

Makalah Seminar Tugas Akhir

SISTEM PENGAMAN DAN *MONITORING* KADAR CO₂ BERLEBIH DALAM MODEL RUANGAN BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA8535

Wisnu Baskoro^[1], Iwan Setiawan, ST, MT^[2], Darjat, ST, MT^[2]
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

Abstrak

Pencemaran udara adalah suatu kondisi dimana kondisi udara rusak dan terkontaminasi oleh zat-zat, baik yang tidak berbahaya maupun yang membahayakan kesehatan tubuh manusia. Salah satu gas pencemar udara adalah karbondioksida. Banyaknya kasus keracunan gas CO₂ dalam ruangan karena karakteristik gas CO₂ yang tak berwarna dan tak berbau, sehingga kita tidak dapat mengetahui kadar yang sekarang dihirup berbahaya atau tidak. Dengan demikian dibutuhkan sebuah alat yang dapat mengamati dan mengamankan dari kadar CO₂ berlebih.

Mikrokontroler ATmega8535 digunakan sebagai tempat pemroses data dan pengatur kadar CO₂ dalam model ruangan yang hasil perhitungannya ditampilkan melalui LCD ataupun komputer. Selisih tegangan keluaran dari sensor TGS4161 digunakan sebagai indikator perubahan kadar CO₂. Kadar CO₂ dalam ruangan menurut NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) aman untuk manusia adalah tidak lebih dari 1000 ppm. Sistem akan berusaha menjaga kadar CO₂ dalam model ruangan untuk tidak melebihi 1000 ppm yaitu dengan cara mengatur sirkulasi udara dalam model ruangan.

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa dry ice yang digunakan sebagai masukan kadar CO₂ dalam ruangan memiliki waktu menyublim berbeda-beda. Ventilasi dan kipas yang digunakan sebagai alat sirkulasi udara tidak dapat menjaga kadar CO₂ agar tidak melebihi ambang batas sebesar 1000 ppm untuk dry ice yang memiliki waktu menyublim sama dengan atau lebih besar dari 2 menit 33 detik.

Kata kunci : Kadar, CO₂, Monitoring, Pengaman, Sensor TGS4161.

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banyaknya peristiwa yang diakibatkan pencemaran udara khususnya gas CO₂ dalam ruangan seperti mati lemas dalam mobil, mengantuk hingga hilang kesadaran saat mengemudi dengan membawa *dry ice* untuk mendinginkan *ice cream* dalam mobil, balita mati lemas dalam mobil ketika ditinggal orang tuanya berbelanja, dan masih banyak kasus lainnya. Atas dasar peristiwa-peristiwa tersebut maka penulis tertarik dalam membuat perangkat keras yang dapat mengamati kadar CO₂ sehingga apabila kadar CO₂ telah dianggap berbahaya (kadar CO₂ lebih besar dari 1000 ppm) dapat segera dinetralisir dengan cara membuka jendela yang berfungsi sebagai alat sirkulasi udara.

1.2 Tujuan

Tujuan dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah :

1. Mempelajari mikrokontroler Atmega 8535, sensor CO₂ TGS4161, sensor LM35, motor RC servo dan menerapkannya dalam model ruangan.
2. Membuat pengaman dari gas CO₂ berlebih (diatas 1000 ppm) dengan cara mengendalikan ventilasi ruangan agar dapat membuka dan menutup secara otomatis.
3. Mendeteksi kadar CO₂ di dalam model ruangan.

1.3 Pembatasan Masalah

Ruang lingkup permasalahan dalam pembuatan Tugas Akhir ini dibatasi sebagai berikut :

1. Pengujian alat hanya dilakukan pada model ruangan yang berukuran 40 x 31 x 20 cm dengan lebar ventilasi sebesar 18x 10 cm.
2. Tidak membahas proses kimia lebih dalam yang terjadi pada sensor TGS4161.
3. Batasan berbahaya kadar CO₂ berdasarkan rujukan ketentuan dari badan internasional seperti NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) sebesar tidak lebih dari 1000 ppm untuk di dalam ruangan.

II DASAR TEORI

2.1 Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah suatu kondisi di mana kualitas udara menjadi rusak dan terkontaminasi oleh zat-zat. Gas-gas pencemar udara yang utama adalah CO (karbon monoksida), CO₂ (karbon dioksida), NO, NO₂, SO, dan SO₂.

