

## Purwarupa Robot *Pipe Following* Pendeteksi Kebocoran Gas *Internet of Things* Berbasis Web dan Aplikasi Android

Ahmad Setiaji<sup>a,1,\*</sup>, Adrijani Sumarahinsih<sup>b,2</sup>, Subairi Subairi<sup>b,3</sup>

<sup>a</sup> Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang no 5, Malang, Indonesia.

<sup>b</sup> Universitas Merdeka Malang, Jalan Terusan Dieng no 62-64, Malang, Indonesia.

<sup>1</sup> ahmadsetiaji54@gmail.com\*; <sup>2</sup> adrijani.sumarahinsih@unmer.ac.id; <sup>3</sup> subairi@unmer.ac.id

\* Penulis Koresponden

### INFO ARTIKEL

#### Histori Artikel

22-06-2022

14-07-2022

14-08-2022

#### Kata Kunci

Kebocoran Gas

Robot

Pipe Following

Internet of Things

Android

### ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu penghasil atau produsen serta pengonsumsi gas alam terbanyak di dunia. Banyaknya kebutuhan gas membuat industri gas terus melakukan produksi. Pipa gas yang digunakan dalam industri memiliki ukuran yang sangat besar. Hal itu menyulitkan pekerja dalam melakukan maintenance pipa. Dalam proses produksi gas ada kemungkinan kebocoran gas yang membuat keselamatan para pekerja terancam. Oleh karena itu penelitian ini diharapkan dapat membantu para pekerja. Sebuah robot *mobile pipe following* yang dapat mendeteksi kebocoran gas. Pengontrolan robot dapat dilakukan manual dan otomatis. Robot juga berbasis *internet of things* yang dapat dikendalikan melalui aplikasi android dan data kebocoran gas akan tersimpan dalam database web.

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi [CC-BY-SA](#).



## 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan sebuah negara dengan sumber daya alam melimpah Letak geografis Indonesia yang membentang memungkinkan berbagai sumber daya didalamnya. Salah satunya adalah minyak dan gas. Indonesia merupakan salah satu penghasil gas alam terbanyak di dunia [1][2]. Selain sebagai penghasil atau produsen, Indonesia juga merupakan negara ke 26 di dunia dengan konsumsi gas terbanyak [2]. Pemakaian gas di Indonesia sangat beraneka ragam, mulai dari kendaraan berbahan bakar gas, gas metana, kompor gas dan lain-lain [3][4].

Karena kebutuhan yang banyak, maka perlunya produksi yang banyak juga. Dalam proses produksi gas di industri sering sekali terjadi kecelakaan dalam bekerja. Hal tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu *human error* [5], peralatan yang digunakan, dan K3 yang tidak dilaksanakan dengan baik. Pada industri gas digunakan pipa gas yang ukurannya sangat besar [6], bahkan melebihi ukuran para pekerja. Industri yang terus berjalan ada kemungkinan terjadinya kebocoran gas pada pipa industri tersebut. Kebocoran gas juga membahayakan pekerja bila terhirup [7]. Bila kebocoran gas terjadi, maka akan menimbulkan dampak buruk yang menyebabkan kerugian materi maupun mengancam keselamatan jiwa pekerja [8]. Oleh sebab itu menyulitkan pekerja untuk melakukan pemeriksaan pipa gas secara menyeluruh. Hal tersebut dikarenakan waktu yang sangat lama dan memakan banyak energi.

Mengingat besar dan panjangnya ukuran pipa, pengecekan yang dilakukan pekerja umumnya kurang efisien jika dilakukan secara manual. Oleh karena itu perlunya bantuan teknologi berupa sebuah robot yang dapat dengan mudah melakukan monitoring gas pada pipa. Berdasarkan masalah ini, peneliti ingin merancang sebuah alat/robot yang dapat mendeteksi kebocoran gas pada pipa. Alat/robot ini berupa robot mobile dengan kata lain robot ini akan bergerak menyusuri pipa (*pipe following*) untuk melakukan monitoring dan mencari sumber kebocoran suatu gas pada pipa. Dengan bantuan sensor ultrasonik dan wemos D1 mini robot tersebut dapat berjalan otomatis maupun digerakan manual melalui sistem Android.

*Pipe following* prinsip kerjanya pada dasarnya sama seperti wall following atau obstacle move yang menggunakan sensor ultrasonik [9]. Sistemnya menggunakan sensor ultrasonik yang digunakan untuk mengikuti halangan yang ada, dalam kasus penelitian ini yaitu halangannya yaitu pipa. Maka jika sensor ultrasonik akan mencari pipa dan mengikutinya. Sensor gas MQ2 digunakan untuk mendeteksi kebocoran gas. Jika terjadi kebocoran gas maka robot berhenti dan menyalakan buzzer, maka pekeja dapat melakukan tindakan terhadap pipa yang bocor tersebut.

