



**CYBER-PHYSICAL SYSTEM FINAL PROJECT REPORT
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
UNIVERSITAS INDONESIA**

AIRSAFE

SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS UDARA DENGAN PERINGATAN OTOMATIS

GRUP 8

Farhan Nuzul Noufendri	2206024442
Ivander Andreas Wijaya	2206031896
Nicholas Samosir	2206059396
Tanto Efrem Lesmana	2206031391

KATA PENGANTAR

Perkembangan pesat dalam ilmu pengetahuan dan teknologi informasi telah membawa banyak manfaat bagi masyarakat, termasuk dalam bidang pemantauan kualitas udara. Teknologi ini memungkinkan integrasi berbagai perangkat keras dan lunak untuk mempermudah kehidupan manusia. Salah satu implementasi terkini adalah sistem pemantauan kualitas udara berbasis mikrokontroler Arduino atmega328p yang dapat mengkomunikasikan data dari berbagai sensor, seperti sensor gas MQ-2, sehingga memberikan informasi penting mengenai kondisi udara dari lingkungan sekitar.

Sistem ini dirancang untuk memberikan peringatan otomatis terkait kondisi udara sekitar dengan melihat kadar CO-nya. Hal ini sangat penting dalam pengurangan masalah kesehatan. Sistem tersebut terhubung dengan arduino yang memungkinkan pengguna memantau kondisi udara secara real-time. Sistem ini dilengkapi dengan fitur monitoring yang ditampilkan pada lcd untuk melihat hasil pantauan data yang didapatkan dari sensor gas MQ-2. Implementasi teknologi ini bertujuan untuk meningkatkan respons cepat dalam upaya pemantauan kualitas udara dan peningkatan kesehatan masyarakat.

Depok, 26 Desember 2024

GRUP 8

DAFTAR ISI

BAB 1.....	3
PENDAHULUAN.....	3
1.1 TINJAUAN MASALAH.....	4
1.2 SOLUSI.....	4
1.3 KRITERIA PENERIMAAN.....	5
1.4 PERAN DAN TANGGUNG JAWAB.....	6
1.5 TIMELINE DAN PENCAPAIAN.....	6
BAB 2.....	7
IMPLEMENTASI.....	8
2.1 DESAIN DAN SKEMA HARDWARE.....	8
2.2 PENGEMBANGAN SOFTWARE.....	8
2.3 INTEGRASI SOFTWARE DAN HARDWARE.....	9
BAB 3.....	9
TESTING DAN EVALUASI.....	10
3.1 TESTING.....	10
3.2 HASIL.....	10
3.3 EVALUASI.....	10
BAB 4.....	10
KESIMPULAN.....	11

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 TINJAUAN MASALAH

Kualitas udara yang buruk telah menjadi masalah serius yang berdampak langsung pada kesehatan masyarakat. Peningkatan kadar polutan udara seperti karbon monoksida (CO), dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan, mulai dari masalah pernapasan hingga penyakit kardiovaskular. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang efektif untuk memantau dan mengendalikan kualitas udara secara real-time guna mengurangi risiko kesehatan yang disebabkan oleh udara yang tercemar.

Sistem pemantauan kualitas udara konvensional seringkali memiliki keterbatasan dalam hal mobilitas, biaya, dan kecepatan respon. Banyak sistem yang ada tidak dapat memberikan data secara real-time atau membutuhkan biaya yang tinggi untuk instalasi dan pemeliharaan. Hal ini menghambat upaya untuk melakukan pemantauan yang efektif dan efisien terhadap kualitas udara di lingkungan sekitar. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan sebuah sistem pemantauan kualitas udara yang baik dengan harga terjangkau.

1.2 SOLUSI

Untuk mengatasi masalah kualitas udara, sistem AIRSAFE menggunakan mikrokontroler Arduino atmega328p dan sensor gas MQ-2 sebagai solusi efektif pemantauan real-time. Sistem ini terdiri dari sebuah Arduino dimana Arduino mengolah data dari sensor yang mendeteksi gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO) serta memberikan peringatan dalam bentuk buzzer dan LED.