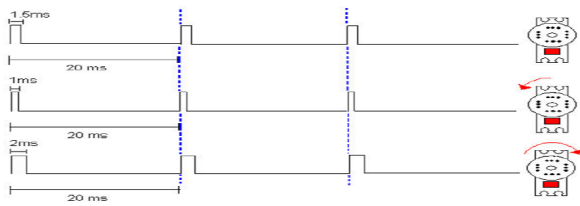
2.2 Karbon Dioksida

Karbon dioksida tidak berwarna dan tidak berbau. Dalam ruangan tertutup yang dipenuhi oleh orang-orang konsentrasi karbondioksida akan mencapai tingkat yang lebih tinggi daripada konsentrasi di udara bebas.

NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) menganggap bahwa konsentrasi udara dalam ruangan yang melebihi 1,000 ppm penanda bahwa ventilasi tidak memadai. Sedangkan ASHRAE merekomendasikan kadar CO₂ dalam ruangan tidak melebihi 1,000 ppm.

2.3 Motor RC Servo

Motor RC Servo secara umum hanya memiliki bidang gerak putar dengan sudut putar tidak lebih dari 180 derajat. Motor RC Servo juga memiliki kemampuan mempertahankan posisinya pada derajat tertentu dengan dikendalikan oleh lebar pulsa. Lebar pulsa yang harus diberikan pada motor RC Servo mulai 1 ms hingga 2 ms yang setara dengan pergerakan mulai posisi 0 derajat sampai dengan 180 derajat. Posisi tengah bisa didapat dengan memberikan pulsa dengan lebar 1,5 ms. Lebar pulsa sebesar 1,5 ms itu harus selalu dijaga tetap ada secara periodik dengan frekuensi sebesar 16 sampai 50 Hz.



Gambar 2.2 Pergerakan RC servo terhadap lebar pulsa

2.4 Sensor Suhu (LM35)

Sensor suhu LM35 digunakan untuk mengetahui besarnya suhu ruangan. IC ini akan mengubah nilai suhu menjadi besaran tegangan. Jangkauan (*range*) suhu yang mampu dirasakan oleh LM35 adalah dari -55°C sampai dengan 150 °C. Tegangan keluaran sensor ini akan mengalami perubahan 10 mV untuk setiap perubahan suhu 1 °C atau memenuhi Persamaan (2.1).

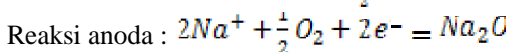
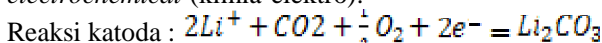
$$V_{out} = 10mV \times T \quad (2.1)$$

dengan : *T* adalah suhu yang dideteksi dalam derajat Celcius (°C).

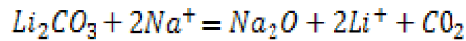
2.5 Sensor Gas CO₂ (TGS4161)

TGS4161 memiliki kemampuan yang tinggi dalam mendeteksi gas karbon dioksida (CO₂). Selain itu TGS4161 memiliki stabilitas yang baik dan daya tahan yang sangat baik terhadap pengaruh kelembaban, sehingga sangat cocok digunakan sebagai aplikasi pengendalian kualitas udara di dalam ruangan.

Ketika sensor terkena gas CO₂ terjadi reaksi *electrochemical* (kimia-elektro):



Sehingga reaksinya adalah:



Sebagai hasil dari reaksi *electrochemical* (kimia-elektro), akan didapatkan *electromotive force* (EMF) sesuai dengan persamaan *Nernst's (Nernst's equation)*:

$$EMF = \frac{E_c - (R \times T)}{2F \ln(P_{CO_2})}$$

Dengan :

*P*_(CO₂) : Tekanan sebagian CO₂ (*partial pressure of CO₂*)

E_c : Nilai konstan (*Constant value*)

T : Temperatur (K)

R : Konstanta Gas

F : Konstanta Faraday

Dengan mengamati *electromotive force* (EMF) diantara dua elektroda dimungkinkan untuk dapat mengukur gas CO₂.

karakteristik kepekaan dari TGS4161. Sumbu-Y adalah EMF yang didefinisikan seperti dibawah ini:

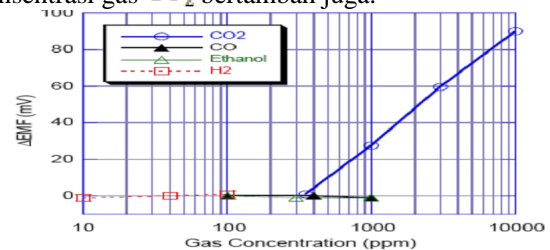
$$EMF = EMF1 - EMF2$$

Dengan:

EMF1=EMF dalam konsentrasi CO₂ saat 350 ppm (*Parts Per Million*)

EMF2=EMF dalam konsentrasi CO₂ saat ini

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4, TGS4161 memperlihatkan hubungan yang berbanding lurus antara EMF dengan konsentrasi gas CO₂ dalam skala logaritma. Kurva kepekaan sensor terhadap CO₂ menunjukkan pertambahan dalam EMF selama konsentrasi gas CO₂ bertambah juga.