Pada penelitian sebelumnya [10] merancang sebuah robot yang dapat melakukan patroli pada pipa gas menggunakan Sensor Grove-Ultrasonik Ranger dan berupa robot tank. Kendali motor DC menggunakan logika Fuzzy. Penelitian lain [11] merupakan robot mobile yang dapat melaju didalam pipa. Robot ini dapat mengubah posisi motor DC nya sendiri sehingga dapat berjalan ditengah dan didasar bagian dalam pipa, namun yang diteliti merupakan tenaga atau kinerja baterai yang digunakan pada robot tersebut. Penelitian yang dilakukan merupakan pengembangan dari sebuah robot prototype yang memiliki aplikasi android sendiri yang dapat dikontrol secara manual maupun otomatis dan data nilai sensor dapat dipantau dimana saja selama terdapat jaringan internet. Manual berarti pengontrolan robot melalui aplikasi Android sedangkan otomatis maka robot berjalan secara otomatis menggunakan sensor ultrasonik.

## 2. Metode penelitian

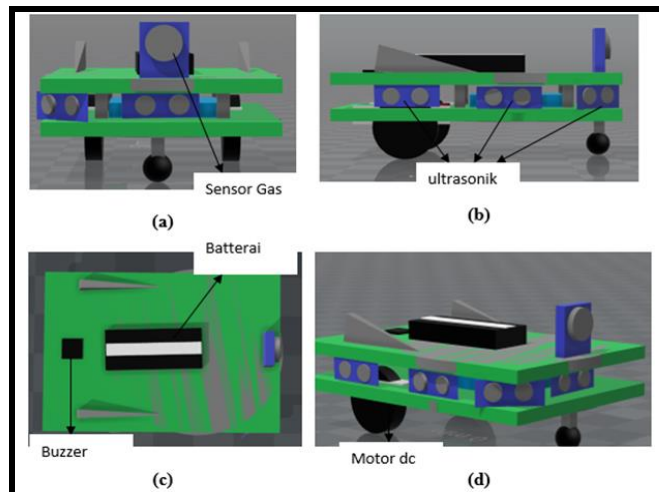
### 3.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan dasar tentang segala sesuatu yang mendukung perencanaan sistem serta perencanaan alat yang digunakan dalam penulisan serta pengerjaan purwarupa robot pipe following pendeteksi kebocoran gas internet of things berbasis web dan aplikasi android. Data-data yang dibutuhkan dalam pembuatan alat ini diambil dari buku, jurnal, artikel laporan penelitian dan situs-situs di internet untuk mengetahui karakteristik tiap komponen, prinsip kerja serta teori yang menunjang. Referensi yang diperlukan dalam penulisan laporan ini yaitu metode *pipe following*, metode lokasi robot berada, database *web*, sensor gas, Rancang Bangun Robot *mobile*, Motor DC, Mikrokontroler Arduino Uno, pemrograma ESP-01 sebagai server.

### 3.2. Perancangan Alat

Perancangan alat dilakukan sebagai langkah awal setelah terbentuknya suatu sistem beserta rangkaian elektronik pendukungnya, hal ini dimaksudkan agar sistem tersebut dapat berjalan sesuai dengan deskripsi awal yang telah direncanakan.

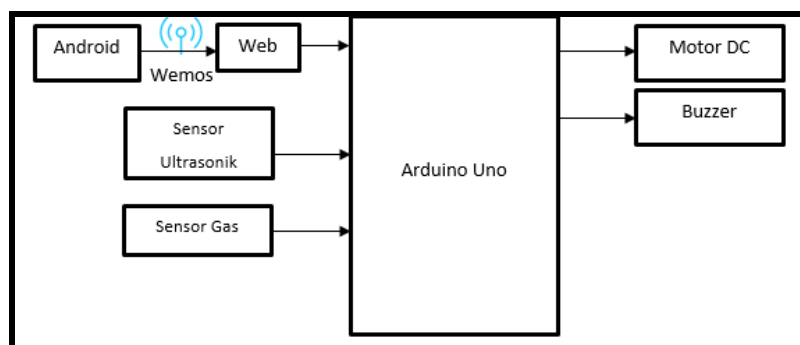
## a. Perancangan Mekanik



Gambar 1. Ilustrasi Alat

## b. Perancangan Diagram Blok

Perancangan diagram blok sistem bertujuan untuk mempermudah dalam perancangan perangkat keras sistem maupun perangkat lunak sistem secara keseluruhan. Diagram blok yang dirancang untuk keseluruhan pengujian yakni digambarkan pada Gambar 2.