Selain menampilkan data kualitas udara pada layar LCD, sistem ini juga dilengkapi dengan tiga buah LED (hijau, kuning, merah) dan sebuah alarm. LED ini berfungsi sebagai indikator visual untuk menunjukkan tingkat kualitas udara: hijau untuk kondisi baik, kuning untuk kondisi sedang, dan merah untuk kondisi buruk. Ketika sensor mendeteksi bahwa kadar CO melebihi batas aman, LED merah akan menyala dan alarm akan berbunyi sehingga memberikan peringatan otomatis kepada pengguna. Hal ini memungkinkan pengguna untuk segera mengambil tindakan yang diperlukan untuk mengurangi paparan terhadap udara yang tercemar.

Dengan memanfaatkan teknologi berbasis mikrokontroler Arduino dan protokol I2C, sistem pemantauan kualitas udara ini memastikan bahwa informasi yang ditampilkan selalu terkini karena respons yang cepat terhadap perubahan kualitas udara. Hal ini dibantu dengan kontrol pemrograman yang menggunakan bahasa assembly langsung di dalamnya. Jadi, implementasi teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan upaya pemantauan kualitas udara.

1.3 KRITERIA PENERIMAAN

1. Sensor dan Mikrokontroler

-Sistem harus menggunakan mikrokontroler Arduino atmega328p.

-Sistem harus menggunakan sensor gas MQ-2 untuk mendeteksi kualitas udara.

2. Pengumpulan dan Pemrosesan Data

-Sensor MQ-2 harus mengumpulkan data mengenai kadar gas berbahaya (CO) secara real-time.

-Data dari sensor harus dikirim ke Arduino melalui protokol I2C untuk pemrosesan lebih lanjut.

3. Indikator Visual dan Audio

-Sistem harus menampilkan data kualitas udara secara real-time pada layar LCD.

-Sistem harus memiliki tiga LED indikator (hijau, kuning, merah) untuk menunjukkan level kualitas udara:

- LED hijau menyala untuk kualitas udara baik.
- LED kuning menyala untuk kualitas udara sedang.
- LED merah menyala untuk kualitas udara buruk.

-Sistem harus dilengkapi dengan alarm yang berbunyi ketika kualitas udara buruk terdeteksi (LED merah menyala).

4. Program dan Integrasi

-Arduino diprogram menggunakan bahasa assembly.

1.4 PERAN DAN TANGGUNG JAWAB

Peran dan tanggung jawab yang ditugaskan kepada anggota grup adalah sebagai berikut:

Peran	Tanggung Jawab	Orang
Farhan Nuzul Noufendri	Ide, laporan, penyiapan alat-bahan, dan troubleshooting rangkaian asli.	Orang 1
Ivander Andreas Wijaya	Laporan dan troubleshooting rangkaian asli	Orang 2
Nicholas Samosir	Kode, rangkaian Proteus, dan troubleshooting rangkaian asli.	Orang 3
Tanto Efrem Lesmana	Readme, laporan, dan troubleshooting rangkaian asli.	Orang 4

Tbl 1. Peran dan Tanggung Jawab

1.5 TIMELINE DAN PENCAPAIAN



Gbr 2. Gantt Chart

Timeline dan pencapaian proyek :

10 Mei 2024 - Memulai proyek dengan membahas mengenai tema-tema yang mungkin akan diajukan dan komponen yang dibutuhkan untuk memulai proyek tersebut, kemudian memilih tema proyek airsafet serta mengajukannya.

11 - 12 Mei 2024 - Mengumpulkan komponen yang dibutuhkan untuk menjalankan proyek dengan cara meminjam beberapa komponen dari laboratorium dan membeli beberapa komponen yang dibutuhkan.

