjadinya kebakaran. Oleh karena itu, sistem multi-sensor akan lebih adaptif dalam menghadapi skenario kebakaran kompleks (Halim dan Gunawan, 2023).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pendeksi kebocoran gas berbasis arduino uno yang mengintegrasikan sensor MQ-2, buzzer, dan motor servo untuk memberikan respons otomatis. Sistem ini akan secara langsung mengaktifkan buzzer sebagai tanda bahaya dan membuka jendela menggunakan motor servo saat kebocoran gas terdeteksi, sehingga memberikan peringatan sekaligus melakukan tindakan pencegahan.

Penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah yaitu sistem ini hanya menggunakan satu jenis sensor gas (MQ-2), satu aktuator motor servo untuk membuka jendela, dan satu buzzer sebagai indikator suara. Pengujian sistem dilakukan dalam kondisi simulasi laboratorium, tanpa integrasi komunikasi jarak jauh atau aplikasi seluler.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan merancang sistem pendekripsi kebocoran gas rumah tangga berbasis Arduino uno yang terintegrasi dengan sensor MQ-2, *buzzer*, dan motor servo dan kipas. Dalam kinerja sistem pengujian mendekripsi keberadaan gas dan merespon secara otomatis dengan membuka jendela dan mengaktifkan *buzzer* sebagai peringatan dini.

1.3 Manfaat penelitian

Penelitian ini bermanfaat memberikan solusi keamanan praktis untuk rumah tangga yang ekonomis dan mudah diimplementasikan, serta menjadi model pengembangan sistem rumah pintar (*smart home*) yang responsif terhadap kondisi darurat.

1.4 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

1. Perancangan *hardware* sistem pendekripsi kebocoran gas menggunakan sensor MQ-2, *buzzer*, motor servo dan kipas.
2. Pemrograman mikrokontroler untuk membaca data dari sensor MQ-2
3. Perancangan sistem notifikasi menggunakan *buzzer* sebagai alarm peringatan
4. Perancangan sistem notifikasi menggunakan motor servo sebagai pembuka ventilasi atau jendela.
5. Pemrograman mikrokontroler menggunakan Arduino uno

1.5 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah bahwa sistem pendekripsi kebocoran gas rumah tangga menggunakan sensor MQ-2, *buzzer*, dan motor servo dapat mendekripsi gas LPG secara akurat, memberikan peringatan dini, dan secara otomatis membuka jendela untuk mengurangi risiko kebocoran gas. Jika sistem bekerja dengan baik, maka potensi bahaya seperti ledakan atau keracunan gas dapat diminimalkan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

2.1 Kebakaran

Kebakaran merupakan suatu bencana atau musibah yang disebabkan oleh api yang tidak diharapkan atau tidak terkendali, sehingga sulit dikuasai dan menimbulkan kerugian.. Api tersebut dapat berasal dari berbagai sumber seperti korsleting listrik, kebocoran gas, kelalaian manusia, atau reaksi kimia yang tidak terkendali. Kebakaran dapat menyebabkan kerugian material yang besar, korban jiwa, serta pencemaran lingkungan.

Selain itu, kebakaran juga berpotensi menyebar dengan sangat cepat, terutama jika terjadi pada bangunan yang memiliki bahan mudah terbakar dan tidak dilengkapi dengan sistem deteksi dini serta proteksi kebakaran. karena itu, penting untuk memahami faktor penyebab kebakaran, upaya pencegahan, serta sistem deteksi dini seperti penggunaan sensor gas, alarm, dan alat pemadam api ringan (APAR) guna meminimalisir dampak kebakaran.

2.1.1. Faktor penyebab kebakaran

Masalah kebakaran di lingkungan permukiman dan perumahan sangat kompleks. Penyebabnya sangat beragam karena menyangkut masyarakat umum yang berjumlah jutaan di berbagai wilayah di Indonesia. Penyebab kebakaran permukiman diantaranya adalah:

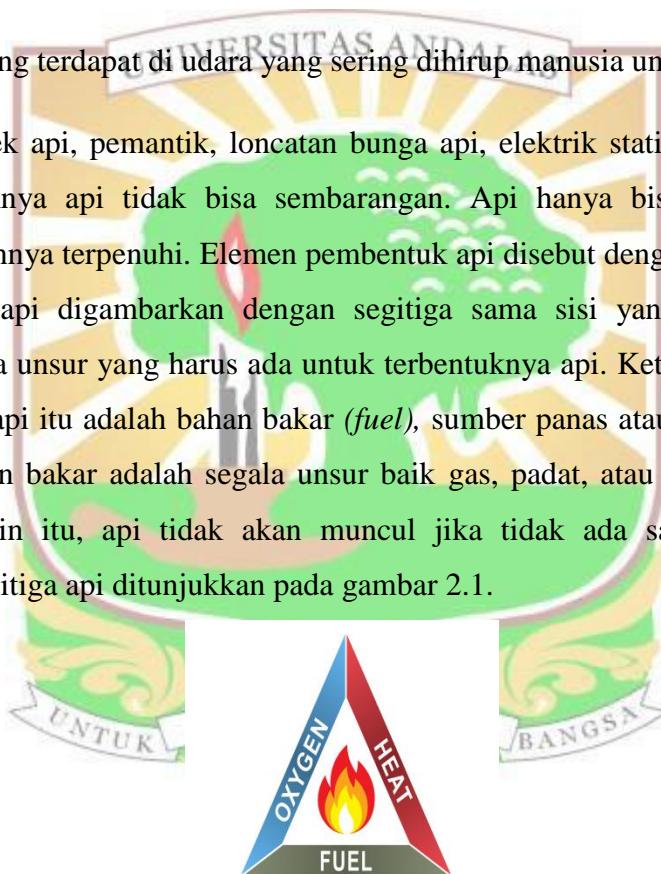
1. Instalasi listrik kebakaran yang sering terjadi di pemukiman disebabkan oleh instalasi listrik karena pemasangan instalasi yang tidak sempurna, penggunaan alat atau instalasi yang tidak standar atau kurang aman, penggunaan listrik dengan cara tidak aman, serta penggunaan peralatan yang tidak baik atau rusak.
2. Peralatan memasak Penyebab kebakaran yang potensial di lingkungan rumah adalah dari alat masak, baik gas, kompor minyak tanah maupun listrik. Banyak pengguna gas LPG yang kurang paham cara penggunaan gas yang aman.
3. Perilaku penghuni kebakaran di permukiman juga sering terjadi karena perilaku penghuni, misalnya menyalakan api untuk penerangan ditempat penyimpanan

bahan bakar (bensin) yang mudah terbakar, menempatkan obat nyamuk, lilin, lampu teplok yang sedang menyala ditempat yang mudah terbakar, atau menggunakan peralatan listrik berlebihan melampaui beban yang aman (Hakim dan Yonatan, 2017).

Sesuai dengan konsep segitiga api, untuk tercapainya kondisi terbakar atau meledak kondisi terbakar atau meledak harus terdapat atau memenuhi tiga unsur yaitu :

1. *Hidrocarbon* (BBM atau BBG).
2. Oksigen yang terdapat di udara yang sering dihirup manusia untuk bernapas).
3. Panas (korek api, pemantik, loncatan bunga api, elektrik statis dan lain-lain).

Terbentuknya api tidak bisa sembarangan. Api hanya bisa muncul jika elemen-elemennya terpenuhi. Elemen pembentuk api disebut dengan teori segitiga api. Segitiga api digambarkan dengan segitiga sama sisi yang menunjukkan bahwa ada tiga unsur yang harus ada untuk terbentuknya api. Ketiga unsur dalam teori segitiga api itu adalah bahan bakar (*fuel*), sumber panas atau api (*heat*), dan oksigen. Bahan bakar adalah segala unsur baik gas, padat, atau cair yang dapat terbakar. Selain itu, api tidak akan muncul jika tidak ada salah satu unsur ketiganya. Segitiga api ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Segitiga Api (Hilmi dkk., 2018)

Konsentrasi gas LPG akan sangat berbahaya utamanya jika tidak ada angin yang menghembusnya ke udara luar. Gas LPG ini akan merambat dilantai karena lebih berat dari udara, sehingga kadang kala tidak terhembus oleh angin atau *exhaust* kipas atau tidak terhisap oleh cerobong di atas tungku dapur. Kebocoran gas LPG yang merambat di lantai kadang kala belum terciptam orang yang sedang berdiri

sehingga, setelah tercium berarti gas yang ada sudah setinggi hidung orang yang menciumnya. Volume gas bisa saja tanpa diduga telah terakumulasi dan berada pada campuran yang dapat meledak. (Hilmi dkk., 2018)

2.2 LPG (*Liquefied Petroleum Gas*)

Gas LPG (*liquefied petroleum gas*) merupakan campuran dari berbagai senyawa hidrokarbon yang berasal dari gas alam. Melalui proses peningkatan tekanan dan penurunan suhu, gas tersebut dapat berubah fase menjadi cair sehingga lebih mudah disimpan dan didistribusikan. Komponen utama LPG didominasi oleh propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}). Salah satu risiko utama dalam penggunaan LPG adalah terjadinya kebocoran pada tabung atau instalasi gas. Kebocoran gas LPG berpotensi menyebabkan kebakaran apabila gas tersebut bersentuhan dengan sumber api. Pada kondisi awal, gas LPG bersifat tidak berbau sehingga sulit dideteksi oleh indra penciuman manusia. Oleh karena itu, pihak Pertamina menambahkan senyawa mercaptan yang memiliki bau khas dan menyengat untuk mempermudah pendekripsi kebocoran gas oleh pengguna. Penambahan senyawa tersebut sangat membantu dalam memberikan peringatan dini ketika terjadi kebocoran tabung gas (Hakim dan Yonatan, 2017).

Gas merupakan zat yang partikel-partikelnya berada dalam keadaan sangat terdispersi pada suhu tertentu. Gas memiliki kemampuan alir dan dapat berubah bentuk. Namun gas selalu mengisi suatu volume ruang, berbeda dengan cairan yang mengisi pada besaran volume tertentu, mereka mengembang dan mengisi ruang di manapun mereka berada. Bahan bakar dalam bentuk gas memiliki efek negatif, yakni jika menguap di udara bebas akan membentuk lapisan karena kondensasi. Lapisan yang terbentuk ini mudah terbakar, oleh karena itu sangat berbahaya jika terjadi penumpukan di dalam ruangan tertutup dan berpotensi mengakibatkan kebakaran. Gas LPG adalah kebutuhan penting dalam kehidupan sehari-hari, terutama di rumah tangga, digunakan untuk memasak karena sekarang jarang menggunakan kayu bakar atau minyak bumi. Penggunaan gas LPG bisa menjadi lebih berbahaya dari pada minyak bumi atau kayu bakar karena

kebocoran dapat terjadi akibat beberapa faktor, seperti pemasangan yang tidak tepat, pipa gas yang longgar, dan pemasangan tabung yang tidak sesuai dengan ukuran connector pipa (Puspaningrum dkk., 2020).

LPG berupa gas dan dapat dicairkan pada tekanan, Volume LPG dalam bentuk cair lebih kecil dibandingkan dalam bentuk gas untuk berat yang sama maka LPG dipasarkan dalam bentuk cair. Sifat lain adalah LPG lebih berat dibanding udara, karena butana dalam bentuk gas mempunyai berat jenis dua kali berat jenis udara biasa. Selain risiko kebocoran, faktor lingkungan dan perilaku pengguna juga sangat mempengaruhi tingkat keselamatan dalam penggunaan LPG. Ventilasi ruangan yang tidak memadai dapat menyebabkan akumulasi gas apabila terjadi kebocoran, sehingga meningkatkan risiko kebakaran dan ledakan. Penggunaan peralatan LPG yang tidak memenuhi standar keselamatan, seperti regulator dan selang yang sudah aus atau tidak berstandar SNI, turut memperbesar potensi bahaya. karena itu, diperlukan kesadaran dan pengetahuan pengguna dalam melakukan pemeriksaan rutin terhadap instalasi LPG, termasuk memastikan kondisi tabung, regulator, dan selang dalam keadaan baik serta terpasang dengan benar..