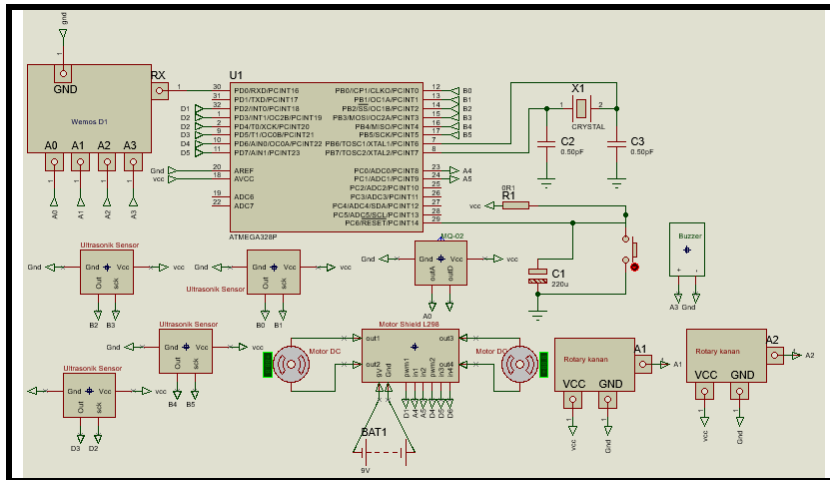
Gambar 2. Blok Diagram

- Sensor Ultrasonik sensor merupakan komponen yang berfungsi untuk membaca jalur robot, dimana robot akan berjalan ke jalur yang tidak terdapat halangan. Terdiri dari 3 buah sensor ultrasonik yang terletak pada bagian depan robot, kiri, dan kanan robot;
- Arduino Uno merupakan otak atau pengontrol segala aktivitas yang akan dilakukan oleh robot;
- Aplikasi Android merupakan komponen yang berfungsi untuk mengirimkan data pergerakan robot serta melihat data yang didapat oleh sensor;
- Wemos D1 Mini berfungsi untuk melakukan proses terhadap data input dari masing-masing sensor sehingga dapat mengirim data pada output berupa nilai gas udara, pergerakan motor dc, data dari Wemos D1 Mini dikirimkan ke web.

## c. Rangkaian Elektrik

Rangkaian keseluruhan sistem menjelaskan pin-pin yang digunakan pada arduino. Diantaranya pin-pin tiga sensor ultrasonik berjumlah 12 dihubungkan ke pin Vcc dan Ground Arduino sebanyak 6 pin, serta pin Echo dan Trigger masing2 sensor ultrasonik dihubungkan ke pin digital 8,9,10,11,12,13 Arduino. Terdapat 2 buah motor DC yang digabungkan dengan driver motor L298. Driver motor DC dihubungkan ke Arduino melalui 7 pin, yakni 6 pin data dihubungkan ke pin 2,3,4,5,6,7 Arduino, serta pin Gnd Arduino

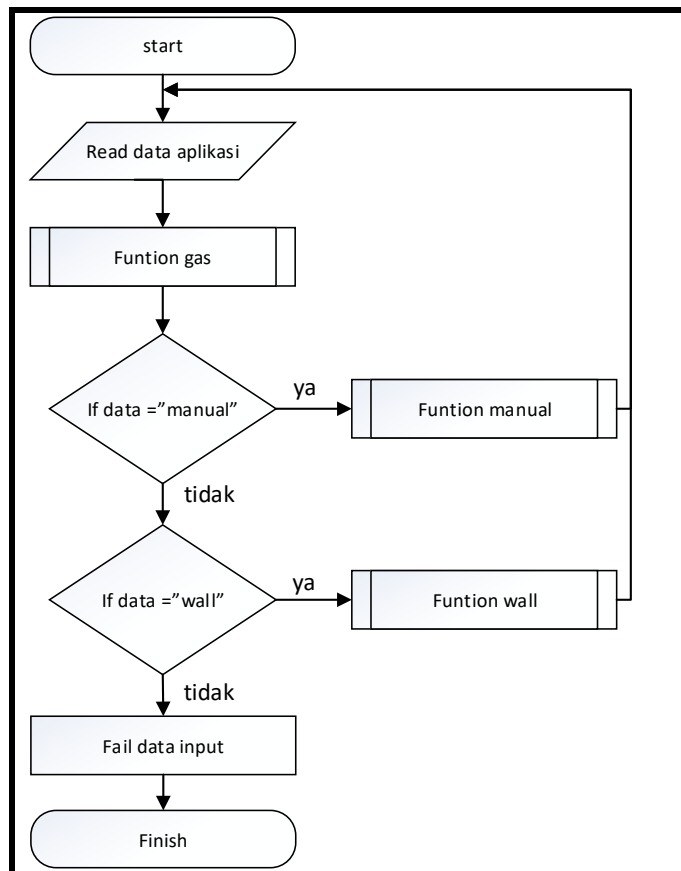
dihubungkan dengan Gnd driver motor. Sensor Gas dan Buzzer dihubungkan ke pin analog A1 dan A2 Arduino. Skematik rangkaian keseluruhan robot dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Skematik Rangkaian Keseluruhan

d. Flowchart Perangkat

Flowchart atau diagram alir perangkat digunakan sebagai acuan untuk realisasi pembuatan alat dengan tahapan-tahapan yang harus terpenuhi sehingga dapat dilakukan pengambilan dan pengolahan data hasil dari keseluruhan sistem kerja perangkat apakah dapat beroperasi sesuai dengan yang diharapkan.



Gambar 4. Flowchart Perangkat

e. Pembuatan Software

Pembuatan *Software* adalah pembuatan aplikasi yang digunakan untuk mengontrol robot dari jarak jauh serta memonitoring nilai gas yang didapat sensor gas. Aplikasi dibuat menggunakan *software* Android Studio dan database web *Thingspeak*.

