

**ANALISIS PEMBUATAN ALAT SENSOR GAS UNTUK
MENCARI TITIK KOORDINAT PUSAT GAS**



Disusun Oleh:

N a m a : Aji Aryo Adiguna
NIM : 16523138

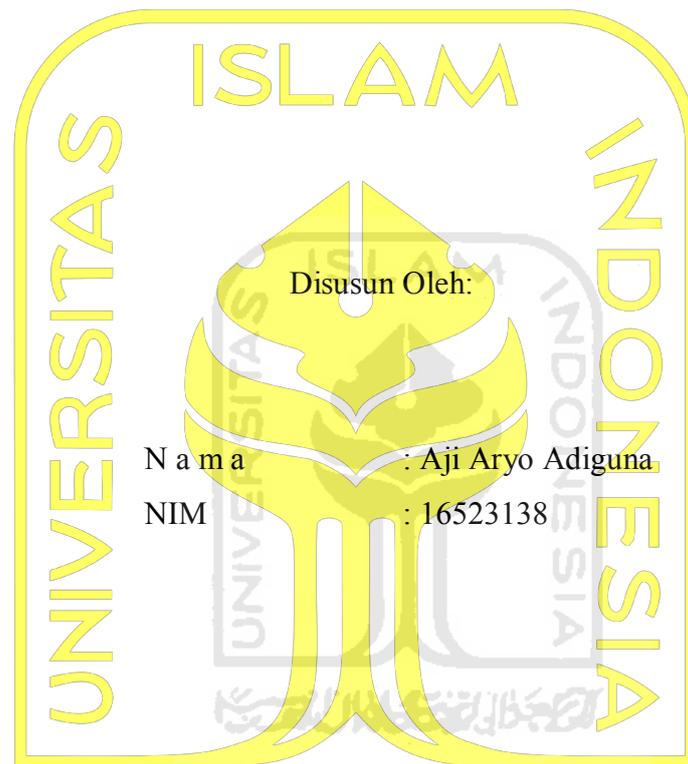
**PROGRAM STUDI INFORMATIKA – PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2021

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

ANALISIS PEMBUATAN ALAT SENSOR GAS UNTUK
MENCARI TITIK KOORDINAT PUSAT GAS

TUGAS AKHIR



الجامعة الإسلامية
Yogyakarta, 11 Januari 2021

Pembimbing I,

Pembimbing II,

(Dr. Mukhammad A Setiawan, S.T., M.Sc.)

(Fayruz Rahma, S.T., M.Eng.)

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

ANALISIS PEMBUATAN ALAT SENSOR GAS UNTUK MENCARI TITIK KOORDINAT PUSAT GAS

TUGAS AKHIR

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer dari Program Studi Informatika – Program Sarjana di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 11 Januari 2021

z

Tim Penguji

Dr. Mukhammad A Setiawan, S.T., M.Sc.

Anggota 1

Dr. Yudi Prayudi, S.SI., M.Kom

Anggota 2

Fayruz Rahma, S.T., M.Eng.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Informatika – Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



(Dr. Raden Teduh Dirgahayu, S.T., M.Sc.)

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aji Aryo Adiguna

NIM : 16523138

Tugas akhir dengan judul:

ANALISIS PEMBUATAN ALAT SENSOR GAS UNTUK MENCARI TITIK KOORDINAT PUSAT GAS

Menyatakan bahwa seluruh komponen dan isi dalam tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, tugas akhir yang diajukan sebagai hasil karya sendiri ini siap ditarik kembali dan siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini dibuat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Balikpapan, 11 Januari 2021



(Aji Aryo Adiguna)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Sujud syukurku kusembahkan kepadaMu ya Allah, Tuhan Yang Maha Agung dan Maha Tinggi. Atas rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik meskipun dengan banyak kendala yang dihadapi.

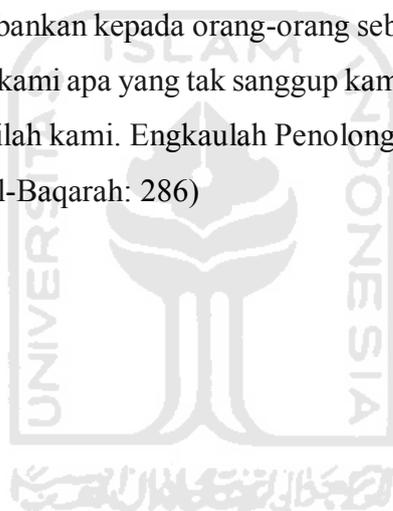
Skripsi ini saya persembahkan untuk ayah saya Agus Syahroni dan ibu saya Umiati yang telah mengisi dunia saya dengan begitu banyak kebahagiaan sehingga seumur hidup tidak cukup untuk menikmati semuanya. Terima kasih atas support yang diberikan kepada saya. Dan selanjutnya untuk kakak dan adek saya Ayu Astuti Agustiningtyas, Adib Mahfud Rosyidi dan Anggun Aulia Adiputri beserta keponakan saya Anaya Almaira Rasyid atas bantuan dan doa yang telah diberikan. Saya menyadari bahwa hasil karya skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, tetapi saya harap dapat digunakan dan bermanfaat untuk semua orang.



HALAMAN MOTO

“Jangan membenci siapapun, tak peduli seberapa banyak kesalahan yang mereka lakukan terhadapmu. Hiduplah dengan rendah hati, tak peduli seberapa banyak kekayaanmu. Berpikirlah positif, tak peduli seberapa keras kehidupan yang kamu jalani. Berikanlah banyak, meskipun menerima sedikit. Tetaplah menjalin hubungan dengan orang-orang yang telah melupakanmu, maafkanlah orang yang berbuat salah padamu, dan jangan berhenti mendoakan yang terbaik untuk orang yang kau sayangi”. (Ali bin Abi Thalib)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Ia mendapat pahala (dari kebajikan) yang diusahakannya dan ia mendapat siksa (dari kejahatan) yang dikerjakannya. (Mereka berdoa): "Ya Tuhan kami, janganlah Engkau hukum kami jika kami lupa atau kami tersalah. Ya Tuhan kami, janganlah Engkau bebankan kepada kami beban yang berat sebagaimana Engkau bebankan kepada orang-orang sebelum kami. Ya Tuhan kami, janganlah Engkau pikulkan kepada kami apa yang tak sanggup kami memikulnya. Beri maaflah kami; ampunilah kami; dan rahmatilah kami. Engkaulah Penolong kami, maka tolonglah kami terhadap kaum yang kafir”. (Q.S Al-Baqarah: 286)



KATA PENGANTAR

Pertama-tama saya ucapkan banyak bersyukur kepada Allah SWT karena dapat menyelesaikan skripsi sebagai tugas akhir saya. Disusunnya skripsi ini bertujuan untuk memberi manfaat kepada orang sekitar saya bahwa ini dapat mencegah kecelakaan terutama yang diakibatkan oleh gas.

Karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman dalam meneliti banyak kekurangan dalam mengerjakan skripsi. Keterbatasan waktu dan ruang karena pandemic COVID-19 yang terjadi saat mengerjakan penelitian ini sangat berpengaruh untuk mendapatkan data di lapangan. Tapi, pada akhirnya peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Dengan selesainya penelitian ini karena adanya dukungan dan doa dari banyak pihak. Saya ucapkan terima kasih sebesar-besarnya terutama kepada kedua orang tua saya Agus Syahroni dan Umiati, saudara kandung yang tercinta dan teman-teman saya yang selalu mendukung saya.

Harapan dari hasil penelitian ini, hasilnya akan berguna dan dapat digunakan dengan semestinya. Dapat membantu banyak masyarakat dalam menanggulangi kecelakaan yang diakibatkan oleh kebocoran gas.

Balikpapan, 11 Januari 2021



(Aji Aryo Adiguna)

SARI

Sensor gas merupakan perangkat elektronik yang dapat digunakan sebagai pendeteksi keberadaan gas di sekitar sensor. Pada ruangan tertutup keberadaan gas bisa sangat berbahaya karena dapat menimbulkan kecelakaan yang tidak diinginkan. Keberadaan gas dapat dideteksi oleh sensor dengan memberikan perubahan pada nilai ppm (Part Per Million) yang ditampilkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mencari titik koordinat kebocoran gas menggunakan metode triangulasi. Data yang digunakan merupakan data yang didapat dari sebuah alat Internet of Things pendeteksi gas yang dibuat menggunakan sensor gas MQ-2 yang terhubung dengan Arduino UNO dan output yang dihasilkan akan ditampilkan menggunakan Arduino IDE yang akan di-*install* di dalam sebuah raspberry pi. Output dari penelitian ini adalah sebuah formula berupa titik koordinat x dan y yang diperoleh dari hasil perhitungan dengan membandingkan jarak nyata dan jarak yang didapatkan dari perhitungan menggunakan metode triangulasi.

Kata kunci: Triangulasi, Arduino UNO, Raspberry pi, sensor MQ-2.



GLOSARIUM

Analog Digital Converter	Perangkat elektronika yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital.
Cloud Computing	Sebuah proses pengolahan daya komputasi melalui jaringan internet yang memiliki fungsi agar dapat menjalankan program melalui komputer yang telah terkoneksi satu sama lain pada waktu yang sama.
Database	Basis data yang terkumpul di dalam komputer secara sistematis dan diolah menggunakan program komputer.
Datasheet	Dokumen yang berisi ringkasan kinerja dan karakteristik lain dari komponen, subsistem atau perangkat lunak yang cukup terinci.
Embedded System	Sistem benam atau sistem tertanam.
File CSV	Suatu format data dalam basis data di mana setiap record dipisahkan dengan tanda koma (,) atau titik koma (;).
Framework	Kerangka kerja.
Front end	Bertugas untuk memindahkan desain dari UI ke dalam bentuk yang interaktif dan membuat desain tersebut menjadi hidup.
Hardware	Semua komponen komputer yang berfungsi untuk mengolah data pada proses komputerisasi sesuai dengan instruksi yang telah ditentukan.
IDE	Lingkungan pembangunan terpadu suatu program komputer yang memiliki beberapa fasilitas yang diperlukan dalam pembangunan perangkat lunak.
Internet of things	Proses untuk mengubah berkas kode program dengan berkas lain yang terkait menjadi berkas yang siap untuk dieksekusi oleh sistem operasi secara langsung.
Jack Power	Konektor untuk memberikan daya.
Output	Hasil yang dicapai.
Part Per Million	Bagian per sejuta.
Platform	Sebuah program, rencana kerja, sebuah pernyataan dari kelompok.
Port Ethernet	Salah satu kategori Local Area Network (LAN).
Script	Suatu kode yang digunakan untuk menerjemahkan setiap perintah dalam website.

Single Board Computer	Komputer yang lengkap dibangun pada papan sirkuit tunggal.
Spreadsheet	Sebuah program komputer yang digunakan untuk menyimpan, menampilkan, serta mengolah data dalam bentuk baris dan kolom.
Software	Data yang diprogram, disimpan, dan diformat secara digital dengan fungsi tertentu.
Word Processing	Pengolahan kata.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
HALAMAN MOTO.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SARI.....	viii
GLOSARIUM.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Usulan Penyelesaian.....	3
1.6 Metode Penelitian.....	3
1.6.1 Perencanaan.....	3
1.6.2 Desain Alat.....	4
1.6.3 Implementasi dan Pengujian.....	4
1.6.4 Analisis Hasil Pengambilan Data.....	4
1.6.5 Pembuatan Laporan.....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Penelitian Terkait.....	6
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.1 Internet of Things.....	7
2.2.2 Raspberry pi.....	11
2.2.3 Arduino.....	12
2.2.4 CSV.....	14
2.2.5 Metode Triangulasi.....	14
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Perencanaan.....	18
3.2 Desain Alat.....	18
3.3 Implementasi dan Pengujian.....	25
3.4 Analisis Hasil Pengukuran.....	26
3.5 Pembuatan Laporan.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Perancangan sistem.....	27
4.1.1 Perangkat Keras.....	27
4.1.2 Perangkat Lunak.....	29
4.2 Evaluasi Sistem.....	30
4.3 Pengambilan Data.....	31
4.3.1 Pengujian sensor A.....	32
4.3.2 Pengujian sensor B.....	34

4.3.3 Pengujian sensor C.....	35
4.3.4 Pengujian sensor D	36
4.4 Pembahasan.....	38
4.4.1 Pengujian sensor	38
4.4.2 Perhitungan.....	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terkait.....	6
Tabel 4.1 Data Sensor Normal.....	31
Tabel 4.2 Data Sensor A.....	33
Tabel 4.3 Data Sensor B.....	34
Tabel 4.4 Data Sensor C.....	35
Tabel 4.5 Data Sensor D.....	37
Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Sensor A dan B.....	41
Tabel 4.7 Perbandingan Hasil Sensor C dan D.....	41
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Acak Tanpa Data Sampel.....	42



