

Rancang Bangun *Warning System* dan *Monitoring Gas Sulfur Dioksida (SO₂) Gunung Tangkuban Parahu VIA SMS Gateway Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Sensor MQ-136*

Fergo Treska

Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, UNIKOM
Jl. Dipatiukur 114-117, Bandung
E-mail: fergotreska@yahoo.com

Abstrak

Pada penelitian ini, sistem peringatan dini dan pemantauan terhadap kondisi gas SO₂ dirancang menggunakan teknologi sms gateway dengan bantuan sensor MQ136 yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas SO₂ dan mikrokontroler ATmega16 sebagai pemroses. Nilai konsentrasi gas SO₂ dan kondisinya apakah normal?, waspada? atau bahaya?, dapat diketahui dan ditetapkan dari hasil pengujian di laboratorium. Sms akan dikirim ke lima nomor tujuan apabila nilai konsentrasinya melebihi ambang batas yang ditetapkan. Sistem pemantauan dilakukan dengan mengirimkan sms ke alat yang berisikan perintah untuk mengirimkan nilai konsentrasi gas yang sedang dideteksi melalui sms ke nomor pengirim. Alat ini juga dilengkapi dengan alarm apabila kondisi gas sudah dalam keadaan bahaya dan akan berhenti berbunyi jika sudah di bawah ambang batas bahaya.

Kata kunci -- Gas SO₂, Sensor gas MQ136, ATmega16, SMS gateway.

Abstract

In this research, the warning systems and monitoring of SO₂ gas conditions designed using sms gateway technology with assistance MQ136 sensor gas to detect the presence of SO₂ gas and ATmega16 microcontroller as the processor. SO₂ gas concentration value and condition is it normal?, alert? or hazard?, can be known and determined from the results of laboratory tests. Sms will be sent to five number of destination if the concentration exceeds the threshold value set. System monitoring is done by sending an sms to device which contained by command to transmit gas concentration values which detected via sms to the number of the sender. This device is also equipped with a gas alarm if condition is danger and will stop ringing if it is below the danger threshold.

Keywords : Gas SO₂, MQ136 gas sensor, ATmega16, SMS gateway.

I. PENDAHULUAN

Gunung Tangkuban Parahu adalah salah satu gunung yang terletak di Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Gunung ini merupakan gunung stratovulcano yang apabila meletus akan mengeluarkan lava dan sulfur. Mineral yang dikeluarkan salah satunya adalah sulfur dioksida (SO₂). Gas SO₂ merupakan bahan kimia yang sangat berbahaya bagi manusia. Gas ini dapat mengakibatkan gangguan pernafasan yang serius. Gas ini juga dapat mengakibatkan gangguan pada mata.

Selama ini untuk mengetahui kadar gas SO₂ di kawasan kawah ratu gunung Tangkuban Parahu, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) masih memerlukan tim untuk dikirim

guna mengetahui kondisi gas beracun yang salah satunya adalah SO₂ yang sangat beresiko bagi tim yang bekerja.

Dengan semakin berkembangnya teknologi telekomunikasi timbul pemikiran untuk membangun sebuah alat *warning system* dan *monitoring* yang bisa dijadikan sebagai peringatan dini bahaya gas SO₂ gunung Tangkuban Parahu melalui jaringan GSM (*Global System for Mobile*) dengan memanfaatkan teknologi *SMS gateway*. Oleh karena itu, pengecekan keadaan konsentrasi gas khususnya SO₂ di gunung Tangkuban Parahu dapat dilakukan dari jarak jauh dan memiliki sistem pemberitahuan otomatis apabila konsentrasi gas SO₂ melampaui batas nilai referensi yang sudah ditetapkan.

II. DASAR TEORI

A. Geografis Gunung Tangkuban Parahu

Gunung tangkuban parahu merupakan gunung Stratovolcano dengan pusat erupsi yang berpindah dari timur ke barat. Jenis batuan yang dikeluarkan melalui letusan kebanyakan adalah lava dan sulfur, mineral yang dikeluarkan adalah sulfur belerang, mineral yang dikeluarkan saat gunung tidak aktif adalah uap belerang.

B. Sulfur Dioksida (SO₂)

Gas SO₂ (sulfur dioksida), merupakan gas polutan yang banyak dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil yang mengandung unsur belerang seperti minyak, gas, batubara, maupun kokas. Pengaruh gas SO₂ terhadap manusia terdapat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Pengaruh gas SO₂ terhadap manusia

Kadar (ppm)	Dampaknya Terhadap Manusia
3-5	Jumlah minimum yang dapat dideteksi baunya
8-12	Jumlah minimum yang segera mengakibatkan iritasi tenggorokan
20	Jumlah minimum yang mengakibatkan iritasi pada mata, dapat menyebabkan batuk, jumlah maksimum yang diperbolehkan untuk paparan yang lama
50-100	Jumlah maksimum yang diperbolehkan untuk paparan yang singkat (±30 menit)
400-500	Sudah berbahaya walaupun dalam paparan yang singkat

Sumber : Philip Kristanto, *Ekologi Industri, Edisi Pertama cetakan pertama, 2002.*⁽²⁾

