

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

Warning System and Monitoring Sulfur Dioxide (SO₂) Via SMS Gateway Based on Microcontroller Using Sensor MQ-136 at Mount Tangkuban Parahu

Tri Rahajoeningroem, Fergo Treska

Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, UNIKOM

Jl. Dipatiukur 114-117, Bandung

E-mail: tri.rahajoeningroem@email.unikom.ac.id

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 akan menunjukkan suatu kondisi dengan suatu peringatan normal, waspada, atau bahaya, hal tersebut 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. The SO₂ gas concentration value will indicate a condition with a normal, alert, or hazard warning, it can be determined and determined from the laboratory test results. 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 stratovolcano 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 dikawasan 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 Perahu

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 Detector Gas

Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) menggunakan dua macam alat detektor gas yaitu drager x-am 7000 dan multigas

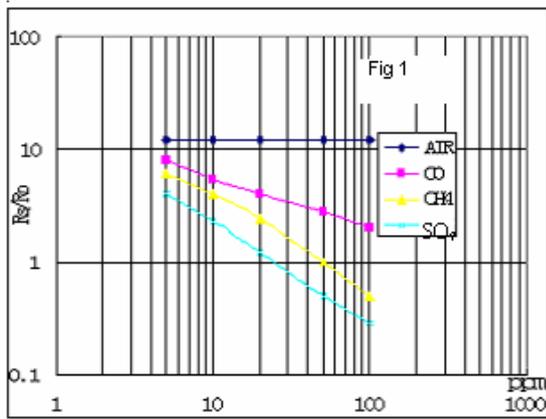
reader. Perbandingan antara kedua detektor gas tersebut terdapat pada **Tabel 2** berikut:

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 (SnO₂). Sensor MQ-136 sangat peka terhadap SO₂. Berikut ini adalah grafik karakteristik sesnsitivitas 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.

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

$$\text{Konsentrasi gas (ppm)} = \frac{R_o}{R_s} \quad (2)$$

Persamaan resistansi sensor (R_s) adalah:

$$R_s = (V_c / V_{RL} - 1) \times R_L \quad (3)$$

Keterangan: V_c = Tegangan uji sensor
 V_{RL} = Tegangan keluaran
 R_s = Resistansi sensor
 R_o = Resistansi sensor pada saat 50 ppm SO_2

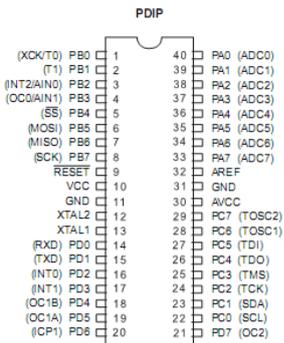
E. Mikrokontroler ATmega16

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 (*Electricaly 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) ATmega 16

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.

$$ADC = (V_{in} \times 1024) / V_{ref} \quad (4)$$

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. PERANCANGAN 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 seperti pada **Tabel 3**.

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 (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 (4) menjadi:

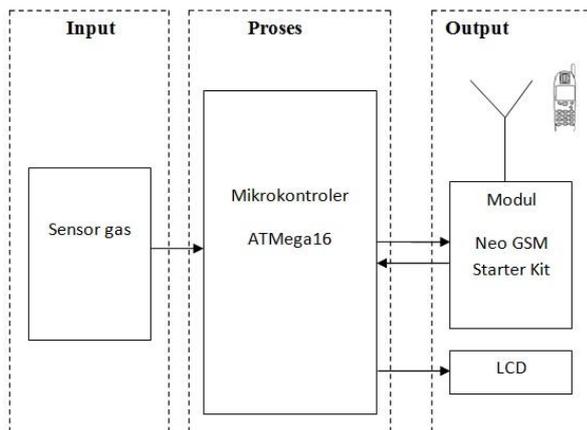
$$V_{in} = (ADC \times V_{ref}) / 1024 \quad (5)$$

Dengan diketahuinya nilai VRL maka dapat dicari resistansi sensor (R_s) dengan menggunakan persamaan (3). Dari persamaan (1) diperlukan nilai R_o . R_o merupakan R_s pada kondisi pengukuran referensi konsentrasi gas SO₂ (dalam hal ini 50 ppm). Jadi, diperlukan ruang dengan tingkat SO₂ 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).