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Internet of Things	8
Gambar 2.2 Sensor MQ-2	9
Gambar 2.3 Konektivitas Perangkat IoT.....	10
Gambar 2.4 Cloud Computing	10
Gambar 2.5 Raspberry Pi 3 Model B+.....	11
Gambar 2.6 GPIO	12
Gambar 2.7 Jenis Operating Sistem	12
Gambar 2.8 Arduino UNO.....	13
Gambar 2.9 Corntoh Interface Arduino IDE	14
Gambar 2.10 Contoh Kurva.....	15
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	17
Gambar 3.2 Skema Modul Arduino dan Sensor MQ-2.....	18
Gambar 3.3 Arduino.ino	23
Gambar 3.4 read_series.py	24
Gambar 3.5 Potongan Script Arduino.ino	25
Gambar 3.6 Alur Kerja	26
Gambar 4.1 Rangkaian Keseluruhan Alat	28
Gambar 4.2 Rangkaian Arduino UNO	28
Gambar 4.3 Rangkaian Raspberry Pi 3 B+	28
Gambar 4.4 Posisi Letak Sensor.....	29
Gambar 4.5 Software Arduino IDE.....	29
Gambar 4.6 Output PPM pada Arduino IDE	30
Gambar 4.7 Data yang Tersimpan di Files CSV.....	30
Gambar 4.8 Data Sensor Normal	32
Gambar 4.9 Data Sensor A	34
Gambar 4.10 Data Sensor B	35
Gambar 4.11 Data Sensor C	36
Gambar 4.12 Data Sensor D	37
Gambar 4.13 Jarak Antara Sensor dengan Gas.....	38
Gambar 4.14 Kurva Awal.....	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri yang semakin berkembang pesat pada saat ini khususnya industri kimia membuat bertambah banyaknya pipa yang dibutuhkan oleh sebuah perusahaan untuk meningkatkan produksinya. Kondisi ini membuat sulit mengetahui jika terjadi kebocoran gas pada pipa maupun tabung gas yang berada di area industri tersebut. Gas tersebut biasanya mengandung gas yang mudah terbakar dan sangat berbahaya jika dihirup oleh pekerja maupun masyarakat di sekitar industri. Kebocoran gas yang pada umumnya terjadi karena kerusakan atau bahkan tabung gas yang mengalami kebocoran. Oleh sebab itu, kebocoran gas dapat terjadi kapan saja tanpa sepengetahuan pekerja di dalam ruangan tersebut. Hal ini menyebabkan pekerja mendapat kesulitan untuk mendeteksi dan mengetahui titik sumber kebocoran gas yang sedang terjadi, sehingga pencegahan tidak dapat dilakukan secara cepat. Pada intinya, ledakan dapat dihindari apabila adanya pencegahan yang dilakukan sejak dini, saat gas keluar atau pada saat sumber kebocoran gas terjadi melalui tabung, regulator dan sambungan antara pipa gas (Rimbawati, Heri, Ridho, dan Ardiansyah, 2019).

Keselamatan kerja merupakan hal yang paling pokok yang harus diperhatikan di setiap perusahaan industri. Kecelakaan dan kondisi kerja yang tidak aman berakibat pada luka-luka, penyakit, cacat, bahkan kematian pada pekerja, serta hilangnya efisiensi dan produktivitas pekerja dan perusahaan (Latief, 2019). Kasus kebocoran gas sendiri telah beberapa kali terjadi di dunia seperti kasus kebocoran yang terjadi pada tanggal 23 Agustus 2010 di Theodore, Alabama, menyebabkan lebih dari 120 orang membutuhkan perawatan medis dan 4 orang harus dirawat di rumah sakit (Departement of Justice, 2015).

Sumber kebocoran tangki pabrik gas kimia LG Polymers asal Korea Selatan di Visakhapatnam, India menewaskan 11 orang pada Kamis (7/5). Ratusan orang lainnya terluka, namun sudah mendapat perawatan di rumah sakit. Menteri Industri, Perdagangan, dan Teknologi Informasi Negara Bagian Andhra Pradesh India, Mekapati Goutham Reddy memperkirakan hampir 1.000 orang yang terpapar langsung gas yang bocor, di mana sekitar 20 persen sampai 25 persen kritis lalu dilarikan ke rumah sakit. Menurut Reddy, orang-orang yang terpapar gas merupakan mereka yang tinggal di sekitar pabrik (CNN, 2020).

Di Indonesia sendiri kasus kebocoran gas sering terjadi pada pada sebuah industri kimia, Seperti pada tanggal 28 Januari 2020 di pabrik gas Sukawangi terjadi kebocoran selang gas yang menyebabkan kebakaran dan menyebabkan korban berjumlah 7 orang yang membutuhkan perawatan medis (Sinulingga, 2020).

Salah satu cara untuk mendeteksi keberadaan gas adalah menggunakan sensor gas yang terhubung ke perangkat Internet of Things. Keberadaan sensor merupakan pembeda yang membuat Internet of Things menjadi unik karena dengan adanya sensor yang dapat mendefinisikan instrumen, dan mengubah Internet of Things yang awalnya merupakan jaringan standar dan cenderung pasif dalam suatu perangkat menjadi suatu sistem aktif yang mampu digunakan untuk mengumpulkan data-data dari area di sekitarnya.

Berdasarkan beberapa masalah, peneliti akan membuat sebuah alat menggunakan sensor MQ-2 yang terhubung dengan Arduino UNO dan hasil output akan ditampilkan menggunakan Arduino IDE yang akan di-*install* di dalam sebuah Raspberry PI dan output dari penelitian ini adalah sebuah formula yang diharapkan dapat digunakan untuk menemukan titik koordinat sumber gas menggunakan metode perhitungan triangulasi. Pada penelitian ini akan dibuat sebuah alat berbasis raspberry pi dan aplikasi mikrokontroler arduino IDE yang digunakan untuk mengambil sampel yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan guna mencari titik sumber gas menggunakan metode perhitungan triangulasi. Data yang telah didapat akan tersimpan ke dalam *database* yang pada penelitian ini menggunakan file CSV. Hasil dari penelitian ini akan berupa sebuah formula yang dapat digunakan untuk menemukan titik koordinat sumber gas secara cepat agar dapat dilakukan penanganan atau pencegahan awal yang lebih tepat yang diharapkan dapat meminimalisir kecelakaan kerja yang sering terjadi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan sebelumnya, diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana mencari koordinat titik sumber gas?
- b. Bagaimana memberikan solusi untuk mendeteksi sumber kebocoran gas?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

- a. Membuat formula dengan metode triangulasi untuk dapat mengetahui titik sumber gas dengan data yang ada.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. Dalam pembahasan penelitian ini, hanya akan membahas tentang perancangan alat, pengambilan data dan perhitungan untuk mencari titik sumber gas.
- b. Penelitian ini akan menggunakan Sensor MQ-2 sebagai pendeteksi gas.
- c. Menggunakan metode triangulasi sebagai metode perhitungan untuk mencari titik sumber gas.

1.5 Usulan Penyelesaian

Usulan penyelesaian yang diajukan oleh penulis yaitu membuat sebuah formula yang digunakan untuk mencari titik sumber gas menggunakan metode triangulasi berdasarkan data yang terbaca oleh sensor yang ada. Alat pendeteksi gas akan dibuat menggunakan Raspberry pi, Arduino UNO dan Sensor MQ-2.

Alat akan dirancang menggunakan Raspberry pi 3 Model B+ dan mikrokontroler Arduino IDE. Sensor MQ-2 berguna untuk mendeteksi tingkat konsentrasi kekuatan gas untuk mendapatkan data yang diperlukan. Data yang diperoleh akan digunakan untuk mencari titik koordinat sumber gas dengan metode perhitungan Triangulasi.

1.6 Metode Penelitian

Untuk menjawab rumusan masalah yang telah dipaparkan, akan dilakukan observasi pada sebuah alat pendeteksi sumber kebocoran gas dan mengambil data sampel yang akan digunakan untuk mencari titik koordinat kebocoran gas yang sedang terjadi menggunakan metode perhitungan Triangulasi.

1.6.1 Perencanaan

Untuk membuat alat Internet of Things pendeteksi gas, peneliti mempelajari penelitian terdahulu dan mencari tahu masalah-masalah kemanan sistem yang berhubungan dengan gas. Dalam mengembangkan alat pendeteksi gas ini peneliti menggunakan sensor MQ-2, Arduino UNO dan Raspberry pi. Parameter yang diukur dalam alat ini adalah tingkat konsentrasi kekuatan gas. Data-data yang didapatkan akan dilakukan perhitungan menggunakan metode perhitungan triangulasi untuk mencari titik koordinat sumber kebocoran gas.

1.6.2 Desain Alat

Pada tahap ini dilakukan proses perancangan pendeteksi gas yang dibuat menggunakan sensor gas MQ-2 yang terhubung dengan Arduino UNO dan output yang dihasilkan akan ditampilkan menggunakan Arduino IDE yang akan di-*install* di dalam sebuah raspberry pi 3 B+.

1.6.3 Implementasi dan Pengujian

Berdasarkan tahapan sebelumnya, penelitian ini akan mengambil sampel dari alat pendeteksi gas yang telah dikembangkan yang memiliki 4 sensor di setiap sudutnya. Pengujian akan dilakukan dengan meletakkan sebuah sumber gas yang digunakan untuk mengambil data yang diperlukan dalam penelitian ini. Parameter yang diukur merupakan tingkat kekuatan gas yang terbaca oleh setiap sensor sesuai waktu yang telah ditentukan.

1.6.4 Analisis Hasil Pengambilan Data

Setelah pengambilan data selesai dilakukan, peneliti akan menganalisis hasilnya. Hasil pengambilan data tersebut akan digunakan untuk mencari titik koordinat sumber gas dan berdasarkan data yang ada akan dilakukan perhitungan menggunakan metode triangulasi untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

1.6.5 Pembuatan Laporan

Pada tahap terakhir ini, peneliti menyusun laporan dan menarik kesimpulan berdasarkan rumusan masalah penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan sebuah formula untuk menentukan titik koordinat sumber gas menggunakan metode Triangulasi.

1.7 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai hal-hal yang mendasari penelitian ini. Bab ini diuraikan tentang rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan usulan penyelesaian.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan mengenai dasar-dasar teori yang digunakan pada penelitian untuk mencari titik koordinat sumber gas. Bab ini juga memuat penelitian-penelitian terkait sebelumnya sebagai rujukan penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang analisis sistem, perancangan alat untuk pengukuran dan metode pengukuran yang akan digunakan. Selain itu bab ini juga akan membahas konfigurasi yang dilakukan dalam penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai implementasi dan pengujian sistem. Selain itu bab ini akan memuat gambar secara mendetail terhadap hasil pengujian sistem. Data yang diperoleh dari pengujian sistem akan dikaji untuk menarik kesimpulan dan saran.

BAB V PENUTUP

Bab ini membahas tentang kesimpulan yang didapat dari hasil pengujian sistem pada bab sebelumnya. Selain itu bab ini juga akan membahas saran bagi penelitian sejenis selanjutnya agar lebih baik lagi.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terkait

Terdapat beberapa penelitian serupa seperti pada Tabel 2.1 yang menjadi referensi dalam pembuatan penelitian ini. Penelitian tersebut terkait dengan metode, teknologi serta parameter yang menjadi acuan untuk membuat formula guna mencari titik sumber gas yang terjadi.

Tabel 2.1 Penelitian Terkait

Nama/ Tahun	Metode	Persamaan	Hasil
Agus, Ali husein, Endah, 2010	Menggunakan metode Trilaterasi untuk mencari koordinat sebuah titik yang ingin dicari dengan melakukan perhitungan dengan 2 titik yang telah diketahui sebelumnya.	<ul style="list-style-type: none"> • Metode Perhitungan. • Hasil koordinat. • Penggunaan 3 titik untuk mencari Hasil, 	Untuk mendapatkan kuat sinyal dari setiap meter kemudian menjadikan data tersebut menjadi acuan.
Desi Nurnaningsih, 2018	Mneggunakan sensor MQ-2 untuk mencari jarak antara sensor denan kebocoran gas LPG dinyatakan dalam satuan centimeter(cm)	<ul style="list-style-type: none"> • Mikrokontroller Arduino UNO. • Sensor MQ-2 • Output alat yang didapatkan berupa nilai ppm yg digunakan untuk menentukan jarak. 	Sensor MQ-2 yang terhubung pada arduino board untuk mendeteksi gas LPG, metana, butana, dan asap rokok. Namun sensor gas mendeteksi bukan berdasarkan jarak gas yang terdeteksi melainkan bergantung pada tingkat kadar gas

			tersebut. Semakin pekat kadar gas maka akan semakin cepat pula kadar tersebut terdeteksi.
--	--	--	---

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menggunakan metode trilaterasi yang merupakan salah satu metode yang hampir sama dengan triangulasi. Metode menggunakan bentuk segitiga sebagai cara untuk menentukan titik koordinat dengan 2 titik yang telah diketahui koordinatnya dan berdasarkan koordinat tersebut dilakukan pencarian koordinat ketiga yang belum diketahui titik koordinatnya. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan kekuatan sinyal setiap meternya dan menjadikan data yang telah didapat sebagai acuan.

Penelitian selanjutnya yaitu sama dengan penelitian ini yang menggunakan mikrokontroller Arduino UNO dan sensor MQ-2 untuk mengambil data. Parameter yang diuji dengan penelitian ini yaitu untuk mengetahui jarak sensor MQ-2 dengan sumber kebocoran gas LPG.

2.2 Landasan Teori

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan beberapa teori dasar yang berkaitan dengan pembuatan alat Internet of Things dan perhitungan Triangulasi. Teori tersebut antara lain:

2.2.1 Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah seperti struktur pada Gambar 2.1 di mana objek, orang disediakan dengan identitas eksklusif dan kemampuan untuk memindahkan data melalui jaringan tanpa memerlukan koneksi dua arah antara manusia ke manusia yaitu sumber ke tujuan atau interaksi manusia ke komputer (Burange & Misalkar, 2015).

Istilah “Internet of Things” terdiri atas dua bagian utama yaitu Internet yang mengatur konektivitas dan Things yang berarti objek atau perangkat. Secara sederhana, alat Iot memiliki “Things” yang memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data dan mengirimkannya ke Internet. Data ini dapat diakses oleh “Things” lainnya juga (Joyce, 2019).