13 - 20 Mei 2024 - Mulai membuat kode untuk mengontrol arduino dalam bahasa rakitan yang akan digunakan untuk menjalankan rangkaian yang akan dibuat dalam proyek, serta membuat simulasi proyek dengan menggunakan proteus sehingga memudahkan dalam proses perangkaian proyek ke dalam rangkaian asli serta dapat mengetes kebenaran kode menggunakan simulasi proteus tersebut sehingga dapat memperbaiki kode yang dibuat.

21 - 25 Mei 2024 - Mulai merangkai komponen menjadi sistem yang diinginkan mengikuti rangkaian yang sudah dibuat dalam simulasi proteus, kemudian masukkan kode ke dalam arduino dan mengetes apakah sistem tersebut sudah menghasilkan hasil yang diinginkan.

25 - 27 Mei 2024 - Menyelesaikan pembuatan laporan dan mengetes lagi rangkaian apakah masih terdapat kesalahan pada rangkaian serta merapikan rangkaian yang telah dibuat.

BAB 2

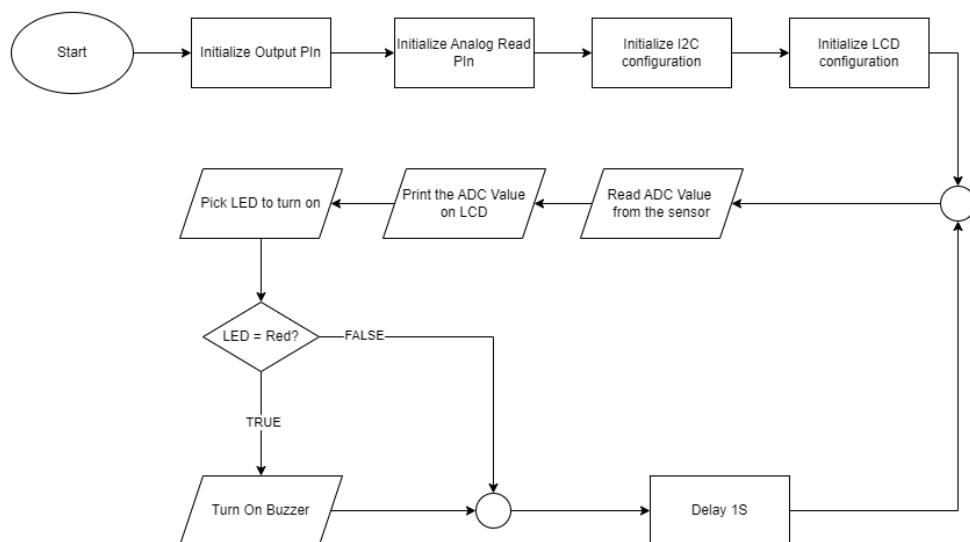
IMPLEMENTASI

2.1 DESAIN DAN SKEMA HARDWARE

Desain rangkaian kami dibuat dengan menggunakan aplikasi Proteus. Rangkaian dibuat sedemikian rupa dengan menggunakan sebuah arduino dengan mengimplementasikan modul I2C untuk menjalankan penampilan hasil pembacaan dan pendekripsi sensor terpisah dari peringatan LED dan buzzer. Buzzer dirangkai dengan konfigurasi sedemikian rupa agar dapat menyala. Setiap LED dilengkapi oleh resistor untuk membatasi tegangan yang lewat pada masing-masing LED. Rangkaian asli dibuat langsung ke dalam arduino asli dengan meng-flash kode .S ke arduino dan merangkai pada breadboard.