Upaya pencegahan kebocoran LPG juga dapat dilakukan melalui penerapan teknologi pendekripsi gas yang mampu memberikan peringatan dini apabila terjadi kebocoran. Alat pendekripsi kebocoran gas LPG bekerja dengan mendekripsi konsentrasi gas di udara dan memberikan sinyal peringatan berupa bunyi atau indikator visual ketika kadar gas melebihi ambang batas aman. Penggunaan alat ini diharapkan dapat meminimalkan risiko kebakaran dengan memungkinkan pengguna untuk segera mengambil tindakan pengamanan. Dengan meningkatnya kebutuhan LPG sebagai sumber energi utama masyarakat, penerapan sistem keamanan tambahan serta peningkatan kesadaran terhadap potensi bahaya LPG menjadi langkah penting dalam menciptakan lingkungan yang aman dan mengurangi risiko kecelakaan akibat penggunaan gas LPG.

2.2.1 Tabung LPG

Tabung LPG merupakan salah satu bentuk bejana bertekanan yang berfungsi sebagai wadah tertutup untuk menyimpan gas atau cairan di bawah tekanan yang telah ditentukan. Bejana bertekanan secara teoritis bisa mengambil beragam bentuk, namun yang sering digunakan adalah bola, silinder, dan kerucut. Desain umum meliputi silinder dengan ujung setengah bola atau elips yang dikenal sebagai tutup kepala. Bentuk yang lebih kompleks cenderung sulit untuk dianalisis agar operasinya aman dan seringkali lebih sulit untuk direplikasi. Secara teoritis, bentuk bola dianggap lebih optimal, namun sulit diproduksi dan mahal, sehingga kebanyakan benda berbentuk silinder dengan ujung semi ellips. Gambar 2.2 merupakan salah satu jenis tabung LPG yang dipasarkan oleh Pertamina. Gambar 2.2 menunjukkan jenis tabung LPG (Joko Christian dan Nurul Komar, 2013).



Gambar 2.2 Tabung LPG (Joko Christian dan Nurul Komar, 2013).

2.3 Sensor Gas MQ-2

Sensor MQ-2 adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas yang mudah terbakar di udara serta asap dan output membaca sebagai tegangan analog. Sensor gas asap MQ-2 dapat langsung diatur sensitifitasnya dengan memutar trimpotnya. Sensor ini biasa digunakan untuk mendeteksi kebocoran gas

baik di rumah maupun di industri. Gas yang dapat dideteksi diantaranya: LPG, *i-butane*, *propane*, *methane*, *alcohol*, *hydrogen*, *smoke*. Sensor ini sangat cocok digunakan untuk alat emergensi sebagai deteksi gas, seperti deteksi kebocoran gas, deteksi asap untuk pencegahan kebakaran dan sebagainya (Ingi dan Pangala, 2021).



Gambar 2.3 Sensor MQ-2 (Adolph, 2016).

Pada gambar 2.3 Sensor MQ-2 mendeteksi yang sensitif terutama terhadap LPG, butana dan metana. Sensor ini biasanya digunakan untuk mendeteksi kebocoran gas LPG dan mendeteksi gas mudah terbakar lainnya. Sensor ini memerlukan tegangan 5V DC. Cara kerja sensor ini resistansinya akan berubah apabila ada suatu gas, output dari sensor ini akan dihubungkan pada pin analog Arduino yang akan tampil dengan signal digital. Adapun gambaran kerja sensor MQ-2 adalah sebagai berikut:

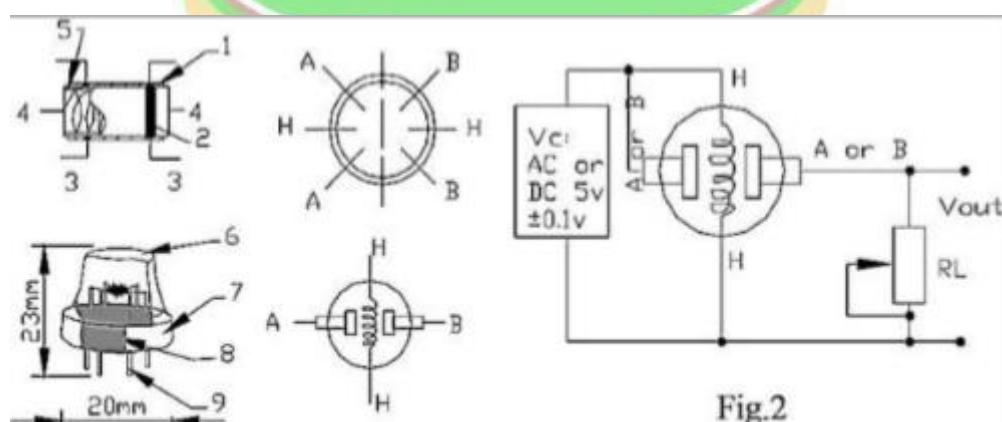


Fig. 1

Fig.2

Gambar 2.4 Prinsip kerja dan karakteristik Sensor MQ-2 (Muslem R, 2021)

Pada gambar 2.4 sensor MQ-2 digunakan untuk mendeteksi gas LPG, sensor ini sangat mudah penggunaannya dan hemat dalam penggunaan pin digital mikrokontroler. Sensor ini menggunakan alat pemanas kecil dengan sensor elektro kimiawi yang bereaksi dengan beberapa jenis gas, yang kemudian mengeluarkan output berupa tingkat densitas gas yang dideteksi (Safari dkk., 2016). Pada kondisi udara bersih, molekul oksigen (O_2) teradsorpsi pada permukaan SnO_2 dan menangkap elektron bebas dari pita konduksi, membentuk ion oksigen bermuatan negatif (O^- atau O_2^-). Proses ini menyebabkan berkurangnya konsentrasi pembawa muatan, sehingga resistansi sensor (R_s) menjadi tinggi.

Ketika gas LPG (seperti propana dan butana) masuk ke lingkungan sensor, molekul gas akan bereaksi dengan ion oksigen teradsorpsi tersebut. Reaksi ini melepaskan kembali elektron ke pita konduksi SnO_2 , sehingga jumlah elektron bebas meningkat dan resistansi sensor menurun. Secara fisis, fenomena ini menyebabkan peningkatan konduktivitas listrik sensor seiring bertambahnya konsentrasi gas.

Elemen pemanas (heater) berfungsi menjaga suhu sensor pada kondisi optimum agar proses adsorpsi dan reaksi kimia dapat berlangsung stabil. Suhu kerja yang konstan memastikan respon sensor lebih linier dan dapat diulang.

2.4 *Buzzer*

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah energi 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 sehingga kumparan akan tertarik kedalam 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. Dalam setiap sistem penghasil suara, penentuan kualitas suara terbaik tergantung dari *buzzer*. Sistem pada *buzzer* adalah suatu komponen yang

membawa sinyal elektronik, menyimpannya dalam CD dan DVD, lalu mengembalikannya lagi ke dalam bentuk suara aktual yang dapat kita dengar.

Buzzer biasanya digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat berupa alarm (Rahardjo dan Winarno, 2012). Bentuk fisik *buzzer* dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 *Buzzer* (Widi Mahardika dkk., 2024).

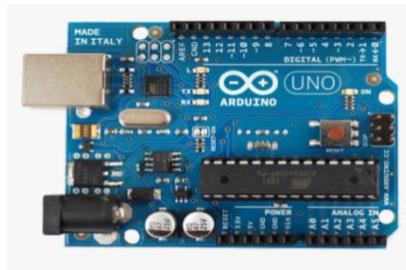
Pada gambar 2.5 *buzzer* memiliki 2 pin yaitu VCC dan GND yang disambungkan dengan Arduino UNO, dimana:

1. Kabel hitam (*ground*) yang merupakan kutub negatif dari *buzzer* dihubungkan ke keluaran rangkaian pengontrol *buzzer*.
2. Kabel merah (*input supply*) yang merupakan kutub positif dari *buzzer* dihubungkan ke sumber daya 12 volt.

2.5 Arduino UNO

Arduino adalah board berbasis mikrokontroler ATmega328. Arduino UNO memiliki prosesor Atmel AVR dan memiliki bahasa pemrograman sendiri dalam perangkat lunaknya. Board ini memiliki 14 pin input/output digital, dengan 6 pin yang dapat digunakan sebagai output PWM, 6 pin input analog, sebuah kristal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset. Pengoperasian mikrokontroler ini, cukup hubungkan board Arduino UNO ke komputer menggunakan kabel USB atau sambungkan ke adaptor DC atau baterai. Arduino UNO berbeda dari mikrokontroler lainnya karena tidak menggunakan

chip driver FTDI untuk konversi USB ke serial (Chen dkk., 1996). Bentuk fisik Arduino UNO dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Arduino UNO Atmega328 (Junaidi dan Prabowo, 2018).

Dari gambar 2.6 dapat diamati bagian-bagian dari Arduino yaitu jenis Diecimila. Namun secara umum Arduino Diecimila dengan arduino lainnya memiliki kesamaan baik secara bagian-bagian seperti gambar 2.6 diatas. Untuk menghubungkan Arduino ke komputer diperlukan kabel USB dari Konektor USB di Arduino. Adapun berbagai tujuan untuk menghubungkan dengan komputer yaitu :

- a. Mengupload *software* baru pada papan

- b. Berkommunikasi dengan papan Arduino dari komputer

- c. Menyalurkan daya ke dalam papan Arduino

Sebagai perangkat elektronik, Arduino membutuhkan daya (*power*). Salah satu cara untuk menghubungkan daya dengan papan Arduino adalah dengan menghubungkannya ke port USB komputer, akan tetapi itu bukan solusi yang baik dalam beberapa kasus. Beberapa proyek tidak memerlukan komputer untuk menjalankannya, dan akan terasa berlebihan untuk menyalakan sebuah komputer dan menggunakan dayanya hanya untuk menyalakan Arduino. Port USB juga hanya memberikan 5 volt, dan kadang-kadang dibutuhkan lebih banyak daya.

Bahasa pemrograman yang digunakan dalam Arduino adalah bahasa C yang telah disederhanakan dengan bantuan pustaka (*library*) Arduino. Arduino juga mempermudah proses bekerja dengan mikrokontroler dan menawarkan berbagai

kelebihan. Menariknya, keenam pin analog pada Arduino UNO dapat digunakan sebagai pin digital. Setiap pin digital hanya dapat ditetapkan untuk satu mode, yaitu sebagai input atau output. nilai pada pin ditentukan oleh sumber eksternal dan dapat dibaca oleh Arduino menggunakan perintah digitalRead. Sebagai output, nilai pada pin dapat diatur oleh Arduino dengan perintah digitalWrite(). Fungsi dari pin-pin Arduino UNO dapat dilihat pada Gambar 2. 7.

