

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, hal yang lebih dulu dilakukan adalah studi literatur mengenai sensor MG811, mencakup pengertian dan prinsip kerjanya, hal-hal yang mempengaruhi keadaan karbon dioksida dalam tanah, dan beberapa penelitian lain yang berkaitan dengan pengukuran CO₂ pada tanah dan perkembangannya. Tahapan-tahapan penelitian diuraikan sebagai berikut.

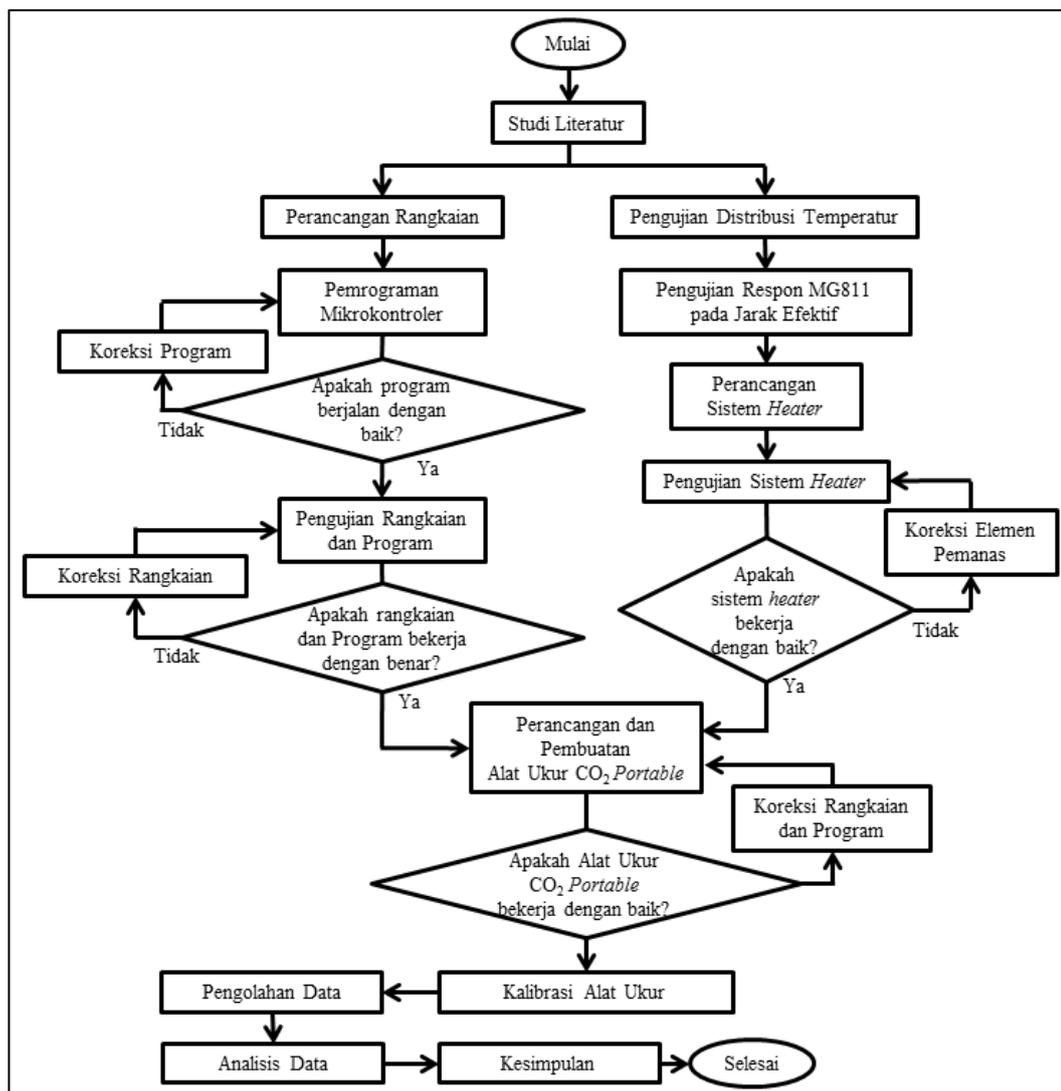
1. Tahap perancangan dan pembuatan:
 - a. Perancangan dan pembuatan rangkaian alat ukur emisi CO₂ menggunakan sensor MG811 berbasis mikrokontroler dan dilengkapi dengan LCD.
 - b. Pembuatan program mikrokontroler menggunakan *software* IDE Arduino Uno, agar sinyal input dari sensor MG811 dapat dibaca dan dikonversi menjadi besaran konsentrasi gas dalam satuan ppm, serta menampilkannya pada LCD.
 - c. Perancangan metode untuk mengeluarkan CO₂ dari dalam tanah.
 - d. Perancangan dan pembuatan sistem *heater* sebagai pengemisi gas CO₂ untuk alat ukur emisi CO₂ portabel.
 - e. Perancangan dan pembuatan alat ukur emisi CO₂ portabel menggunakan sensor MG811 berbasis mikrokontroler.
2. Tahap pengujian:
 - a. Pengujian rangkaian alat ukur emisi CO₂ sensor MG811 berbasis mikrokontroler dan program, data yang diperoleh pada pengujian ini masih ditampilkan pada layar komputer.
 - b. Pengujian distribusi temperatur pada tanah, dilakukan melalui pengukuran temperatur tanah pada beberapa titik dengan jarak tertentu dari *heater*.