2.2 PENGEMBANGAN SOFTWARE

Untuk mempermudah pembuatan dari alat tersebut, akan menguntungkan apabila dibuat sebuah flowchart untuk mengetahui alur dari kerja alat tersebut:



Gbr 3. Flowchart Program

Dari flowchart tersebut, routine yang digunakan dalam program dapat dikategorikan menjadi beberapa bagian, yaitu Main Program Routine, ADC Routine, I2C Routine, LCD Routine, ASCII Routine dan Delay Routine.

a. Main Program Routine

Main Program routine merupakan representasi langsung dari flowchart yang telah dibuat. Kode :

```
main:  
    ;Output Config  
    LDI R24, 0b00000111  
    OUT DDRB, R24  
    SBI DDRD, 7  
  
    ;Analog Config  
    CBI DDRC, 0  
    LDI R20, 0x60  
    STS ADMUX, R20  
    LDI R20, 0x87  
    STS ADCSRA, R20  
  
    ;I2C Config  
    LDI R21, 0  
    STS TWSR, R21  
    LDI R21, 72  
    STS TWBR, R21  
    LDI R21, (1<<TWEN)  
    STS TWCR, R21  
  
    RCALL LCD_init  
  
loop:  
    RCALL ADC_read  
    RCALL printvalue  
    RCALL pick_led  
    RCALL delay_sec  
    RJMP loop
```

b. ADC Routine

ADC Routine adalah sekumpulan routine dalam assembly yang berisi serangkaian instruksi yang dilakukan untuk menerima nilai sensor dari input analog. Kode :

```
ADC_read:  
    LDI    R20, 0xC7    ;set ADSC in ADCSRA to start conversion  
    STS    ADCSRA, R20  
  
    wait_adc:  
        LDS    R21, ADCSRA ;check ADIF flag in ADCSRA  
        SBRS   R21, 4         ;skip jump when conversion is done  
        (flag set)  
        RJMP   wait_adc     ;loop until ADIF flag is set  
  
        LDI    R17, 0xD7    ;set ADIF flag again  
        STS    ADCSRA, R17 ;so that controller clears ADIF  
  
        LDS    R19, ADCL    ;get low-byte result from ADCL  
        LDS    R18, ADCH    ;get high-byte result from ADCH  
        RET
```

c. I2C Routine

I2C Routine adalah sekumpulan routine yang berisi instruksi - instruksi untuk melakukan operasi pada I2C serial communication. Kode

```
I2C_start:  
    LDI    R21, (1<<TWINT) | (1<<TWSTA) | (1<<TWEN)  
    STS    TWCR, R21       ;transmit START condition  
  
    wt1:  
        LDS    R21, TWCR  
        SBRS   R21, TWINT      ;TWI interrupt = 1?  
        RJMP   wt1             ;no, wait for end of  
        transmission
```

```

RET

I2C_write:

STS    TWDR, R27          ;copy byte in R27 into data register
LDI    R21, (1<<TWINT) | (1<<TWEN)
STS    TWCR, R21          ;transmit byte

wt2:

LDS    R21, TWCR
SBRS   R21, TWINT
RJMP   wt2                ;wait for end of transmission
RET

I2C_stop:

LDI    R21, (1<<TWINT) | (1<<TWSTO) | (1<<TWEN)
STS    TWCR, R21          ;transmit STOP condition
RET

```

d. LCD Routine

LCD Routine adalah sekumpulan routine yang berisi instruksi - instruksi untuk melakukan operasi pada LCD. Kode :

```

LCD_sendByte:
;R29 = data
RCALL I2C_start

LDI R27, 0x40
RCALL I2C_write

MOV R27, R29
RCALL I2C_write

RCALL I2C_stop

```

```
    RET

LCD_send4Bits:
    ;R29 = Value
    RCALL LCD_sendByte

    ORI R29, 0b00000100
    RCALL LCD_sendByte
    RCALL delay_short

    ANDI R29, 0b11111011
    RCALL LCD_sendByte
    RCALL delay_us
    RET

LCD_writeChar:
    ;R29 = Value | R26 = Mode
    PUSH R29
    ANDI R29, 0xF0
    OR R29, R26
    RCALL LCD_send4Bits

    POP R29
    SWAP R29
    ANDI R29, 0xF0
    OR R29, R26
    RCALL LCD_send4Bits
    RET

LCD_init:
    LDI R26, 0x00

    LDI R29, 0x33
    RCALL LCD_writeChar
    RCALL delay_ms
```

```
LDI R29, 0x32
RCALL LCD_writeChar
RCALL delay_ms

LDI R29, 0x28
RCALL LCD_writeChar
RCALL delay_ms

LDI R29, 0x0C
RCALL LCD_writeChar
RCALL delay_ms

LDI R29, 0x01
RCALL LCD_writeChar
RCALL delay_ms

LDI R29, 0x06
RCALL LCD_writeChar
RET
```