ATMega328P and Arduino Uno Pin Mapping

Arduino function		Arduino function
reset	(PCINT14/RESET) PC6	1
digital pin 0 (RX)	(PCINT16/RXD) PD0	2
digital pin 1 (TX)	(PCINT17/TXD) PD1	3
digital pin 2	(PCINT18/INT0) PD2	4
digital pin 3 (PWM)	(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5
digital pin 4	(PCINT20/XCK/T0) PD4	6
VCC	VCC	7
GND	GND	8
crystal	(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9
crystal	(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10
digital pin 5 (PWM)	(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11
digital pin 6 (PWM)	(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12
digital pin 7	(PCINT23/AIN1) PD7	13
digital pin 8	(PCINT0/CLK0/ICP1) PB0	14
		26
		27
		26
		25
		24
		23
		22
		21
		20
		19
		18
		17
		16
		15
	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)	analog input 5
	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)	analog input 4
	PC3 (ADC3/PCINT11)	analog input 3
	PC2 (ADC2/PCINT10)	analog input 2
	PC1 (ADC1/PCINT9)	analog input 1
	PC0 (ADC0/PCINT8)	analog input 0
	GND	GND
	AREF	analog reference
	AVCC	VCC
	PB5 (SCK/PCINT5)	digital pin 13
	PB4 (MISO/PCINT4)	digital pin 12
	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)	digital pin 11(PWM)
	PB2 (SS/OC1B/PCINT2)	digital pin 10 (PWM)
	PB1 (OC1A/PCINT1)	digital pin 9 (PWM)

Digital Pins 11,12 & 13 are used by the ICSP header for MOSI, MISO, SCK connections (Atmega168 pins 17,18 & 19). Avoid low-impedance loads on these pins when using the ICSP header.

Gambar 2.7 Fungsi pin-pin pada Arduino UNO (Abidin dkk., 2020).

2.6 Motor servo

Motor servo merupakan motor yang mampu bekerja secara dua arah, dan bekerja dengan sistem *closed feedback* dimana posisi dari motor servo akan di informasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor servo terdiri dari sebuah motor, rangkaian gear, potensiometer, serta rangkaian kontrol. Potensiometer pada motor servo berfungsi sebagai penentu batas sudut dari putaran servo. Motor servo biasanya hanya bergerak mencapai sudut tertentu saja dan tidak secara kontinu. Untuk beberapa keperluan motor servo dapat dimodifikasi bergerak secara kontinyu. Berikut spesifikasi dari motor servo :

1. Memiliki 3 jalur kabel power, ground dan control
 2. Sinyal control mengendalikan posisi
 3. Operasional dari motor servo dikendalikan oleh pulsa selebar 20 ms
- (Rinaldy dkk., 2013)



Gambar 2.8 Motor servo (Rinaldy dkk., 2013).

Pada gambar 2.8 motor servo terdiri dari atas motor Dc, rangkaian roda gigi, potensiometer dan rangkaian kendali. Potensiometer berfungsi sebagai penentu batas sudut dari putaran servo. Sudut poros motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirimkan melalui pin sinyal pada kabel motor (biasanya warna jingga). Umumnya, motor servo tidak dapat bergerak kontinyu seperti motor DC lain dan hanya bergerak mencapai sudut tertentu saja. Namun, untuk beberapa keperluan tertentu, untuk dapat menggerakkan motor servo secara kontinyu bisa dilakukan dengan memodifikasi cara kerjanya.(Lesmana dan Sukarno, 2025)

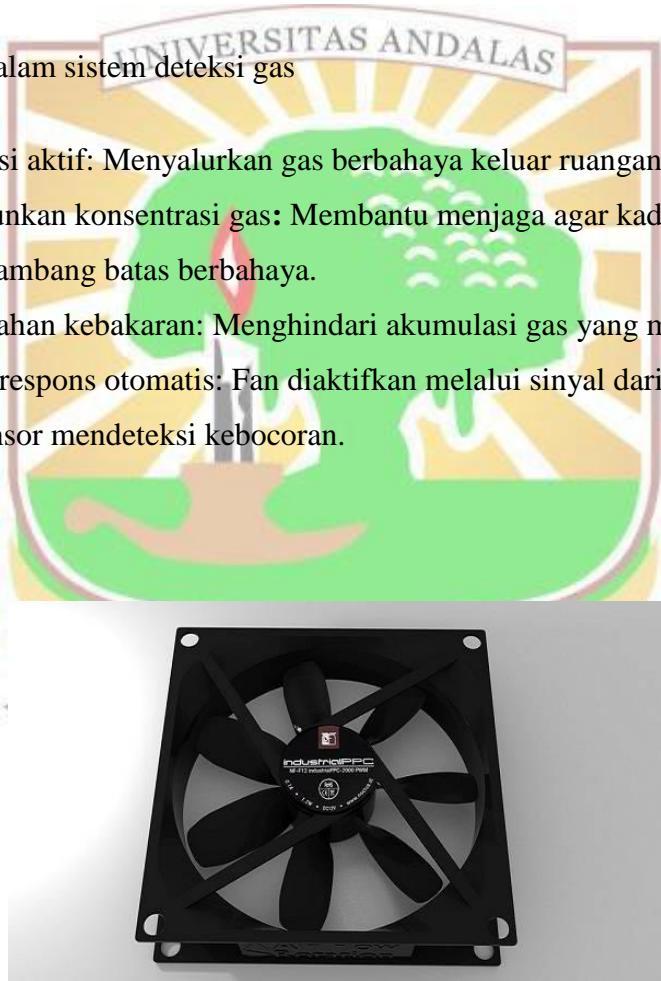
2.7 Kipas

Kipas atau kipas elektrik adalah alat elektromekanis yang berfungsi untuk mengalirkan udara melalui bilah (*blade*) yang berputar, menghasilkan aliran udara untuk ventilasi atau pendinginan. Dalam konteks sistem pendekripsi kebocoran gas, kipas berfungsi sebagai komponen aktuator yang bertugas untuk mengurangi konsentrasi gas berbahaya di udara dengan cara mengalirkan udara segar atau

menghisap udara yang tercemar gas keluar dari ruangan tertutup. Menurut (Suryanegara dan Azhari 2022) kipas pada sistem pendeksi kebocoran gas akan aktif secara otomatis ketika sensor mendeksi tingkat konsentrasi gas melebihi ambang batas yang aman. Kipas bekerja untuk mempercepat proses pengeluaran gas agar tidak terakumulasi dan mencegah risiko kebakaran atau ledakan. Kipas biasanya dikendalikan melalui *relay* yang terhubung ke mikrokontroler seperti Arduino. Mekanisme ini memungkinkan sistem bekerja secara otomatis dan responsif terhadap perubahan kadar gas di lingkungan sekitar sensor.

Fungsi kipas dalam sistem deteksi gas

1. Ventilasi aktif: Menyalurkan gas berbahaya keluar ruangan.
2. Menurunkan konsentrasi gas: Membantu menjaga agar kadar gas tetap di bawah ambang batas berbahaya.
3. Pencegahan kebakaran: Menghindari akumulasi gas yang mudah terbakar.
4. Sistem respons otomatis: Fan diaktifkan melalui sinyal dari mikrokontroler saat sensor mendeksi kebocoran.



Gambar 2.9 Kipas (Suryanegara dan Azhari).

Pada gambar 2.9 kipas angin merupakan perangkat elektronik konvensional yang sering dipergunakan sebagai pengatur sirkulasi udara pada saat cuaca panas. Konsumsi energi listrik yang rendah, harga yang terjangkau, tidak memerlukan instalasi khusus dan mudah dipindahkan (portable) menjadi alasan utama alat ini untuk dipertahankan penggunaanya. Kipas angin bekerja menggunakan motor listrik yaitu, mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk memutar baling kipas sehingga menghasilkan angin.(Jtik dkk., 2023)

2.8 *Driver motor*

Driver motor L298N merupakan module driver motor DC yang paling banyak digunakan atau dipakai di dunia elektronika yang difungsikan untuk mengontrol kecepatan serta arah perputaran motor DC. IC L298 merupakan sebuah IC tipe H-bridge yang mampu mengendalikan bebanbeban induktif seperti relay, solenoid, motor DC dan motor stepper. Pada IC L298 terdiri dari transistor-transistor logik (TTL) dengan gerbang NAND yang berfungsi untuk memudahkan dalam menentukan arah putaran suatu motor dc maupun motor stepper. Untuk dipasaran sudah terdapat modul driver motor menggunakan IC L298 ini, sehingga lebih praktis dalam penggunaanya karena pin I/O nya sudah tersusun dengan rapi dan mudah digunakan. Kelebihan modul driver motor L298N ini yaitu dalam hal kepresision dalam mengontrol motor sehingga motor lebih mudah untuk dikontrol. Adapun gambar pinout beserta keterangannya dapat diperhatikan pada gambar 2.10 di bawah.(Soedjarwanto dkk., 2023)



Gambar 2.10 Driver motor (Soedjarwanto dkk., 2023)

Pada gambar 2.10 *driver* motor adalah komponen elektronik yang berfungsi sebagai jembatan antara mikrokontroler (sinyal kontrol kecil) dengan motor listrik, mengubah sinyal daya rendah menjadi sinyal daya tinggi untuk mengendalikan kecepatan, arah putaran, dan torsi motor secara akurat, sering kali menggunakan transistor atau IC khusus seperti L298N tanpa *driver*, motor listrik (terutama motor DC dan stepper) tidak dapat dikendalikan secara efektif hanya dengan mikrokontroler.



Fungsi Utama Driver Motor:

- Meningkatkan arus (*Current Boosting*): Mengubah sinyal kontrol berdaya rendah dari mikrokontroler menjadi arus yang lebih besar yang dibutuhkan motor.
- Mengendalikan arah putaran: Membalik polaritas tegangan ke motor untuk mengubah arah putaran (maju/mundur).
- Mengatur kecepatan: Menggunakan teknik seperti PWM (*Pulse Width Modulation*) untuk mengontrol tegangan rata-rata yang diberikan ke motor, sehingga mengatur kecepatannya.



BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Peneltian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2025 di Laboratorium Fisika Instrumentasi, Departemen Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Andalas. Sistem pendekksi kebocoran gas rumah tangga menggunakan sensor MQ-2 dan Kipas.

1.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

1. Solder digunakan untuk alat menyatukan komponen-komponen.
2. *Cutter* digunakan sebagai pemotong media atau kabel.
3. Multimeter digunakan sebagai pengukur besaran listrik, seperti arus, tegangan dan resistansi
4. *Smart* sensor AS8800L digunakan sebagai alat pembanding pengecekan