Gambar 2.4 Kepekaan terhadap berbagai gas

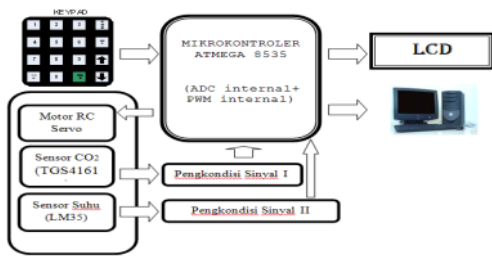
2.6 Mikrokontroler AVR Atmega8535

Mikrokontroler AVR ATMEGA8535 telah didukung penuh dengan program dan sarana pengembangan seperti: kompilasi-kompilasi C, simulator program, emulator dalam rangkaian, dan *kit* evaluasi.

III PERANCANGAN SISTEM

3.1 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

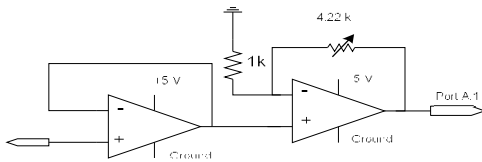
Perancangan perangkat-keras sistem pengamanan dan *monitoring* kadar CO₂ berlebih dalam ruangan ini meliputi perancangan sistem minimum mikrokontroler ATmega 8535, *keypad*, LCD, sensor dan pengondisi sinyal. Secara umum perancangan perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 skematik perancangan perangkat keras.

3.1.1 Sensor CO2 dan Pengkondisi Sinyal I

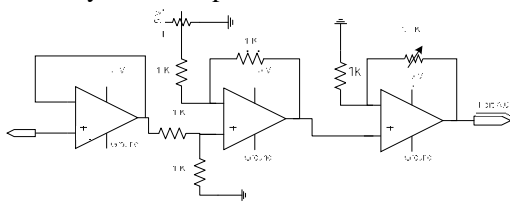
Keluaran tegangan maksimum yang dapat dihasilkan oleh sensor TGS4161 adalah 490mv, sehingga dibutuhkan rangkaian pengkondisi sinyal yang dapat memperkuat tegangan keluaran dari sensor menjadi sebesar tegangan referensi mikrokontroler. Tegangan masukan ADC internal yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah 2,56 Volt, maka perlu penguatan sebesar 5,22 kali dari nilai tegangan keluaran sensor.



Gambar 3.2 Rangkaian pengkondisi sinyal I.

3.1.2 Sensor Suhu dan Pengkondisi Sinyal II

Rangkaian pengkondisi sinyal yang sesuai untuk mengubah jangkauan tegangan dari 0,20 volt sampai 1 volt menjadi 0 sampai 2,56 volt adalah penguat selisih. Penguat ini akan mengurangi tegangan masukan dengan nilai 0,20 volt, sebagai tegangan paling kecil yang diukur, sehingga jangkauan tegangan yang akan dikuatkan menjadi 0 sampai 0,8 volt. Selanjutnya, tegangan dengan jangkauan 0 sampai 0,8 volt ini akan dikuatkan sebesar 3,2 kali agar sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan yaitu 0 sampai 2,56 volt.

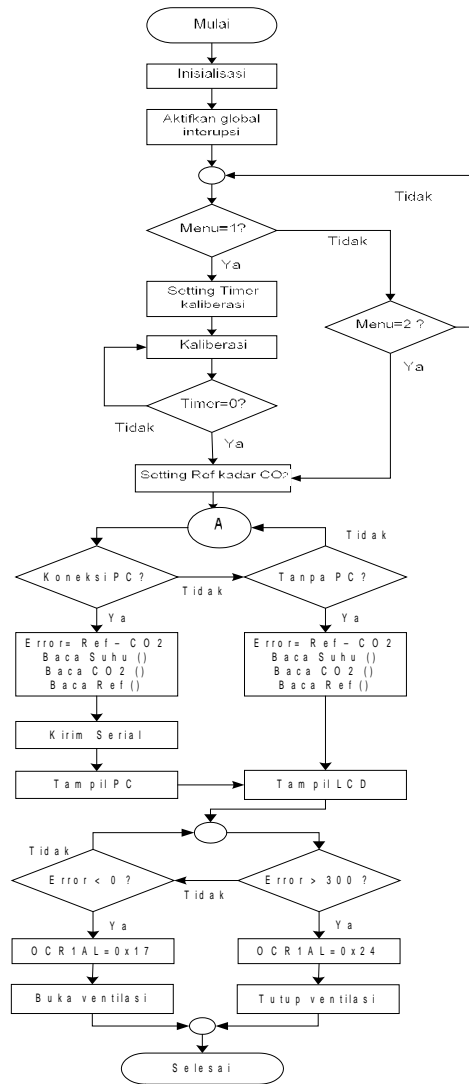


Gambar 3.3 Rangkaian pengkondisi sinyal II.