- c. Pengujian temperatur dan jarak efektif dilakukan dengan membandingkan respon sensor MG811 saat ditempatkan di atas tanah pada jarak dan temperatur tertentu dari *heater* dengan respon sensor MG811 saat ditempatkan di atas tanah pada titik lainnya.
- d. Pengujian hasil rancangan sistem *heater* pada tanah dengan mengamati respon sensor MG811.
- e. Pengujian alat ukur emisi CO₂ portabel pada tanah gambut, dengan data hasil pengukuran yang telah diatur agar dapat ditampilkan pada layar LCD.
- f. Kalibrasi alat ukur emisi CO₂ portabel dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dengan alat ukur CO₂ yang sudah ada.

Setelah semua tahapan pada metode penelitian dilakukan, tahap selanjutnya adalah tahap analisis. Berdasarkan hasil analisa, maka dilakukan pengambilan kesimpulan agar dapat menjawab rumusan masalah dalam penelitian ini. Tahapan metode penelitian secara urut dijelaskan dengan diagram alir penelitian.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Penelitian *Rancang Bangun Alat Ukur Emisi Karbon Dioksida Portabel pada Tanah Menggunakan Sensor MG811* dilaksanakan berdasarkan rangkaian tahapan yang digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.1. Diagram alir menggambarkan bagaimana tahapan-tahapan penelitian dilakukan berdasarkan metode penelitian secara berurutan.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah penjelasan mengenai beberapa hal dari diagram alir pada Gambar 3.1 yang merujuk pada pelaksanaan penelitian.

1. Kriteria pemeriksaan program mikrokontroler adalah ketika hasil pengukuran konsentrasi CO₂ dapat terbaca dan ditampilkan.
2. Kriteria pengujian alat uji dan alat ukur emisi CO₂ adalah ketika alat bekerja sesuai dengan ekspektasi penulis.
3. Teknik kalibrasi alat ukur dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran alat dengan pengukuran VAISALA GMP 343 sebagai kalibrator (VAISALA GMP 343 sudah tersertifikasi yang memenuhi standar kalibrasi). Jika hasil pengukuran sesuai, maka alat ukur hasil rancangan dapat dinyatakan cukup baik untuk digunakan.

3.3 Alat, Bahan, dan Perangkat Lunak

Dalam penelitian ini diperlukan peralatan dan bahan-bahan, serta perangkat lunak yang mendukung berjalannya penelitian. Berikut daftar alat, bahan, dan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 3.1
Daftar Alat Penelitian

No	Nama Alat	Jumlah
1	<i>Chamber Gas</i>	1
2	<i>Chamber Tanah</i>	1
3	Tabung Gas CO ₂	1
4	Komputer	1
5	Bor Listrik	1
6	Obeng	1
7	Tang Potong	1
8	<i>Heater</i>	1
9	Termometer Digital	5
10	Mistar	1
11	Selang	3m
12	Sekop	1
13	Lem Besi	1
14	<i>Seal tape</i>	1
15	Regulator	1

Tabel 3.2
Daftar Perangkat Lunak Penunjang Penelitian

No	Nama Perangkat Lunak
1	Microsoft Power Point
2	Microsoft Excel
3	IDE Arduino Uno

Tabel 3.3
Daftar Bahan Penelitian

No	Nama Bahan	Jumlah
1	Sensor MG811	2
2	Mikrokontroler	2
3	LCD 16 × 2	2
4	<i>Box</i>	1
5	Kabel Konektor	30
6	<i>Power Supply</i> (Aki 65Ah, 12V)	1
7	Sumber Gas CO ₂	1 tabung
8	Tanah Gambut	5kg
9	Pipa	1m

3.4 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlangsung selama dua bulan pada Maret sampai dengan Oktober 2019, dan bertempat di Laboratorium Instrumentasi Lantai 4 Gedung FPMIPA B UPI Bandung, Jalan Dr. Setiabudi No. 229 Kota Bandung 40154.

3.5 Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan berdasarkan langkah-langkah yang ditunjukkan diagram alir penelitian pada Gambar 3.1. Berikut adalah prosedur penelitian yang menjelaskan secara detail bagaimana penelitian dilakukan sesuai dengan diagram alir tersebut.

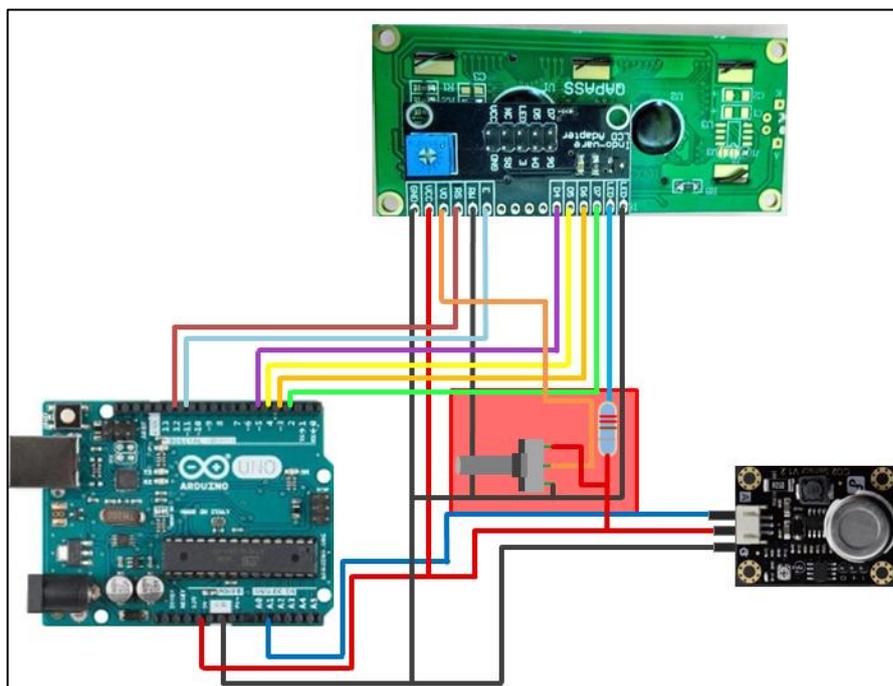
3.5.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan dan mempelajari informasi yang mendukung kajian pustaka dalam penelitian, berupa teori atau materi yang membahas di antaranya mengenai prinsip kerja sensor gas CO₂, emisi gas CO₂ pada tanah, komponen-komponen pendukung, dan pemrograman mikrokontroler yang dapat menunjang penelitian ini. Selain itu, mempelajari beberapa penelitian lain yang berkaitan dengan pengukuran CO₂ pada tanah dan perkembangannya sangat membantu dalam mengembangkan penelitian ini. Hal ini dapat dilakukan