3.2.2 Bahan Penelitian

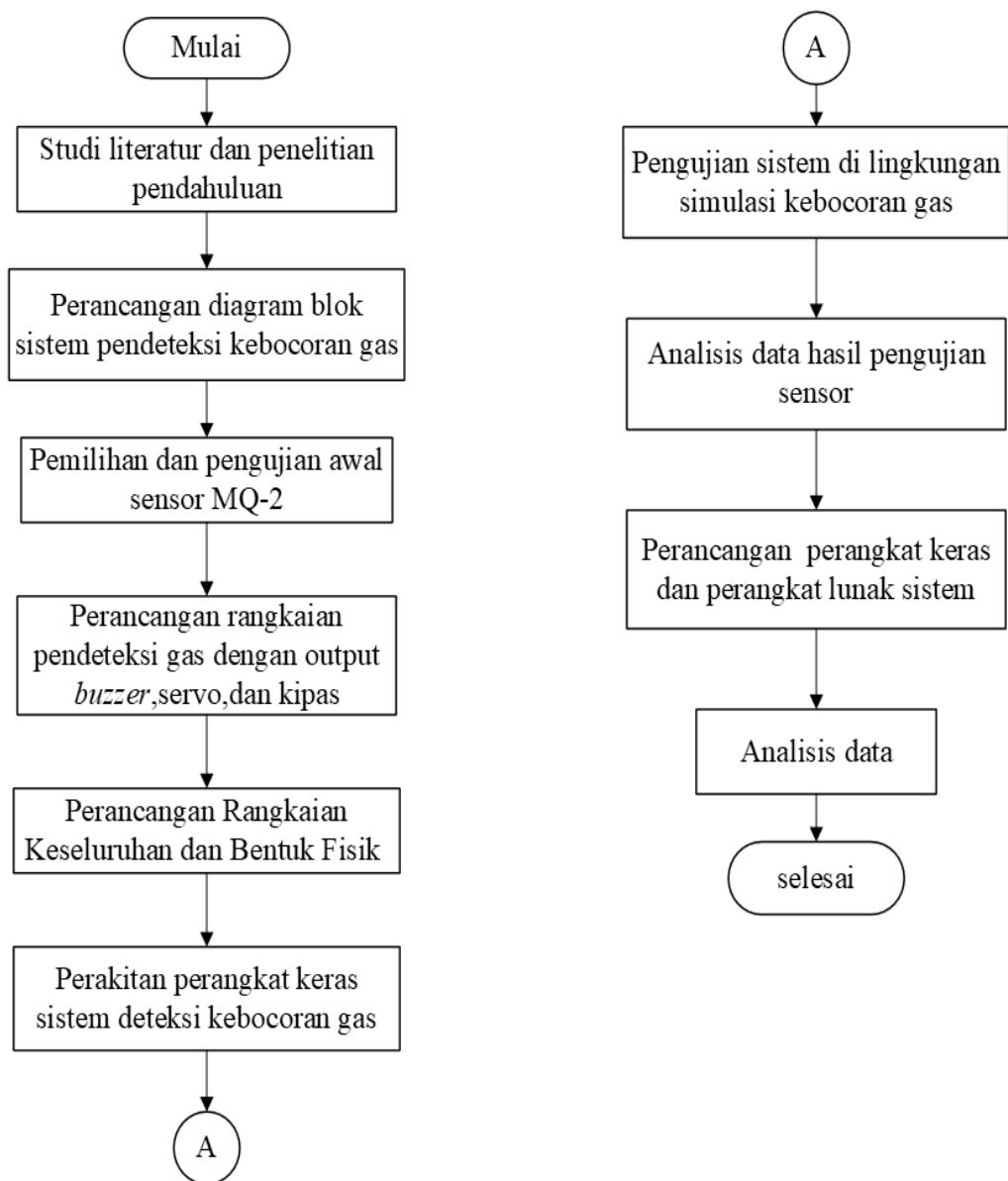
Berikut merupakan alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Arduino uno digunakan sebagai membuat prototip perangkat elektronik dengan cepat dan mudah
2. Sensor asap MQ-2 digunakan untuk mendekksi kosentrasi gas yang mudah terbakar di udara serta asap dan output membaca sebagai tegangan analog
3. Motor servo digunakan sebagai menggerakan bagian mesin dengan presisi
4. *Buzzer* digunakan untuk mengubah getaran listrik jadi getaran suara
5. Kipas sebagai aktuator yang diaktifkan secara otomatis ketika sensor gas mendekksi adanya kebocoran.
6. Baterai sebagai sumber energi cadangan untuk sistem kerja alat
7. *Jumper* digunakan sebagai penghubung rangkaian

1.3 Teknik Penelitian

3.3.1 Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1



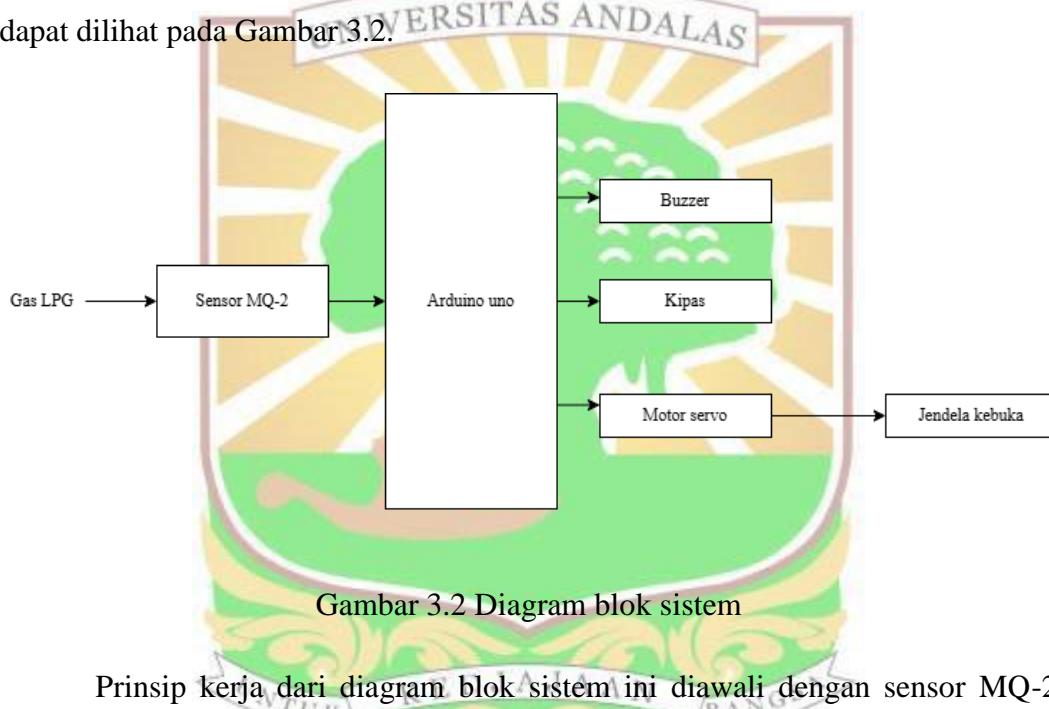
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

3.3.2 Studi Literatur

Sebelum melaksanakan penelitian perlu dilakukan penelusuran literatur yang bertujuan untuk mengumpulkan data berupa jurnal dan memperoleh referensi yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

3.3.3 Perancangan Diagram Blok

Dalam penelitian ini dapat ditampilkan diagram blok perancangan sistem keseluruhan perangkat keras yang dibuat. Diagram blok sistem bertujuan untuk memastikan suatu proses penelitian berjalan sesuai dengan prinsip kerjanya yang dapat dilihat pada Gambar 3.2.

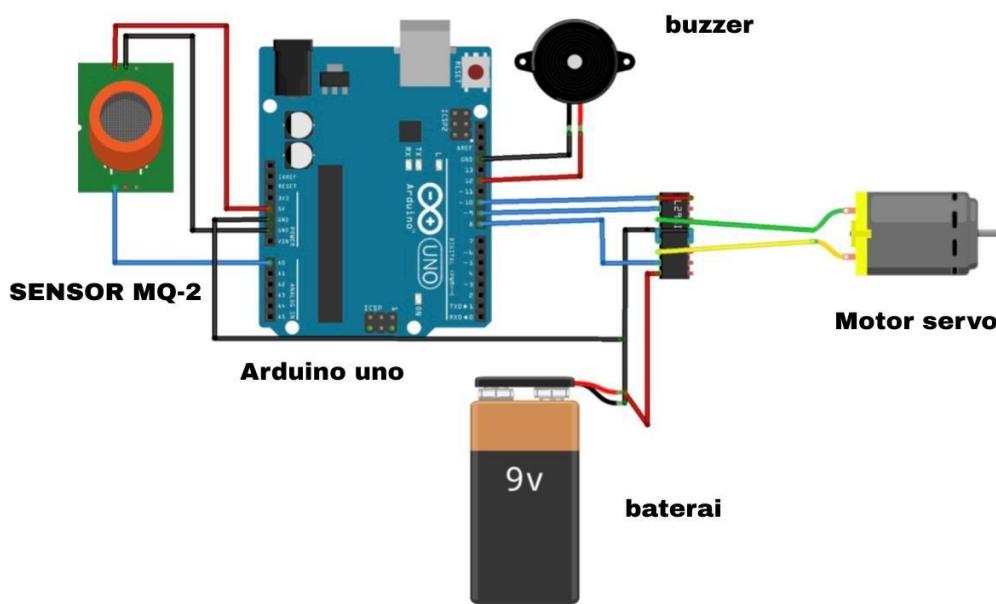


Gambar 3.2 Diagram blok sistem

Prinsip kerja dari diagram blok sistem ini diawali dengan sensor MQ-2 mendeteksi keberadaan gas LPG di udara yang ada di ruangan. Jika konsentrasi gas melebihi ambang batas yang ditentukan, sensor mengirim sinyal ke Arduino Uno. Selanjutnya, Arduino uno sebagai pusat kendali membaca data dari sensor MQ-2. Jika gas terdeteksi dalam jumlah berbahaya, Arduino mengaktifkan buzzer, dan mengontrol motor servo. Peringatan berbunyi sebagai alarm peringatan kebocoran gas. Motor servo bergerak untuk membuka jendela secara otomatis, sehingga gas yang bocor dapat keluar dan konsentrasi gas di dalam ruangan berkurang.

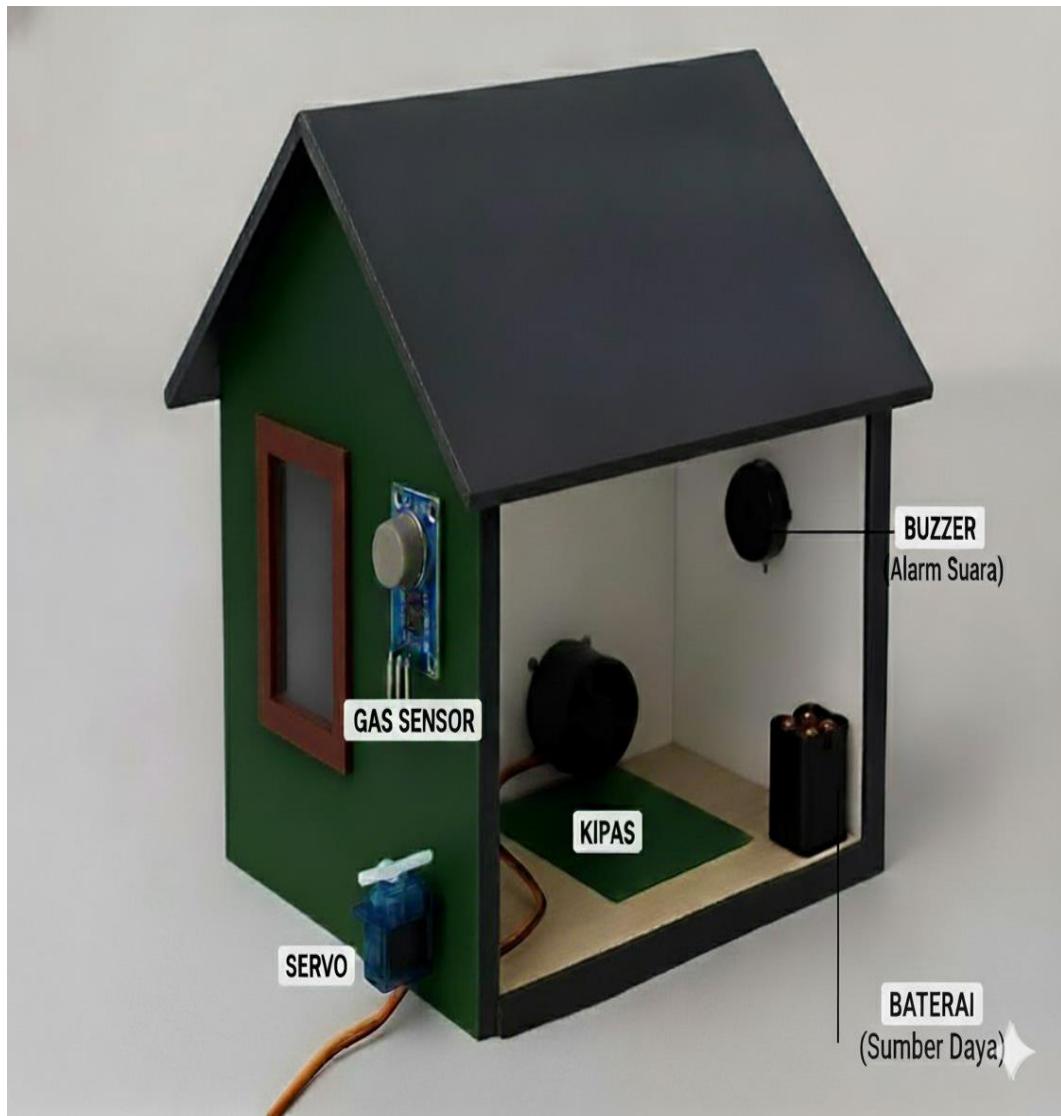
3.3.4 Perancangan perangkat keras

Rancangan perangkat keras sistem pendekksi kebocoran gas LPG yang dijadikan alat deteksi gas dapat dilihat pada Gambar 3.3. Rangkaian sensor Gas LPG yang akan disusun terdiri atas sistem sensor MQ-2, arduinuno, buzzer, dan motor servo sebagai pembukak jendela.