3.2 Perancangan Perangkat Lunak

3.2.1 Program Utama

Bagian ini merupakan bagian utama dari seluruh program yang akan dijalankan. Adapun diagram alir (*flowchart*) program utama ditunjukkan pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 Diagram alir program utama

3.2.2 Perancangan Pembacaan Sensor CO2

Berdasarkan *datasheet*, sensor TGS4161 ini dapat mendeteksi kadar CO2 dari 350 - 10000 ppm, untuk mendapatkan nilai kadar gas CO2 di udara, TGS4161 mendeteksinya dengan cara mencari selisih *electromotive force* (EMF) seperti persamaan dibawah ini :

$$EMF=EMF1-EMF2.....(3.1)$$

Dengan:

$$EMF=Selisih EMF (mv)$$

$$EMF1=EMF \text{ dalam konsentrasi } CO_2 \text{ saat } 350 \text{ ppm (mv)}$$

$$EMF2=EMF \text{ dalam konsentrasi } CO_2 \text{ saat ini (mv)}$$

Gambar 2.5 terlihat perubahan yang terjadi pada suhu mempengaruhi nilai EMF tetapi tidak terlalu mempengaruhi dari nilai EMF. Untuk mengkompensasi hal tersebut maka diberikan tambahan sensor suhu sebagai pendamping dari sensor TGS4161.

$$EMF_{350T} = slope * (T-t) + EMF.....(3.2)$$

Dengan :
EMF350T: tegangan keluaran sensor saat 350 ppm pada suhu t (mv)

Slope : kemiringan
T : suhu sekarang (°C)
t : suhu saat 350 ppm (°C)
EMF : tegangan keluaran sensor sebelum dikompensasi (mv)

sehingga persamaan 3.1 menjadi persamaan setelah kompensasi :

$$EMF \text{ kompensasi} = EMF350T - EMF2 \dots (3.3)$$

Dengan :

EMF kompensasi = Selisih EMF (mv)
EMF350T = EMF kompensasi (mv)
EMF2 = EMF dalam konsentrasi CO₂ saat ini (mv)

Berdasarkan Gambar 2.4 dapat dicari hubungan persamaan antara selisih EMF (EMF) dengan kadar CO₂ di udara. Persamaan garis linear apabila diketahui 2 buah titik adalah :

$$\frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} = \frac{x_1 - x_2}{y_1 - y_2} \dots (3.4)$$

Jika diketahui koordinat 1 (log350,0) dan koordinat 2 (log3000,60) maka :

$$\frac{x - \log 350}{y - 0} = \frac{\log 3000 - \log 350}{60 - 0} \dots (3.5)$$

$$x = \frac{y * (\log 3000 - \log 350)}{60 * 10^{-3}} + \log 350 \dots (3.6)$$

Dari persamaan 3.6 didapatkan nilai x dalam logaritma :

$$x = \log(n) \dots (3.7)$$

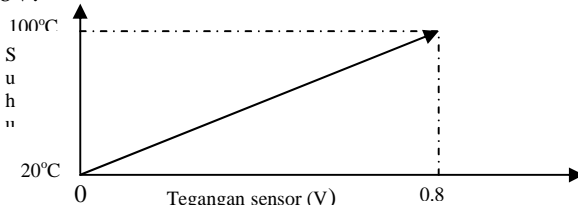
$$n = 10^x \dots (3.8)$$

Dengan :

x : kadar CO₂ dalam fungsi logaritma.
y : selisih EMF kompensasi atau EMF kompensasi (mv).
n : kadar CO₂ (ppm).

3.2.3 Perancangan Pembacaan Sensor Suhu

Pada Gambar 3.5 Perancangan pembacaan suhu hanya dibatasi pada suhu 20°C sampai 100°C yang berkesepadanan dengan tegangan dari 0V sampai 0,8V.