dengan pencarian referensi melalui berbagai media, seperti buku, jurnal, karya ilmiah, dan situs internet.

3.5.2 Rancangan Rangkaian

Pada tahap ini, penulis membuat rancangan rangkaian alat ukur emisi karbon dioksida (CO₂) menggunakan sensor MG811 berbasis mikrokontroler dan dilengkapi dengan LCD. Dengan adanya rancangan rangkaian, maka pembuatan alat uji pada tahap selanjutnya akan lebih mudah. Rancangan rangkaian ini ditunjukkan oleh Gambar 3.2.

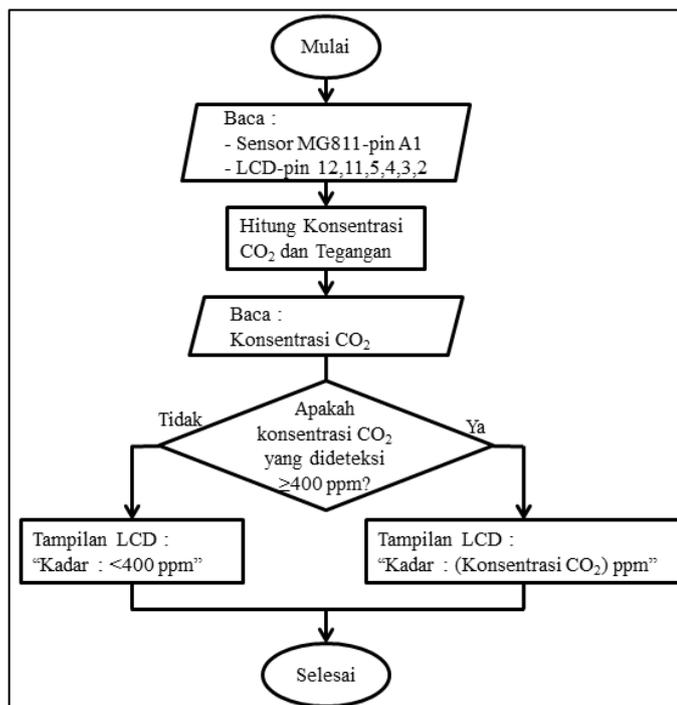


Gambar 3.2 Rancangan Rangkaian Alat Ukur Emisi CO₂

Gambar 3.2 menunjukkan rancangan rangkaian yang penulis buat untuk merancang alat ukur emisi CO₂ sesuai dengan studi literatur yang telah dilakukan. Rangkaian yang dibuat terdiri dari sensor MG811, mikrokontroler, dan layar LCD 16×2, ditambah dengan kabel-kabel sebagai penghubung. Selain itu, digunakan pula *board* PCB tambahan untuk memudahkan pemasangan kabel. Rangkaian ini dapat diuji setelah program mikrokontroler dimasukkan. Sementara, dalam pengujian rangkaian untuk menguji apakah sensor dapat mendeteksi dengan baik atau tidak, dapat menggunakan *chamber* dan tabung gas CO₂ (sebagai sumber gas CO₂) yang ada di Laboratorium Instrumentasi Gedung FPMIPA B UPI.

3.5.3 Pembuatan Program

Program mikrokontroler dibuat agar tegangan keluaran dari modul sensor gas MG811 dapat dikonversi menjadi nilai konsentrasi CO₂. Pemrograman dibuat berdasarkan petunjuk yang telah diperoleh pada studi literatur. Program yang digunakan dalam penelitian untuk pengujian respon sensor gas adalah program yang telah diberikan oleh petunjuk pengujian *onboard* SEN0159. Hasil dari program ini berupa nilai tegangan dan nilai konsentrasi gas CO₂ yang terukur oleh sensor. Hasil tersebut ditampilkan pada komputer agar data yang diperoleh mudah diolah. Sedangkan program yang digunakan untuk rancangan alat ukur emisi CO₂ portabel pada tanah dibuat sesuai dengan *flowchart* yang ditunjukkan oleh Gambar 3.3. Program-program yang digunakan dalam penelitian secara detail dapat dilihat pada Lampiran 1.