e. ASCII Routine

ASCII Routine adalah sekumpulan routine yang berisi instruksi - instruksi untuk mengubah nilai yang dibaca dari sensor analog menjadi nilai ASCIinya.

Kode :

```
ASCII_MSD:
    MOV R23, R16
    ANDI R16, 0xF0
    SWAP R16
    SUBI R16, -48
    MOV R28, R16
    SUBI R28, 58
    BRPL A_F_D1

MSD_RET:
```

```

        RET

A_F_D1:
    SUBI R16, -7
    RJMP MSD_RET

ASCII_LSD:
    MOV R16, R23
    ANDI R16, 0x0F
    SUBI R16, -48
    MOV R28, R16
    SUBI R28, 58
    BRPL A_F_D0

LSD_RET:
    RET

A_F_D0:
    SUBI R16, -7
    RJMP LSD_RET

```

f. Delay Routine

Delay Routine adalah sekumpulan routine yang berisi instruksi - instruksi untuk membuat efek delay pada arduino. Kode :

```

delay_sec: ;1s delay
    LDI R20, 255
    ld1: LDI R21, 255
    ld2: LDI R22, 124
    ld3: DEC R22
    BRNE ld3
    DEC R21
    BRNE ld2
    DEC R20
    BRNE ld1
    RET

delay_short:

```

```
NOP  
NOP  
RET  
  
delay_us:  
    LDI    R30, 90  
    lu:  
        RCALL delay_short  
        DEC    R30  
        BRNE    lu  
    RET  
  
delay_ms:  
    LDI    R31, 40  
    lms:  
        RCALL delay_us  
        DEC    R31  
        BRNE    lms  
    RET
```

2.3 INTEGRASI SOFTWARE DAN HARDWARE

Kode bahasa rakitan yang dibuat menghubungkan sensor MQ2 yang dihubungkan pada pin arduino melalui breadboard yang terhubung ke pin konverter analog digital (ADC) 0 yang kemudian kode tersebut akan membaca data analog yang masuk dari sensor dan akan memprosesnya menjadi data digital untuk mengirimkannya ke LCD (yang sebelumnya telah terhubung ke arduino menggunakan protokol I2C) yang kemudian akan menampilkan data mengenai kondisi tingkatan kandungan CO yang terdapat pada udara. Selain itu kode ini akan menampilkan tingkatan tersebut kedalam 3 LED yang akan menampilkan data tersebut berdasarkan tingkatan yang telah diatur batasnya. 3 LED ini akan merepresentasikan tingkatan aman (hijau), waspada (kuning), dan bahaya (merah). Kemudian terdapat pin pada arduino yang akan digunakan untuk mengaktifkan buzzer yang akan menandakan tanda bahaya (ketika lampu LED merah menyala) yang menunjukkan bahwa tingkatan kandungan CO pada udara sudah dalam tahapan yang berbahaya.