### 3. Hasil dan Pembahasan

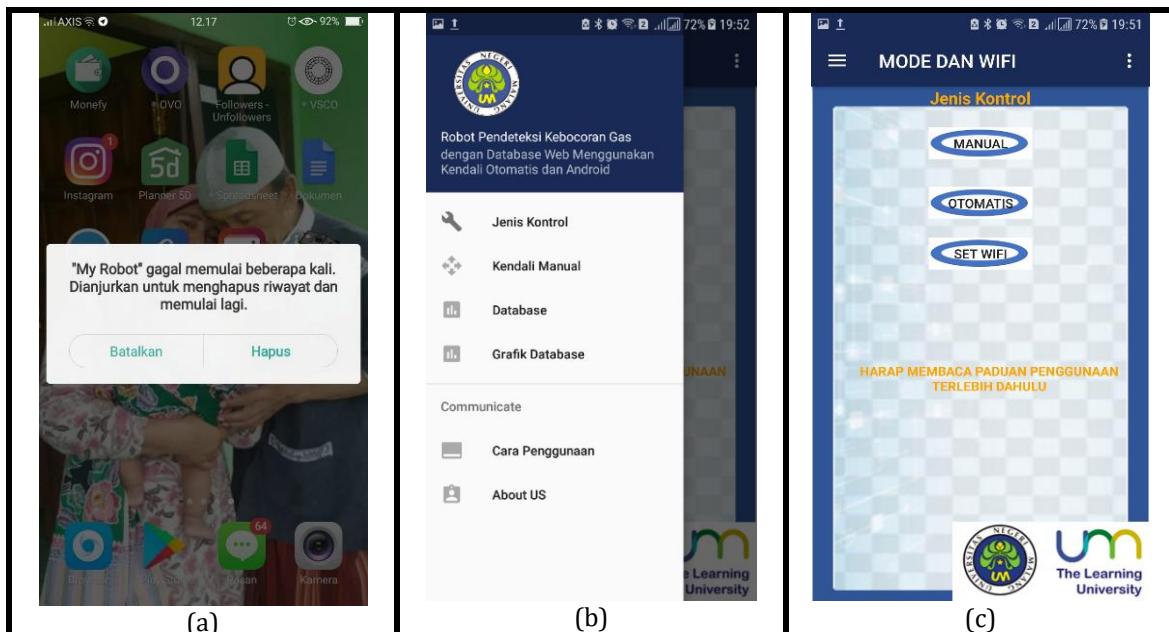
#### 3.1. Hasil dan Analisis Pengujian *Software*

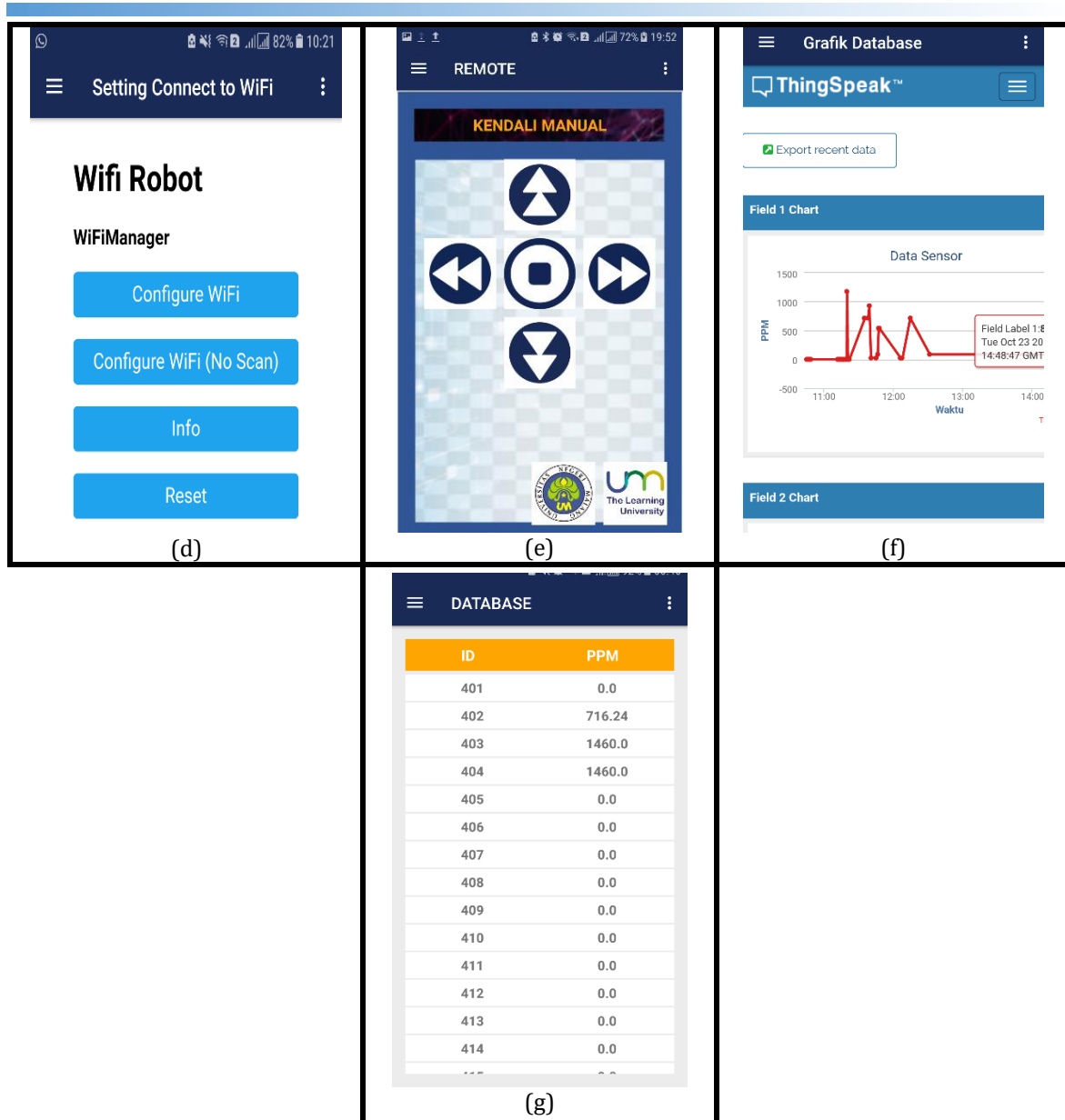
Pada Tabel 1. ditampilkan Hasil pengujian Installasi dan Login.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Installasi dan Login