C. Alat Detektor Gas

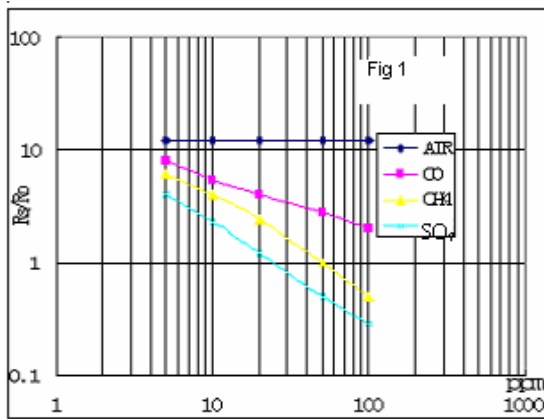
Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) menggunakan dua macam alat detektor gas yaitu drager x-am 7000 dan multigas reader. Perbandingan antara kedua detektor gas tersebut terdapat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Perbandingan Drager X-am 7000 dan Multigas Reader

Alat Detektor Gas	Sistem Kerja Alat	Batas Referensi Konsentrasi Gas SO ₂	Tampilan Data Keluaran
Drager X-am 7000	Alat ini melakukan pembacaan konsentrasi gas secara langsung tanpa perekaman data. Indikator alarm akan berbunyi ketika konsentrasi gas melebihi batas referensi	20 ppm dan 40 ppm	LCD yang terpasang pada alat
Multigas Reader	Alat ini bekerja mendeteksi gas selama 1 x 8 jam, kemudian akan off selama 30 menit, lalu akan aktif kembali dan melakukan warming up selama 30 menit, setelah itu akan mengkalibrasi kembali ke nilai 0 selama 5 menit. Alat ini merekam data selama 1 jam/ 3 detik untuk satu rekaman. Sistem kerja tersebut akan berulang secara terus-menerus (<i>looping</i>). Oleh karena itu, alat ini memiliki kelemahan dengan waktu tunggu yang lama.	50 ppm dan 100 ppm	Laptop/ Personal Computer yang terhubung langsung dengan alat melalui kabel USB

D. Sensor Gas MQ-136

Sensor MQ-136 adalah suatu komponen semikonduktor yang berfungsi sebagai pengindera bau gas tin oksida (SnO_2). Sensor MQ-136 sangat peka terhadap SO_2 . Berikut ini adalah grafik karakteristik sensitivitas sensor MQ-136.



Gambar 1. Karakteristik Sensitivitas Sensor MQ-136

Berdasarkan grafik diatas dapat diambil kesimpulan bahwa nilai rasio resistansi sensor (R_s/R_o) adalah berbanding terbalik terhadap konsentrasi gas SO_2 sehingga dapat ditulis persamaan sebagai berikut.

$$\frac{R_s}{R_o} = \frac{1}{\text{Konsentrasi gas (ppm)}} \quad (2.1)$$

$$\text{Konsentrasi gas (ppm)} = \frac{R_o}{R_s} \quad (2.2)$$

Persamaan resistansi sensor (R_s) adalah:

$$R_s = (V_c / V_{RL} - 1) \times R_L \quad (2.3)$$

Keterangan:

V_c = Tegangan uji sensor

V_{RL} = Tegangan keluaran

R_s = Resistansi sensor

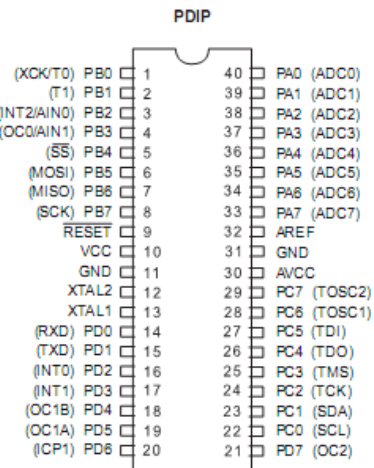
R_o = Resistansi sensor pada saat 50 ppm SO_2

E. Mikrokontroler ATmega16

Mikrokontroler ATmega 16 merupakan seri mikrokontroler CMOS 8 bit buatan Atmel keluarga AVR, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). ATmega16 ini memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. 16 Kbytes (ATmega16) *In Sytem Self Programmable Flash*.

2. 1 Kbytes Internal SRAM (*Static Random Access Memory*).
3. 512 bytes EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*).
4. Programmable serial USART (*Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter*).
5. 32 (ATmega16) *Programmable I/O Line*.
6. Kecepatan maksimum hingga 16 MIPS (*Million Instruction Per Second*) dengan menggunakan kristal 8 MHz.



Gambar 2. Pin-Pin Atmega16

F. Analog To Digital Converter (ADC) ATmega16

Analog to Digital Converter (ADC) adalah sebuah piranti yang dirancang untuk mengubah sinyal *analog* menjadi sinyal *digital*. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan ADC ini adalah tegangan maksimum yang dapat dikonversikan oleh ADC dari rangkaian pengkondisi sinyal, resolusi, pewaktu eksternal ADC, tipe keluaran, ketepatan dan waktu konversinya.