Gambar 3.5 Perubahan tegangan terhadap suhu. Persamaan garis linear tersebut adalah :

$$\frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} = \frac{x_1 - x_2}{y_1 - y_2} \dots (3.4)$$

Jika diketahui koordinat 1 (0,20) dan koordinat 2 ((0,8),100) maka :

$$\frac{x - 0}{y - 20} = \frac{0,8 - 0}{100 - 20} \dots (3.5)$$

$$y = \frac{80}{0,8} x + 20 \dots (3.6)$$

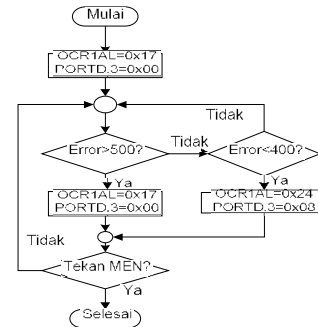
$$y = 100x + 20 \dots (3.7)$$

Dengan :

x : tegangan keluaran sensor (V)
y : suhu (°C)

3.2.4 Kontrol On-Off

Kondisi *on-off* didapatkan dengan menggunakan sinyal PWM dari mikrokontroler sebagai penggerak motor pada jendela ruangan untuk membuka dan membukanya jendela tersebut melalui PIND.5. Diagram alir pengendalian *on-off* ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Diagram alir pengendalian *on-off*.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Pengujian Perangkat Keras

4.1.1 Pengujian Pengkondisi Sinyal LM35

Pengkondisi sinyal yang sesuai untuk mengubah jangkauan tegangan dari 0,20 volt sampai 1 volt menjadi 0 sampai 2,56 volt adalah dengan menggunakan penguat selisih. Jangkauan tegangan yang akan dikuatkan menjadi 0 sampai 0,8 volt. Selanjutnya, tegangan ini akan dikuatkan sebesar 3,2 kali agar sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan yaitu 0 sampai 2,56 volt.

Tabel 4.1 Hasil pengujian pengkondisi sinyal LM35 terhadap tegangan DC.

No.	Vin (volt)	Vout selisih (volt)	Selisih (volt)	Vout (volt)	AV= (Vout / Vin)
1	0,203	0,003	0,2	0,009	3
2	0,259	0,064	0,195	0,216	3,375
3	0,268	0,071	0,197	0,235	3,31
4	0,276	0,079	0,197	0,258	3,266
5	0,288	0,091	0,197	0,289	3,176
6	0,303	0,105	0,198	0,346	3,295
7	0,318	0,121	0,197	0,403	3,331
8	0,339	0,141	0,198	0,463	3,284
9	0,353	0,154	0,199	0,505	3,279
10	0,367	0,169	0,198	0,556	3,29
11	0,388	0,189	0,199	0,619	3,275
12	0,405	0,206	0,199	0,674	3,272
13	0,457	0,256	0,201	0,836	3,266
14	0,51	0,309	0,201	0,999	3,233
15	0,575	0,373	0,202	1,208	3,239
16	0,68	0,476	0,204	1,54	3,235
17	0,777	0,573	0,204	1,809	3,157
18	0,83	0,62	0,21	1,99	3,21
19	0,89	0,69	0,2	2,21	3,203
20	1	0,79	0,21	2,56	3,241

Jumlah	4,006		64,93
Rata-rata	0,2003		3,247

Dari Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa peng-kondisi sinyal sudah bekerja sesuai yang diharapkan untuk menurunkan tegangan sebesar 0,2 volt dan menguatkan tegangan masukan sebesar 3,2 kali. Hal ini terlihat pada error rata-rata pengujian untuk menurunkan tegangan hanya sebesar 0,0003 dan error rata-rata pengujian untuk menguatkan tegangan masukan hanya sebesar 0,047 kali.

4.1.2 Pengujian Pengkondisi Sinyal TGS4161

Pengujian terhadap pengkondisi sinyal dengan tegangan DC bertujuan untuk melihat apakah pengkondisi sinyal sudah bekerja dengan sebagaimana fungsinya atau belum. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil pengujian pengkondisi sinyal TGS4161 terhadap tegangan DC.