BAB 3

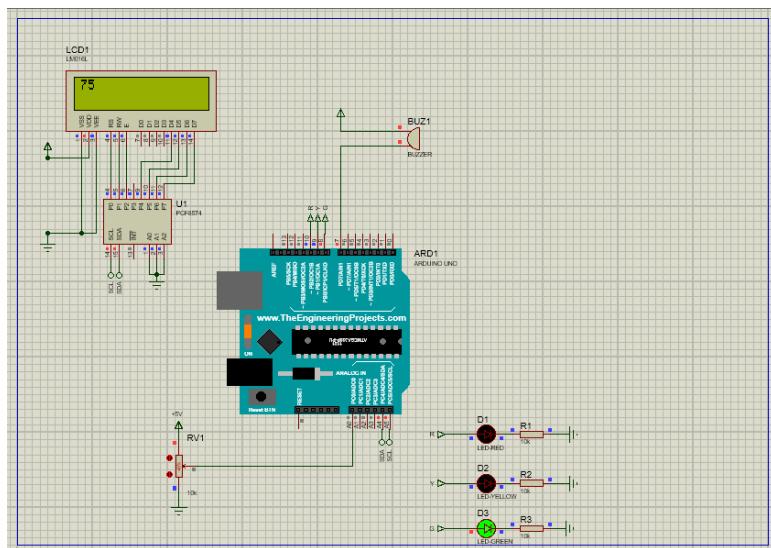
TESTING DAN EVALUASI

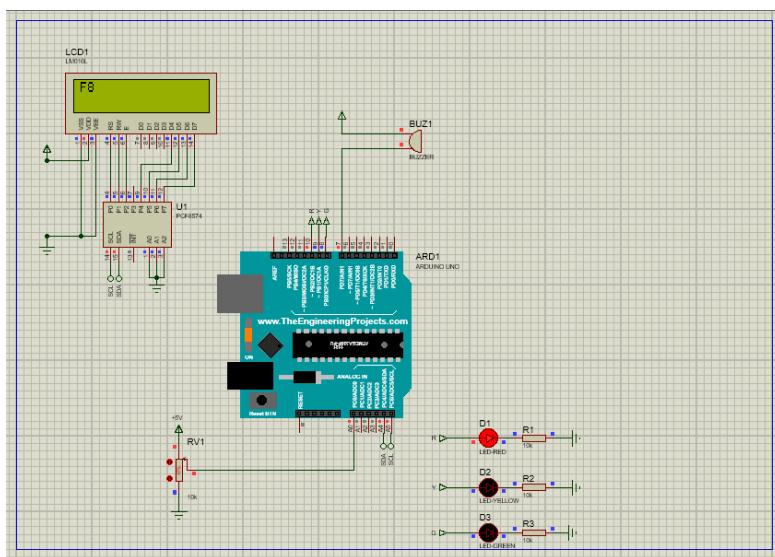
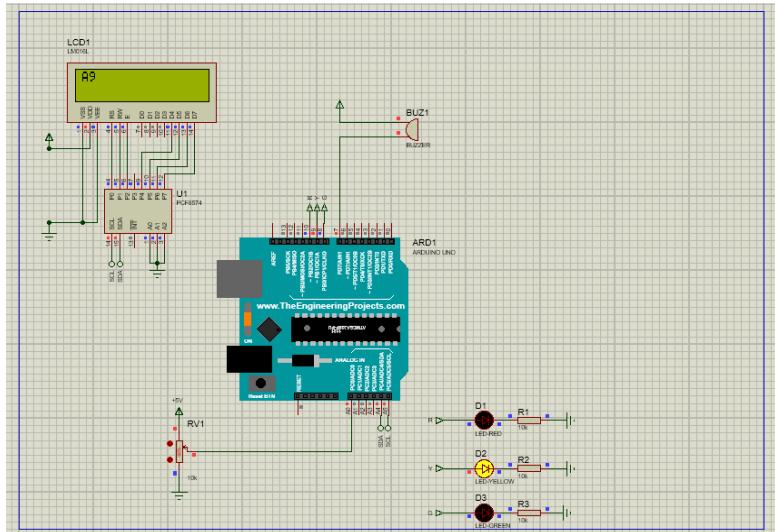
3.1 TESTING