Fitur dari sistem ADC untuk ATmega16 yaitu :

1. 8 atau 10 bit resolusi.
 - a) 8 bit => $2^8 = 256$ menyatakan *output*, sehingga resolusi VFSR/28 1 bagian = di 256 dari VFSR (VREF).
 - b) 10 bit => $2^{10} = 1024$ menyatakan *output*, sehingga resolusi VFSR/210 1 bagian = di 1024 dari (VREF).
2. 8 channel MUX => 8 masukan tegangan tunggal (yaitu direferensikan ke GND) pada Port A.
3. 16 kombinasi input diferensial.
 - a) Dua (ADC1, ADC0 dan ADC3, ADC2) memiliki *gain* diprogram dengan 1X, 10X, 200X atau keuntungan dipilih.

- 1X atau 10X dapat mengharapkan resolusi 8 bit.
 - 200X 7 bit resolusi.
- b) Tujuh diferensial saluran berbagi ADC1 sebagai terminal negatif umum (ADC0-ADC1).
4. Rentang tegangan *input* adalah 0 V –VCC.
 5. VREF bisa internal (baik 2,56 V atau AVCC) atau eksternal disediakan (tapi harus kurang dari VCC).
 6. Pemicu otomatis mode konversi tunggal.
 7. Interrupsi pada ADC setelah selesai konversi.
 8. Hasil muncul dalam ADCL dan ADCH. Perlu untuk membaca ADCL pertama untuk mencegah ADCH dari yang ditimpa dengan data baru.

Data hasil konversi ADC 10 bit (1024) diperoleh melalui persamaan berikut.

$$ADC=(V_{in} \times 1024)/V_{ref} \tag{2.4}$$

Keterangan:

ADC = nilai yang dibaca oleh mikrokontroler

V_{in} = Tegangan masuk pada pin ADC

V_{ref} = Tegangan referensi mikrokontroler

G. Teknologi SMS Gateway

SMS Gateway adalah sebuah perangkat lunak yang menggunakan bantuan komputer dan memanfaatkan teknologi seluler yang diintegrasikan guna mendistribusikan pesan-pesan yang di-generate lewat sistem informasi melalui media SMS yang di-handle oleh jaringan seluler. Secara khusus, sistem ini akan memiliki fungsi-fungsi sebagai berikut:

1. *Message Management dan Delivery*
 - a) Pengaturan pesan yang meliputi manajemen prioritas pesan, manajemen pengiriman pesan, dan manajemen antrian.
 - b) Pesan yang dilalukan harus sedapat mungkin *fail safe*. Artinya, jika terdapat gangguan pada jaringan telekomunikasi, maka system secara otomatis akan mengirim ulang pesan tersebut.
2. Korelasi

Berfungsi untuk melakukan korelasi data untuk menghasilkan data baru hasil korelasi. Pada sistem yang terpasang saat ini, arsitektur lalu lintas data melalui SMS sudah terjalin cukup baik. Hanya saja, keterbatasan akses data dan tujuan informasi SMS yang belum terfokus

menyebabkan banyaknya jawaban standar (*default replies*) masih banyak terjadi. SMS Gateway banyak digunakan dalam berbagai proses bisnis dan usaha.

III. PEMBAHASAN SISTEM

Alat *Warning System Dan Monitoring Gas SO₂* merupakan detektor gas SO₂ yang memiliki fasilitas sistem pemberitahuan dan pemantauan konsentrasi dan status kondisi gas SO₂ dari jarak jauh menggunakan teknologi *SMS gateway*. Alat ini dapat melakukan komunikasi *half-duplex* yang artinya sistem yang dirancang dapat melakukan komunikasi timbal balik secara bergantian dengan *user*. Sehingga fasilitas ini dapat dimanfaatkan untuk *monitoring* konsentrasi dan status keadaan gas SO₂ dari jarak jauh kapan saja *user* mengirimkan instruksi melalui *handphone* dan alat ini akan meresponnya kembali menggunakan teknologi *SMS gateway*.

Warning system yang dirancang berupa pemberitahuan dini terhadap kondisi gas SO₂ berdasarkan tingkat konsentrasi gas yang dideteksi. Pemberitahuan ini akan dikirim melalui SMS ke *handphone user* apabila konsentrasi gas yang dideteksi melampaui ambang batas konsentrasi gas SO₂ yang diprogram dalam mikrokontroler. Ambang batas konsentrasi dan status kondisi gas SO₂ terdapat pada **Tabel 4.1** dibawah ini.

Tabel 3. Ambang Batas Konsentrasi dan Status Kondisi Gas SO₂

Ambang Batas Konsentrasi	Status Kondisi
< 20 ppm	Normal
20 ppm - 40 ppm	Waspada
>40 ppm	Bahaya