Gambar 2.1 Internet of Things

Artificial Intelligence

IoT (Internet of Things) membuat hampir semua mesin yang ada menjadi “Smart”. Ini berarti IoT bisa meningkatkan segala aspek kehidupan kita dengan pengembangan teknologi yang didasarkan pada AI. Jadi, pengembangan teknologi yang ada dilakukan dengan pengumpulan data, algoritma kecerdasan buatan, dan jaringan yang tersedia. Sebenarnya ya contohnya bisa jadi mesin yang tergolong sederhana semacam meningkatkan/mengembangkan lemari es/kulkas sehingga bisa mendeteksi jika stok susu dan sereal favorit sudah hampir habis, bahkan bisa juga membuat pesanan ke supermarket secara otomatis jika stok mau habis. Penerapan kecerdasan buatan ini memang sangatlah menarik.

Sensor

Tujuan utama sensor adalah untuk mengumpulkan data-data dari lingkungan sekitarnya. Sensor, atau yang sering disebut “things” dalam sistem IoT, membentuk ujung depan (*front end*) dari sistem. Sensor-sensor ini terhubung, baik secara langsung maupun tidak langsung, ke jaringan IoT, setelah konversi dan pemrosesan sinyal. Namun, semua sensor tidak sama dan berbeda aplikasi IoT-nya, maka beda pula jenis sensor yang digunakan. Berikut beberapa jenis sensor yang biasa digunakan:

a. Sensor Asap

Detektor asap telah digunakan dalam rumah tangga dan industri dalam kurun waktu yang cukup lama. Dengan munculnya IoT, aplikasi sensor asap ini menjadi lebih nyaman dan ramah pengguna. Selain itu, dengan menambahkan koneksi nirkabel ke detektor asap memungkinkan fitur tambahan yang meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengguna.

b. Sensor Gas

Sensor ini berguna untuk mendeteksi gas-gas beracun. Teknologi-teknologi penginderaan yang paling umum digunakan adalah elektrokimia, fotoionisasi, dan semikonduktor. Dengan ditambahkan teknik pengembangan dan spesifikasi-spesifikasi baru, ada banyak sensor gas yang tersedia, untuk membantu memperluas konektivitas kabel dan nirkabel yang digunakan dalam aplikasi IoT. Beberapa jenis sensor yang dapat digunakan untuk mendeteksi asap adalah sebagai berikut:

➤ Sensor gas/asap MQ-2

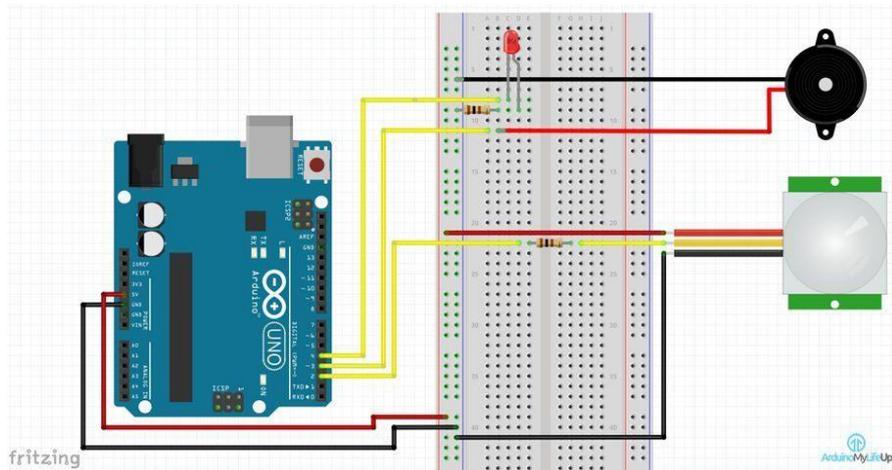
Sensor jenis ini adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas yang mudah terbakar di udara serta asap dan output membaca sebagai tegangan analog. Sensor gas asap MQ-2 seperti pada Gambar 2.2 yang dapat langsung diatur sensitivitas dengan memutar trimpotnya.



Gambar 2.2 Sensor MQ -2.

Konektivitas

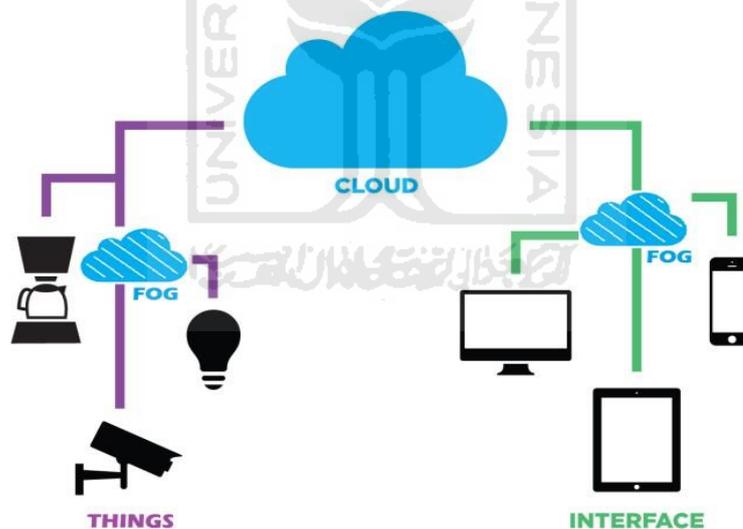
Semua dalam IoT seperti pada Gambar 2.3 ada kemungkinan untuk membuat/membuka jaringan baru, dan jaringan khusus IoT. Jadi, jaringan ini tak lagi terikat hanya dengan penyedia utamanya saja. Jaringannya tidak harus berskala besar dan mahal, bisa tersedia pada skala yang jauh lebih kecil dan lebih murah. IoT bisa menciptakan jaringan kecil tersebut di antara perangkat sistem.



Gambar 2.3 Konektivitas Perangkat IoT

Pemrosesan Data

Pemrosesan Data seperti pada Gambar 2.4 Setelah data dikumpulkan, dan sampai ke *cloud*, perangkat lunak melakukan pemrosesan pada data yang dikumpulkan.



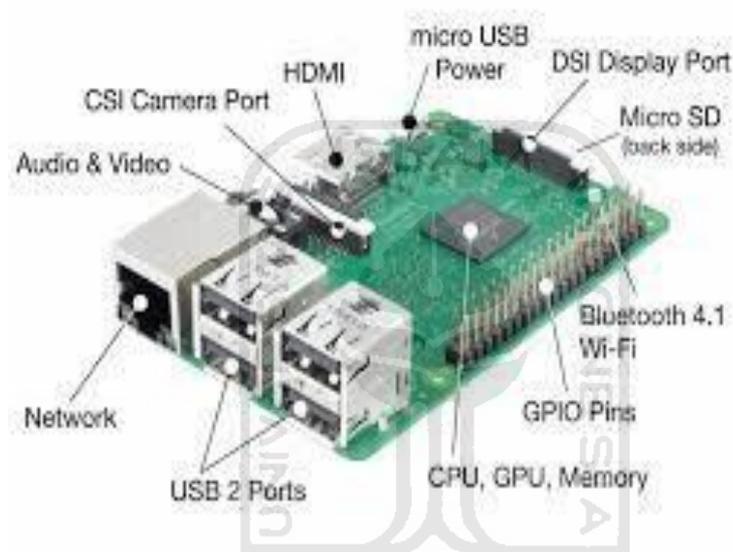
Gambar 2.4 Cloud Computing

Antarmuka Pengguna

Informasi harus tersedia bagi pengguna akhir dengan cara yang dapat dicapai dengan memicu alarm di ponsel mereka atau mengirimkannya pemberitahuan melalui email atau pesan teks.

2.2.2 Raspberry pi

Raspberry Pi seperti pada Gambar 2.5 adalah sebuah SBC (Single Board Computer) yang efisien dan efektif, dikembangkan oleh di Inggris (UK) dengan maksud untuk memicu dan memberdayakan pengajaran ilmu komputer dasar di sekolah-sekolah dan negara berkembang lainnya. Komputer Raspberry Pi dikembangkan dengan tujuan agar pengguna dapat mengeksplorasi tentang komputer, belajar bahasa pemrograman dan dapat digunakan untuk berbagai tugas tertentu seperti *games*, *word processing*, *spreadsheet*, dan juga memutar video. Dalam dunia *embedded system*, Raspberry Pi banyak digunakan dan dirancang untuk tujuan tertentu demi meningkatkan fungsi suatu sistem.



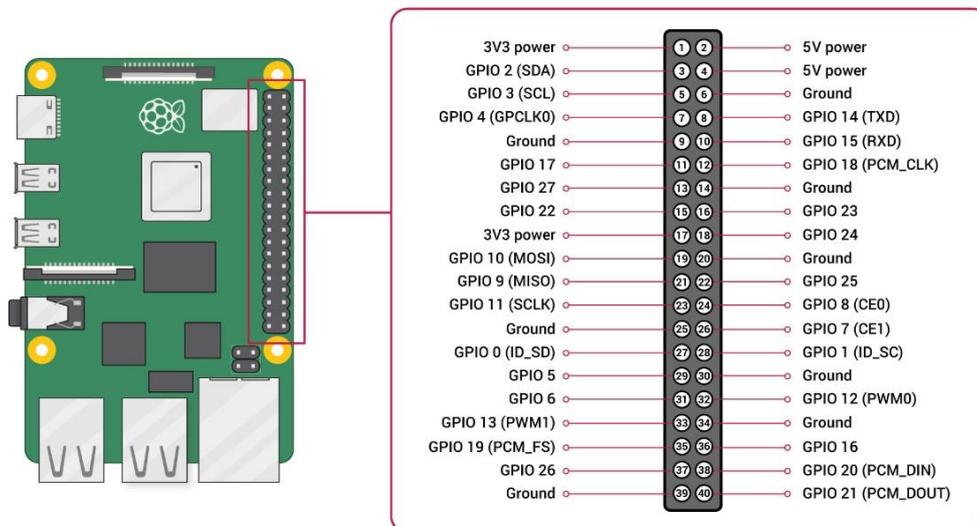
Gambar 2.5 Raspberry Pi 3 Model B+

Raspberry pi 3 mode B+

Raspberry Pi 3 Model B + diluncurkan pada 2018, minikomputer baru yang mencakup dukungan untuk 5GHz Wi-Fi, Bluetooth 4.2, dan Quad core 64-bit processor clocked at 1.4GHz. Model ini memiliki ethernet yang telah ditingkatkan dari 100Mbps ke 300 Mbps

General Purpose Input/Output(GPIO)

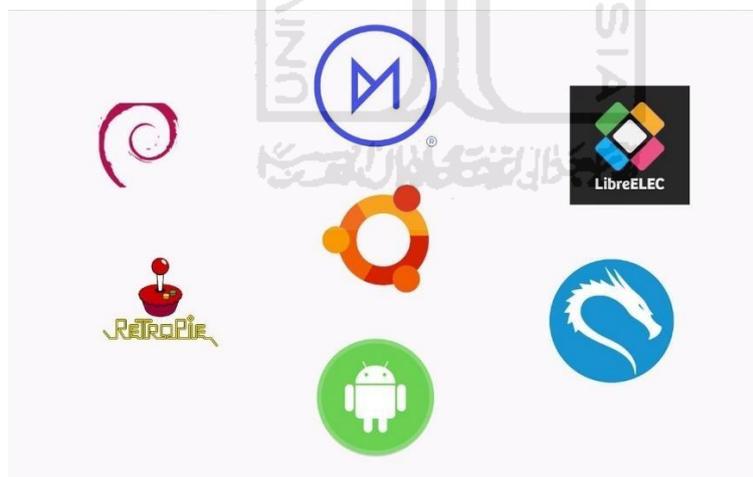
Header GPIO 40-pin seperti pada Gambar 2.6 ditemukan di semua papan Raspberry Pi saat ini sedangkan tidak ditemukan pada Pi Zero dan Pi Zero W. Sebelum Pi 1 Model B + (2014), papan terdiri dari header 26-pin yang lebih pendek



Gambar 2.6 GPIO.

Operating Sistem (OS)

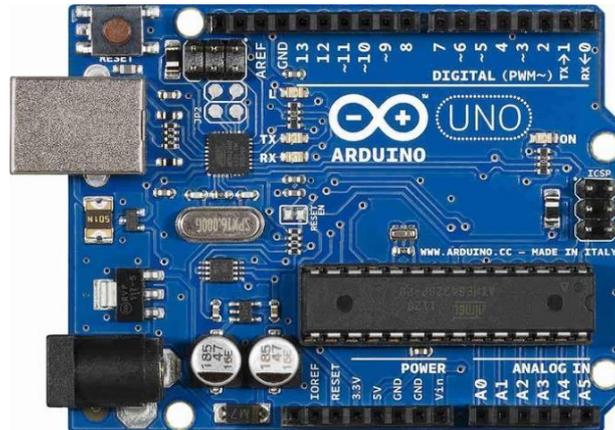
OS adalah program paling penting yang membantu mengembangkan dan menjalankan program. Seperti pada Gambar 2.7 ini memungkinkan perangkat keras untuk berkomunikasi dengan perangkat lunak untuk menghasilkan interaksi yang bermakna menggunakan sekumpulan program yang berfungsi untuk menghubungkan antara perangkat lunak (*software*) dan perangkat keras (*hardware*).



Gambar 2.7 Jenis Operating Sistem.

2.2.3 Arduino

Arduino adalah mikrokontroler *open source* yang dapat dengan mudah diprogram, dihapus dan diprogram ulang kapan saja. Diperkenalkan pada tahun 2005 platform Arduino seperti pada Gambar 2.8 dirancang untuk memberikan cara yang murah dan mudah bagi penggemar, siswa dan profesional untuk membuat perangkat yang berinteraksi dengan lingkungan mereka menggunakan sensor dan aktuator (Leo Louis, 2016).