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

Blok diagram pada **Gambar 3**, terdiri dari tiga bagian subsistem yaitu:

- Input* (masukan) yang terdiri dari sensor gas yang berfungsi sebagai pendeteksi gas SO_2 .
- 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.
- Output* (keluaran) yang terdiri dari modul Neo GSM Starter Kit yang berfungsi sebagai media tukar-menukar pesan singkat (SMS) serta data informasi, dan LCD sebagai tampilan data informasi yang dikirim oleh mikrokontroler.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

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 μF 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

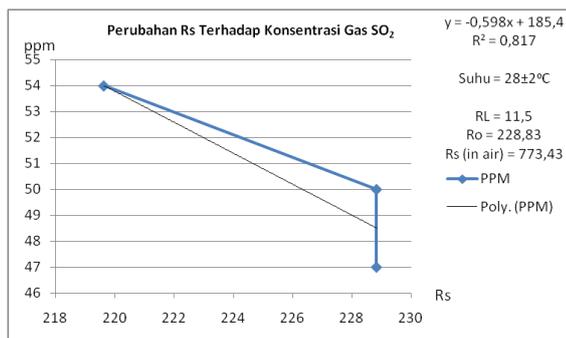
Nilai konsentrasi gas dalam *part per million* (ppm) SO_2 akan diperoleh dengan cara mengambil beberapa data R_s (resistansi sensor MQ136 terhadap tingkatan konsentrasi gas yang berbeda) dan dicari persamaan garisnya terhadap setiap perubahan konsentrasi gas SO_2 yang dilihat pada alat ukur. Pengambilan 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*. Ketika gas SO_2 dimasukkan ke dalam *chamber* dengan memutar keran yang dipasang di tengah-tengah saluran kabel antara tabung gas SO_2 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 R_s (resistansi sensor) dan VRL sensor yang diterima dari sensor MQ-136 yang ditampilkan pada LCD.

Nilai R_s 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 k Ω . Setiap perubahan konsentrasi gas SO_2 yang tertera di alat ukur picotest terhadap perubahan nilai R_s dicatat dalam **Tabel 5**.

Tabel 5. Perubahan Rs Terhadap Konsentrasi Gas SO₂

Rs (kohm)	VRL (Vdc)	PPM (di alat ukur picotest)
219,64	0,28	54
228,83	0,26	50
228,83	0,26	47



Gambar 4. 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 :

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

Skala kesalahan =

$$\frac{(R_{S \text{ max}} - R_{S \text{ rata-rata}}) + (R_{S \text{ rata-rata}} - R_{S \text{ min}})}{2} = 4,5$$

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,

$$P_s = V_c^2 \times R_s / (R_s + R_L)^2$$

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

W

$$P_s = V_c^2 \times R_s / (R_s + R_L)^2$$

$$= (5)^2 \times 228,83 / (228,83 + 11,5)^2 = 99,05 \text{ W}$$

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,

$$\text{Sensitivitas : } R_{S \text{ (in air)}} / R_{S \text{ (50 ppm SO}_2)} \geq 3$$

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

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

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 (DDRB,PB1,OUTPUT) ; }
Void loop () {
bitWrite (PORTB,PB1,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 7** 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 V_{ref} untuk mikrokontroler ATmega16. Karena, apabila V_{ref} 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 V_{ref} 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 SO_2 ini akan mengirimkan sms sebagai peringatan sekaligus pemberitahuan konsentrasi gas SO_2 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 diteruskan ke mikrokontroler dengan menggunakan perintah AT+CMNI=2,2,0,0,0.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian serta analisis data dari sistem pengereman otomatis menggunakan logika *fuzzy* yang dibahas pada penulisan laporan penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan yang berkaitan dengan hasil analisis yang mengacu kepada tujuan perancangan dan pembuatan sistem pengereman otomatis menggunakan logika *fuzzy* ini.