Gambar 3.3 *Flowchart* Program Mikrokontroler untuk Alat Ukur CO₂ Portabel pada Tanah

Pada program mikrokontroler diberikan pengaturan untuk LCD agar menampilkan nilai konsentrasi CO₂ dalam rentang 400 – 10000 ppm. Jika konsentrasi CO₂ yang terdeteksi kurang dari 400 ppm, maka LCD akan menampilkan tulisan “Kadar : <400 ppm”. Jika konsentrasi CO₂ yang terdeteksi lebih dari / sama dengan 400 ppm, maka LCD akan menampilkan tulisan “Kadar :

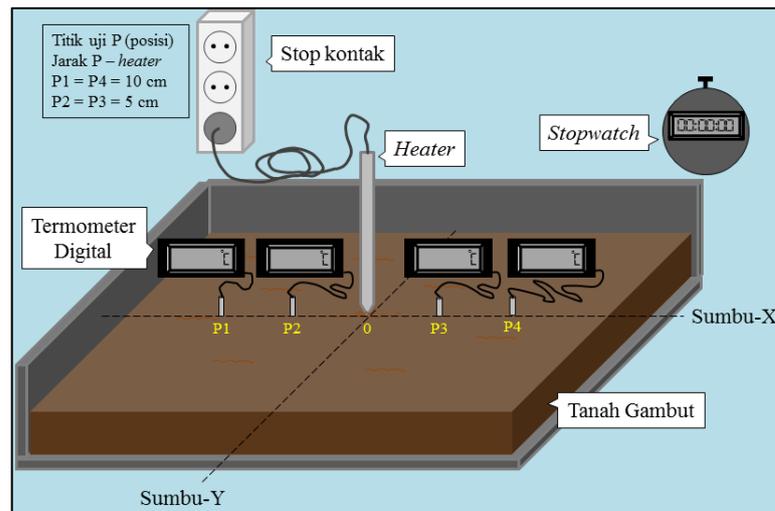
(angka sesuai hasil pengukuran) ppm”. Pengaturan LCD ini bertujuan untuk membatasi pembacaan hasil pengukuran konsentrasi CO₂ dari nilai *error*. Sesuai kemampuan deteksi sensor yang memiliki rentang pengukuran 350 – 10000 ppm, maka perlu diatur agar nilai pengukuran <350 ppm tidak terbaca. Berdasarkan petunjuk pengujian *onboard* SEN0159 yang memberikan saran pengukuran dalam rentang 400 – 10000 ppm, maka pengaturan program disesuaikan mengikuti petunjuk yang ada. Sehingga untuk jangkauan minimal pengukuran konsentrasi CO₂ untuk rancangan alat ditentukan dari nilai 400 ppm dan jangkauan maksimal yaitu 10000 ppm.

3.5.4 Perancangan Metode Mengemisikan CO₂ dari Tanah

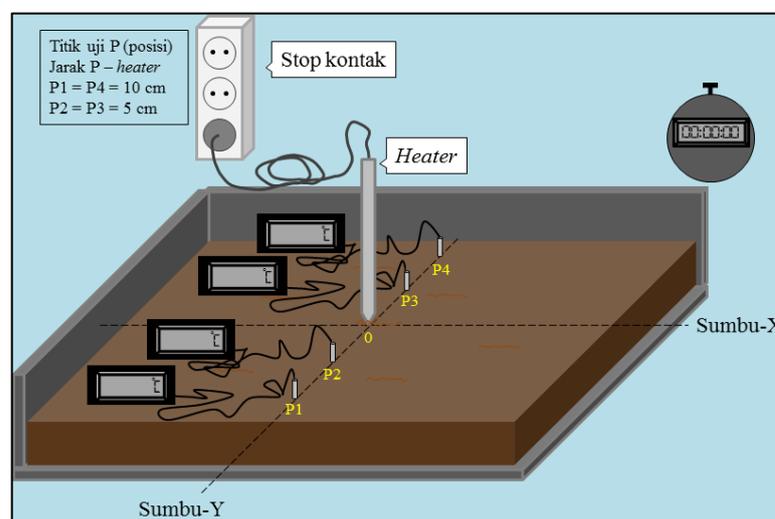
Perancangan metode untuk mengeluarkan CO₂ dari dalam tanah dilakukan dengan memanfaatkan teori dari hasil studi literatur mengenai teori kinetik gas. Semakin tinggi temperatur, maka semakin tinggi pula energi kinetik yang dimiliki partikel/molekul gas. Pada tanah yang dipanaskan, partikel-partikel yang terikat padanya mendapatkan tambahan energi untuk melepaskan ikatan. Dengan memanaskan tanah target ukur, maka gas CO₂ dapat dikeluarkan dari dalam tanah target tersebut. Untuk mendapatkan cara memanaskan tanah secara efektif, maka penulis membuat serangkaian pengujian mengenai distribusi temperatur pada permukaan tanah. Serangkaian pengujian ini dilakukan untuk merancang sistem pemanas (*heater*) tanah dengan bentuk yang dapat memanaskan tanah secara efektif agar terukur oleh sensor gas CO₂.

3.5.5 Pengujian Distribusi Temperatur pada Permukaan Tanah

Pengujian distribusi temperatur pada permukaan tanah bertujuan untuk mengetahui bagaimana arah penyebaran temperatur pada permukaan tanah yang dipanaskan pada suatu titik tertentu. Berdasarkan hasil studi literatur mengenai perpindahan kalor pada tanah, dinyatakan bahwa penyebaran atau perpindahan kalor terjadi secara linier terhadap jarak. Untuk mengetahui lebih pasti, maka dilakukan eksperimen untuk mengujinya, dengan melakukan pengujian seperti yang ditunjukkan skema pengujian pada Gambar 3.5.