Gambar 3.3 Rangkaian alat secara keseluruhan

Desain dari perangkat keras yang dibentuk dapat dilihat pada Gambar 3.3. Sistem ini memanfaatkan sensor MQ-2 untuk mendekksi keberadaan gas LPG di lingkungan rumah tangga. Ketika gas LPG terdeteksi oleh sensor, sinyal akan dikirimkan ke mikrokontroler Arduino Uno untuk diproses. Jika konsentrasi gas melebihi ambang batas yang telah ditentukan, sistem secara otomatis akan mengaktifkan buzzer sebagai alarm peringatan dan menggerakkan motor servo untuk membuka jendela guna mempercepat sirkulasi udara. Seluruh proses ini bekerja secara *real-time* untuk memberikan respon cepat dan akurat dalam mengantisipasi potensi kebocoran gas yang membahayakan.



Gambar 3.4 Desain alat secara keseluruhan

Pada Gambar 3.4 ditunjukkan desain alat secara keseluruhan. Alat yang dirancang memiliki luas 28 cm dengan tinggi 30 cm. Sistem ini dilengkapi dengan jendela ventilasi berukuran $5 \text{ cm} \times 9 \text{ cm}$ dengan berat jendela sebesar 8 gram. Desain tersebut disesuaikan untuk mendukung kinerja sistem dalam proses pendektsian dan penanganan kebocoran gas secara optimal.

3.3.5 Perancangan dan Pengujian Perangkat Lunak Sistem

Diagram alir program pengontrolan sistem perangkat lunak dapat dilihat pada Gambar 3.3.

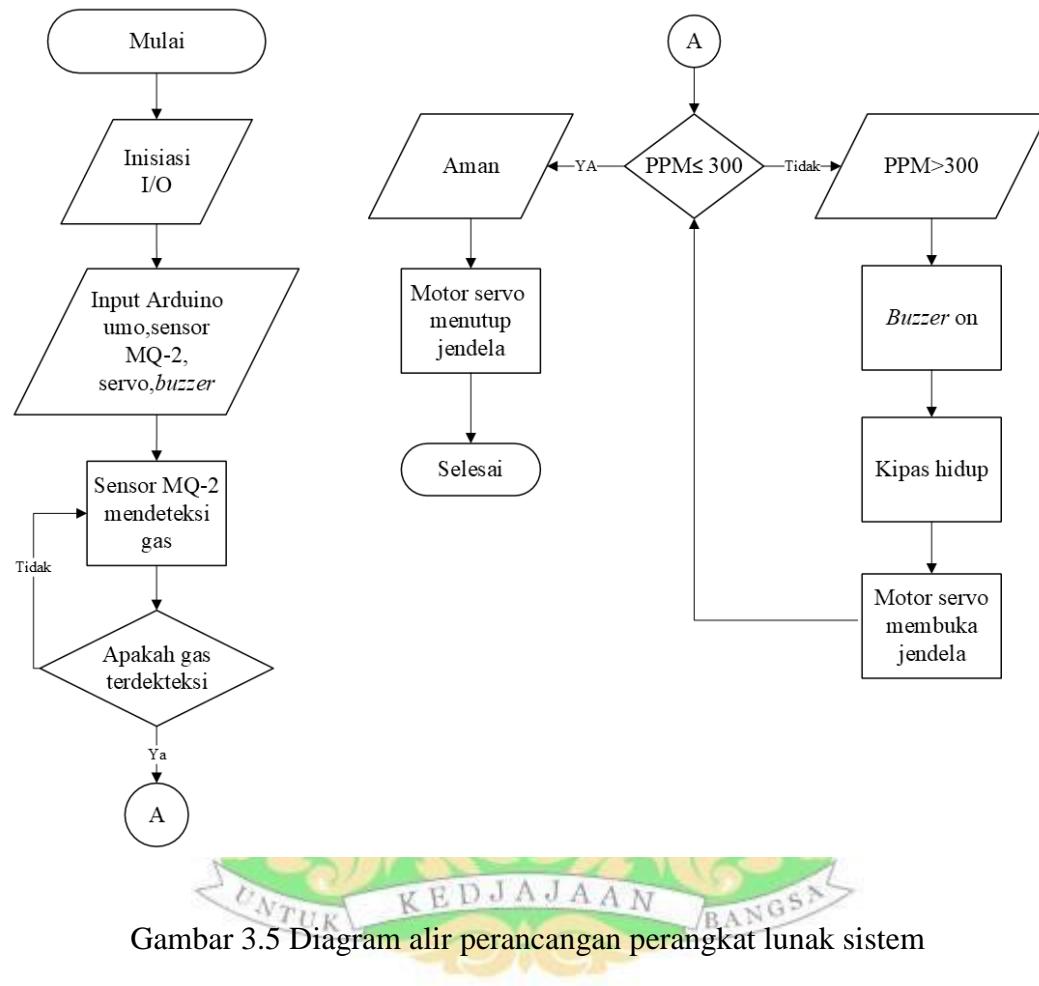


Diagram alir bertujuan untuk memudahkan dalam penelitian. Diagram alir ini diawali dengan proses inisialisasi sensor dengan pin arduino uno. Sensor MQ-2 mendeteksi kebocoran gas. Data yang terbaca oleh sensor diproses oleh arduino uno. Jika PPM yang terbaca ≤ 300 tidak ada terdeteksi(Aman), dan jika $PPM \geq 300$ maka kipas, *buzzer* dan servo aktif, *buzzer* untuk mengeluarkan bunyi dan servo aktif untuk membuka jendela. Jika gas yang tersisa ≤ 300 *buzzer* kembali tidak aktif dan servo juga tidak aktif, hasil keluarannya.

3.4 Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem pendekksi kebocoran gas rumah tangga yang menggunakan sensor MQ-2, kipas, *buzzer* dan motor servo. Data utama yang dikumpulkan adalah kadar gas yang terdeteksi oleh sensor MQ-2 dalam satuan parts per million (ppm), status aktivasi *buzzer* sebagai alarm peringatan, serta pergerakan motor servo untuk membuka jendela secara otomatis. Pengujian dilakukan dengan mensimulasikan kebocoran gas pada berbagai tingkat konsentrasi untuk menentukan ambang batas sistem dalam memberikan respons. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketika kadar gas mencapai ambang batas yang telah ditentukan, sensor MQ-2 mengirimkan sinyal ke mikrokontroler, yang kemudian mengaktifkan *buzzer* dan membuka jendela dalam waktu yang relatif cepat.

Keakuratan deteksi sensor dievaluasi dengan membandingkan hasil pembacaannya dengan standar alat ukur gas lainnya. Selain itu, waktu respons sistem dari deteksi gas hingga aktivasi *buzzer* dan pergerakan motor servo dicatat untuk menilai efisiensi sistem dalam memberikan peringatan dini dan tindakan pencegahan. Berdasarkan analisis hasil percobaan, sistem menunjukkan kinerja yang efektif dengan tingkat kesalahan yang rendah dalam mendekksi kebocoran gas. Namun, terdapat faktor lingkungan seperti ventilasi udara dan kelembaban yang dapat mempengaruhi kepekaan sensor, sehingga kalibrasi sensor secara berkala disarankan untuk menjaga akurasi deteksi. Dengan demikian, sistem ini dapat menjadi solusi yang andal untuk meningkatkan keselamatan rumah tangga dalam mencegah risiko kebocoran gas.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pembuatan alat dilakukan melalui pengujian awal setiap komponen perangkat keras dan perangkat lunak untuk mengetahui kinerjanya, dengan membandingkan hasilnya terhadap alat standar yang sudah ada.

4.1 Hasil pengujian Sensor MQ-2

Penelitian ini menggunakan sensor MQ-2 dikalibrasi agar memperoleh nilai keakuratan yang dapat di terima. Nilai pengujian dari sensor MQ-2 dan alat pembanding *Smart* sensor AS8800L dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Karakterisasi Sensor MQ-2

No	Waktu(s)	AS8800L(ppm)	MQ-2(ppm)	Error masing-masing pengukuran (%)
1	09:00	200	195	2,50
2	09:05	220	225	2,27
3	09:10	250	255	2,00
4	09:15	280	285	1,79
5	09:20	310	310	0,00
6	09:25	340	345	1,47
7	09:30	380	385	1,32
8	09:35	420	425	1,19
9	09:40	460	465	1,09
10	09:45	500	505	1,00
11	09:50	540	550	1,85
12	10.00	580	590	1,72
13	10:05	600	610	1,67
14	10:10	580	595	2,59
15	10:15	550	560	1,82
16	10:20	520	530	1,92
17	10:25	480	490	2,08
18	10:30	430	440	2,33
19	10:35	380	390	2,63
20	10:40	340	350	2,94
Eror rata-rata				1,81%

Berdasarkan hasil pengujian, terlihat bahwa nilai pembacaan sensor MQ-2 memiliki kecenderungan mengikuti pola pembacaan dari alat AS8800L. Ketika konsentrasi gas meningkat, nilai pembacaan MQ-2 juga mengalami kenaikan, dan sebaliknya. Hal ini menunjukkan bahwa sensor MQ-2 memiliki sensitivitas yang baik terhadap perubahan konsentrasi gas LPG. Misalnya, pada menit awal pengujian pukul 09.00, alat AS8800L mencatat 200 ppm, sementara sensor MQ-2 menunjukkan nilai konversi sebesar 195 ppm. Sejalan dengan peningkatan konsentrasi gas hingga puncaknya pada pukul 09.12 sebesar 600 ppm, sensor MQ-2 mencatat nilai 610 ppm. Pola ini mengindikasikan respons linier antara sensor MQ-2 dan AS8800L dalam mendekripsi gas LPG.

Selisih pembacaan antara sensor MQ-2 dan AS8800L dikonversi menjadi nilai error persentase untuk mengetahui tingkat akurasi sensor. Rata-rata nilai error berada pada 1,81%, yang masih dapat diterima untuk aplikasi pendekripsi gas skala rumah tangga. Error terendah terjadi pada menit ke-5 pengujian (09.04), dimana pembacaan sensor MQ-2 sama dengan AS8800L yaitu 310 ppm sehingga menghasilkan error 0%. Sebaliknya, error tertinggi muncul pada menit ke-19 (09.19) dengan nilai 2.94%, yang kemungkinan disebabkan oleh efek penurunan sensitivitas sesaat setelah konsentrasi gas mulai menurun serta karakteristik sensor MQ-2 yang memiliki sedikit noise pada pembacaan data.

Beberapa faktor yang mempengaruhi error tersebut antara lain karakteristik sensor MQ-2 yang berbasis prinsip *resistive semiconductor* yang sensitif terhadap perubahan temperatur, kelembaban, serta fluktuasi tegangan suplai. Selain itu, MQ-2 memerlukan proses pemanasan elemen sensor (heater) untuk mencapai kestabilan pembacaan yang optimal, sehingga pada saat konsentrasi gas berubah dengan cepat, sensor dapat mengalami sedikit keterlambatan dalam merespons dibandingkan alat komersial seperti AS8800L. Namun demikian, karakteristik ini masih dapat ditoleransi dalam aplikasi deteksi gas rumah tangga yang tidak menuntut presisi tinggi seperti sistem industri.