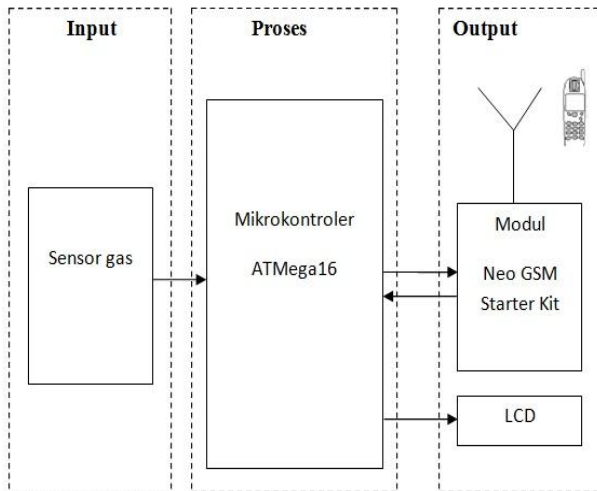
Untuk mendapatkan nilai *parts per million* (ppm) dari gas SO₂ yang dideteksi oleh sensor gas maka perlu dilakukan beberapa langkah penelitian. Hasil keluaran dari sensor gas MQ-136 yang dibaca oleh mikrokontroler adalah hasil konversi analog to digital (ADC) dari persamaan (2.4). Tegangan masuk pada pin ADC (V_{in}) merupakan tegangan keluaran (VRL) sensor gas MQ-136. Sehingga untuk mengetahui tegangan keluaran (VRL) sensor MQ-136 berdasarkan persamaan (2.4) menjadi:

$$V_{in} = (ADC \times V_{ref}) / 1024 \tag{2.5}$$

Dengan diketahuinya nilai VRL maka dapat dicari resistansi sensor (R_s) dengan menggunakan persamaan (2.3). Dari persamaan (2.1) diperlukan nilai R_o . R_o merupakan R_s pada kondisi pengukuran referensi konsentrasi gas SO_2 (dalam hal ini 50 ppm). Jadi, diperlukan ruang dengan tingkat SO_2 50 ppm, kemudian dilakukan pengukuran R_s pada temperatur dan kelembaban ruang tersebut (kondisi lingkungan pengukuran). Setelah diketahui nilai R_o maka, besar konsentrasi gas (ppm) dapat ditentukan menggunakan persamaan (2.2).

Alat ini juga dilengkapi dengan LCD (*Liquid Crystal Display*) yang berfungsi sebagai tampilan informasi konsentrasi gas SO_2 dan status kondisinya untuk *monitoring* di lapangan yang terpasang pada alat.

A. Blok Diagram Sistem



Gambar 3. Blok Diagram Sistem

Berdasarkan blok diagram di atas digambarkan bahwa “Rancang Bangun Warning System Dan Monitoring Gas SO_2 Gunung Tangkuban Parahu Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Sensor MQ-136” terdiri dari tiga bagian subsistem yaitu:

- a) *Input* (masukan) yang terdiri dari sensor gas yang berfungsi sebagai pendeteksi gas SO_2 .
- b) *Proses* yang terdiri dari mikrokontroler ATmega16 yang berfungsi sebagai pusat pengolahan data dan interkoneksi antara subsistem lainnya. Mikrokontroler berisikan instruksi-instruksi pemrograman untuk menjalankan sistem secara keseluruhan dengan baik.
- c) *Output* (keluaran) yang terdiri dari modul Neo GSM Starter Kit yang berfungsi sebagai media tukar-menukar pesan singkat (SMS)

- d) serta data informasi, dan LCD sebagai tampilan data informasi yang dikirim oleh mikrokontroler.

B. Diagram Alur

Diagram alur untuk menggambarkan algoritma dari sistem ini terdiri dari dua layanan yaitu *polling* dan interupsi. Layanan *polling* berfungsi melakukan proses *warning system* dan layanan interupsi berfungsi melakukan proses *monitoring*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Dan Analisis Keluaran Catu Daya

Power supply sebagai sumber tegangan sangat diperlukan bagi komponen-komponen. Perancangan ini menggunakan aki 12 V 2,5 A sebagai sumber daya masukan serta kapasitor 0,1 uF sebagai penampung dan pembangkit tegangan dan regulator LM7805 untuk mendapatkan tegangan 5V. Berikut ini adalah tabel uraian suplai daya aki terhadap komponen warning system dan monitoring gas SO_2 .