(a)

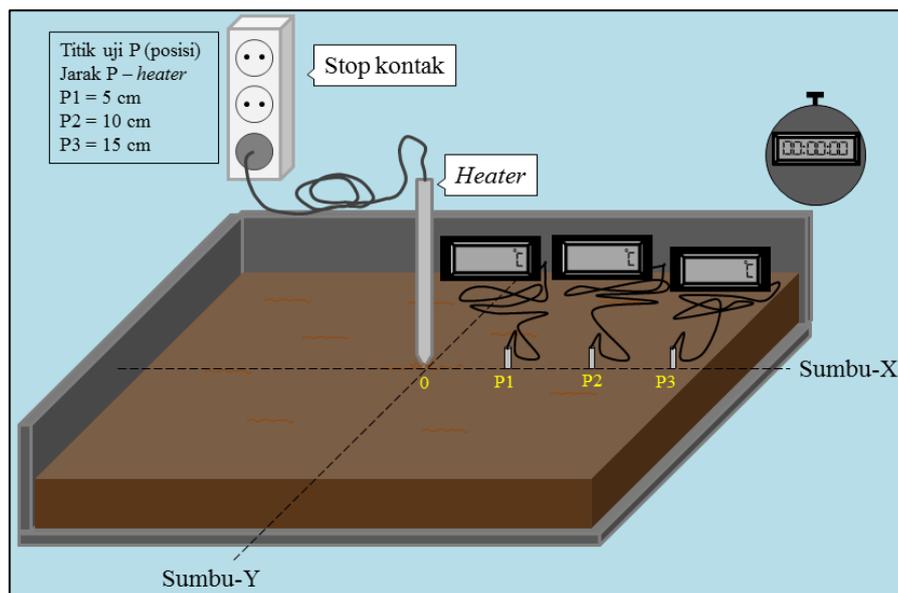


(b)

Gambar 3.4 Skema Pengujian Distribusi Temperatur pada Sumbu- x dan Sumbu- y

Gambar 3.4 (a) adalah skema pengujian distribusi temperatur pada permukaan tanah untuk sumbu- x , dan Gambar 3.4 (b) untuk sumbu- y . Sumbu- x dan sumbu- y pada skema berfungsi sebagai penunjuk arah distribusi termal yang terjadi di permukaan tanah. Penempatan *probe* termometer digital disesuaikan dengan posisi titik uji P (posisi), yaitu pada P1, P2, P3, dan P4 yang ditunjukkan oleh skema. Jarak masing-masing titik uji dari pemanas (yang diletakkan pada titik 0) yaitu: $P1 = P4 = 10 \text{ cm}$; $P2 = P3 = 5 \text{ cm}$. Selain itu, diperlukan pula pengujian untuk mengetahui seberapa jauh jarak efektif untuk tanah agar distribusi temperatur pada permukaan tanah tidak berlangsung terlalu lama.

Pengujian jarak maksimal dilakukan sesuai dengan skema pengujian yang ditunjukkan oleh Gambar 3.5.

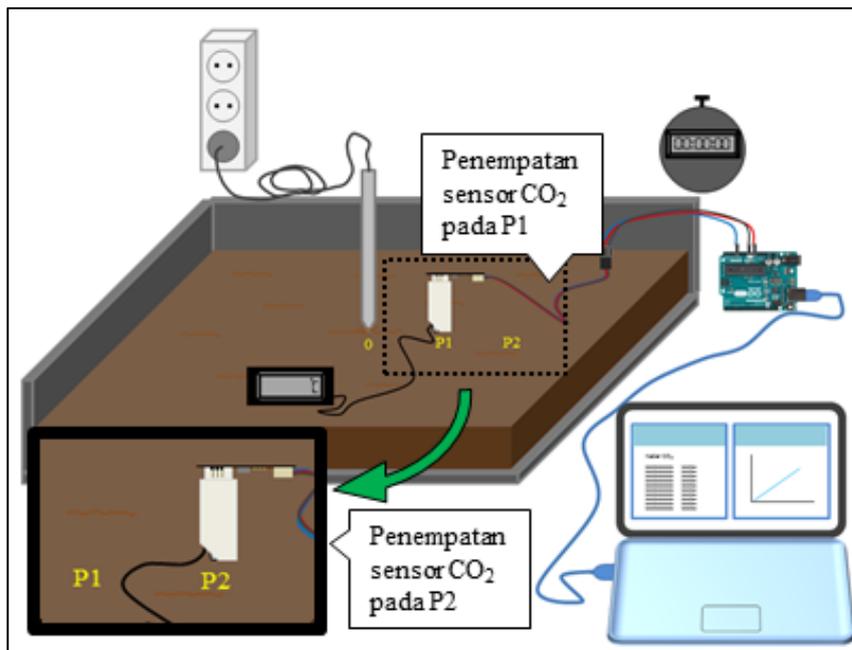


Gambar 3.5 Skema Pengujian Jarak Maksimal dari Pengaruh Perubahan Temperatur

Gambar 3.5 menggambarkan skema pengujian untuk mengetahui seberapa jauh jarak maksimal tanah dari pemanas yang mengalami perubahan temperatur akibat pemanasan oleh pemanas. Setelah hal tersebut diketahui, maka dapat ditentukan seberapa jauh jarak optimal untuk keperluan pengukuran. Untuk jarak masing-masing titik uji dari pemanas (yang diletakkan pada titik 0) yaitu: P1 = 5 cm; P2 = 10 cm; P3 = 15 cm.