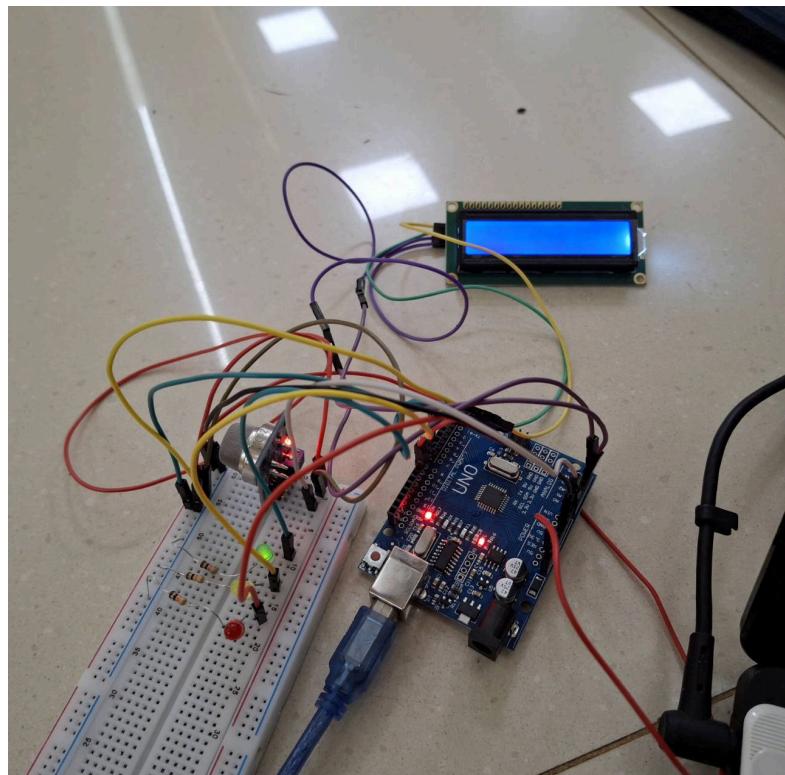
Pada tahap pengujian, dilakukan beberapa ketentuan untuk batas tiap lcd hidup yaitu: ketika kadar karbon monoksida kadarnya dalam rentang 0 - 141 maka lcd hijau akan hidup; ketika kadar karbon dioksida kadarnya dalam rentang 141 -216, maka lcd kuning akan hidup; ketika kadar karbon dioksida melewati kadar 216, maka lcd merah akan hidup dan buzzer akan berbunyi.

3.2 HASIL

Berikut adalah hasil dari pengujian rangkaian (Hasil tes potentiometer)







Gbr 3. Hasil Testing

3.3 EVALUASI

Sistem tersebut mampu menunjukkan kadar CO dan memberikan aproksimasi tingkat CO yang terdapat pada udara disekitar dan menampilkannya pada LCD. Sistem ini dapat mengukur kadar CO dengan cukup akurat dan memberikan peringatan melalui buzzer jika kadar CO sudah dalam tahap berbahaya. Sistem ini juga mudah sekali digunakan karena tidak perlu interaksi dari pengguna dan mampu menampilkan status kadar CO ke 3 LED untuk memudahkan memantau tingkatan CO dalam udara.

Sistem ini juga menggunakan sistem Arduino Uno berbasis ATMega 328p sehingga efisien dalam penggunaan daya, andal, dan mudah untuk diperbaiki.