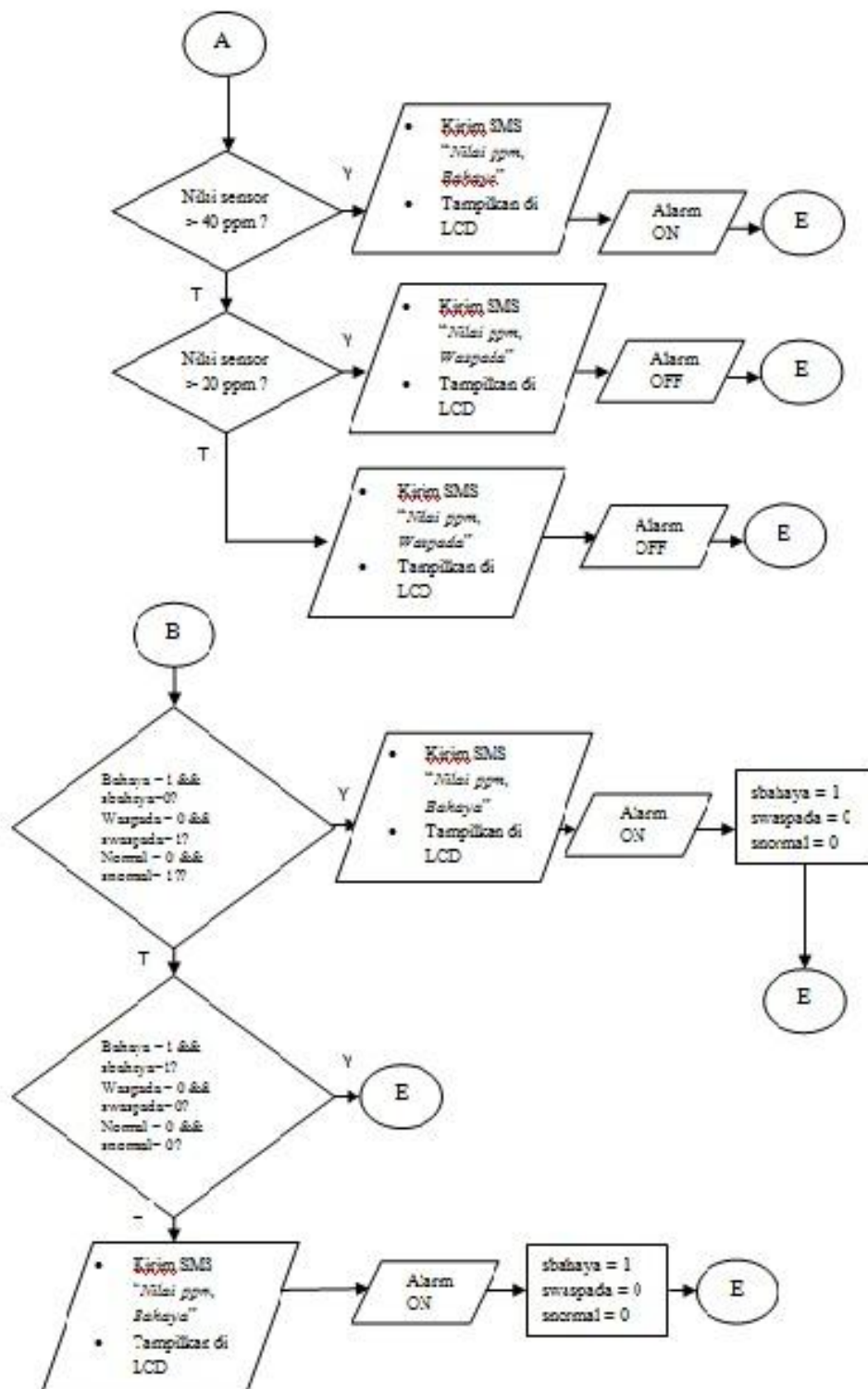
Tabel 4. Pengujian Aki

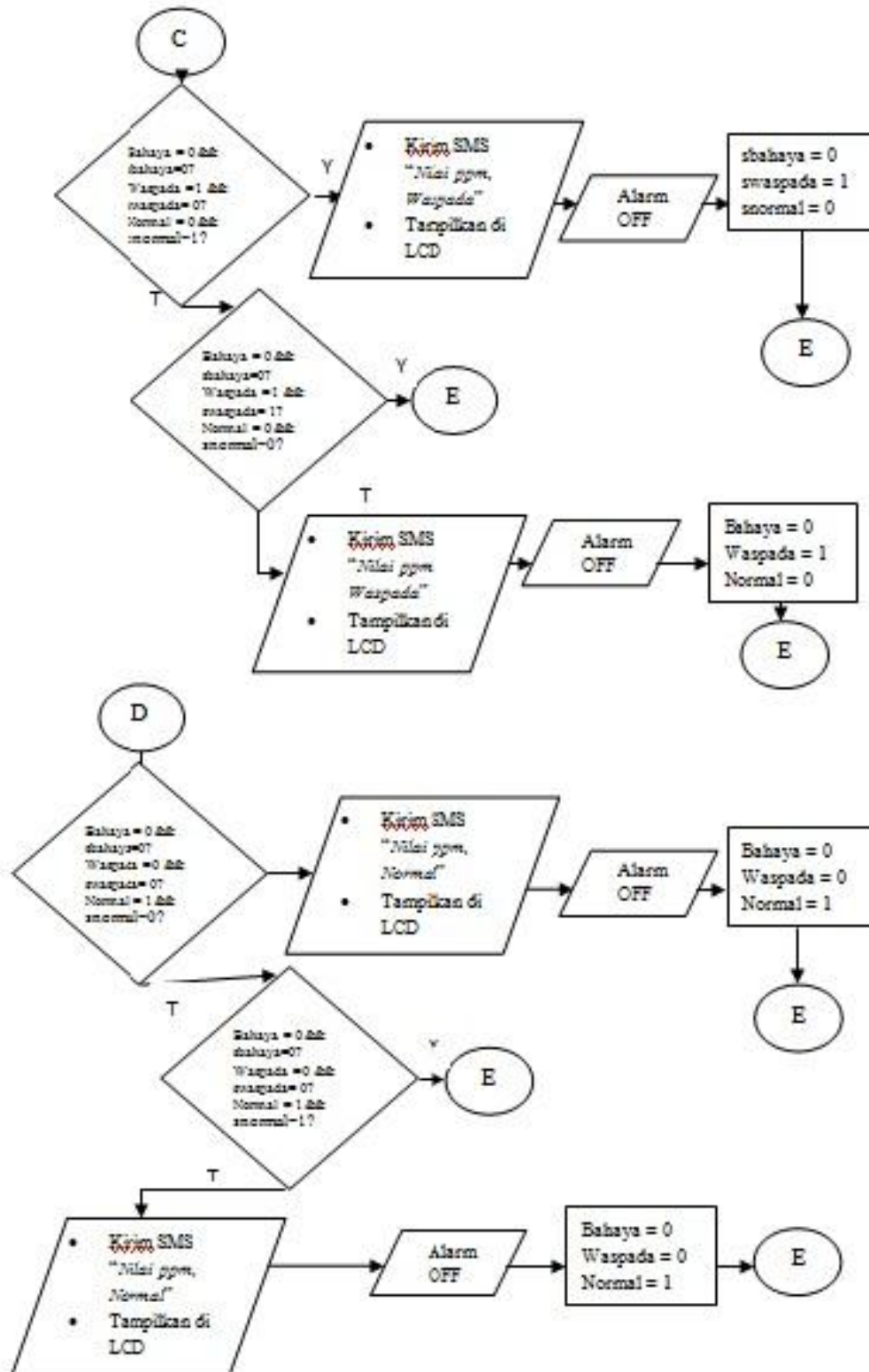
Aki (Vdc)	LM7805 (Vdc)	Durasi Suplai Daya Ke Komponen	Sisa Tegangan Aki (Vdc)
12	5	48 jam	5,05