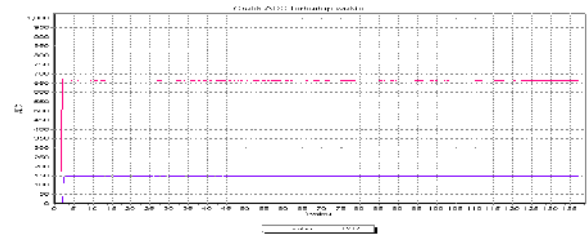
No.	V _{in} (volt)	V _{out} (volt)	AV= V _{out} /V _{in}
1	0.11	0.594	5.4
2	0.19	0.998	5.253
3	0.211	1.1	5.213
4	0.23	1.2	5.217
5	0.251	1.31	5.219
6	0.263	1.36	5.171
7	0.271	1.41	5.203
8	0.291	1.511	5.192
9	0.312	1.612	5.167
10	0.331	1.74	5.257
11	0.351	1.8	5.128
12	0.362	1.87	5.166
13	0.372	1.92	5.161
14	0.377	2	5.305
15	0.412	2.14	5.194
16	0.438	2.25	5.137
17	0.452	2.31	5.111
18	0.47	2.44	5.191
19	0.481	2.5	5.198
20	0.49	2.6	5.306
Jumlah			104.2
Rata-rata			5.209

Dari Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa pengondisi sinyal sudah bekerja sesuai dengan fungsinya untuk menguatkan tegangan masukan sebesar 5.22 kali dengan error rata-rata sebesar 0,001 kali.

4.2 Pengujian Perangkat Lunak

4.2.1 Kaliberasi Sensor CO2

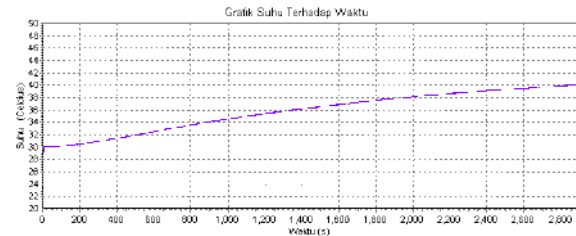
Proses kaliberasi dilakukan dengan cara menempatkan rangkaian sensor di ruangan terbuka dengan kondisi suhu tidak berubah-ubah secara ekstrim, kemudian dilakukan penyimpanan data ADC pada tiap data ADC yang terbaca. Asumsi kadar CO2 di alam bebas sebesar 350 ppm, sehingga data ADC yang telah terbaca akan di proses menjadi nilai EMF350T.



Gambar 4.5 Hasil proses kaliberasi nilai awal suhu dan CO2 di ruang terbuka.

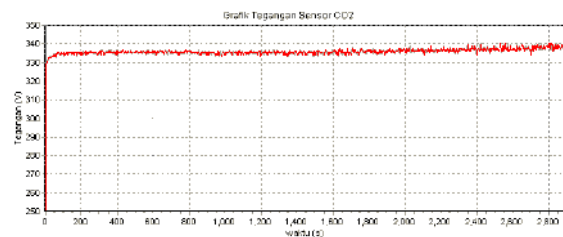
4.2.2 Pengujian Terhadap Perubahan Suhu

Sensor CO2 di uji terhadap perubahan suhu lingkungan dengan menempatkan pemanas yang bertujuan untuk mengetahui apakah kinerja sensor CO2 terpengaruh dengan perubahan suhu lingkungan.



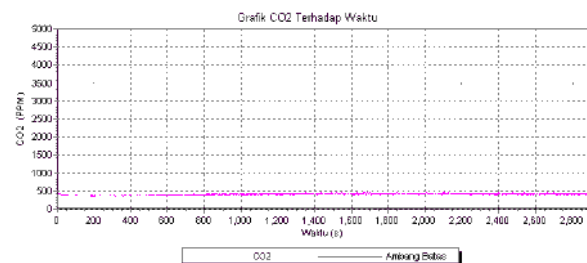
Gambar 4.6 Perubahan suhu ketika diberi pemanas.

Pada Gambar 4.6 terlihat bahwa suhu berubah ketika diberi pemanas yang berasal dari lampu pijar dari suhu awal sebesar 30°C menjadi 40°C atau perubahan yang terjadi sebesar 10°C selama 2.900 detik atau sekitar 48 menit.



Gambar 4.7 Perubahan tegangan sensor CO2 ketika di beri pemanas.

Dari Gambar 4.7 terlihat bahwa tegangan keluaran sensor bertambah dari 333 mv sampai 340 mv atau perubahan sekitar 7 mv saat suhu lingkungan berubah sebesar 10°C. Hal ini sesuai dengan data yang berasal dari *datasheet*.

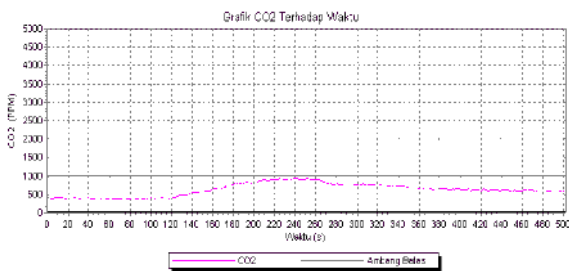


Gambar 4.8 Perubahan kadar CO2 setelah dikompensasi dan diberi pemanas.