No.	Jenis Ponsel	Versi Android OS	Keberhasilan
1	Sony Xperia C1605	4.1 (Jelly Bean)	Gagal Instal
2	Huawei Y336	4.4.2 (KitKat)	Instalasi Berhasil, <i>Login</i> gagal
3	Lenovo A7000	5.0 (Lollipop)	Instalasi Berhasil, <i>Login</i> gagal
4	Xiaomi Redmi 4	6.0.1 (Marshmallow)	Instalasi Berhasil, <i>Login</i> gagal
5	Oppo F5	7.1 (Nougat)	Berhasil instal dan dapat <i>Login</i>
6	Samsung J7 Prime	7.1 (Nougat)	Berhasil instal dan dapat <i>Login</i>
7	Xiaomi Redmi 4	7.1.2 (Nougat)	Berhasil instal dan dapat <i>Login</i>
8	Samsung A8	8.0 (Oreo)	Berhasil instal dan dapat <i>Login</i>

Berdasarkan pengujian aplikasi pada beberapa ponsel dengan Android OS, *software* aplikasi yang dibuat dapat bekerja dan dioperasikan dengan baik pada Android OS versi 7.0 (Nougat) hingga 8.0 (Oreo). Pada Android OS versi 6.0 (Marshmallow), 5.0 (Lollipop), dan 4.1 (Jelly Bean), aplikasi dapat terpasang namun ketika memasukan email dan *password* untuk *login* aplikasi akan tertutup secara paksa (*force close*) seperti pada gambar 4.22. Hal ini dikarenakan dalam pembuatan aplikasi, jenis SDK minimal settingan awal adalah SDK 24, dimana SDK 24 merupakan platform android OS 7.0. Berikut ini merupakan tampilan dari *software* aplikasi Android.





Gambar 5. Tampilan Aplikasi Android

Keterangan:

- (a) Tampilan Aplikasi gagal Login (*Force Close*);
- (b) Pilihan Menu Awal;
- (c) Pilihan Opsi Set Kontrol;
- (d) Pilihan Opsi Set *Wifi*.
- (e) Pilihan Opsi Kontrol Manual;
- (f) Pilihan Opsi Grafik Database;
- (g) Pilihan Opsi Grafik Database.

Pada Tabel 2. ditampilkan hasil pengujian respon tombol ketika ditekan.

Tabel 2. Tabel Hasil *Delay* Respon Robot Ketika Ditekan Salah Satu Tombol

No.	Tombol	Rata-Rata <i>Delay</i>
1	↑	2,25
2	↓	1,79
3	←	1,602
4	→	1,64
5	□	1,654

Pada pengujian tombol tersebut terdapat delay kurang rata-rata 1,79 detik. Namun delay juga akan bertambah tergantung dengan konektivitas jaringan *wifi* yang digunakan. Hal ini dikarenakan data logika tombol yang di klik melalui aplikasi akan dikirim ke database yang kemudian modul wemos robot mengambil data tersebut dan menjalankan perkondisian yang berlaku sesuai logika yang diterima.