3.5.6 Pengujian Respon Sensor Gas MG811 pada Jarak Efektif

Tahap pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon sensor gas CO₂, sensor gas MG811, saat ditempatkan di atas permukaan tanah dengan jarak optimal dari heater yang telah ditentukan berdasarkan hasil pengujian sebelumnya. Pengujian dilakukan sesuai dengan skema pengujian yang ditunjukkan oleh Gambar 3.6 berikut.

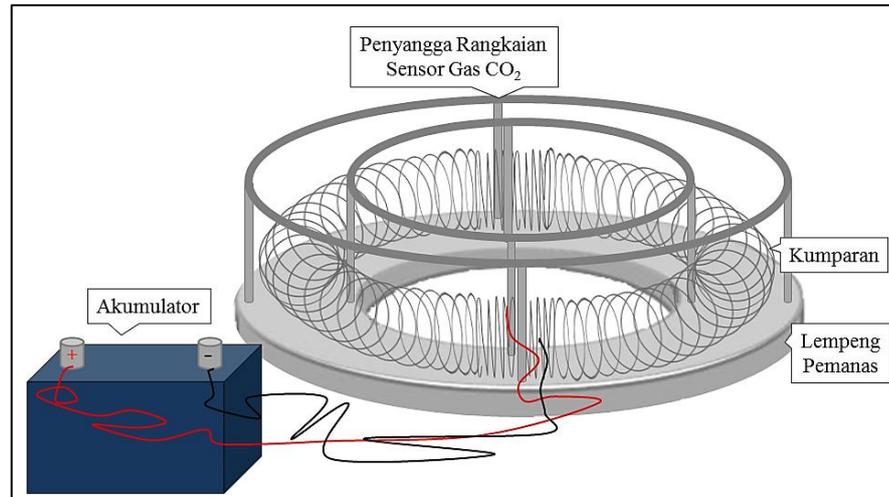


Gambar 3.6 Skema Pengujian dengan Sensor CO₂ Ditempatkan pada Titik P1 dan P2

Pemanas ditempatkan di atas permukaan tanah tepat di bagian tengah *chamber*. Pada bagian pendeteksi sensor MG811 dipasang pipa. Pipa ditancapkan pada titik P1 untuk jarak permukaan tanah 5 cm dari *heater* dan termometer ditancapkan pada posisi yang sama dengan pipa. Kemudian dilakukan juga pengujian dengan cara yang sama untuk titik P2, dimana jarak permukaan tanah 10 cm dari pemanas. Hasil sinyal keluaran sensor gas MG811 dapat tercatat dan ditampilkan pada layar komputer, seperti yang ditunjukkan Gambar 3.6 di atas.

3.5.7 Perancangan Sistem Heater

Hasil pengujian sebelumnya dapat menjadi bahan perhitungan dalam membuat rancangan sistem pemanas (*heating system*) untuk alat ukur emisi CO₂ portabel. Sistem *heater* yang dirancang berbentuk piringan logam yang berlubang di bagian tengah dan bahan pemanasnya berupa *wire* (kawat) yang dilapisi keramik sebagai insulator antara *wire* pemanas dengan piringan logam. Piringan logam yang dibuat berlubang di bagian tengah ditujukan agar gas CO₂ yang terdistribusi akibat panas dari *heater* dapat terkonsentrasi pada bagian permukaan tanah yang terkurung *heater*, sehingga dapat dideteksi oleh sensor gas CO₂. Sumber tegangan untuk *heater* yang digunakan adalah akumulator (aki).

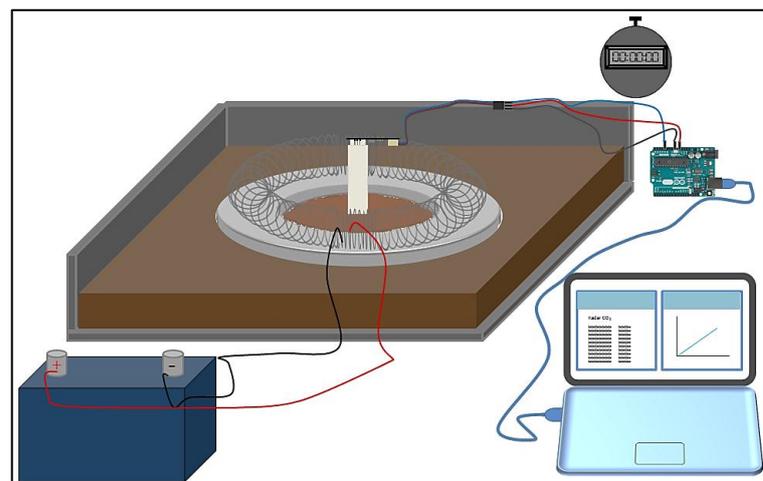


Gambar 3.7 Skema Rancangan Sistem *Heater*

Gambar 3.7 menunjukkan skema rancangan sistem heater yang dihubungkan dengan aki sebagai sumber tegangan. Piringan logam yang dibuat disambungkan dengan batang logam lainnya sebagai penyangga rangkaian sensor gas CO₂.

3.5.8 Pengujian Rancangan Sistem *Heater*

Pengujian rancangan sistem heater dilakukan terlebih dahulu sebelum digabungkan dengan rangkaian sensor gas CO₂. Hal ini bertujuan agar dapat diketahui apakah sistem *heater* yang telah dibuat bekerja sesuai dengan rancangan dan ekspektasi penulis. Pengujian dikerjakan sesuai dengan skema pengujian yang ditunjukkan oleh Gambar 3.8 berikut.