Hasil pengujian ini menegaskan bahwa sensor MQ-2 memiliki performa yang baik sebagai detektor gas LPG, terutama pada rentang konsentrasi gas yang sering ditemui dalam situasi kebocoran gas rumah tangga. Dengan rata-rata error kecil dan pola pembacaan yang konsisten, sensor MQ-2 dapat digunakan sebagai alternatif sensor gas ekonomis dalam sistem pemantauan kebocoran gas berbasis mikrokontroler seperti Arduino. Akurasi sensor dapat ditingkatkan lebih lanjut melalui kalibrasi menggunakan kurva karakteristik sensor serta penggunaan filter data seperti moving average untuk meminimalkan noise pembacaan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian membuktikan bahwa sensor MQ-2 dapat digunakan sebagai sensor utama dalam sistem pendekripsi kebocoran gas LPG dengan tingkat akurasi yang memadai. Konsistensi pembacaan, kemampuan mendekripsi perubahan konsentrasi gas, serta error yang relatif rendah menunjukkan bahwa MQ-2 layak diterapkan dalam prototipe sistem keamanan rumah berbasis IoT atau *embedded system*.

4.2 Hasil pengujian Alat Secara Keseluruhan

Pengujian sistem pendekripsi kebocoran gas LPG dilakukan untuk mengetahui pengaruh bukaan ventilasi dan kecepatan kipas terhadap waktu deteksi gas pada konsentrasi tetap sebesar 320 ppm. Parameter ini penting untuk mengevaluasi efektivitas sistem ventilasi otomatis dalam mempercepat respon sistem saat terjadi kebocoran gas di dalam ruangan.

4.2.1 Hasil pengujian bukaan ventilasi 30°

Pengujian pada bukaan ventilasi 30° menyajikan hasil pengamatan waktu deteksi gas LPG pada kondisi ventilasi minimal dengan variasi kecepatan kipas sebesar 50 rpm, 75 rpm, dan 100 rpm. Pada pengujian ini, konsentrasi gas dijaga tetap sebesar 320 ppm untuk memastikan bahwa perubahan waktu deteksi yang terjadi hanya dipengaruhi oleh kecepatan kipas dan keterbatasan luas ventilasi. Respon sistem diamati melalui aktivasi buzzer sebagai alarm peringatan, motor

servo sebagai penggerak pembuka ventilasi, serta kipas sebagai alat bantu sirkulasi udara.

Tabel 4.2 Hasil pengujian bukaan jendela 30°

N0	Kecepatan (rpm)	kipas	Waktu Deteksi(s)	Konsentrasi LPG(ppm)	Status Buzzer	Status Servo	Status Kipas
1	1500		70	320	Aktif	Terbuka	Menyala
2	2250		50	320	Aktif	Terbuka	Menyala
3	3000		35	320	Aktif	Terbuka	Menyala

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.2, diperoleh bahwa Pengujian sistem pendekksi kebocoran gas LPG pada bukaan jendela 30° dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem pada kondisi ventilasi minimal. Pada pengujian ini digunakan variasi kecepatan kipas 1500 rpm, 2250 rpm, dan 3000 rpm, dengan konsentrasi gas tetap sebesar 320 ppm. Parameter yang dianalisis meliputi waktu deteksi gas serta respon aktuator sistem, yaitu buzzer, motor servo, dan kipas.

Berdasarkan hasil pengujian, waktu deteksi gas pada kecepatan kipas 1500 rpm adalah 70 detik, kemudian menurun menjadi 50 detik pada kecepatan 2250 rpm, dan menjadi 35 detik pada kecepatan 3000 rpm. Pada seluruh kondisi tersebut, buzzer, motor servo, dan kipas berada dalam kondisi aktif setelah gas terdeteksi.

Aktivasi buzzer menunjukkan bahwa sistem peringatan dini berhasil memberikan tanda bahaya kepada pengguna. Sementara itu, motor servo yang aktif berfungsi membuka ventilasi atau jendela secara otomatis, sehingga memberikan jalur tambahan bagi gas untuk keluar dari ruangan. Kipas yang aktif berperan mempercepat aliran udara dan membantu mengurangi akumulasi gas LPG di dalam ruangan.

Pada bukaan jendelai yang relatif kecil ini, waktu deteksi cenderung lebih lama karena pertukaran udara terbatas. Oleh sebab itu, peran kipas dan servo menjadi sangat penting untuk meningkatkan sirkulasi udara setelah gas terdeteksi. Semakin tinggi kecepatan kipas, semakin cepat gas terdistribusi menuju sensor dan semakin singkat waktu yang dibutuhkan sistem untuk bereaksi.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa pada bukaan jendela 30° sistem masih dapat bekerja dengan baik, namun memiliki waktu respon yang relatif lama. Kondisi ini menegaskan bahwa ventilasi yang terlalu kecil kurang optimal untuk sistem pendekripsi kebocoran gas, meskipun seluruh aktuator telah bekerja sesuai fungsinya.

4.2.2 Hasil pengujian bukaan jendela 60°

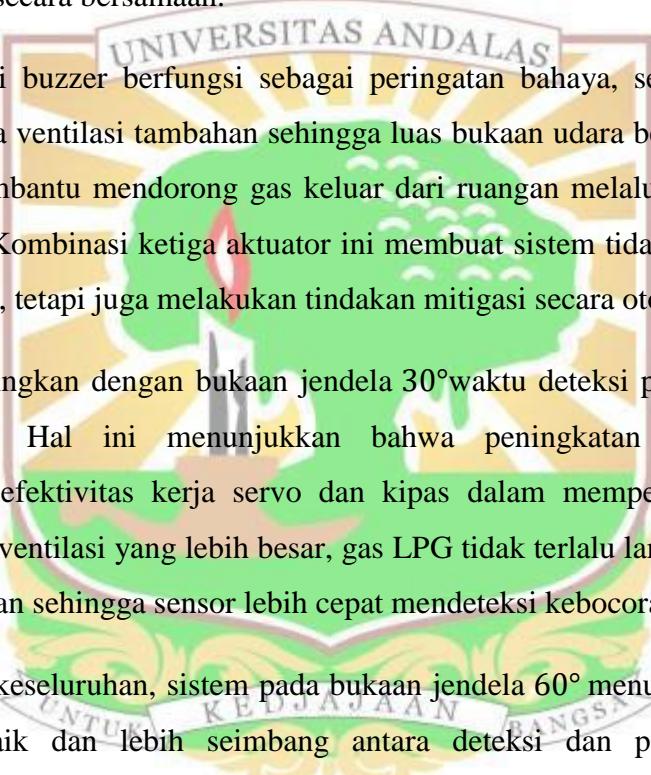
pengujian pada bukaan jendela 60° menunjukkan kinerja sistem pendekripsi kebocoran gas LPG pada kondisi ventilasi sedang dengan variasi kecepatan kipas yang sama seperti pengujian sebelumnya. Konsentrasi gas dipertahankan pada nilai 320 ppm sehingga analisis difokuskan pada pengaruh peningkatan luas ventilasi terhadap waktu deteksi gas dan efektivitas kerja aktuator sistem. Parameter yang dianalisis meliputi waktu deteksi gas serta kondisi buzzer, motor servo, dan kipas yang aktif sebagai respon otomatis sistem.

Tabel 4.3 Hasil pengujian Bukaan jendela 60°

N0	Kecepatan kipas(rpm)	Waktu Deteksi(s)	Konsentrasi LPG(ppm)	Status Buzzer	Status Servo	Status Kipas
1	1500	55	320	Aktif	Terbuka	Menyala
2	2250	38	320	Aktif	Terbuka	Menyala
3	3000	25	320	Aktif	Terbuka	Menyala

Berdasarkan tabel 4.3 Pada Pengujian selanjutnya dilakukan pada bukaan jendela 60° untuk mengetahui peningkatan kinerja sistem dibandingkan ventilasi 30° . Variasi kecepatan kipas yang digunakan adalah 1500 rpm, 2250 rpm, dan 3000 rpm, dengan konsentrasi gas tetap 320 ppm.

Hasil pengujian menunjukkan waktu deteksi gas sebesar 55 detik pada kecepatan 1500 rpm, 38 detik pada kecepatan 2250 rpm, dan 25 detik pada kecepatan 3000 rpm. Setelah gas terdeteksi, buzzer, motor servo, dan kipas langsung aktif secara bersamaan.



Aktivasi buzzer berfungsi sebagai peringatan bahaya, sedangkan motor servo membuka ventilasi tambahan sehingga luas bukaan udara bertambah. Kipas yang aktif membantu mendorong gas keluar dari ruangan melalui ventilasi yang telah terbuka. Kombinasi ketiga aktuator ini membuat sistem tidak hanya mampu mendeteksi gas, tetapi juga melakukan tindakan mitigasi secara otomatis.

Dibandingkan dengan bukaan jendela 30° waktu deteksi pada bukaan 60° lebih singkat. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan luas ventilasi meningkatkan efektivitas kerja servo dan kipas dalam mempercepat sirkulasi udara. Dengan ventilasi yang lebih besar, gas LPG tidak terlalu lama terakumulasi di dalam ruangan sehingga sensor lebih cepat mendeteksi kebocoran.

Secara keseluruhan, sistem pada bukaan jendela 60° menunjukkan kinerja yang lebih baik dan lebih seimbang antara deteksi dan penanganan gas. Konfigurasi ini dapat dikatakan cukup efektif untuk aplikasi rumah tangga karena waktu deteksi relatif cepat dan respon aktuator bekerja optimal.

4.2.3 Hasil pengujian bukaan jendela 75°

pengujian pada bukaan jendela 75° menyajikan hasil pengujian sistem pada kondisi ventilasi maksimum dalam penelitian ini. Variasi kecepatan kipas digunakan untuk mengetahui sejauh mana kombinasi luas ventilasi yang besar dan kerja kipas mempengaruhi waktu deteksi gas LPG. Analisis difokuskan pada

percepatan respon sistem serta kinerja buzzer, motor servo, dan kipas dalam mendukung proses peringatan dan penanganan kebocoran gas secara otomatis.

Tabel 4.4 Hasil pengujian bukaan jendela 75°

N0	Kecepatan (rpm)	kipas	Waktu Deteksi(s)	Konsentrasi LPG(ppm)	Status Buzzer	Status Servo	Status Kipas
1	1500		40	320	Aktif	Terbuka	Menyalा
2	2250		28	320	Aktif	Terbuka	Menyalा
3	3000		18	320	Aktif	Terbuka	Menyalा

Berdasarkan tabel 4.4 Pada Pengujian terakhir dilakukan pada bukaan jendela 75° yang merupakan ventilasi terbesar dalam penelitian ini. Variasi kecepatan kipas tetap sama, yaitu 1500 rpm, 2250 rpm, dan 3000 rpm, dengan konsentrasi gas sebesar 320 ppm.

Hasil pengujian menunjukkan waktu deteksi gas sebesar 40 detik pada kecepatan kipas 1500 rpm, 28 detik pada kecepatan 2250 rpm, dan 18 detik pada kecepatan 3000 rpm. Pada seluruh kondisi tersebut, buzzer, motor servo, dan kipas berada dalam kondisi aktif setelah terjadinya deteksi gas.

Luas ventilasi yang besar memungkinkan motor servo membuka jalur udara yang lebih lebar, sehingga kipas dapat bekerja lebih efektif dalam mengeluarkan gas dari ruangan. Akibatnya, gas LPG yang bocor lebih cepat mencapai sensor dan waktu deteksi menjadi paling singkat dibandingkan pengujian sebelumnya.

Pada kondisi ini, perbedaan waktu deteksi antar variasi kecepatan kipas semakin kecil. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh ventilasi dan kerja servo lebih dominan dibandingkan kecepatan kipas, karena sistem sudah memiliki jalur sirkulasi udara yang sangat baik.