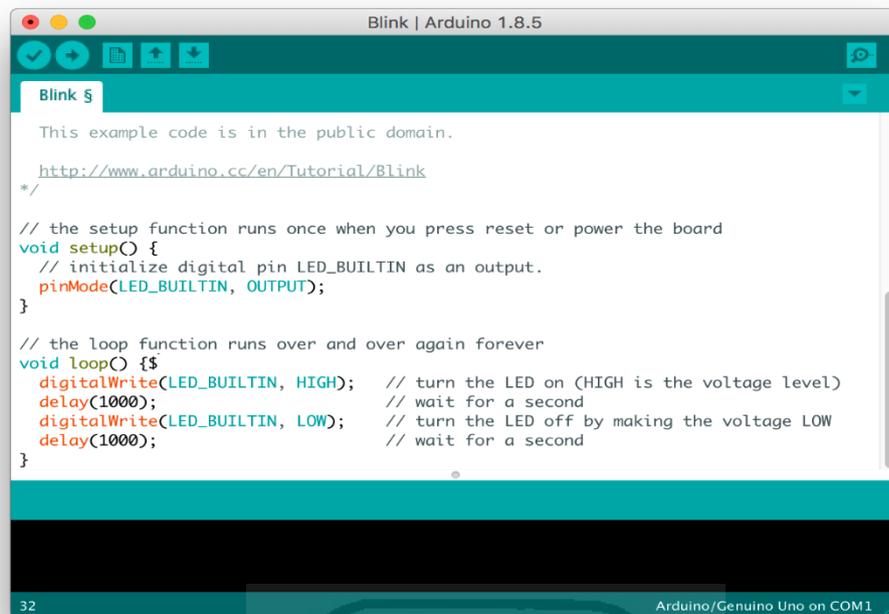
Gambar 2.8 Arduino UNO.

Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328 (*datasheet*). Memiliki 14 pin input dari output digital di mana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset.

Arduino IDE

Pada softwrenya, Arduino Uno memakai Arduino IDE. IDE itu merupakan kependekan dari Integrated Development Environment, atau secara bahasa mudahnya merupakan lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengembangan. Disebut sebagai lingkungan karena melalui *software* inilah Arduino dilakukan pemrograman untuk melakukan fungsi-fungsi yang dibenamkan melalui sintaks pemrograman. Program yang ditulis dengan menggunakan Arduino Software (IDE) seperti pada Gambar 2.9 disebut sebagai *sketch*.



```

Blink §
This example code is in the public domain.
http://www.arduino.cc/en/Tutorial/Blink
*/
// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}
// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000); // wait for a second
}
32 Arduino/Genuino Uno on COM1

```

Gambar 2.9 Contoh Interface Arduino IDE

2.2.4 CSV

File Comma Separated Values (CSV) adalah file teks biasa yang berisi daftar data. File-file ini sering digunakan untuk bertukar data antara aplikasi yang berbeda. Sebagai contoh, *database* dan manajer kontak sering mendukung file CSV.

File-file ini kadang-kadang bisa disebut Character Separated Values atau Comma Delimited files. Mereka kebanyakan menggunakan karakter koma untuk memisahkan (atau membatasi) data, tetapi terkadang menggunakan karakter lain, seperti titik koma. Idennya adalah bahwa pengguna dapat mengekspor data kompleks dari satu aplikasi ke file CSV, dan kemudian mengimpor data dalam file CSV itu ke aplikasi lain.

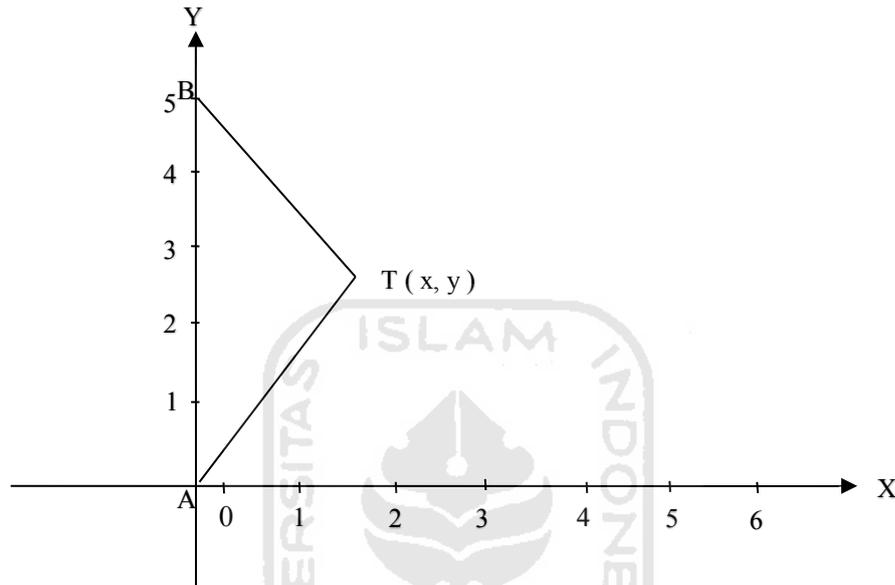
2.2.5 Metode Triangulasi

Dalam trigonometri, Konsep Triangulasi dapat diartikan sebagai proses mencari sudut antar titik serta untuk mencari koordinat dan jarak sebuah titik satu dengan yang lainnya dengan mengukur sudut antara titik tersebut dan dua titik referensi lainnya yang sudah diketahui titik posisi dan jarak antara keduanya.

Rumus yang digunakan adalah rumus untuk menghitung jarak antara 2 point
 Jarak antara antara 2 point A(x1, y2) dan B(x1, y2) (Omer, 2013).

$$\sqrt{(x1 - y1)^2 + (x2 - y2)^2} . \quad (2.1)$$

Berikut contoh kurva yang mepresentasikan sensor A(0, 0) dan B(5, 0) di kedua titiknya yang akan digunakan untuk mencari titik koordinat gas yaitu T(x,y)



Gambar 2.10 Contoh Kurva

Deskripsi:

- TA = Jarak titik T ke titik A.
- TB = Jarak titik T ke titik B.
- Z = Hasil pengurangan TA^2 dan TB^2
- T = Sumber Gas
- A = Sensor 1
- B = Sensor 2

Rumus (2.1) dapat digunakan untuk mencari titik koordinat titik T pada Gambar 2.10 dengan mencari titik koordinat (x,y). Perhitungan dilakukan dengan menghitung jarak antara titik T ke A dan dari T ke B maka didapatkan rumus sebagai berikut:

Mencari titik T(x):

Persamaan jarak antar titik T ke A.

$$\bullet \sqrt{x^2 + (y - 5)^2} = TA \longrightarrow x^2 + (y - 5)^2 = TA^2. \quad (2.2)$$

Persamaan jarak antara titik T ke B.

$$\bullet \sqrt{x^2 + y^2} = TB \longrightarrow x^2 + y^2 = TB^2. \quad (2.3)$$

Dengan mengurangi persamaan 2.2 dan 2.3 di atas akan didapat persamaan baru yang akan digunakan untuk mencari koordinat T(y):

$$\bullet (y - 5)^2 - y^2 = Z \longrightarrow -10y + 25 - y^2 = Z. \quad (2.4)$$

Untuk mencari kordinat T(x) adalah menggunakan salah satu persamaan 2.2 atau 2.3 dan mengganti setiap nilai y menggunakan hasil dari persamaan 2.4. Hasil dari kedua perhitungan di atas akan menjadi titik koordinat T(x,y)



BAB III

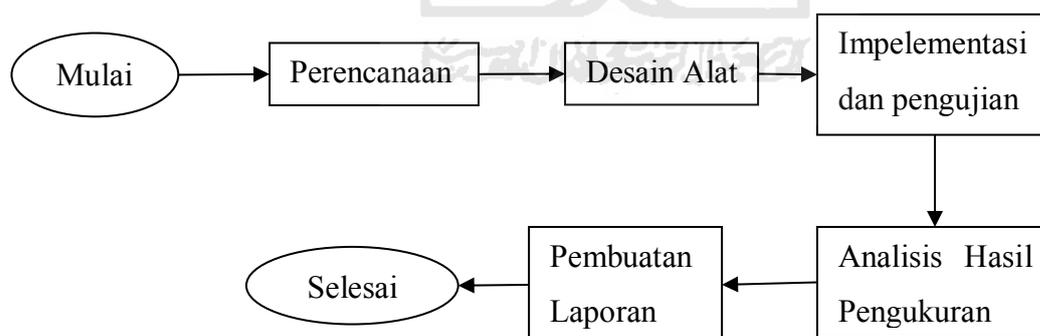
METODELOGI PENELITIAN

Metode penelitian merupakan suatu cara kerja yang diambil oleh peneliti dalam usahanya mencari, mengumpulkan dan mengelola data serta menuangkan dalam bentuk laporan penelitian. Sugiyono (2012) menyatakan bahwa:

“Metode penelitian dapat diartikan sebagai cara ilmiah untuk mendapatkan data yang valid dengan tujuan dapat ditemukan, dikembangkan, dan dibuktikan, suatu pengetahuan tertentu sehingga dapat digunakan untuk memahami, memecahkan, dan mengantisipasi masalah”.

Metode penelitian mencakup prosedur dan teknik penelitian. Metode penelitian merupakan langkah penting untuk memecahkan masalah-masalah penelitian. Dengan menguasai metode penelitian, bukan hanya dapat memecahkan berbagai masalah penelitian, namun juga dapat mengembangkan bidang keilmuan yang digeluti.

Penelitian ini akan membuat sebuah alat Internet of Things yang akan mengukur parameter berupa tingkat konsentrasi gas. Setelah data-data yang diperlukan telah didapatkan, akan dilakukan perhitungan menggunakan metode perhitungan Triangulasi untuk mencari hasil berupa titik koordinat sumber kebocoran gas. Berikut diagram penelitian pada Gambar 3.1 yang dibuat oleh peneliti.



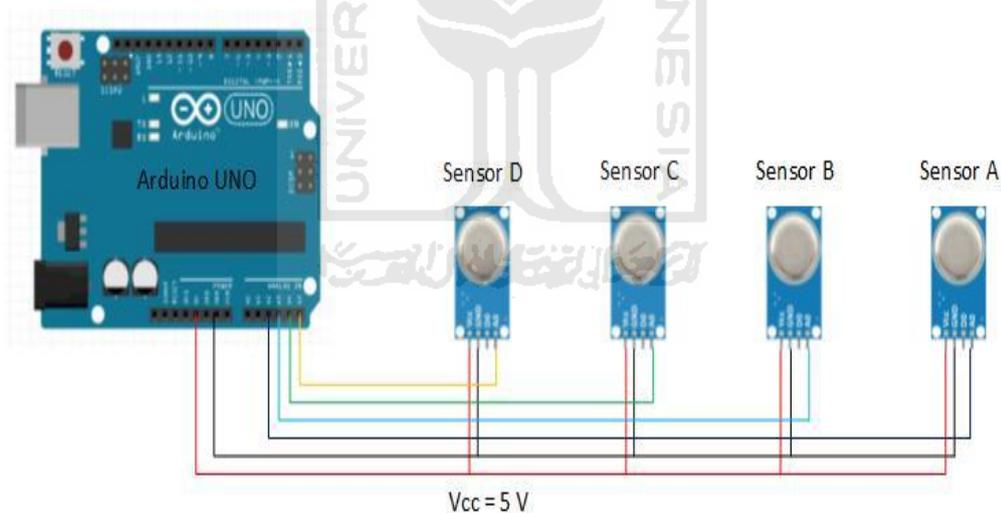
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.1 Perencanaan

Untuk membuat alat Internet of Things pendeteksi gas, peneliti mempelajari penelitian terdahulu dan mencari tahu masalah-masalah keamanan sistem yang berhubungan dengan gas. Dalam mengembangkan alat pendeteksi gas ini peneliti menggunakan sensor MQ-2, Arduino UNO dan Raspberry pi. Parameter yang diukur dalam alat ini adalah tingkat konsentrasi kekuatan gas. Data-data yang didapatkan akan dilakukan perhitungan menggunakan metode perhitungan triangulasi untuk mencari titik koordinat sumber kebocoran gas.

3.2 Desain Alat

Pada tahap ini peneliti merancang sebuah alat untuk mendeteksi konsentrasi kekuatan gas menggunakan 4 buah sensor MQ-2 yang terhubung dengan sebuah mikrokontroler Arduino UNO. Fungsi dari mikrokontroler Arduino UNO di sini adalah sebagai tempat untuk memproses data analog yang terbaca oleh sensor agar menjadi satuan ppm (Part Per Million) yang merupakan standar baku satuan untuk konsentrasi gas di udara.



Gambar 3.2 Skema Modul Arduino dan Sensor MQ-2

Proses konversi yang digunakan untuk mengkonversi output analog sensor gas agar dapat menjadi satuan ppm mengikuti persamaan konversi ADC (Analog Digital Converter) pada persamaan 3.1.

$$\text{KonversiADC} = V_{in}/V_{ref} \cdot 1024 \quad (3.1)$$

V_{in} adalah tegangan input dan V_{ref} adalah tegangan referensi.

$$X = \text{Range}/(\text{Total Bit}) \quad (3.2)$$

$$\text{PPM} = X \cdot \text{KonversiADC} \quad (3.3)$$

$$V_{in} = (5 \text{ V})/1023 \cdot \text{Output Sensor} \quad (3.4)$$

Berdasarkan datasheet, sensor MQ-2 mempunyai rentang deteksi kepekatan gas dalam udara antara 300 – 10.000 ppm. Tegangan Referensi yang akan digunakan adalah 4 V, maka akan setara dengan nilai 10.000 ppm. Sedangkan total bit yang digunakan pada mikrokontroler arduino adalah 1024. Berdasarkan persamaan 3.2, diperoleh nilai X sebagai berikut.

$$X = ((10.000-300))/1024$$

$$X = 9700/1024 = 9,47265625$$

Setelah nilai X didapatkan menggunakan persamaan 3.2 tahap selanjutnya adalah menghitung nilai PPM output dari sensor MQ-2 menggunakan persamaan 3.3. Tahap selanjutnya adalah menentukan tegangan referensi dari sensor MQ-2. Berdasarkan *datasheet*, tegangan referensi yang digunakan untuk sensor MQ-2 adalah sebesar 5 volt (Ywalitasanti,2015).