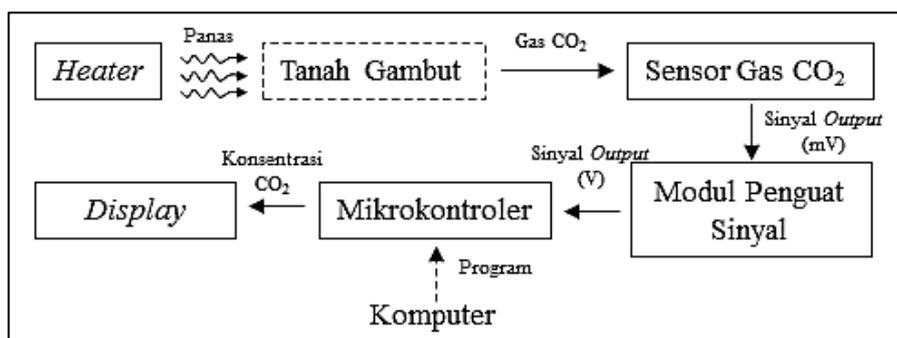


Gambar 3.8 Skema Pengujian Rancangan Sistem *Heater*

Rancangan sistem *heater* diuji dengan mengamati respon sensor gas CO₂ yang diletakkan pada permukaan tanah di bagian tengah piringan logam pemanas. Respon sensor dapat diamati melalui komputer.

3.5.9 Diagram Blok

Rancangan alat ukur emisi CO₂ portabel pada tanah terdiri atas beberapa proses kerja. Proses kerja alat tersebut dapat dijelaskan melalui diagram blok yang ditunjukkan oleh Gambar 3.9.



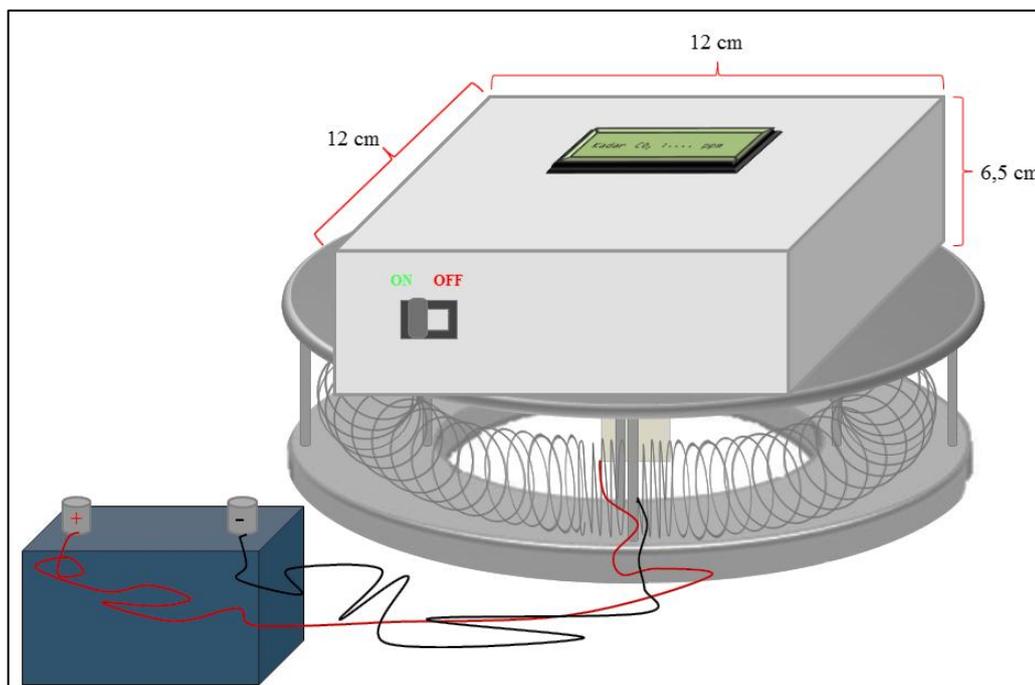
Gambar 3.9 Diagram Blok Alat Ukur Emisi CO₂ Portabel pada Tanah

Gambar 3.9 menggambarkan alur proses kerja alat ukur emisi CO₂ portabel pada tanah. Pada diagram blok ditunjukkan bahwa *heater* memanaskan tanah gambut. Sehingga tanah gambut mengemisikan gas CO₂. Kemudian gas CO₂ dideteksi oleh sensor gas CO₂ yaitu sensor MG811. Sensor ini menghasilkan sinyal keluaran berupa tegangan yang nilainya terlampau kecil, sehingga membutuhkan penguat sinyal. Modul penguat sinyal sudah tergabung dengan sensor MG811 pada SEN0159, dan dapat menghasilkan sinyal keluaran yang dapat diterima oleh mikrokontroler. Mikrokontroler yang digunakan adalah ATmega328 yang terintegrasi dengan *board* Arduino Uno. Dengan memasukkan program yang telah dibuat sedemikian rupa menggunakan komputer pada mikrokontroler, maka mikrokontroler dapat mengkonversi sinyal keluaran dari sensor menjadi nilai konsentrasi CO₂ dalam satuan ppm (*part per million*). Kemudian hasil tersebut ditampilkan pada layar *display* berupa LCD 16 × 2.