Secara keseluruhan, konfigurasi ventilasi 75° dengan dukungan servo dan kipas otomatis memberikan kinerja sistem paling optimal, baik dari segi kecepatan deteksi maupun efektivitas penanganan gas setelah terdeteksi. Sistem ini mampu memberikan peringatan dini sekaligus melakukan tindakan pengamanan secara otomatis.



BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem pendeteksi kebocoran gas rumah tangga berbasis Arduino Uno dengan sensor MQ-2, *buzzer*, dan motor servo mampu bekerja secara otomatis dan responsif dalam mendeteksi keberadaan gas LPG pada konsentrasi di atas ambang batas 300 ppm. Ketika kebocoran gas terdeteksi, sensor MQ-2 mengirimkan sinyal ke mikrokontroler untuk mengaktifkan *buzzer* sebagai alarm peringatan, menyalakan kipas, serta menggerakkan motor servo untuk membuka ventilasi atau jendela sehingga gas dapat keluar dengan cepat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar bukaan ventilasi dan semakin tinggi kecepatan kipas, maka waktu deteksi gas semakin singkat. Pada ventilasi kecil waktu deteksi mencapai 50 detik, sedangkan pada ventilasi besar dan kecepatan kipas maksimum waktu deteksi menurun hingga 20 detik. Hal ini menunjukkan bahwa sistem bekerja lebih cepat dan efisien pada kondisi sirkulasi udara yang baik. Secara keseluruhan, sistem pendeteksi gas yang dirancang telah menunjukkan kinerja yang stabil, akurat, dan mampu memberikan peringatan dini serta melakukan tindakan mitigasi otomatis untuk mencegah bahaya kebocoran gas LPG di lingkungan rumah tangga.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai sistem pendeteksi kebocoran gas LPG menggunakan sensor MQ-2 berbasis Arduino Uno dengan dukungan *buzzer*, motor servo, dan kipas ventilasi otomatis, maka beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Integrasi sistem monitoring jarak jauh untuk meningkatkan keamanan, sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur monitoring jarak jauh berbasis Internet of Things (IoT), seperti pengiriman

notifikasi melalui aplikasi atau pesan singkat ketika terjadi kebocoran gas. Dengan demikian, pengguna dapat memperoleh informasi secara real-time meskipun tidak berada di lokasi.

2. Penambahan sistem keamanan cadangan sebagai upaya peningkatan keselamatan, sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan aktuator tambahan, seperti pemutus aliran gas otomatis (*solenoid valve*), sehingga kebocoran gas tidak hanya terdeteksi dan dikeluarkan, tetapi juga dapat dihentikan langsung dari sumbernya.
3. Pengembangan Sensor dan Kalibrasi Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan lebih dari satu jenis sensor gas atau melakukan kalibrasi sensor MQ-2 dengan alat ukur standar untuk meningkatkan akurasi pengukuran konsentrasi gas. Kalibrasi yang lebih detail dapat membantu mengurangi kesalahan pembacaan akibat perubahan suhu dan kelembapan lingkungan.

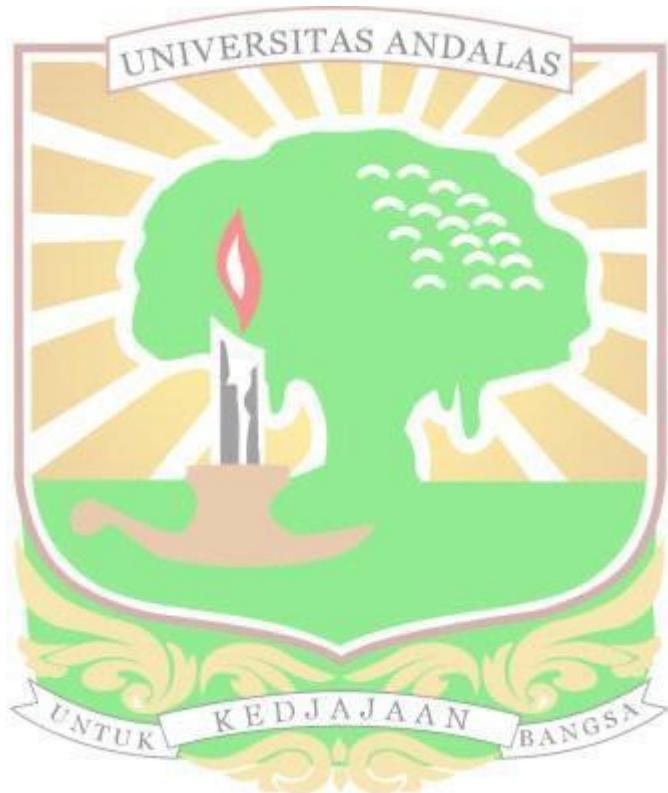


DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Heranurweni, S., Muhammad Sipan, dan, n.d., Sistim Monitoring Pemakaian Energi Listrik Berbasis Internet of Things Menggunakan Blynk.
- Chen, R., Zhai, W., Qi, Y., 1996, Mechanism and technique of friction control by applying electric voltage. (II) Effects of applied voltage on friction, *Mocaxue Xuebao/Tribology*, Vol. 16, Hal. 235–238.
- Dewi, S., Prasetyo, D.G., Hidayat, F., 2020, Alat Pendekripsi Kebocoran Gas LPG Dengan Menggunakan SMS Module Berbasis Mikrokontroller ATMega, *INSANTEK-Jurnal Inovasi*, Vol. 1.
- Gas, T., 2020, *Nanostruktur gallium nitride (GaN) dan aplikasinya dalam pendekripsi gas*. *Jurnal Teknologi Material dan Sensor*, 5(2), hlm. 45–60.
- Hakim, L., Yonatan, V., 2017, Deteksi Kebocoran Gas LPG menggunakan Detektor Arduino dengan algoritma Fuzzy Logic Mandani, *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, Vol. 1, Hal. 114–121, DOI: 10.29207/resti.v1i2.35.
- Hilmi, R.Z., Hurriyati, R., Lisnawati, 2018,. Analisis struktur kovarians indikator kesehatan terkait pada lansia yang tinggal di rumah dengan fokus pada persepsi kesehatan subjektif. Vol. 3, hlm. 91–102.
- Inggi, R., Pangala, J., 2021, Perancangan Alat Pendekripsi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Sensor MQ-2 Berbasis Arduino, *Simkom*, Vol. 6, Hal. 12–22, DOI: 10.51717/simkom.v6i1.51.
- Joko C., N., 2013, Prototipe Sistem Pendekripsi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Sensor Gas MQ2, Board Arduino Duemilanove, Buzzer, dan Arduino GSM Shield pada PT. Alfa Retailindo (Carrefour Pasar Minggu), *Jurnal Ticom*, Vol. 2, Hal. 58–64.
- Jtik, J., Teknologi, J., Adiyoga, A., Chandra, D.W., 2023, Sistem Kipas Angin Otomatis Dengan Sensor Suhu dan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino, Vol. 7, Hal. 1–7.
- Lesmana, K., Sukarno, S.A., 2025, PROTOTIPE PENGGUNAAN MOTOR SERVO UNTUK DISPENSER OTOMATIS BERBASIS ARDUINO DAN SENSOR HC-SR04, Vol. 13, Hal. 16–22.
- Material, J.R., Energi, M., 2025, FT-UMSU FT-UMSU, *Jurnal Teknik Material dan Energi*, Vol. 8, Hal. 81–90.
- Muslem R, I., 2021, Sistem Pendekripsi Kebocoran Gas Rumah Tangga Menggunakan Mq-2 Sensor Dan Mikrokontroler, *Jurnal Tika*, Vol. 6, Hal. 58–64, DOI: 10.51179/tika.v6i02.457.

- Nugraha, I., Khairijal, K., Sellyana, A., 2022, Alat Pendekripsi Kebocoran Gas Lpg Menggunakan Mikrokontroler Arduino Dengan Output Lcd, Led Dan Buzzer, *Jutekinf (Jurnal Teknologi Komputer Dan Informasi)*, Vol. 10, Hal. 19–24, DOI: 10.52072/jutekinf.v10i1.355.
- Puspaningrum, A.S., Firdaus, F., Ahmad, I., Anggono, H., 2020, Perancangan Alat Deteksi Kebocoran Gas Pada Perangkat Mobile Android Dengan Sensor Mq-2, *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam*, Vol. 1, Hal. 1, DOI: 10.33365/jtst.v1i1.714.
- Putra, M.F., Kridalaksana, A.H., Arifin, Z., 2017, Rancang Bangun Alat Pendekripsi Kebocoran Gas LPG Dengan Sensor Mq-6 Berbasis Mikrokontroler Melalui Smartphone Android Sebagai Media Informasi, *Informatika Mulawarman: Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, Vol. 12, Hal. 1, DOI: 10.30872/jim.v12i1.215.
- Rahardjo, R.F.A., Winarno, H., 2012, Pendekripsi Ketinggian Level Air Dengan Tampilan Lcd Berbasis Mikrokontroller Atmega 8 Serta Led Buzzer Dan Seven Segment Sebagai Peringatan Dini Kenaikan Air Pasang (Rob) Berbasis Programmable Logic Controller Cp1E-E40Dr-a, *Gema Teknologi*, Vol. 17, Hal. 22, DOI: 10.14710/gt.v17i1.8913.
- Rahman, M.A., Ahmed, H., Hossain, M.M., 2022, An Integrated Hardware Prototype for Monitoring Gas Leaks, Fires, and Remote Control via Mobile Application, *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol. 13, Hal. 833–840, DOI: 10.14569/IJACSA.2022.0131099.
- Rinaldy, R., Christianti, R.F., Supriyadi, D., 2013, Pengendalian Motor Servo Yang Terintegrasi Dengan Webcam Berbasis Internet Dan Arduino, *JURNAL INFOTEL - Informatika Telekomunikasi Elektronika*, Vol. 5, Hal. 17, DOI: 10.20895/infotel.v5i2.4.
- Safari, M.I., Ningsih, L.N., Farid, M.H., 2016, Pendekripsi Kebocoran Tabung Lpg Melalui Sms Gateway Menggunakan Sensor Mq-6 Berbasis Arduino Pada Pt Bangun Inti Gemilang, *Journal CERITA*, Vol. 2, Hal. 70–80, DOI: 10.33050/cerita.v2i1.545.
- Soedjarwanto, N., Setyawan, F.X.A., Harahap, C.R., Riantama, N.A., 2023, PENGENDALIAN MOTOR DC MENGGUNAKAN BUCK-BOOST CONVERTER BERBASIS IoT, Vol. 11, Hal. 943–950.
- Tambunan, S., Stefanie, A., 2023, Monitoring Kebocoran Gas Lpg Menggunakan Sensor Mq-2 Pada Rumah Dengan Notifikasi Bot Telegram, *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, Vol. 7, Hal. 1423–1228, DOI: 10.36040/jati.v7i2.6815.
- Widi, M., Putra, M., Mulyana, P.D., Juni Arta, I.K., Kusuma, D., 2024,

Penggunaan Sensor Suhu Dht 11 Buzzer Dan Lampu Led Sebagai Pemantau Suhu Ruangan, *Jurnal Manajemen dan Teknologi Informasi*, Vol. 14, Hal. 10–18, DOI: 10.59819/jmti.v14i1.3673.