Sistem modul mikrokontroler Arduino akan bekerja apabila mendapatkan perintah angka “1” dari program aplikasi. Apabila program aplikasi mengirimkan angka “1” pada modul, maka modul akan segera aktif dan mulai melakukan proses pembacaan kepekatan pada masing-masing sensor (A, B, C, dan D).

Sensor MQ2 mampu mendeteksi gas H₂, LPG, CH₄, CO, Alkohol, Asap atau Propane. Apabila ada salah satu jenis gas yang mampu dideteksi oleh sensor gas MQ2 terdeteksi oleh sensor, modul Arduino akan secara otomatis mengirimkan hasil pembacaan kepekatan gas yang terdeteksi dalam format angka “SensorA:123”. Artinya sensor A mendeteksi gas dengan kepekatan 123 PPM, begitu untuk sensor B, C, dan D.

Format informasi yang dikirimkan oleh modul arduino ke PC adalah sebagai berikut:

Sensor A “SensorA:234” = sensor mendeteksi adanya gas dengan kepekatan 234 PPM

Sensor B “SensorB:145” = sensor mendeteksi adanya gas dengan kepekatan 145 PPM

Sensor C “SensorC:423” = sensor mendeteksi adanya gas dengan kepekatan 423 PPM

Sensor D “SensorD:310” = sensor mendeteksi adanya gas dengan kepekatan 310 PPM

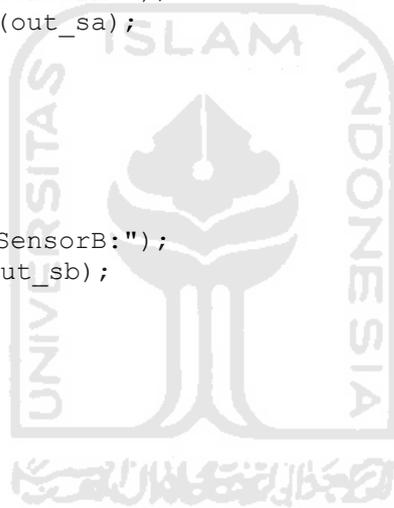
Untuk tahap selanjutnya akan dilakukan instalasi *software* Arduino IDE dan file CSV pada Raspberry pi. Fungsi dari software Arduino IDE sendiri sebagai tempat output dari hasil proses pada Arduino UNO. Proses kalibrasi juga dilakukan pada tahap ini dengan menambahkan *script* di dalam arduino IDE, proses kalibrasi menggunakan persamaan (3.1), (3.2), (3.3), dan (3.4). Hasil data yang diterima akan ditampilkan di Raspberry pi dan data yang diperlukan akan disimpan ke dalam file CSV menggunakan perintah python read-serial.py pada terminal raspberry pi. Peneliti membuat sebuah *script* seperti pada gambar Gambar 3.3 yang bernama Arduino.ino untuk melakukan kalibrasi data dan menampilkan data tersebut. Berikut *script* yang telah dibuat.



```
1. //KONSTANTA UNTUK SENSOR MQ2
2. const int sa = A5;
3. const int sb = A4;
4. const int sc = A3;
5. const int sd = A2;
6.
7. //KONSTANTA OUTPUT SENSOR
8. int out_sa;
9. int out_sb;
10. int out_sc;
11. int out_sd;
12.
13. //KONSTANTA INPUTAN DARI PC
14. char str,proses;
15.
16. //KONSTANTAN PROSES PROGRAM
17. float vsa, rsa, psa;
18. int hsla;
19.
20. float vsb, rsb, psb;
21. int hslb;
22.
23. float vsc, rsc, psc;
24. int hslc;
25.
26. float vsd, rsd, psd;
27. int hsld;
28.
29. void setup()
30. {
31. pinMode (sa, INPUT);
32. pinMode (sb, INPUT);
33. pinMode (sc, INPUT);
34. pinMode (sd, INPUT);
35.
36. proses='b';
37. Serial.begin(9600);
38.
39. }
40.
41. void loop() {
42.
43. //BACA DATA SENSOR MQ2
44. out_sa = analogRead(sa);
45. out_sb = analogRead(sb);
46. out_sc = analogRead(sc);
47. out_sd = analogRead(sd);
```

```
37. //Serial.println(out_sa);
38. //KALIBRASI SENSOR A
39. if (out_sa < 1)
40. {out_sa=0;}
41. if (out_sa > 1)
42. {
43.   vsa=(out_sa * 0.004883);
44.   rsa = ( vsa * 1024 / 4 ) ;
45.   sa = 9.47265625 * vsa;
46.   hsla=psa;
47. }
48.
49.
50. //KALIBRASI SENSOR B
50. if (out_sb < 1)
51. {out_sb=0;}
52. if (out_sb > 1)
53. {
54.   vsb=(out_sb * 0.004883);
55.   rsb = ( vsa * 1024 / 4 ) ;
56.   psb = 9.47265625 * vsb;
57.   hslb=psb;
58. }
59.
60. //KALIBRASI SENSOR C
61.   if (out_sc < 1)
66.   {out_sc=0;}
67. if (out_sc > 1)
68. {
69.   vsc=(out_sc * 0.004883);
70.   rsc = ( vsa * 1024 / 4 ) ;
71.   psc = 9.47265625 * vsc;
72.   hslc=psc;
73. }
74. //KALIBRASI SENSOR D
75. if (out_sd < 1)
76. {out_sd=0;}
77.   if (out_sd > 1)
76. {
77.   vsd=(out_sd * 0.004883);
78.   rsd = ( vsa * 1024 / 4 ) ;
79.   psd = 9.47265625 * vsd;
90.   hsld=psd;
91. }
```

```
92. if (Serial.available()>0)
93. {
94. str=Serial.read();
95. if (str=='1')
96. {
97.   proses='a';
98. }
99. if (str=='0')
100. {
101.  proses='b';
102. }
103.
104. }
105. if (proses=='a')
106. {
107. if (hsla > 0)
108. {
109.   Serial.print("SensorA:");
110.   Serial.println(out_sa);
111.   delay (1000);
112.
113. }
114.
115. if (hslb > 0)
116. {
117.   Serial.print("SensorB:");
118.   Serial.println(out_sb);
119.   delay (1000);
120.
121. {
122.
123.   delay (1000);
124.
125. }
126. if (hsld > 0)
127.
128. {
129.   Serial.print("SensorD:");
130.   Serial.println(out_sd);
131.   delay (1000);
132.   }
133.
134.
135. }
136.   delay (1000);
137.
138.
139. }
```



Gambar 3.3 Arduino.ino

Jika hasil output yang terbaca oleh sensor telah ditampilkan di serial monitor maka selanjutnya peneliti membuat sebuah *script* seperti pada gambar 3.4 bernama `read_serial.py` yang digunakan untuk menyimpan hasil data pada serial monitor dan dalam penelitian ini hasil file CSV diberi nama `analog-data.csv`. Pada proses ini perlu menutup serial monitor dahulu lalu menjalankan file CSV dan data yang terbaca selanjutnya akan tersimpan di dalam file CSV.

```

1. import serial
2.
3. arduino_port = "/dev/ttyACM0"
4. baud = 9600
5. fileName = "analog-data.csv"
6. samples = 100
7. print_labels = False
8.
9. ser = serial.Serial(arduino_port, baud)
10. print("Connect to Arduino port:" + arduino_port)
11. file = open(fileName, "w")
12. print("Create file")
13.
14. line = 0 #start at 0 because our header is 0 (not real data)
15.
16. while line <= samples:
17.     if print_labels:
18.         if line==0:
19.             print("Printing Column Headers")
20.         else:
21.             print("Line " + str(line) + ": writing...")
22.     getData=str(ser.readline())
23.     data=getData[0:][:-2]
24.     print(data)
25.
26.     file = open(fileName, "a")
27.     file.write(data + "\\n") #write data with a newline
28.     line = line+1
29.
30. print("Data collection complete!")
31. file.close()

```

Gambar 3.4 `read_serial.py`

Setelah data yang diperlukan telah didapatkan peneliti akan melakukan perhitungan untuk mencari koordinat sumber gas menggunakan data yang ada. Proses perhitungan dilakukan menggunakan metode perhitungan Triangulasi. Rumus yang digunakan akan dihitung menggunakan 3 titik yang ada berupa 2 titik sensor dan 1 titik sumber gas untuk mencari titik koordinatnya.

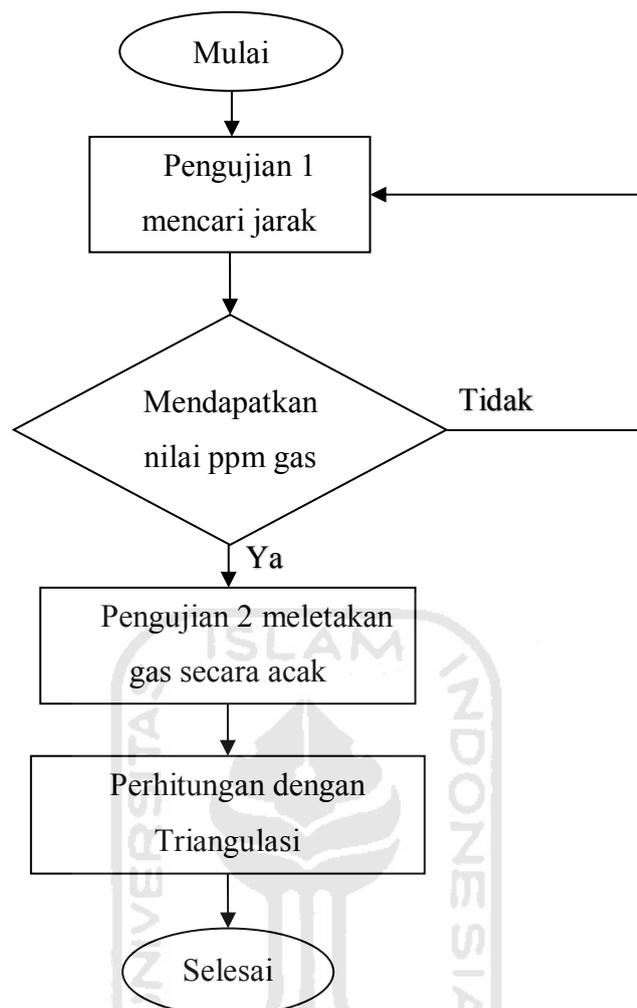
```
38. //KALIBRASI SENSOR A
39.   if (out_sa < 1)
40. {out_sa=0;}
41.   if (out_sa > 1)
42.   {
43.     vsa=(out_sa * 0.004883);
44.     rsa = ( vsa * 1024 / 4 ) ;
45.     sa = 9.47265625 * vsa;
46.     hsla=psa;
47.   }
```

Gambar 3.5 Potongan Script Arduino.ino

Berikut potongan script pada gambar 3.5 yang digunakan sebagai proses untuk merubah data digital yang terbaca oleh sensor menjadi nilai ppm. Nilai ppm yang didapatkan digunakan untuk menentukan jarak berdasarkan nilai ppm yang terbaca oleh sensor.

3.3 Implementasi dan Pengujian

Berdasarkan tahapan sebelumnya, peneliti melakukan pengembangan alat untuk mengukur tingkat konsentrasi kekuatan gas. Kemudian alat yang telah dihasilkan akan diuji untuk mengambil data yang diperlukan. Pengujian pertama dilakukan hanya dengan salah satu sensor gas, sumber gas diletakkan setiap satu cm ke arah tengah wadah yang digunakan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui jarak sensor dengan sumber gas berdasarkan kekuatan gas yang tertangkap oleh sensor. Pengujian yang kedua dilakukan dengan meletakkan sumber gas secara acak, sumber gas yang diletakkan akan dicari koordinatnya menggunakan rumus Triangulasi dan berdasarkan data dari pengujian pertama. Berikut alir kerja pada Gambar 3.6 yang dibuat oleh peneliti.



Gambar 3.6 Alur Kerja

3.4 Analisis Hasil Pengukuran

Setelah pengambilan data dan perhitungan selesai dilakukan, peneliti menganalisis hasilnya berdasarkan data dan hasil yang telah didapatkan. Hasil dari perhitungan yang berupa formula yang dapat digunakan untuk mencari koordinat dan diharapkan dapat digunakan untuk menemukan sumber kebocoran gas dengan cepat.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas mengenai pembangunan alat yang telah dibuat serta mengetahui hasil output data dari alat dan output tersebut akan digunakan untuk melakukan perhitungan menggunakan metode perhitungan triangulasi untuk mencari titik koordinat pusat gas. Untuk mendapatkan lebih banyak informasi dilakukan pengambilan data secara menyeluruh dari masing-masing pengujian yang telah dilakukan.