3.5.10 Perancangan Alat Ukur Emisi CO₂ Portabel

Setelah menentukan rancangan sistem *heater* dan membuat rangkaian alat ukur emisi CO₂, maka langkah selanjutnya yaitu membuat rancangan alat ukur emisi CO₂ portabel menggunakan sensor gas MG811 berbasis mikrokontroler yang dikemas dengan rapi. Karena alat dirancang agar dapat dibawa agar

memenuhi fungsi portabel, maka penulis mempertimbangkan kebutuhan sumber listrik yang digunakan. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan akumulator (aki) sebagai *power supply*. Sehingga rancangan alat yang dibuat penulis adalah seperti yang ditunjukkan Gambar 3.10.



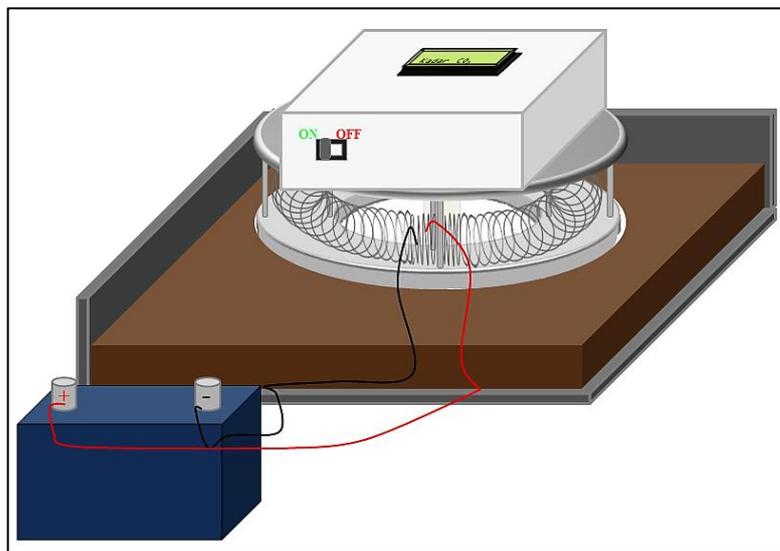
Gambar 3.10. Rancangan Alat Ukur Emisi CO₂ Portabel

Aki yang digunakan sebagai *power supply* adalah aki basah (aki mobil) agar dapat digunakan dalam waktu yang cukup lama. Namun dapat juga menggunakan sumber listrik lainnya, dengan syarat harus menghasilkan tegangan 12 volt DC, seperti aki kering, baterai, dan sebagainya. Dimensi alat ukur bagian sistem *heater* belum dapat diperkirakan, karena ukuran lempengan besi dirancang menyesuaikan hasil studi distribusi panas (dimensi alat diberikan pada hasil di Bab IV). Sedangkan dimensi kotak untuk menempatkan rangkaian (komponen-komponen termasuk sensor) berdimensi $12 \times 12 \times 6,5 \text{ cm}^3$.

3.5.11 Pengujian Alat Ukur Emisi CO₂ Portabel

Tahap pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana respon alat ukur emisi gas CO₂ portabel yang telah dibuat ketika diimplementasikan langsung pada tanah. Pengujian menggunakan tanah gambut untuk diukur emisi CO₂ yang terkandung di dalamnya. Pengujian alat ukur emisi CO₂ portabel yang

diimplementasikan pada tanah ditunjukkan Gambar 3.11. Data pengujian yang diperoleh berupa nilai perubahan konsentrasi CO₂ dan temperatur tiap waktu.



Gambar 3.11. Skema Pengujian Alat Ukur Emisi CO₂ Portabel

3.5.12 Kalibrasi Alat Ukur Emisi CO₂ Portabel

Tahap kalibrasi adalah tahap terakhir dalam penelitian ini. Kalibrasi alat ukur emisi CO₂ portabel dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran instrumen hasil rancangan dengan alat ukur emisi CO₂ yang sudah ada (produk pabrik), yaitu VAISALA GMP 343. VAISALA GMP 343 bekerja menggunakan prinsip optik dengan komponen utama *Infra Red Detector* (IRD), memiliki tegangan kerja 11 – 36 V, dan dilengkapi dengan *Mi70 Indicator* sebagai layar *display*. Alat ini digunakan secara umum untuk pengukuran konsentrasi CO₂ di udara. Namun telah dirancang sedemikian rupa agar dapat diimplementasikan pada tanah. VAISALA GMP 343 memiliki rentang pengukuran dari 0 – 1000 ppm. Alat ini sudah tersertifikasi standar kalibrasi pada ISO/IEC 17025, Sertifikat standar kalibrasi dapat dilihat pada Lampiran 8.

Alat ukur emisi CO₂ portabel yang telah dibuat diuji pada permukaan tanah dan diletakkan berdekatan dengan VAISALA GMP 343. Hasil pengukuran konsentrasi CO₂ dari kedua instrumen dapat diamati melalui masing-masing *display*. Kemudian hasil tersebut dibandingkan apakah hasil pengukuran instrumen yang dibuat sesuai dengan hasil pengukuran VAISALA GMP 343.

3.5.13 Pengolahan Data, Analisis, dan Kesimpulan

Tahap ini dilakukan dengan tujuan agar memperoleh kesimpulan yang dapat menjawab rumusan masalah. Kegiatan pada tahap ini merupakan proses analisis data-data dari seluruh tahapan pengujian dan pembahasan mengenai hal-hal yang berkaitan dengan kerja alat, sehingga dapat diambil kesimpulan. Hasil pengolahan data dapat berupa grafik dan tabel hasil. Kemudian hasil tersebut dianalisis dan mengaitkannya dengan kajian pustaka yang telah dilakukan pada tahap studi literatur. Sehingga dapat memperoleh kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah dalam penelitian ini.