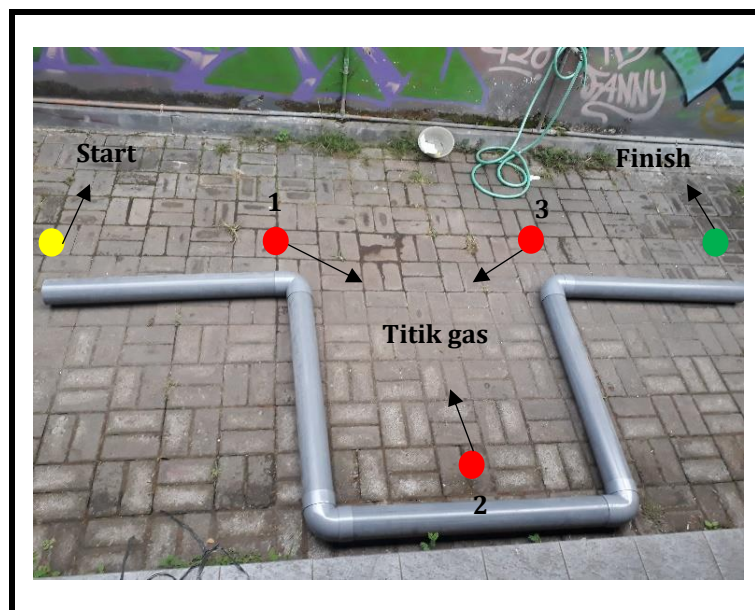
Respon robot ketika mendapat nilai kadar gas besar dari 20 ppm maka robot akan berhenti bergerak dan membunyikan *buzzer* selama 1 detik kemudian mati selama 1 detik. Nyala *buzzer* akan diulang terus menerus hingga nilai kadar gas disekitar robot kecil dari 20 ppm. Pengujian dilakukan dengan cara memberi gas disekitar sensor dengan jarak tidak lebih dari 2cm.

Ketika berhenti robot akan mengirimkan data-data dari sensor gas dan *rotary encoder* ke *thingspeak* kemudian setelah 20 detik data dari *thingspeak* akan ter-update. Jika nilai kadar gas masih diatas 20 ppm maka robot akan berhenti dan menyalakan *buzzer* hingga nilai kadar gas berada dibawah 20 ppm. Ketika kadar gas di bawah 20 ppm robot akan menjalankan perintah terakhir sebelum sensor gas mendeteksi gas. Sebagai contoh perintah yang diberikan sebelumnya adalah sistem *pipe following* ketika diberi gas robot akan berhenti. Ketika nilai kadar gas berada dibawah 20 ppm maka robot akan kembali menjalankan sistem *pipe following*. Ketika nilai kadar gas bernilai 20 ppm data yang dikirim ke *firebase* akan berhenti/dijeda dalam waktu 20 detik.

Berdasarkan hasil pengujian robot dapat berjalan sesuai perintah tombol yang ditekan dalam aplikasi dan data-data dapat dikirimkan ke database sesuai dengan data yang didapat sensor.

### 3.2. Hasil dan Analisis Pengujian Hardware

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan jenis kontrol yang lebih efisien antara kendali otomatis dan kendali manual. pengujian dilakukan dengan membandingkan beberapa parameter pada sebuah trek/arena robot berupa pipa seperti gambar 6. Parameter yang dibandingkan yaitu waktu tempuh, jarak tempuh node yang terdeteksi (titik lokasi gas), dan *memory* yang terpakai.



Gambar 6. Lintasan dan Lokasi Titik Gas

Pengujian awal dilakukan dengan mencoba waktu tempuh selama robot bergerak dari titik *start* menuju titik *finish*. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Waktu Tempuh Robot

No	Parameter	Manual					Otomatis					
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	Waktu Tempuh (s)	72,14	70,02	75,90	62,56	75,09	91,79	94,62	90,27	87,45	89,98	
		Rata-rata Manual				71,14	Rata-rata Otomatis				90,82	

Berdasarkan hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa waktu tempuh robot dari titik start menuju finish lebih cepat menggunakan sistem kendali manual hal ini dikarenakan pada kendali otomatis robot terkadang sering melakukan kesalahan dalam menjalankan perkondisian.

Tahap selanjutnya adalah menguji respon robot ketika mendeteksi gas pada titik 1 yang ada pada lintasan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Pengujian Perbandingan Respon Robot berdasarkan Kontrol Manual

No.	Parameter	Manual										Rata-Rata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Waktu Tempuh (s)	6,17	5,74	5,12	6,64	5,95	5,52	5,98	6,17	6,41	6,22	5,35
2	Jarak Tempuh (m)	-	1,05	1,05	-	1,05	1,05	1,05	1,05	-	1,05	1,05
3	Respon robot berhenti	tidak	ya	ya	tidak	ya	ya	ya	ya	tidak	ya	80%
4	Memory (byte)	6.336										

**Tabel 5.** Pengujian Perbandingan Respon Robot berdasarkan Kontrol Otomatis

No.	Parameter	Otomatis										Rata-Rata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Waktu Tempuh (s)	8,02	7,68	7,21	7,64	7,59	7,25	7,89	7,71	8,14	7,52	7,66
2	Jarak Tempuh (m)	-	1,05	-	1,05	1,05	-	-	1,05	1,05	1,05	1,05
3	Respon robot berhenti	tidak	ya	tidak	ya	ya	tidak	tidak	ya	ya	ya	60%
4	Memory (byte)	7.702										

Berdasarkan hasil pengujian tersebut didapatkan bahwa waktu tempuh robot ke titik gas pertama yang berjarak 1 m dari titik start menggunakan kendali manual dan kendali otomatis memiliki perbedaan 2,23 detik. Jarak tempuh robot menuju sumber gas adalah 1,05 meter. Terdapat perbedaan antara jarak sebenarnya dengan jarak yang didapat oleh robot. Hal ini dikarenakan program yang digunakan menggunakan perhitungan jumlah *counter* yang dikali dengan keliling roda robot sehingga hasil perhitungan merupakan nilai desimal. Sedangkan untuk jumlah respon robot berhenti antara kendali manual dan kendali otomatis masing-masing yaitu 8 dan 6 kali robot berhasil berhenti atau mendeteksi kebocoran gas.