4.1 Perancangan sistem

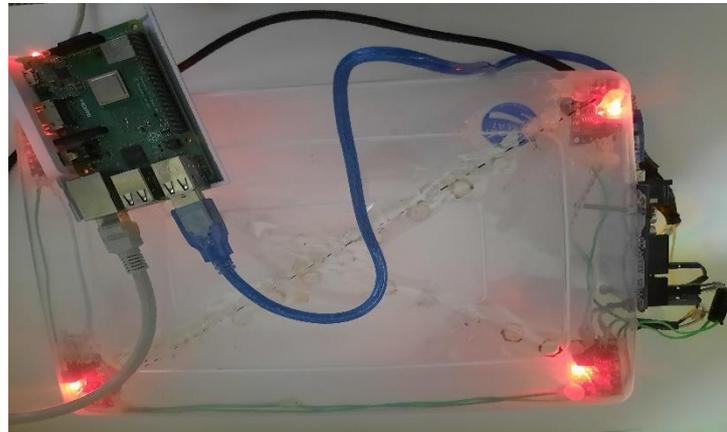
Sistem yang dibuat pada penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yang saling terhubung.

4.1.1 Perangkat Keras

Perangkat keras pada penelitian ini terdiri dari beberapa komponen dalam pembuatan alat pendeteksi gas seperti pada Gambar 4.1 menunjukkan hasil *prototype* yang telah dibuat. Kendala yang terjadi pada pembuatan dan pengambilan sampel data membuat data yang dikeluarkan tidak stabil dan harus dilakukan pengecekan pada koneksi sambungan dan menguji secara berkala, berikut komponen beserta fungsi dari alat yang dibuat:

- Modul Arduino UNO pada Gambar 4.2 yang pada penelitian ini digunakan sebagai tempat memproses data yang terbaca oleh sensor dengan membaca kepekatan pada masing-masing sensor (A, B, C, dan D).
- Raspberry pi 3 B+ pada Gambar 4.3 yang pada digunakan sebagai tempat *output* berdasarkan hasil yang diterima dari mikrokontroler Arduino UNO. Dengan meng-*install software* Arduino IDE di dalam Raspberry pi 3 B+.
- Sensor MQ-2 sebagai sensor pendeteksi gas yang dilepaskan oleh peneliti. Letak posisi sensor pada wadah seperti pada gambar 4.4.
- Wadah yang digunakan seperti pada Gambar 4.4 adalah wadah plastik mika yang berukuran panjang 20 cm dan lebar 10 cm.

Berikut bentuk fisik dari alat pendeteksi Gas yang penulis buat:



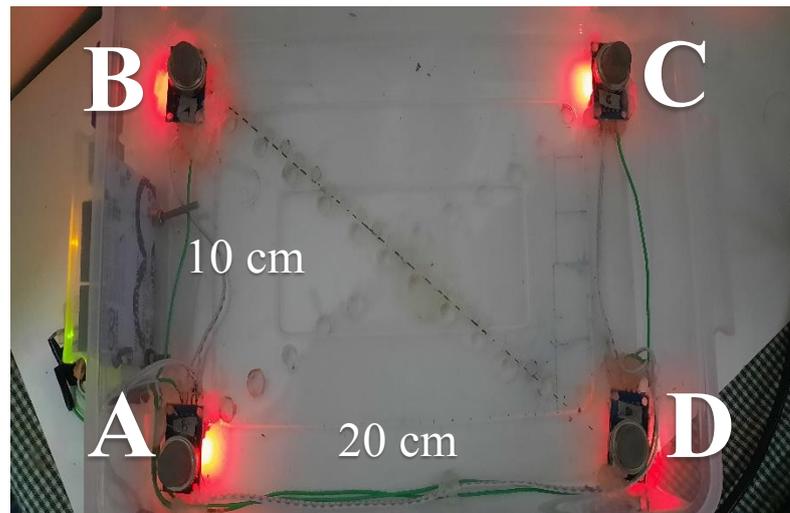
Gambar 4.1 Rangkaian Keseluruhan Alat



Gambar 4.2 Rangkaian Arduino UNO



Gambar 4.3 Rangkaian Raspberry Pi 3 B+



Gambar 4.4 Posisi Letak Sensor

4.1.2 Perangkat Lunak

Sistem perangkat yang digunakan dalam sistem pendeteksi kebocoran gas ini menggunakan software Arduino UNO yaitu Arduino IDE pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 yang digunakan sebagai *debugger* program dan sebagai *framework* kepekatan Gas di dalam wadah yang digunakan. Berikut tampilan dari program yang digunakan untuk memasukkan program ke sistem yang telah dibuat adalah sebagai berikut:

```

Arduino | Arduino 1.8.13
File Edit Sketch Tools Help
Arduino
//KONSTANTA UNTUK SENSOR MQ2
const int sa = A5;
const int sb = A4;
const int sc = A3;
const int sd = A2;

//KONSTANTA OUTPUT SENSOR
int out_sa;
int out_sb;
int out_sc;
int out_sd;

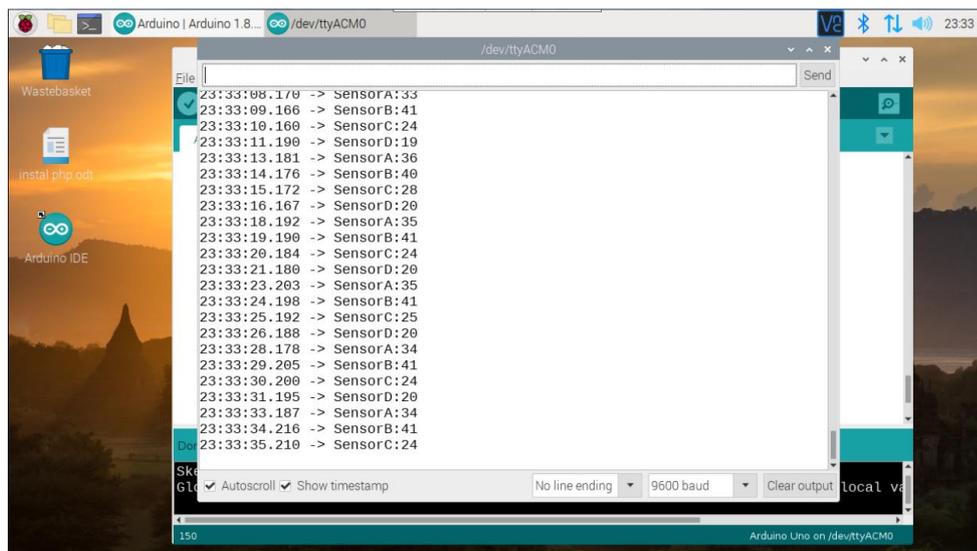
int curr1, curr2, curr3, curr4;

//KONSTANTA INPUTAN DARI PC
char str,proses;

Sketch uses 4988 bytes (15%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 241 bytes (11%) of dynamic memory, leaving 1807 bytes for local variables.
Board at /dev/ttyACM0 is not available
13 Arduino Uno on /dev/ttyACM0

```

Gambar 4.5 Software Arduino IDE



Gambar 4.6 Output PPM pada Arduino IDE

Data yang didapat akan disimpan menggunakan file CSV untuk mempermudah dalam pengambilan data sampel yang dibutuhkan. File CSV pada Gambar 4.7 adalah suatu format data dalam basis data di mana setiap *record* dipisahkan dengan tanda koma (,) atau titik koma (;).

```

pi@raspberrypi:~$ python read-serial.py
Connect to Arduino port: /dev/ttyACM0
Create file
SensorD:19
SensorA:22
SensorB:56
SensorC:22
SensorD:19
SensorA:24
SensorB:54
SensorC:22
SensorD:19
SensorA:23
SensorB:54
SensorC:22
SensorD:20
SensorA:24
SensorB:55
SensorC:22
SensorD:19
SensorA:23
SensorB:53
SensorC:20
SensorD:20
SensorA:19
SensorB:45
SensorB:40

```

Gambar 4.7 Data yang Tersimpan di File CSV

4.2 Pembuatan Laporan

Pada tahap terakhir ini, peneliti menyusun laporan dan menarik kesimpulan dengan berdasarkan rumusan masalah penelitian. Penelitian ini bertujuan memberikan gambaran jelas

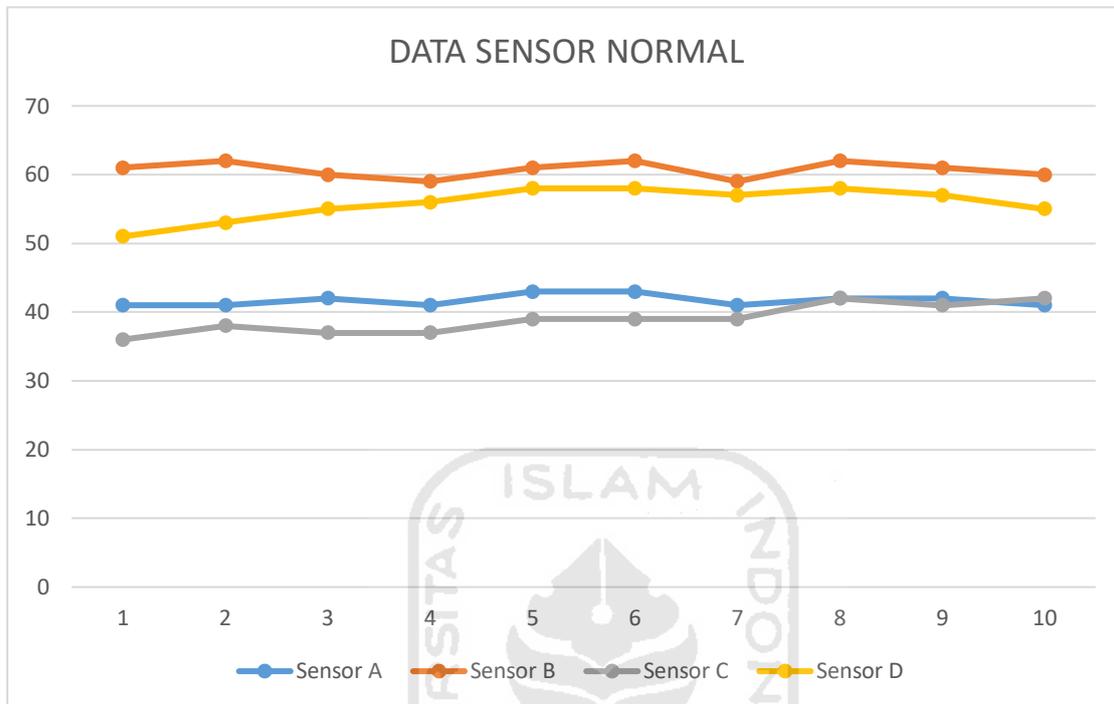
mengenai sistem pada alat Internet of Things menggunakan sensor gas sebagai sumber untuk mendapatkan data.

4.3 Evaluasi Sistem

Pengujian sistem akan dilakukan untuk mengetahui apakah ada kerusakan pada konektivitas yang terhubung antar setiap sensor dengan mengamati output yang dihasilkan oleh setiap sensor pada 2 hari sensor mulai dijalankan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan output data yang dihasilkan oleh setiap sensor dan jarak angka pada setiap sensor sampai data yang dihasilkan stabil dan tidak ada perubahan yang signifikan. Pengujian akan dilakukan secara berulang kali sampai output data yang dihasilkan oleh setiap sensor sampai dengan pada hari ketiga tidak terlalu jauh sehingga proses pengambilan data bisa dilakukan. Peneliti akan melakukan pengujian dengan cara melihat secara langsung hasilnya apakah sesuai dengan hasil yang diinginkan dan data yang dihasilkan tetap stabil dan tidak ada perubahan yang terlalu jauh sesaat ketika sensor didekatkan dengan gas dan ketika gas menghilang. Berikut output data yang dihasilkan oleh ke 4 sensor yang ditampilkan pada Tabel 4.1 dan pada Gambar 4.8:

Tabel 4.1 Data Sensor Normal

Data (ppm) Sensor Normal				
NO	Sensor A	Sensor B	Sensor C	Sensor D
1	41	61	36	51
2	42	62	38	53
3	42	60	37	55
4	41	59	37	56
5	43	61	39	58
6	43	62	39	58
7	41	59	39	57
8	42	62	42	58
9	42	61	41	57
10	41	60	42	55



Gambar 4.8 Data Sensor Normal

4.4 Pengambilan Data

Proses pengambilan data dilakukan dengan melubangi pada bagian atas wadah yang akan digunakan sebagai tempat meletakkan sumber gas berupa kapas yang telah diberi gas yang berasal dari tabung gas portabel. Data yang diambil merupakan data yang berupa konsentrasi gas yang terbaca oleh sensor. Proses pengambilan data dilakukan pada setiap sensor untuk mengetahui hasil jarak antara sensor dengan pusat gas berdasarkan konsentrasi gas yang didapatkan menggunakan script pada Gambar 3.4.

Proses ini dilakukan pada ruangan tertutup yang memiliki pendingin di dalamnya dan telah diatur sedemikian rupa dengan dipengaruhi beberapa faktor seperti suhu dan kelembapan pada ruangan, faktor ini sangat berpengaruh dalam penelitian ini karena *baseline* yang dikeluarkan oleh sensor tidak konsisten dan berbeda setiap digunakan sehingga faktor tersebut sangat berguna untuk menjaga kestabilan *baseline* sensor.