1. Sistem pengereman otomatis ini dapat bekerja ketika *prototype* mobil melaju dengan kecepatan tinggi maupun melaju dengan kecepatan rendah, dengan rata-rata tingkat keberhasilan melakukan pengereman hingga mobil berhenti melaju mencapai 100% dan jarak berhenti antara 5cm – 10cm.
2. Nilai persentase perlambatan pada pengujian pengereman kecepatan tinggi yang hampir mendekati angka 100% adalah pada saat kecepatan 120 cm/s dengan nilai persentase perlambatan 99.47%. Dan untuk pengujian pengereman kecepatan rendah sebesar yang paling mendekati angka 100% adalah pada kecepatan 61.2 cm/s dengan nilai persentase perlambatan sebesar 96.61%. Dari nilai tersebut sistem mampu menghasilkan perlambatan dengan hasil mendekati 100%, dengan kata lain pengereman yang dilakukan oleh sistem bisa dikatakan cukup ideal.
3. Pada kenyataannya saat *prototype* mobil melaju dan melakukan pengereman pergerakan tuas rem bergerak secara osilasi mengikuti nilai keluaran dari perhitungan logika *fuzzy*, yang dipengaruhi oleh masukan jarak dan kecepatan *prototype* mobil.
4. Perbedaan jarak berhenti *prototype* mobil dipengaruhi oleh kecepatan respon dari motor servo sebagai penggerak tuas rem. Untuk melakukan pengereman penuh motor servo harus berputar dengan sudut 60° , sedangkan untuk berputar dengan sudut 60° motor servo membutuhkan waktu selama 1 detik. Ketika *prototype* mobil melaju dengan kecepatan rendah akibat dari pengereman dan sensor ultrasonik mendeteksi jarak 10cm yang kemudian mikrokontroler menggerakkan motor servo untuk melakukan

pengereman penuh, maka ketika melakukan pengereman dengan jeda waktu selama 1 detik *prototype* mobil masih sempat melaju meskipun dengan kecepatan yang sangat rendah sehingga *prototype* mobil tidak berhenti dengan pas pada jarak 10cm.

5. Penempatan sensor ultrasonik sangat berpengaruh terhadap hambatan yang dapat dideteksi oleh sensor ultrasonik tersebut. Dengan lebar *prototype* mobil 20cm maka sensor ultrasonik diletakan pada jarak ± 18 cm dari depan *prototype* mobil. Selain itu posisi dari sensor ultrasonik ini juga berpengaruh terhadap lebar jalan yang dapat dilalui oleh *prototype* mobil.
6. Jalan sempit yang dapat dilalui oleh *prototype* mobil adalah dengan lebar jalan lebih dari 25cm, dengan jarak minimum antara hambatan dengan bagian terluar *prototype* mobil baik dari sisi kiri maupun sisi kanan yaitu 2cm.

B. Saran

Untuk pengembangan dan peningkatan lebih lanjut dari sistem pengereman otomatis menggunakan logika *fuzzy* ini ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perancangannya.

1. Dimensi dari *prototype* mobil lebih diperbesar, sehingga cara kerja sistem lebih terlihat menyerupai mobil aslinya.
2. Untuk penerapan pada mobil sungguhan, sensor jarak yang digunakan harus memiliki range yang cukup jauh. Ini dipengaruhi oleh

dimensi mobil sungguhan dengan *prototype* mobil yang telah dirancang.

3. Sistem pengereman otomatis ini tidak hanya berfungsi sebagai pengaman pada saat mobil melaju ke depan, namun bisa juga digunakan sebagai pengaman pada saat mobil berjalan mundur.
4. Agar sistem pengereman otomatis yang dilakukan benar benar menjamin keselamatan pengendara pada saat berkendara, maka pada masukan logika *fuzzy* dapat menambahkan satu variabel lagi, selain mempertimbangkan jarak dan kecepatan mobil pada saat melaju bisa juga ditambahkan karakteristik jalan raya yang dilalui oleh mobil tersebut. Baik itu jalanan kering, basah, ataupun jalanan berpasir.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Okta Rusdiansyah, "Sistem Otomatisasi Pengaturan Rem Pada Mobil Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Logika Fuzzy", Universitas Komputer Indonesia, 2014
- [2] C.N.V Abhinandan Reddy, C.N.V Anusha Reddy, M.Mani Roja, "Fuzzy Logic Inference System to Control Speed and Direction of a Vehicle to Avoid Collision", Int.J.Computer Technology & Applications, 2013
- [3] Piero P. Bonissone and Kareem S. Aggour, "Fuzzy Automated Braking System for Collision Prevention", GE Corporate Research & Development, Schenectady, NY 12308, USA
- [4] Geraldo Xexeo, "Fuzzy Logic", Computer Science Department and System And Computing, Federal University of Rio de Janeiro, Brazil
- [5] Jong-Ho Han, Kyung-Wook Noh and Jang-Myung Lee, "PD-Fuzzy control for the velocity of mobile robot using the haptic joystick", Department of Electronics Engineering, Pusan National University
- [6] Hyun Mun Kim, Julie Dickerson, Bart Kosko, "Fuzzy throttle and brake control for platoons of smart cars", Department of Electrical Engineering-System, University of Southern California