**Gambar 7.** (a) Robot Berhasil Mendeteksi Gas (b) Robot Gagal Mendeteksi Gas

Tahap akhir melakukan pengujian menjalankan robot dari titik start menuju finish dengan 3 buah lokasi gas yang berbeda. Pengujian dilakukan dengan menyemprotkan gas pada titik titik yang sudah ditentukan dan apabila robot sudah melewati titik gas maka gas dipindah ke titik selanjutnya. tersebut Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6 dan 7.

**Tabel 6.** Pengujian Berdasarkan Kontrol Manual

No.	Parameter	Manual										Rata-Rata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Waktu Tempuh (s)	85,9	92,6	91,1	86,5	89,7	89,2	85,9	86,17	91,2	86,4	89,19
2	Jarak Tempuh (m)	5,25	5,67	5,46	5,25	5,46	5,46	5,25	5,25	5,46	5,25	5,38
3	Titik yang terdeteksi	2	3	3	2	3	3	2	2	3	2	2,6
4	Memory (byte)	6.428										

**Tabel 7.** Pengujian Berdasarkan Kontrol Otomatis

No.	Parameter	Otomatis										Rata-Rata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Waktu Tempuh (s)	104,67	102,78	110,82	109,93	102,44	103,76	109,48	111,76	105,94	109,33	106,1489
2	Jarak Tempuh (m)	6,3	6,3	5,88	5,88	6,3	7,46	5,88	5,88	6,3	5,88	6,13
3	Titik yang terdeteksi	1	1	2	2	1	3	2	2	1	2	1,4
4	Memory (byte)	7.712										

Berdasarkan hasil pengujian dengan memberikan gas pada 3 titik berbeda untuk kendali manual berhasil mendeteksi gas rata-rata sebanyak 2-3 titik gas dengan waktu antara 85-92 detik. Sedangkan untuk kendali otomatis jumlah deteksi titik gas rata-rata 1-2 titik dari total 3 titik gas dalam waktu 102-110 detik. Perbandingan jarak tempuh robot menggunakan kendali otomatis lebih besar dari pada kendali manual. Hal ini dikarekan kesalahan robot saat membaca dan melakukan logika perkondisian robot.

Panjang lintasan adalah 5 meter namun pembacaan nilai yang didapat melebihi 5 meter karena robot tidak selalu berjalan mengikuti pipa. Perhitungan nilai tersebut didapat dari semua pergerakan robot termasuk kesalahan saat bergerak. Sebagai contoh ketika

menjalankan kendali *pipe following* robot melakukan kesalahan dalam berbelok sehingga robot perlu dikembalikan ke jalur yang benar. Jarak pindah robot ketika melakukan kesalahan belok tersebut juga terhitung oleh sensor sehingga nilainya berbeda dengan panjang jalur.

Respon robot ketika mendapat nilai kadar gas besar dari 20 ppm maka robot akan berhenti bergerak dan membunyikan *buzzer* selama 1 detik kemudian mati selama 1 detik. Nyala *buzzer* akan diulang terus menerus hingga nilai kadar gas disekitar robot kecil dari 20 ppm. Pengujian dilakukan dengan cara memberi gas disekitar sensor dengan jarak tidak lebih dari 2cm.

Ketika berhenti robot akan mengirimkan data-data dari sensor gas dan *rotary encoder* ke *thingspeak* kemudian setelah 20 detik data dari *thingspeak* akan ter-update. Jika nilai kadar gas masih diatas 20 ppm maka robot akan berhenti dan menyalakan *buzzer* hingga nilai kadar gas berada dibawah 20 ppm. Ketika kadar gas di bawah 20 ppm robot akan menjalankan perintah terakhir sebelum sensor gas mendeteksi gas. Sebagai contoh perintah yang diberikan sebelumnya adalah sistem *pipe following* ketika diberi gas robot akan berhenti. Ketika nilai kadar gas berada dibawah 20 ppm maka robot akan kembali menjalankan sistem *pipe following*. Ketika nilai kadar gas bernilai 20 ppm data yang dikirim ke *firebase* akan berhenti/dijeda dalam waktu 20 detik.



Gambar 8. Respon Robot Ketika diberi Gas

Berdasarkan hasil pengujian robot dapat berjalan sesuai perintah tombol yang ditekan dalam aplikasi dan data-data dapat dikirimkan ke database sesuai dengan data yang didapat sensor.