Gambar 4.8 merupakan hasil dari proses pengkompensasian sensor CO2 terhadap perubahan suhu lingkungan. Hal ini dilakukan untuk mencegah perubahan kadar CO2 terhadap perubahan suhu lingkungan sehingga dapat menjaga tingkat keakurasian sensor. Dapat dilihat dari Gambar 4.9 proses kompensasi telah berjalan dengan baik dengan menjaga kadar CO2 agar tidak berubah.

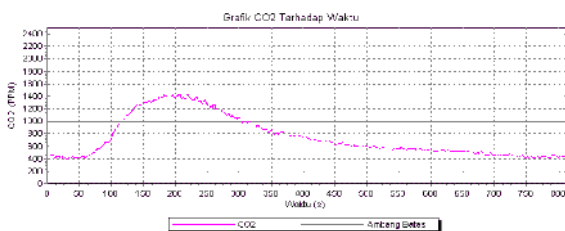
4.3 Pengujian Sistem

Pengujian sistem pengaman dan *monitoring* kadar CO2 berlebih dalam ruangan dilakukan dengan menempatkan alat dalam sebuah *plant* model ruangan berdimensi 40 x 31 x 20 cm yang telah dilengkapi dengan sebuah kipas dan sebuah jendela. Proses pengamanan dan pengamatan kadar CO2 dilakukan dengan memberikan gas CO2 yang berasal dari *dry ice* ke dalam model ruangan yang terlebih dahulu mengatur ambang batas kadar CO2 yang diberikan. Pada pengujian ini ambang batas yang diberikan sebesar 1000 ppm karena pada kadar 1000 ppm manusia yang berada dalam sebuah ruangan akan mulai merasakan dampak negatif dari gas CO2.



Gambar 4.9 pengujian *dry ice* ke-1 monitoring gas CO2 dalam model ruangan.

Pada Gambar 4.9 pengujian dilakukan dengan memberikan *dry ice* ke dalam model ruangan ketika sistem monitoring telah berjalan selama 100 detik. Sistem baru mulai mendeteksi kadar CO2 pada detik ke-120 dan waktu yang dibutuhkan *dry ice* untuk proses menyublim dari padat menjadi gas selama 1 menit 49 detik. Ketika kadar CO2 yang teramati melebihi 600 ppm maka sistem pengamanan akan bekerja dengan cara menyalakan kipas dalam ruangan dan membuka jendela ruang tersebut dan apabila kadar dalam model ruangan telah mencapai kadar 500 ppm maka kipas akan mati dan jendela akan menutup kembali.



Gambar 4.10 Pengujian *dry ice* ke-8 monitoring gas CO2 dalam model ruangan.

Pada Gambar 4.10 pengujian dilakukan dengan memberikan *dry ice* ke dalam model ruangan ketika sistem monitoring telah berjalan selama 15 detik. Sistem baru mulai mendeteksi kadar CO2 pada detik ke-53 dan waktu yang dibutuhkan *dry ice* untuk proses menyublim dari padat menjadi gas selama 2 menit 33 detik. Ketika kadar CO2 yang teramati melebihi 600 ppm maka sistem pengamanan akan bekerja dengan cara menyalakan kipas dalam ruangan dan membuka jendela ruang tersebut dan apabila kadar dalam model ruangan telah mencapai kadar 500 ppm maka kipas akan mati dan jendela akan menutup kembali. Proses pengamatan telah berjalan dengan baik, akan tetapi sistem pengaman tidak berhasil menjaga kadar CO2 dalam model ruangan berada dibawah ambang batas yang ditentukan sehingga kadar CO2 dalam model ruangan bisa mencapai 1400 ppm.

Tabel 4.4 Hasil pengujian sistem keseluruhan.

Pengujian ke-	Waktu Penyubliman (menit)	Kadar CO2 maksimal (ppm)
1	1.49	948
2	1.31	821
3	2.41	1200
4	4.37	1500
5	2.11	916
6	2.21	875
7	1.1	765
8	2.33	1440
9	4.02	1400
10	3.4	1519
11	2.48	1301
12	2.06	989
13	4.43	1525
14	4.1	1210
15	4	1289
16	1.51	869

Pada Tabel 4.4 dapat disimpulkan bahwa sistem pengamanan dengan ventilasi berukuran 18 x 10 cm dan sebuah kipas dapat menjaga kadar CO2 dalam model ruangan tidak lebih dari 1000 ppm untuk *dry ice* yang diberikan memiliki waktu menyublim yang tidak lebih dari 2 menit 21 detik.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisa pada Tugas Akhir ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengkondisi sinyal LM35 telah bekerja sesuai harapan dengan error rata-rata penurunan tegangan sebesar 0,0003 dan error rata-rata penguatan tegangan masukan sebesar 0,047 kali.
2. Pengkondisi sinyal TGS4161 telah bekerja sesuai harapan dengan error rata-rata penguatan tegangan masukan sebesar 0,028 kali.