B. Pengujian Dan Analisis Sensor MQ-136

Nilai konsentrasi gas dalam *part per million* (ppm) SO_2 akan diperoleh dengan cara mengambil beberapa data R_s (resistansi sensor MQ136 terhadap tingkatan konsentrasi gas yang berbeda) dan dicari persamaan garisnya terhadap setiap perubahan konsentrasi gas SO_2 yang dilihat pada alat ukur. Pengambilan data ini dilakukan di laboratorium Teknik Fisika ITB.

Gas SO_2 dari dalam tabung gas dialirkan ke dalam *chamber*. Volume chamber adalah ± 832 ml dengan kondisi lingkungan pada chamber disaat pengujian memiliki suhu $28 \pm 2^\circ C$ Nose dari alat ukur gas merk picotest dipasang di tengah-tengah saluran gas SO_2 dari tabung gas SO_2 menuju *chamber*.





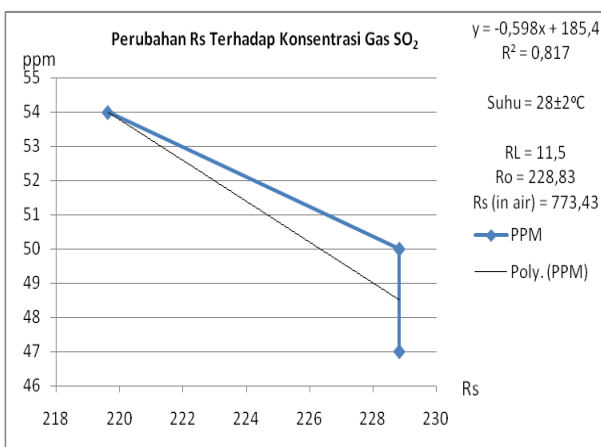
Gambar 4. Diagram alur warning system dan monitoring gas SO₂

Ketika gas SO₂ dimasukkan ke dalam chamber dengan memutar keran yang dipasang di tengah-tengah saluran kabel antara tabung gas SO₂ dengan chamber, maka alat ukur gas merk picotest akan mulai melakukan pembacaan konsentrasi gas di dalam chamber dan mikrokontroler ATmega16 akan mulai melakukan pembacaan terhadap nilai Rs (resistansi sensor) dan VRL sensor yang diterima dari sensor MQ-136 yang ditampilkan pada LCD. Sensor gas MQ-136 dipasang di dalam chamber dan terhubung dengan mikrokontroler ATmega16 diprogram untuk membaca nilai dari Rs dan VRL sensor MQ-136 dengan perintah berikut.

Nilai Rs yang diproses oleh mikrokontroler sangat fluktuatif. Hal ini dikarenakan pembacaan ADC terhadap keluaran analog sensor jauh lebih cepat daripada proses pendeteksian gas oleh sensor. Hal lain yang dapat mengakibatkan hasil fluktuatif adalah tegangan catu daya yang tidak stabil. Oleh karena itu digunakan prinsip rata-rata pada pembacaan ADC untuk mengurangi fluktuasi hasil pembacaan. Pada program di atas diambil 10 buah hasil konversi ADC dan dirata-ratakan. Nilai RL diambil dari pengukuran hambatan trimpot pada rangkaian sensor yaitu 11.5 kΩ. Setiap perubahan konsentrasi gas SO₂ yang tertera di alat ukur picotest terhadap perubahan nilai Rs dicatat dalam tabel 5.