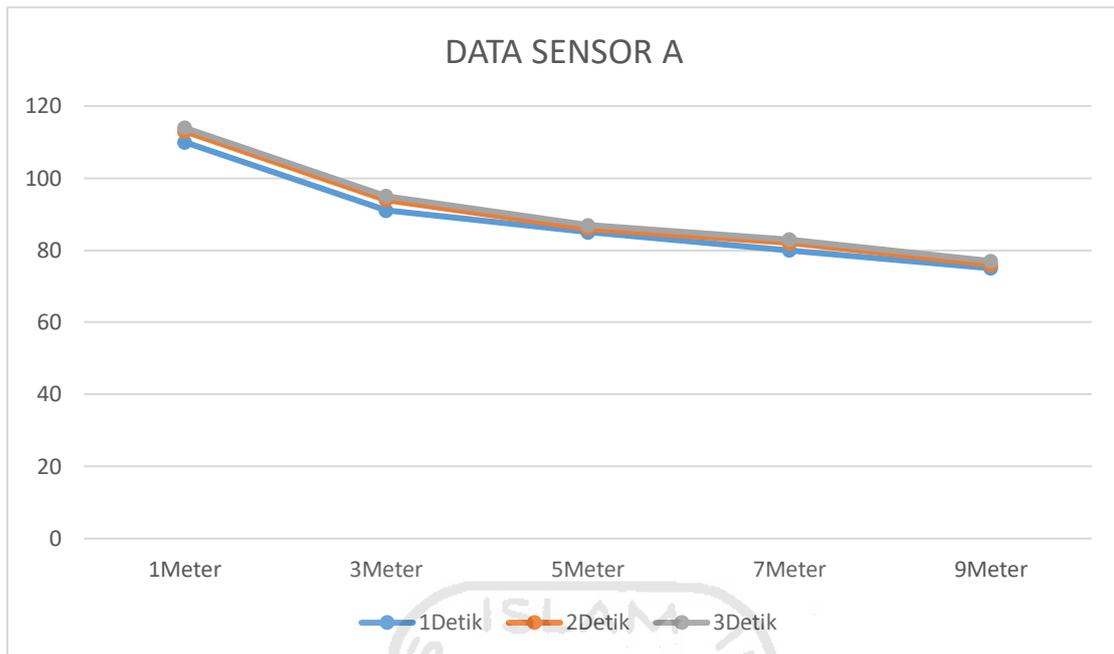
4.4.1 Pengujian sensor A

Data yang ditampilkan pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.9 merupakan data yang terbaca pada sensor A. Pengambilan data dilakukan dengan mengambil data pada 3 detik pertama data mulai

membaca sensor sebelum gas memenuhi wadah yang digunakan. Berikut data tabel yang dihasilkan:

Tabel 4.2 Data Sensor A

NO	Jarak (cm)	Waktu (detik)	PPM
1	1	1	110
		2	113
		3	114
2	3	1	91
		2	94
		3	95
3	5	1	85
		2	86
		3	87
4	7	1	80
		2	82
		3	83
5	9	1	75
		2	76
		3	77



Gambar 4.9 Data Sensor A

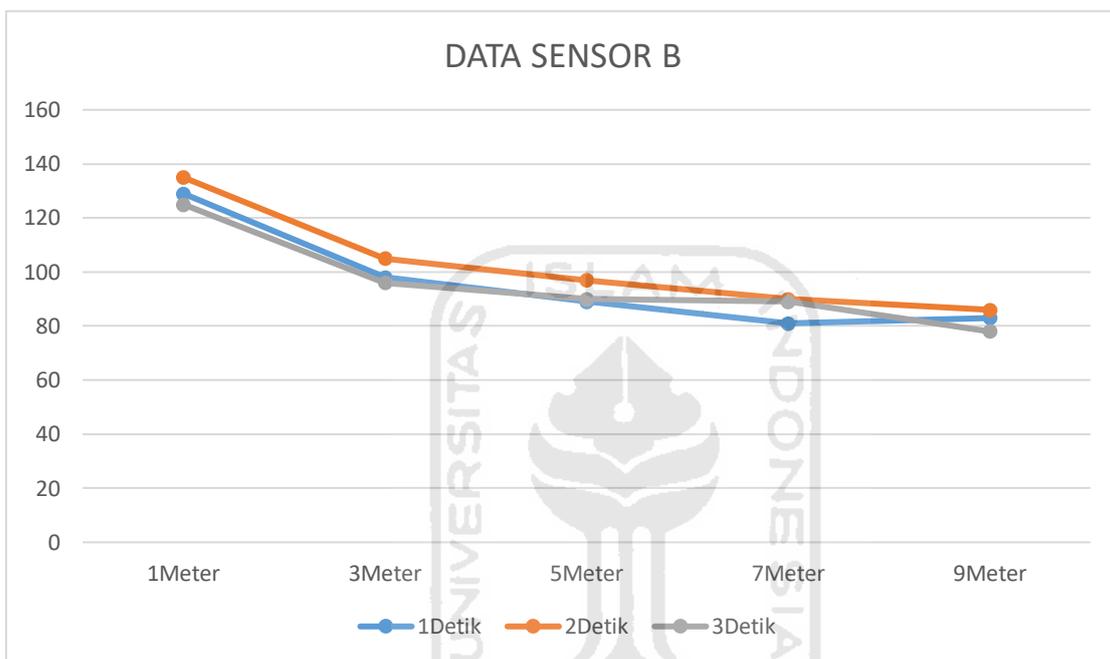
4.4.2 Pengujian sensor B

Data yang ditampilkan pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.10 merupakan data yang terbaca pada sensor B. Pengambilan data dilakukan dengan mengambil data pada 3 detik pertama data mulai membaca sensor sebelum gas memenuhi wadah yang digunakan. Berikut data tabel yang dihasilkan:

Tabel 4.3 Data Sensor B

NO	Jarak (cm)	Waktu (detik)	PPM
1	1	1	129
		2	135
		3	125
2	3	1	98
		2	105
		3	96
3	5	1	89
		2	97
		3	90

4	7	1	81
		2	90
		3	89
5	9	1	83
		2	86
		3	78



Gambar 4.10 Data Sensor B

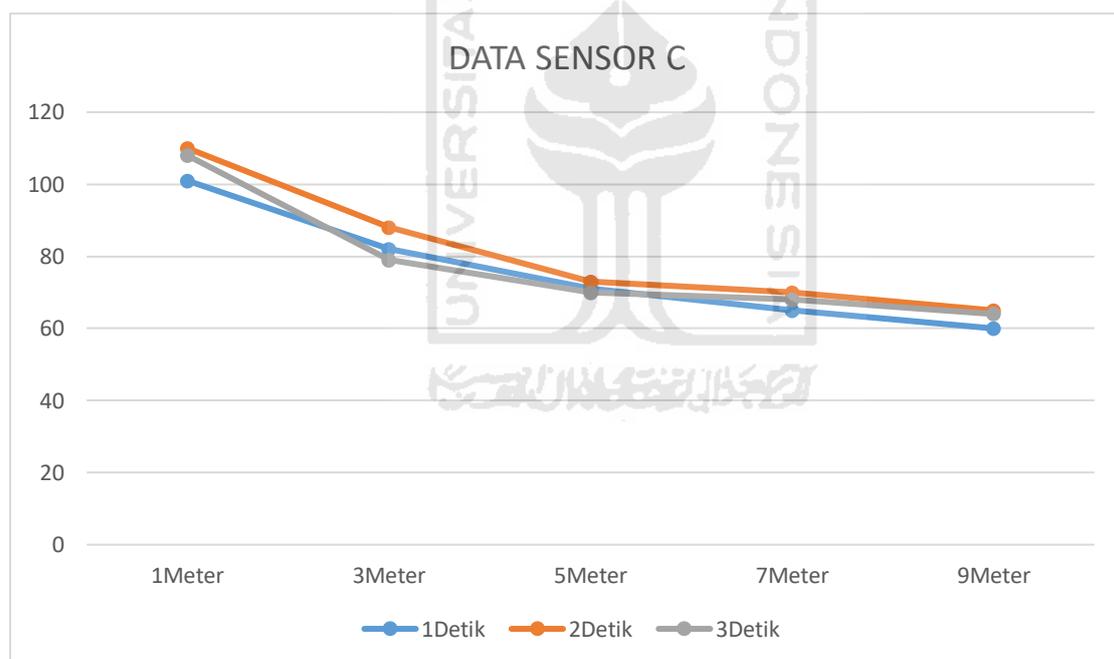
4.4.3 Pengujian sensor C

Data yang ditampilkan pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.11 merupakan data yang terbaca pada sensor C. Pengambilan data dilakukan dengan mengambil data pada 3 detik pertama data mulai membaca sensor sebelum gas memenuhi wadah yang digunakan. Berikut data tabel yang dihasilkan:

Tabel 4.4 Data Sensor C

NO	Jarak (cm)	Waktu (detik)	PPM
1	1	1	101
		2	110
		3	108

2	3	1	82
		2	88
		3	79
3	5	1	71
		2	73
		3	70
4	7	1	65
		2	70
		3	68
5	9	1	60
		2	65
		3	64



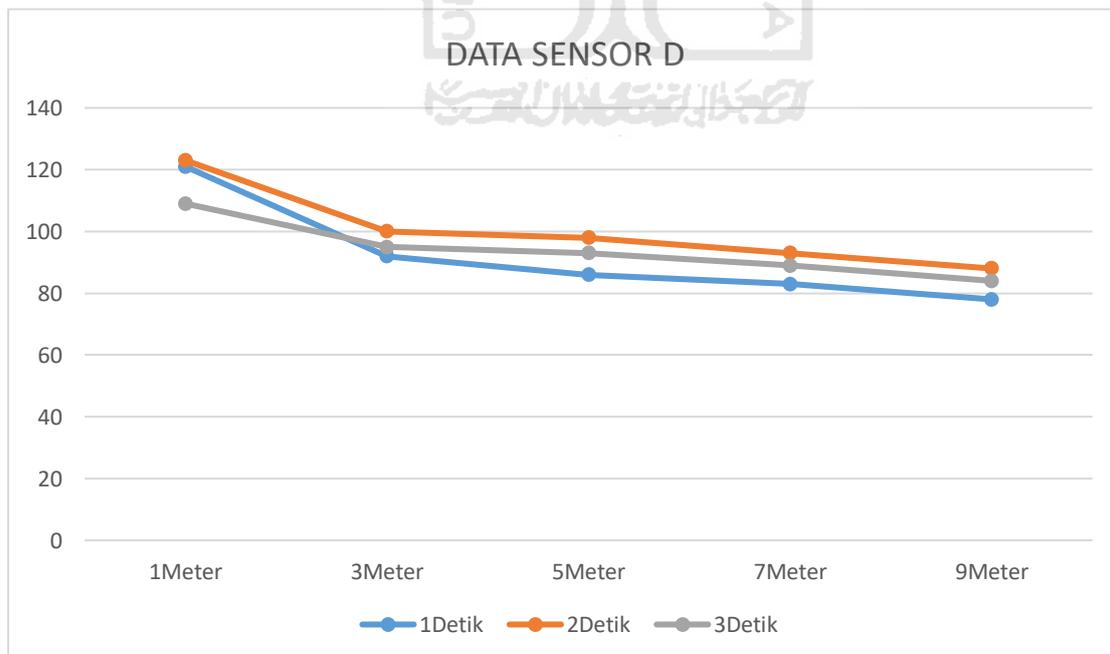
Gambar 4.11 Data Sensor C

4.4.4 Pengujian sensor D

Data yang ditampilkan pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.12 merupakan data yang terbaca pada sensor D. Pengambilan data dilakukan dengan mengambil data pada 3 detik pertama data mulai membaca sensor sebelum gas memenuhi wadah yang digunakan. Berikut data tabel yang dihasilkan:

Tabel 4.5 Data Sensor D

NO	Jarak (cm)	Waktu (detik)	PPM
1	1	1	121
		2	123
		3	109
2	3	1	92
		2	100
		3	95
3	5	1	86
		2	98
		3	93
4	7	1	83
		2	93
		3	89
5	9	1	78
		2	88
		3	84



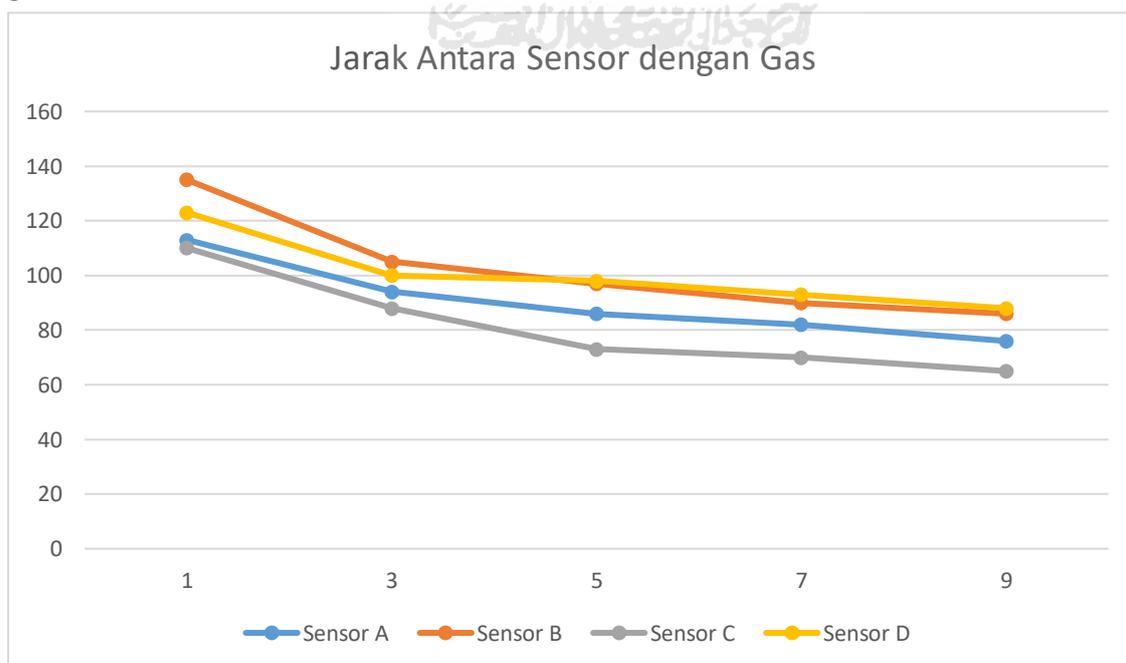
Gambar 4.12 Data Sensor D

4.5 Pembahasan

Berdasarkan tahapan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa seluruh rangkaian sensor dapat bekerja dengan sangat baik walaupun ada perbedaan pada salah satu sensor. Pada pengujian sensor yang akan digunakan untuk menentukan jarak antara sensor dengan pusat gas terdapat sedikit perbedaan *baseline* di salah satu sensor karena terlampau tinggi dibandingkan dengan 3 sensor yang lainnya. Perbedaan *baseline* ini tidak terlalu berpengaruh pada hasil output ke 4 sensor karena hasil yang didapatkan tidak terlalu jauh antara satu dengan lainnya pada saat ketika sensor telah diberi gas dan ketika gas menghilang.