LAMPIRAN-LAMPIRAN

LAMPIRAN A. Alat dan Bahan

Tabung gas	Sensor MQ-2	Buzzer	Kipas
Motor servo	Driver motor	Arduino uno	IDE Arduino uno
Jumper	Smart sensor AS8800L	Baterai	Pisau cutter



LAMPIRAN B. Data Pengukuran

B.1 Data hasil karakterisasi sensor MQ-2

No	Waktu(s)	AS9900L(ppm)	MQ-2(ppm)	Error masing-masing pengukuran (%)
1	09:00	200	195	2,50
2	09:05	220	225	2,27
3	09:10	250	255	2,00
4	09:15	280	285	1,79
5	09:20	310	310	0,00
6	09:25	340	345	1,47
7	09:30	380	385	1,32
8	09:35	420	425	1,19
9	09:40	460	465	1,09
10	09:45	500	505	1,00
11	09:50	540	550	1,85
12	10.00	580	590	1,72
13	10:05	600	610	1,67
14	10:10	580	595	2,59
15	10:15	550	560	1,82
16	10:20	520	530	1,92
17	10:25	480	490	2,08
18	10:30	430	440	2,33
19	10:35	380	390	2,63
20	10:40	340	350	2,94
Eror rata-rata				1,81%

B.2 Data hasil pengujian bukakan jendela 30°

N0	Kecepatan (rpm)	kipas	Waktu Deteksi(s)	Konsentrasi LPG(ppm)	Status Buzzer	Status Servo	Status Kipas
1	1500		70	320	Aktif	Terbuka	Menyala
2	2250		50	320	Aktif	Terbuka	Menyala
3	3000		35	320	Aktif	Terbuka	Menyala

B.3 Data hasil pengujian bukakan jendela 60°

N0	Kecepatan kipas(rpm)	Waktu Deteksi(s)	Konsentrasi LPG(ppm)	Status Buzzer	Status Servo	Status Kipas
1	1500	55	320	Aktif	Terbuka	Menyala
2	2250	38	320	Aktif	Terbuka	Menyala
3	3000	25	320	Aktif	Terbuka	Menyala

B.4 Data hasil pengujian bukakan jendela 75°

N0	Kecepatan (rpm)	kipas	Waktu Deteksi(s)	Konsentrasi LPG(ppm)	Status Buzzer	Status Servo	Status Kipas
1	1500		40	320	Aktif	Terbuka	Menyala
2	2250		28	320	Aktif	Terbuka	Menyala
3	3000		18	320	Aktif	Terbuka	Menyala

LAMPIRAN C. Program IDE Arduino

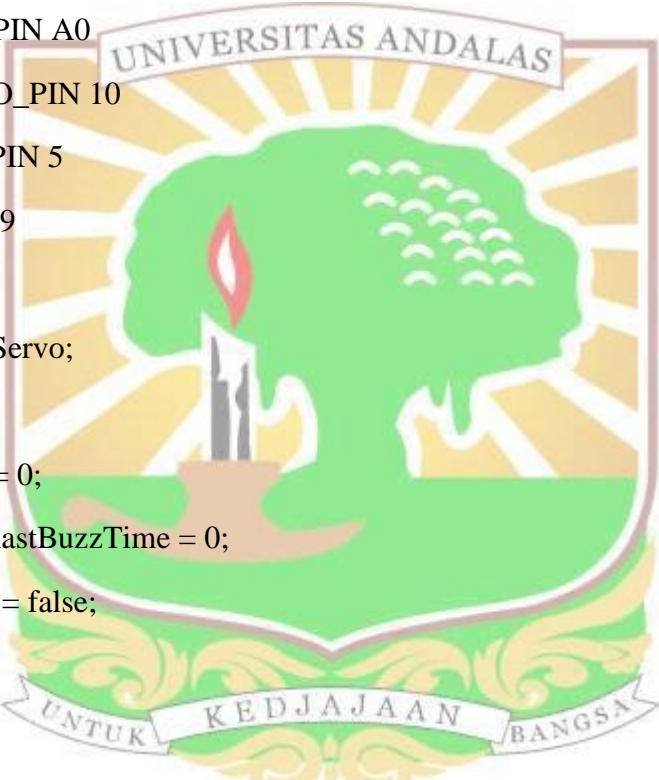
```
// Program Arduino IDE  
//Sensor pendekksi kebocoran gas
```

```
#include <Servo.h>
```

```
#define MQ2_PIN A0  
#define SERVO_PIN 10  
#define FAN_PIN 5  
#define BUZZ 9
```

```
Servo windowServo;
```

```
int currentPos = 0;  
unsigned long lastBuzzTime = 0;  
bool buzzState = false;  
  
void setup() {  
    Serial.begin(9600);  
    windowServo.attach(SERVO_PIN);  
    pinMode(FAN_PIN, OUTPUT);  
    pinMode(BUZZ, OUTPUT);  
    windowServo.write(currentPos);  
    analogWrite(FAN_PIN, 0);  
    digitalWrite(BUZZ, LOW);
```



```
}
```

```
void loop() {
    int sensorValue = analogRead(MQ2_PIN);
    float ppm = map(sensorValue, 0, 1023, 0, 1000);
```

```
    Serial.print("PPM: ");
```

```
    Serial.print(ppm);
```

```
    int targetPos = 0;
```

```
    int fanSpeed = 0;
```

```
    if (ppm > 300) {
```

```
        unsigned long now = millis();
```

```
        if (now - lastBuzzTime >= 500) {
```

```
            lastBuzzTime = now;
```

```
            buzzState = !buzzState;
```

```
            digitalWrite(BUZZ, buzzState ? HIGH : LOW);
```

```
        }
```

```
    } else {
```

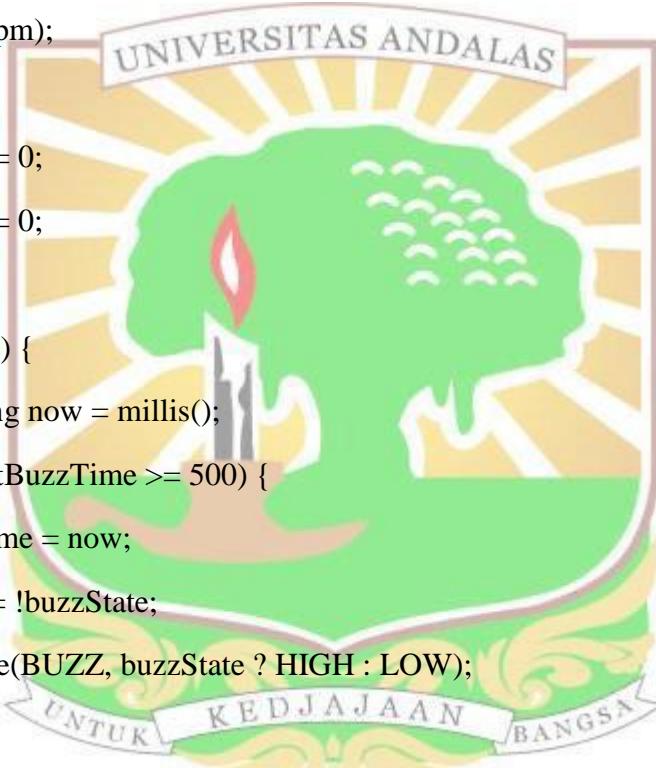
```
        digitalWrite(BUZZ, LOW);
```

```
        buzzState = false;
```

```
}
```

```
    if (ppm <= 300) {
```

```
        targetPos = 0;
```



```

fanSpeed = 0;
}

else if (ppm <= 400) {

    targetPos = 30;
    fanSpeed = 128;
}

else if (ppm <= 600) {

    targetPos = 60;
    fanSpeed = 192;
}

else {

    targetPos = 90;
    fanSpeed = 255;
}

smoothMoveServo(currentPos, targetPos, 10);

currentPos = targetPos;

analogWrite(FAN_PIN, fanSpeed);

Serial.print(", Fan Speed: ");
Serial.print(fanSpeed * 100 / 255);
Serial.print("%, Servo: ");
Serial.println(targetPos);

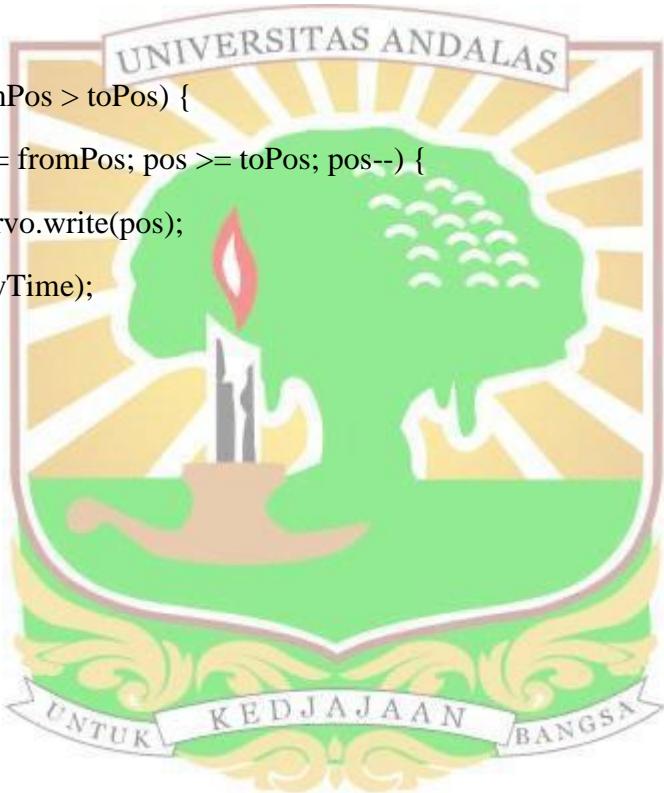
delay(200);

```



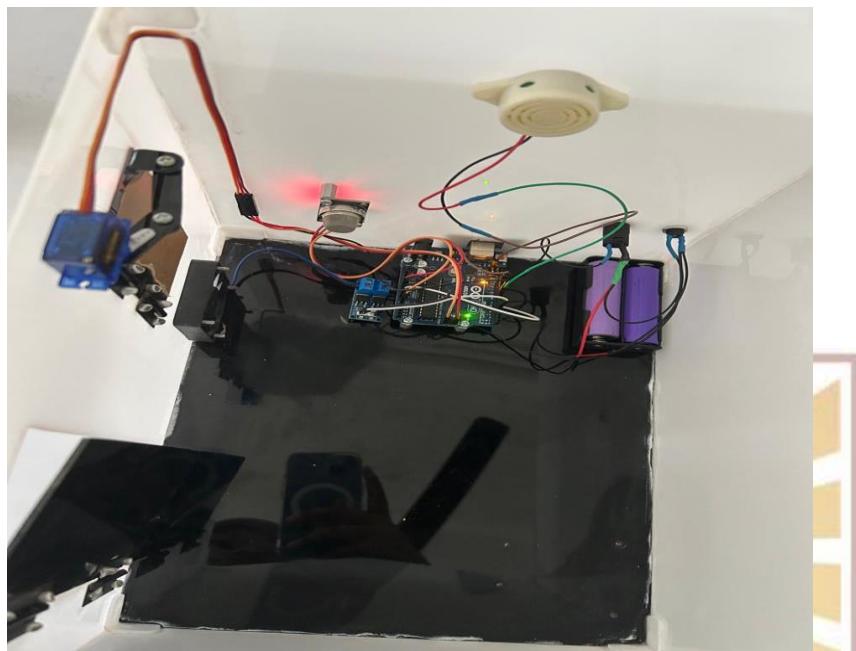
```
}
```

```
void smoothMoveServo(int fromPos, int toPos, int delayTime) {  
    if (fromPos < toPos) {  
        for (int pos = fromPos; pos <= toPos; pos++) {  
            windowServo.write(pos);  
            delay(delayTime);  
        }  
    } else if (fromPos > toPos) {  
        for (int pos = fromPos; pos >= toPos; pos--) {  
            windowServo.write(pos);  
            delay(delayTime);  
        }  
    }  
}
```



LAMPIRAN D. Bentuk alat keseluruhan

D.1 Bentuk dalam



D.2 bentuk luar