Tabel 5. Perubahan Rs Terhadap Konsentrasi Gas SO₂

Rs(Kohm)	VRL (Vdc)	PPM (dialat ukur picotest)
219,64	0,28	54
228,83	0,26	50
228,83	0,26	47



Gambar 5. Grafik Perubahan Rs Terhadap Konsentrasi Gas SO₂

Analisa dari perhitungan di atas bahwa rasio resistansi sensor MQ136 (Rs/Ro) akan bernilai ≈ 1 di saat konsentrasi gas SO₂ ≈ 50,±3ppm. Rumus untuk mencari nilai ppm diperoleh dari persamaan polynomial dengan menggunakan analisis trendline yaitu,

$$PPM = -0,598 (Rs) + 185,4$$

$$R^2 \text{ (deviasi)} = 0,817$$

Skala kesalahan Rs dari hasil pengujian adalah,

Nilai standar :

$$Rs_{rata-rata} = \frac{219,64+228,83+228,83}{3} = 225,76$$

Skala kesalahan =

$$\frac{(R_{smax}-R_{satarata})+(R_{satarata}-R_{smin})}{2} = 4,5$$

Deviasi rata-rata dari hasil pengujian adalah,

$$d_1 = 219,64 - 225,76 = -6,12$$

$$d_2 = 228,83 - 225,76 = 3,07$$

$$d_3 = 228,83 - 225,76 = 3,07$$

$$D = \frac{|-6,12| + |3,07| + |3,07|}{3} = 4,08$$

Sensitivitas daya sensor dari hasil pengujian adalah,

$$Ps = Vc^2 \times Rs / (Rs + RL)^2$$

$$= (5)^2 \times 219,64 / (219,64 + 11,5)^2 = 102,8$$

W

$$Ps = Vc^2 \times Rs / (Rs + RL)^2$$

$$= (5)^2 \times 228,83 / (228,83 + 11,5)^2$$

$$= 99,05 \text{ W}$$

Nilai Rs dalam udara bebas disaat pengujian dicatat sebesar (Rs_(in air)) 773,43. Dengan demikian sensitivitas sensor berdasarkan persamaan di datasheet sensor MQ136 adalah,

$$\text{Sensitivitas} : Rs_{(in air)} / Rs_{(50 \text{ ppm } SO_2)} \geq 3$$

$$\text{Sensitivitas} : 773,43 / 228,83 \geq 3$$

$$\text{Sensitivitas} : 3,38 \geq 3$$

Tabel 6. Nilai PPM Berdasarkan Analisa Trendline

Rs(Kohm)	PPM(Alat ukur Picotest)	Hasil Perhitungan ppm=-0,598(Rs)+185,4
219,64	54	54,05
228,83	50	48,5
228,83	47	48,5

C. Pengujian Dan Analisis Buzzer

Tujuan diadakannya pengujian dan analisis kinerja buzzer adalah untuk mendapatkan parameter output tegangan pada port B1 mikrokontroler ATmega16 agar dapat memberikan tegangan masukan pada buzzer yang bekerja dengan level tegangan 5 VDC dengan cara:

```
Void setup() {
bitWrite (DDR,B1,OUTPUT); }
Void loop () {
bitWrite (PORTB,B1,HIGH); }
```

Tabel 7. Pengujian Kinerja Buzzer

Tegangan Output port PB1 ATmega16(Vdc)	Tegangan Input Buzzer (Vdc)	Respon Buzzer
0	0	Off
5	5	On

Dari pengujian yang diuraikan pada Tabel 4.3 di atas, hasil yang didapatkan adalah, bila level keluaran tegangan pada port PB1 adalah 0 V (VDC) maka buzzer mendapatkan masukan tegangan pada terminal sebesar 0 V sehingga buzzer dalam kondisi off. Sebaliknya bila tegangan pada port PB1 tersebut memberikan tegangan 5 VDC, maka pada terminal buzzer mendapatkan tegangan input sebesar 5 V sehingga pada kondisi ini, buzzer akan aktif. Agar tegangan keluaran pada port PB1 sebesar 5 V perlu diperhatikan juga Vref untuk mikrokontroler ATmega16. Karena, apabila Vref yang diberikan nilainya kurang dari yang diharapkan (5V) maka tegangan pada port PB1 yang diset sebagai keluaran dan diberi logika 1 nilainya juga akan berkurang. Sebaliknya apabila Vref yang diberikan sesuai (5V) maka tegangan pada port PB1 akan optimal (5V).

D. Pengujian Dan Analisis Sistem SMS Gateway

Pengujian sistem sms gateway ini terdiri dari pengiriman dan penerimaan sms. Sistem pengiriman sms diprogram untuk lima buah nomor handphone. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa warning system dan monitoring gas SO₂ ini akan mengirimkan sms sebagai peringatan sekaligus pemberitahuan konsentrasi gas SO₂ dan kondisinya apabila melebihi ambang batas yang telah ditetapkan yaitu 20 dan 40 ppm.