3. Tapis yang digunakan adalah tapis digital dengan ordo 10. Karena memiliki respon yang tidak terlalu lama dengan tingkat peredaman osilasi keluaran tegangan yang relatif kecil hanya sebesar 35 ppm.
4. Hasil proses kalibrasi menunjukkan tegangan keluaran sensor TGS4161 selalu berubah-ubah, hal ini karena adanya proses kimia di dalam sensornya. Untuk membaca kadar CO2 bukan di hitung dari besar tegangan keluaran sensor melainkan dari selisih tegangan keluaran saat kalibrasi dengan keluaran tegangan sensor saat ini.
5. Dari uji coba yang dilakukan dengan cara memberikan *dry ice* dan mengatur ambang batas kadar CO2 sebesar 1000 ppm, sistem pengamanan dengan ventilasi berukuran 18 x 10 cm dan sebuah kipas dapat menjaga kadar CO2 dalam model ruangan tidak lebih dari 1000 ppm untuk *dry ice* yang diberikan memiliki waktu menyublim yang tidak lebih dari 2 menit 21 detik.

5.2 Saran

Sebagai masukan guna pengembangan lebih lanjut dari Tugas Akhir ini, maka penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Sebaiknya proses kalibrasi dilakukan dengan cara membandingkan pengukuran kadar CO2 pada alat pengukur kadar CO2 yang berbeda.
2. Pengujian dapat dilakukan pada sejumlah ruang tertutup lainnya agar hasil pengujian lebih variatif.
3. Dapat menggunakan sensor yang berbeda dengan tingkat keakuratan pembacaan kadar CO2 yang lebih tinggi.
4. Sumber catu daya dapat diganti dengan daya yang berasal dari baterai sehingga keluaran tegangan lebih stabil dan lebih praktis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bejo, A., *C & AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATmega8535*, Edisi Pertama, Graha Ilmu, 2008.
- [2] Budiharto, W., *Panduan Praktikum Mikrokontroler AVR ATmega16*, Elex Media Komputindo, Jakarta, 2008.
- [3] Couglin, R.F., dan Driscoll Frederick F, *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linier*, Ahli bahasa Ir. Hermawan widodo soemitro, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1985.
- [4] Ercegovic, M.D., Lang, T., *Digital System and Hardware/Firmware Algoritm*, John Willey & Sons, Inc, Los Angeles, 1985.

- [5] Robin, O., *Smart Climate Controller, ECE 445, Senior Design Project Summer, 2005.*
- [6] Susilo, E., *Kontrol Gerak Motor RC-Servo Menggunakan Mikrokontroler AT89S51 Pada Robot Pemadam Api Arachnid, Tugas Akhir Mahasiswa S-1 Teknik Elektro Universitas Surabaya, Surabaya, 2007.*
- [7] -----, *ATmega8535 Data Sheet*, <http://www.atmel.com>, Oktober 2007.
- [8] -----, *Code Vision AVR User Manual*, <http://www.hpinfotech.com>, Oktober 2007.
- [9] -----, *Carbon Dioxide*, <http://www.solarnavigator.net>, Mei 2009.
- [10] -----, *Carbon Dioxide*, http://en.wikipedia.org/wiki/carbon_dioxide, Februari 2008.
- [11] -----, *Dry Ice*, http://en.wikipedia.org/wiki/Dry_Ice, Februari 2009.
- [12] -----, *LM35 Datasheet*, <http://www.alldatasheet.com>, Oktober 2007.
- [13] -----, *Liquid Crystal Display Module M1632 : User Manual*, Seiko Instrument Inc., Japan, 1987.
- [14] -----, *TLC271 Datasheet*, <http://www.alldatasheet.com>, Februari 2008.
- [15] -----, *TGS4161 Datasheet*, <http://www.figaro.com>, Februari 2008.

Wisnu Baskoro (L2F 003 550)



Lahir di Jakarta. Saat ini sedang menyelesaikan studi pendidikan strata I di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Konsentrasi Kontrol.

Mengetahui dan mengesahkan,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Iwan Setiawan, ST, MT

NIP. 132 283 183

Tanggal: _____

Dariat, ST, MT

NIP. 132 231 135

Tanggal: _____