4.5.1 Pengujian sensor

Sensor gas yang digunakan pada rangkaian sistem ini adalah tipe MQ-2. Di mana sensor ini dapat mendeteksi gas H₂, LPG, CH₄, CO, Alkohol, Asap atau Propane. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jarak antara sensor gas dengan pusat gas berdasarkan data yang terbaca oleh sensor untuk mengetahui seberapa jauh sensor bisa membaca gas yang diletakkan. Hasil pengujian menunjukkan jarak dengan meletakkan sumber gas setiap 1 centimeter sampai jarak yang dibutuhkan. Setelah beberapa pengujian yang sudah dilakukan kali ini peneliti menggunakan waktu 2 detik setelah sumber gas diletakkan. Berikut Gambar 4.13 yang menampilkan data pada detik ke 2 berdasarkan data yang didapatkan pada pengujian setiap sensor yang sudah dilakukan. Penggunaan data pada detik ke-2 karena pada detik tersebut gas dengan maksimal terbaca oleh sensor.



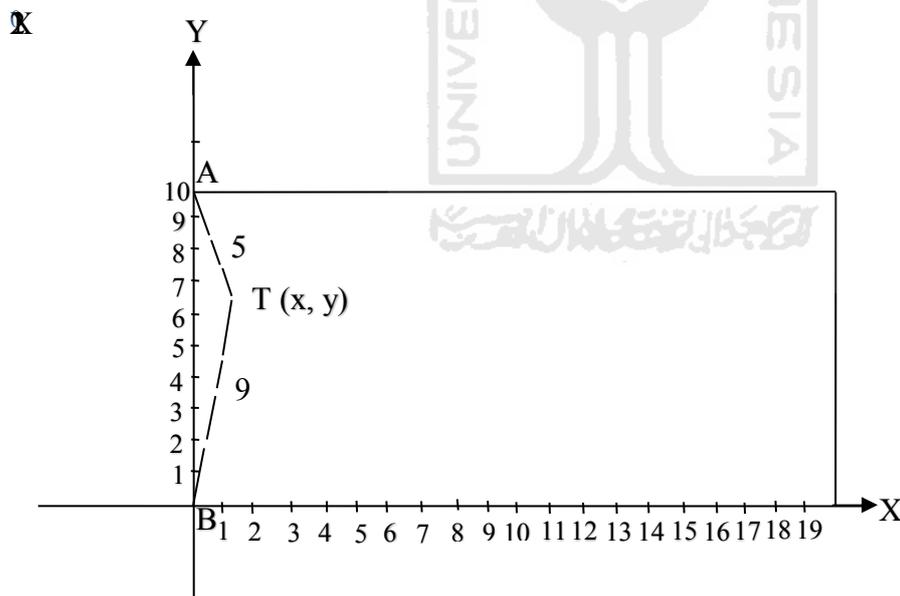
Gambar 4.13 Jarak Antara Sensor dengan Gas

4.5.2 Perhitungan

Proses perhitungan dilakukan dengan metode perhitungan triangulasi. Rumus yang digunakan akan dihitung menggunakan 3 titik yang ada berupa 2 titik sensor dan 1 titik sumber gas untuk mencari titik koordinatnya.

Pada penelitian ini peneliti menggunakan rumus (2.1) yang digunakan untuk mencari titik koordinat titik T dengan mencari (x,y) . Perhitungan dilakukan dengan menghitung jarak antara titik T ke A dan dari T ke B. Pada penelitian kali ini peneliti telah mendapatkan contoh data sampel yang akan digunakan untuk mencari titik koordinat pusat gas.

Data sampel yang didapatkan berupa sensor A = 82 ppm dan sensor B = 79 ppm, berdasarkan pengujian sensor yang telah dilakukan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa konversi jarak pada sensor A: 87 ppm = 5cm dan pada sensor B: 79 ppm = 9cm. Berdasarkan data yang didapat dapat dilakukan untuk mencari titik koordinat gas pada Gambar 4.14 menggunakan rumus (2.1).



Gambar 4.14 Kurva Awal

Contoh permasalahan :

$$A = (0, 10)$$

$$B = (0, 0)$$

$$AB = 10$$

$$AT = 5$$

$$BT = 9$$

Mencari titik T(x,y):

Persamaan jarak antar titik A ke T menggunakan rumus (2.2).

$$\bullet \sqrt{x^2 + (y - 10)^2} = 5 \implies x^2 + (y - 10)^2 = 25$$

Persamaan jarak antara titik T ke B menggunakan rumus (2.3).

$$\bullet \sqrt{x^2 + y^2} = 9 \implies x^2 + y^2 = 81$$

Dengan mengurangi dua persamaan di atas menggunakan rumus (2.4) akan didapat persamaan baru yang akan digunakan untuk mencari koordinat T(y):

$$\bullet (y - 10)^2 - y^2 = -56 \implies y^2 - 20y + 100 - y^2 = -56$$

$$\bullet -20y = -56 - 100 = -156$$

$$\bullet y = \frac{-156}{-20} = 7.8$$

Setelah mendapatkan nilai T(y) selanjutnya mencari nilai koordinat T(x) menggunakan salah satu persamaan di atas:

$$\bullet x^2 + y^2 = 81$$

$$\bullet x^2 + 7.8^2 = 81$$

$$\bullet x^2 = \frac{81}{60.84} = \sqrt{1,33}$$

$$\bullet x = 1.2$$

Dengan rumus di atas peneliti mendapatkan koordinat T(x, y) = (1.4, 6.6).

Setelah mendapatkan koordinat data sampel dihitung menggunakan metode perhitungan Triangulasi selanjutnya peneliti membandingkan hasil koordinat yang didapat dengan kondisi real yang diujikan oleh peneliti. Berikut hasil yang didapat pada Tabel 4.6 dan 4.7.

Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Sensor A dan B

No	Nilai Ppm Sensor		Nilai Real (cm)		Prediksi Jarak (cm)		Koordinat (x,y)
	A	B	AT	BT	AT	BT	
1	82	79	6.5	8	5	9	1.2 , 7.8
2	92	86	6	8.4	3	5	1 , 7
3	95	108	5.5	5.5	3	3	0.6 , 5
4	89	116	7	4.5	5	2	0.5 , 4
5	105	85	3.3	8.2	3	9	1.1 , 8.6

Tabel 4.7 Perbandingan Hasil Sensor C dan D

No	Nilai Ppm Sensor		Nilai Real (cm)		Prediksi Jarak (cm)		Koordinat (x,y)
	C	D	CT	DT	CT	DT	
1	64	96	9	4	9	3	17.5 , 1.4
2	69	90	6	5.5	6	5	18.9 , 4.5
3	74	87	4.5	7.5	5	7	18.9 , 6.2
4	87	83	3.5	9.5	3	9	18.9 , 8.6

Berdasarkan beberapa percobaan yang telah dilakukan, peneliti telah melakukan beberapa perhitungan yang ditampilkan pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7. Proses perhitungan dilakukan menggunakan metode perhitungan Triangulasi.

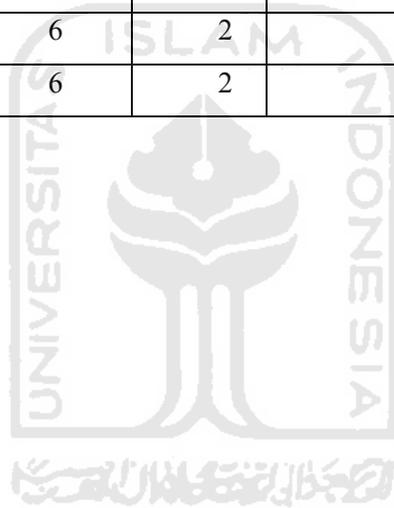
Peneliti juga telah melakukan perhitungan yang dilakukan secara acak tanpa adanya data gas hanya dengan memprediksi jarak yang diharapkan dapat menjadi acuan dalam menentukan jarak nilai ppm, berikut deskripsi dan tabel 4.8 yang dibuat:

Deskripsi :

- AT = Jarak titik T ke titik A.
- BT = Jarak titik T ke titik B.
- Z = Hasil pengurangan AT dan BT.
- T = Sumber Gas.
- A = Sensor 1.
- B = Sensor 2.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Acak Tanpa Data sampel

NO	Prediksi	Jarak	Antara	Hasil Koordinat	
	sensor AB	dan A	gas B	x	y
1kj	10	8	6	1,6	3,9
2	10	9	7	1.8	3.4
3	10	7	4	1.2	3.4
4	10	7	6	1.4	4.4
6	10	6	5	1.1	4.5
7	10	9	5	2.3	2.2
8	10	9	8	1.9	4.2
9	10	9	6	2.2	2.8
10	10	6	2	0.6	3.4
11	10	6	2	0.8	3.7



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan implementasi dan hasil uji coba Analisis Pembuatan Alat Sensor Gas Untuk Mencari Titik Koordinat Pusat Gas yang telah dibuat dan dibangun pada penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Pada penelitian ini penggunaan metode triangulasi yang digunakan untuk mencari titik koordinat pusat gas dengan memanfaatkan data yang telah didapat pada pengambilan sampel sebelumnya.
2. Penelitian ini hanya menggunakan alat yang bersifat prototipe dan tidak diujikan pada kecelakaan bocornya tabung gas secara nyata pada perusahaan/instansi terkait yang dapat menimbulkan kebakaran dan mencelakakan lingkungan di sekitarnya.

5.2 Saran

Dalam serangkaian penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa saran untuk pengembangan sistem sehingga diharapkan sistem menjadi lebih baik. Adapun saran yang diberikan yaitu:

1. Peneliti selanjutnya dapat melakukan penelitian yang bersifat 3 dimensi karena lebih menggambarkan bentuk ruangan secara nyata dan hasil yang didapatkan lebih optimal.
2. Peneliti selanjutnya dapat menggunakan rumus matematika lainnya berupa trilaterasi sebagai metode perhitungan untuk mencari titik koordinat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anup Burange, H. M. (2015). Review of Internet of Things in Development of Smart Cities with Data Management & Privacy . International Conferance on Advances in Computer Engineering and Applicatoins .
- CNN. (2020). Pabrik Gas di India Bocor,11 Tewas, 5000 Orang Dievakuasi. Retrieved from CNN Indonesia: <https://www.cnnindonesia.com/internasional/20200508003324-113-501125/pabrik-gas-di-india-bocor-11-tewas-5000-orang-dievakuasi>
- CSB. (2017). CSB Release Final Report into 2015 Explosion at ExxonMobile Refinery in Torrance, California. Retrieved from CSB News : <https://www.csb.gov/csb-releases-final-report-into-2015-explosion-at-exxonmobil-refinery-in-torrance-california/>
- Joyce, J. (2019). AI & IoT a Powerful Combination How to Broad Technologies Are Influencing Life in the Lab. Laboratory Technology .
- Justice, D. o. (2015, June 2). Georgia-Based Millard Refrigerated Services to Pay \$3 Million Civil Penalty for Ammonia Release That Sickned Workers Responding to Deepwater Horizon Oil Spill. Retrieved from The United States Department of Justice : <https://www.justice.gov/opa/pr/georgia-based-millard-refrigerated-services-pay-3-million-civil-penalty-ammonia-release>
- Latief, M. (2019). K3 dan Produktivitas Kerja. Kementrian Perindustrian Republik Indonesia.
- Louis, L. (2016). Working principle of arduino and using it as a tool for study and research . International Journal of Control, Automation, Communication and System (IJCACS) .
- Nurnaningsih, D. (2018). Pendeteksi kebocoran tabung LPG melalui SMS gateway menggunakan sensor MQ-2 berbasis arduino uno. Jurnal Teknik Informatika .
- Omer. (2019). Determine third point of triangle when two points and all sides are known? Retrieved from Mathematics StackExchange: <https://math.stackexchange.com/q/544025>
- Rimbawati, H. R. (2019). Perancangan Alat Pendeteksi Kebocoran Tabung Gas LPG Dengan Menggunakan Sensor MQ-6 Untuk Mengatasi Bahaya. JET (Journal of Electrical Technology).
- Sinulingga, B. (2020, Januari 19). Pabrik Gas di Bekasi Terbakar,11 Orang Luka-luka. Retrieved from Liputan 6: <https://www.liputan6.com/news/read/4166115/fakta-fakta-pabrik-gas-di-bekasi-terbakar-hingga-sebabkan-11-orang-terluka>

Sugiyono. (2012). Memahami Penelitian Kualitatif . ALFABET .

Suhariyanto, A., Husein, A., & Suryawati, E. (2010). Penentuan Posisi NODE Jaringan Sensor Dengan Metode Trilaterasi Berdasarkan Kekuatan Sinyal Radio. EEPIS.

Ywalitasanti, R. (2015). Deteksi Dini Pengalaman LPG Berbasis SMS . Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UDINUS, 4.