Untuk mengatasi permasalahan agar sms tidak dikirim terus-menerus dalam wilayah ambang batas yang masih sama maka digunakan *state variable* dengan kondisi awal seperti berikut ini.

```
//kondisi awal
int normal = 1, waspada = 0, bahaya = 0;
int snormal = 1, swaspada = 0, sbahaya = 0;
```

Variabel normal, waspada dan bahaya adalah variabel untuk kondisi yang ditetapkan dalam kondisi ambang batas. Variabel normal ditetapkan untuk kondisi ambang batas di bawah 20 ppm, variabel waspada ditetapkan untuk kondisi ambang batas di atas 20 ppm dan variabel bahaya ditetapkan untuk kondisi di atas 40 ppm. Untuk variabel snormal, swaspada dan sbahaya merupakan variabel kondisi ketika proses looping sudah berjalan sehingga apabila nilai ppm dalam suatu wilayah ambang batas nilai variabel yang ditetapkan dan nilai variabel ketika proses looping sudah berjalan salah satunya bernilai 0 atau 1 maka sms akan dikirim, apabila kedua variabel bernilai sama maka sms tidak akan dikirim.

Penerimaan sms akan dilakukan apabila ada sms masuk yang berisi karakter "PPM". Apabila karakter yang masuk sesuai dengan program maka modem memberikan respon AT+CMNI OK. Respon modem terhadap adanya sms masuk langsung diterukan ke mikrokontroler dengan menggunakan perintah AT+CMNI=2,2,0,0,0.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan dan pengujian serta analisis yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan berkaitan dengan hasil analisis yang mengacu pada tujuan perancangan dan pembuatan *warning system* dan *monitoring gas SO₂* ini.

1. Telah berhasil dibuat seperangkat sistem peringatan dini gas SO₂ dengan menggunakan teknologi SMS gateway menggunakan sensor MQ136 berbasis mikrokontroler yang secara otomatis memberikan informasi mengenai konsentrasi gas SO₂ beserta kondisinya apabila melampaui ambang batas yang ditetapkan dimana ambang batasnya merujuk pada alat yang digunakan oleh tim PVMBG yaitu drager X-am 7000 sekaligus sistem pengamatan via SMS gateway yang mengirimkan informasi apabila ada perintah SMS dari *user* yang ingin mengetahui kondisi dan konsentrasi gas yang sedang dideteksi oleh alat.

2. Dari hasil perhitungan diperoleh indikasi ketepatan alat *warning system* dan *monitoring* gas SO₂ dalam mengukur konsentrasi gas SO₂ (deviasi rata-rata) sebesar 4,08. Nilai deviasi ini dapat diperkecil apabila data yang diambil lebih banyak ketika melakukan pengujian.
3. Sensitivitas sensor MQ136 di saat kondisi suhu $28 \pm 2^\circ\text{C}$ sebesar 3,38. Berdasarkan datasheet MQ136 bahwa sensitivitas sensor harus ≥ 3 maka dari hasil perhitungan sensitivitas sensor MQ136 terhadap SO₂ memenuhi syarat.
4. Sensitivitas daya sensor berdasarkan hasil pengujian adalah 102,8 W ketika Rs sebesar 219,64 kohm dan 99,05 W ketika Rs sebesar 228,83 kohm. Ketika nilai Rs semakin besar maka sensitivitas daya sensor semakin kecil.
5. Apabila pembacaan sensor terlalu fluktuatif dapat digunakan prinsip rata-rata pada beberapa hasil konversi ADC.
6. Faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban udara sangat mempengaruhi kinerja sensor. Setiap kondisi lingkungan yang berbeda maka hasil pendeteksian gas oleh sensor juga akan berbeda. Maka, setiap menggunakan alat ini perlu dikalibrasi ulang terlebih dahulu.
7. Telah berhasil dilakukan pengiriman sms pada lima buah nomor tujuan secara bersamaan

apabila kondisi konsentrasi gas SO₂ melampaui ambang batasnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B.L Theraja, A.K Theraja, *A Textbook Of Electrical Technology*, S. Chand & Company ltd, New Delhi, First Multicolour Edition 2005.
- [2] Heri Andrianto, *Pemrograman Mikorkontroler AVR ATmega16 Menggunakan BahasaC (CodeVisionAVR)*, Informatika, Bandung, 2008.
- [3] Candra, M.A. Rody, *SMS dan GSM Hacking : SMS, PDU dan AT Commands*, Neotek Dunia Teknologi Baru, Jakarta, 2004.
- [4] Chaikarn Liewhiran, Nittaya Tamaekong, Anurat Wisitsora and S Phnichphant. (2011). The Monitoring of H₂S and SO₂ Noxious Gases from Industria Environment with Sensors Based on Flame-pray-made SnO₂ nanoparticles. *Engineering Journal*, Volume 16 Issue 3, (diakses pada 19 April 2013 dari <http://www.engj.org/>).
- [5] P.J. Wallace. (2001). Volcanic SO₂ Emissions and Abundance and Distribution of Exsolved Gas In Magma Bodies. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 108 85-106, (diakses 20 April 2013 dari www.elsevier.com).
- [6] *Download datasheet ATmega16* (diakses pada 13 Juni 2013 dari <http://www.datasheet.com>).
- [8] *Download datasheet sensor MQ136* (diakses pada 28 April 2013 dari <http://www.china-total.com>).
- [9] *Download datasheet modul neo gsm starter kit* (diakses pada 28 April 2013 dari <http://innovativeelectronics.com>).
- [10] *Download datasheet LCD 2x16, LM7805*, (diakses pada 15 Juni 2013 dari <http://www.datasheet.com>).