#### 4. Kesimpulan

Pada perancangan dan pembuatan robot pendeteksi kebocoran gas dengan kendali manual dan *android* komponen elektronik yang digunakan yaitu Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama dan Wemos D1 mini sebagai mikrokontroler komunikasi jarak jauh. Kemudian ada 3 jenis sensor yang digunakan yaitu sensor ultrasonik, sensor gas dengan tipe MQ-02, dan *rotary encoder* (*speed sensor*). Robot ini menggunakan batterai 12v dan dilengkapi dengan aplikasi android yang dapat diinstall pada handphone dengan versi android 7.0 ke atas. Melalui aplikasi tersebut semua kontrol robot dilakukan. Terdapat 2 buah data yang disimpan ke dalam database yaitu data pembacaan kadar gas disekitar robot serta nilai perpindahan robot serta terdapat tombol reset dan on/off untuk penunjang alat.

Robot dapat bergerak mengikuti pipa dengan sistem kendali *pipe following* dengan bantuan dari 4 buah sensor ultrasonik. Pada sistem yang dirancang dan telah dibuat, sensor ultrasonik yang diletakan pada bagian depan robot, dan kanan robot. 1 buah ultrasonik bagian depan membaca jarak didepan robot sehingga ketika terdapat halangan robot akan berbelok ke kiri. 2 buah ultrasonik bagian kanan untuk menyesuaikan posisi robot agar bergerak lurus mengikuti pipa dibagian kanan. Sedangkan data dari 1 buah sensor ultrasonik dengan posisi

menghadap serong kanan digunakan untuk pembatas agar robot ketika berbelok ke kiri tidak menabrak ke dinding.

Terdapat 2 buah tipe kontrol yang dapat dipilih dari menu aplikasi untuk menggerakkan robot. Tombol "MANUAL" akan menggerakkan robot dengan kendali manual/*remote control* dan tombol "OTOMATIS" untuk menggerakkan robot secara otomatis melalui kendali *pipe following*. Kendali manual dilakukan dengan menekan 5 buah jenis tombol yang ada pada aplikasi yaitu tombol maju, mundur, kiri, kanan, dan *stop*. Ketika tombol maju ditekan maka robot akan bergerak maju, ketika tombol kiri ditekan maka robot akan berbelok ke kiri. Ketika tombol kanan ditekan maka robot akan berbelok ke kanan. Ketika tombol mundur ditekan maka robot akan bergerak mundur. Ketika tombol *stop* ditekan maka robot akan berhenti.

## References

- [1] R. Arindya, *Efektivitas organisasi tata kelola minyak dan gas bumi*. Media Sahabat Cendekia, 2019.
- [2] "Gas Alam | Indonesia Investments." <https://www.indonesia-investments.com/id/bisnis/komoditas/gas-alam/item184?> (accessed Aug. 30, 2022).
- [3] D. S. Priyarsono, M. Tambunan, and M. Firdaus, "Perkembangan konsumsi dan penyediaan energi dalam perekonomian Indonesia," *IJAE (Jurnal Ilmu Ekonomi Pertanian Indonesia)*, vol. 1, no. 02, 2012.
- [4] I. Kurniaty and H. Hermansyah, "Potensi Pemanfaatan Lpg (Liquefied Petroleum Gas) sebagai Bahan Bakar Bagi Pengguna Kendaraan Bermotor," *Prosiding Semnastek*, 2016.
- [5] Y. Ilmansyah, N. A. Mahbubah, and D. Widyaningrum, "Penerapan Job Safety Analysis sebagai Upaya Pencegahan Kecelakaan Kerja dan Perbaikan Keselamatan Kerja di PT Shell Indonesia," *PROFISIENSI: Jurnal Program Studi Teknik Industri*, vol. 8, no. 1, pp. 15–22, 2020.
- [6] A. Pinandito, "Penentuan Ukuran Pipa Berdasarkan Laju Alir Maksimum Terjadi Erosi Dengan Persamaan Erosional Flow Pada Pipa Salur Sumur X Lapangan Y," 2021.
- [7] E. Nebath, D. Pang, and J. O. Wuwung, "Rancang Bangun Alat Pengukur Gas Berbahaya CO Dan CO2 di Lingkungan Industri," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 3, no. 4, pp. 65–72, Oct. 2014, doi: 10.35793/JTEK.3.4.2014.6012.
- [8] S. Utomo, "Bahan berbahaya dan beracun (B-3) dan keberadaannya di dalam limbah," *Jurnal Konversi*, vol. 1, no. 1, 2012.
- [9] R. Braunstingl, J. Mujika, and J. P. Uribe, "Wall following robot with a fuzzy logic controller optimized by a genetic algorithm," *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, vol. 5, pp. 77–82, 1995, doi: 10.1109/FUZZY.1995.410047.
- [10] S. K. Risandriya and F. R. Pakpahan, "Robot Patroli Gas LPG pada Pipa Berbasis Logika Fuzzy," *Jurnal Integrasi*, vol. 6, no. 2, pp. 134–139, 2014.
- [11] M. Ciszewski, M. Waclawski, T. Buratowski, M. Giergiel, and K. Kurc, "Design, modelling and laboratory testing of a pipe inspection robot," *Archive of Mechanical Engineering*, pp. 395–407, 2015.