BAB 4

KESIMPULAN

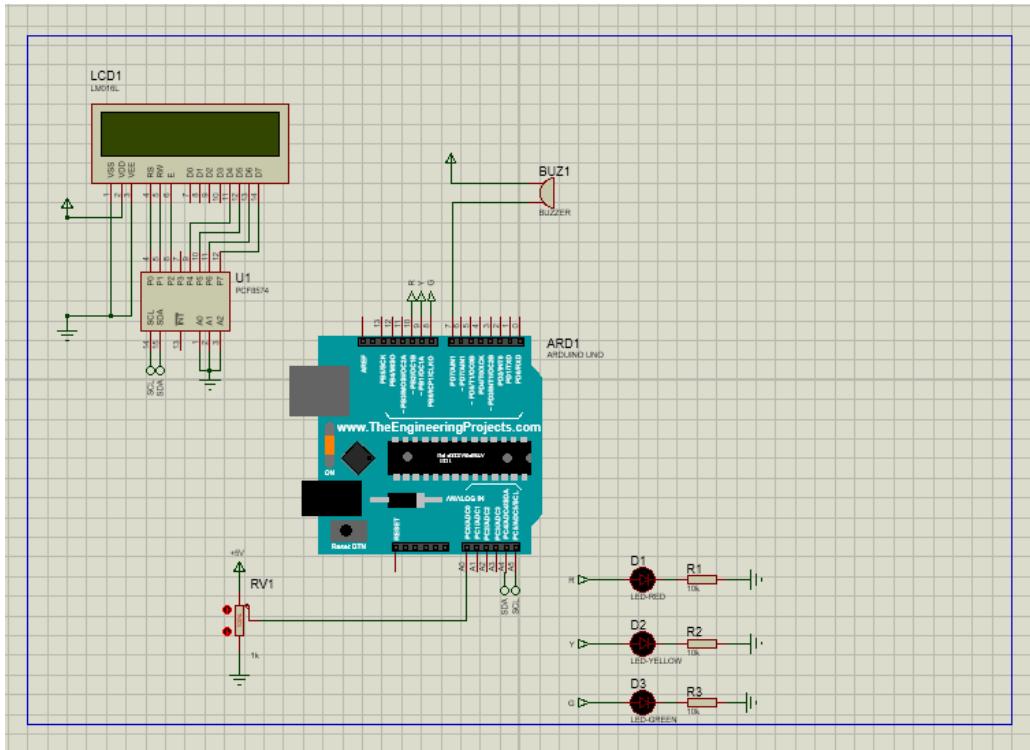
Berdasarkan serangkaian pengujian yang telah dilakukan, sistem ini berjalan dengan cukup baik pada rangkaian proteus dan rangkaian nyata. Sensor MQ2 yang digunakan dalam sistem ini mampu mendeteksi variasi kadar CO di udara. Protokol I2C yang digunakan untuk menghubungkan Arduino dengan LCD berfungsi dalam menampilkan data CO secara real-time dan memberikan informasi yang jelas. Sistem indikator yang terdiri dari tiga LED (hijau, kuning, merah) berfungsi dengan baik dalam memberikan indikasi visual terhadap tingkat bahaya CO dengan ketentuan yang formatnya masih dalam ppm di mana LED hijau menyala pada kadar CO 0-141 ppm, LED kuning pada 141-216 ppm, dan LED merah menyala serta buzzer berbunyi ketika kadar CO melebihi 216 ppm. Secara keseluruhan, sistem ini berhasil mengintegrasikan berbagai komponen untuk menciptakan alat deteksi CO sehingga dapat diimplementasikan dalam peningkatan kesehatan dengan memberikan peringatan dini terhadap paparan gas CO yang berbahaya.

REFERENSI

- [1] Author, “MQ2 Gas Sensor,” Components101, Jan 4, 2018. [Online]. Available : <https://components101.com/sensors/mq2-gas-sensor>
- [2] Author, “Dasar Assembler AVR,” DASAR KOMPUTER BUAT PEMULA, Feb. 20, 2012. <https://pccontrol.wordpress.com/dasar-assembler-avr/>
- [3] Assembly via Arduino (part 19) - dht11 sensor (2021) YouTube. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=vnLpzvkCUq8&pp=ugMICgJpZBABGAHKBRxESFQxMSBhc3NlbWJseSBhbmfzIGt1emVjaGll>
- [4] Assembly via Arduino (part 26) - servo motor SG90 (2021) YouTube. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=ZqbKUDZw6vM>

LAMPIRAN

Lampiran A: Skema dari Proyek



Gbr 3. Skema Rangkaian

Lampiran B: Dokumentasi

