

# RANCANG BANGUN SISTEM AKUISISI DATA KADAR CO<sub>2</sub> DAN IMPLEMENTASINYA PADA RUMAH KACA MENGUNAKAN SENSOR TGS 4160

Oleh : Srinatun  
Jurusan fisika – FMIPA Undip  
Jl. Prof. Sudharto, SH – Tembalang, Semarang  
Email : [A\\_templegirl@yahoo.com](mailto:A_templegirl@yahoo.com)

## ABSTRAK

Telah dilakukan perancangan dan realisasi sistem akuisisi data CO<sub>2</sub> di udara menggunakan sensor TGS 4160. Alat ini diimplementasikan pada rumah kaca.

Sistem terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak. Bagian perangkat keras terdiri dari rangkaian sensor tipe TGS4160 yang akan mengubah besaran fisis menjadi besaran listrik analog. Sebuah ADC 0809 digunakan untuk mengubah besaran listrik analog menjadi data biner. Mikrokontroler mengirimkan data pengukuran sesuai perintah dari komputer. Dan akan ditampilkan pada komputer. Seluruh proses komunikasi data, ditangani oleh perangkat lunak pada mikrokontroler dan komputer. Perangkat lunak mikrokontroler dalam penelitian ini dibuat dengan menggunakan bahasa *assembly* dan perangkat lunak komputer menggunakan bahasa pemrograman Delphi 6.0.

Hasil pengujian menunjukan bahwa alat dapat berfungsi dengan baik. Dari grafik yang menunjukan hubungan hasil pengukuran kadar CO<sub>2</sub> dengan gas analyzer dan pengukuran dengan sensor TGS4160 terhadap urutan pengukuran diperoleh persamaan  $y_1 = -0,540x + 9,498$  dan  $y_2 = -0,521x + 9,396$ .

Kata kunci : CO<sub>2</sub>, akuisisi data, sensor

## I. PENDAHULUAN

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi serta bertambahnya jumlah penduduk akan meningkatkan kebutuhan manusia sehingga memunculkan tempat yang menimbulkan pencemaran bagi kehidupan manusia maupun makhluk hidup di sekitarnya. Kegiatan industri disamping bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan, ternyata juga menimbulkan pencemaran sebagai pencemar lingkungan. Pencemaran lingkungan akan menimbulkan kerusakan lingkungan bahkan dapat menimbulkan gangguan kesehatan masyarakat.

Namun, tidak selamanya gas CO<sub>2</sub> itu berbahaya. Dalam kadar tertentu CO<sub>2</sub> dibutuhkan tumbuhan untuk proses

fotosintesis. Fotosintesis dibutuhkan oleh organisme hidup di permukaan bumi, baik bagi pemasokan senyawa kimia kaya energi yang diperlukan maupun dalam menghasilkan oksigen yang diperlukan untuk penggunaan senyawa-senyawa tersebut. Keseluruhan reaksi yang terjadi untuk fotosintesis dalam semua *organisme* termasuk tumbuhan adalah pengikat CO<sub>2</sub> dan air membentuk gula dan molekul oksigen. Fotosintesis diperlukan bagi kehidupan di bumi atas dasar alasan lain. Seluruh proses kimia di permukaan bumi ini mempunyai sifat menyusut, yang tanpa adanya fotosintesis akan menyembunyikan oksigen dalam bentuk oksida-oksida (Ackreman dkk, 1988).

Rumah kaca merupakan salah satu jenis *greenhouse* ditinjau dari bahan penyusunnya dimana atap dan dindingnya terbuat dari kaca. Dengan menggunakan rumah kaca kadar CO<sub>2</sub> yang diperlukan oleh tumbuhan untuk fotosintesis dapat diukur.

## II. DASAR TEORI

### 2.1 Sistem Akuisisi Data Digital

Sistem instrumentasi dapat dikelompokkan dalam dua kelas utama, yaitu sistem analog dan sistem digital. Sistem analog menyangkut informasi pengukuran dalam bentuk analog, dan dapat didefinisikan sebagai suatu fungsi kontinu seperti halnya kurva informasi tegangan terhadap waktu, atau pergeseran karena tekanan. Sistem digital menangani informasi dalam bentuk digital. Besaran digital dapat terdiri dari sejumlah pulsa diskrit dan tidak kontinu yang hubungannya terhadap waktu berisi informasi mengenai besaran atau sifat dasar dari besaran tersebut (Copper, 1991).

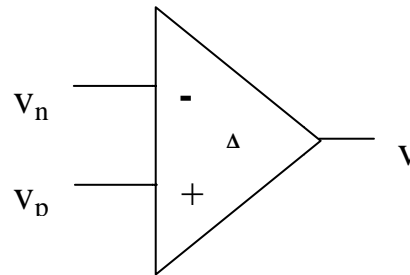
### 2.2 Sensor CO<sub>2</sub>

TGS 4160 merupakan sensor CO<sub>2</sub> yang digunakan untuk mengukur kadar karbon dioksida dalam udara. TGS 4160 adalah suatu sensor yang terdiri dari unsur gas karbondioksida sensitif dan thermistor. TGS 4160 dapat mendeteksi gas karbon dioksida mencapai 350 – 30.000ppm, hal ini dapat memungkinkan digunakan dalam berbagai aplikasi salah satunya adalah proses akuisisi data konsentrasi gas CO<sub>2</sub> dalam rumah kaca.

### 2.3 Penguat Operasional

Penguat operasional (op amp), pertama kali dipakai pada komputer analog untuk melaksanakan operasi-operasi matematik, sekarang tersedia dalam bentuk rangkaian terpadu. Pada penguat diferensial gambar 2.3 tegangan keluaran adalah A kali v<sub>p</sub>-v<sub>n</sub>, selisih potensial antara terminal-terminal positif dan negatif. Semua tegangan diukur

terhadap tanah (ground) dan terminal tanah pada masukan dan keluaran dihapus untuk kemudahan. Berikut ini adalah lambing dari penguat operasional :



Gambar 2.1 Lambing penguat operasional (Smith, 1990)

Op amp diferensial dalam bentuk gambar 2.1 tersedia dengan R<sub>i</sub> sangat tinggi, R<sub>o</sub> sangat rendah dan bati tegangan 10<sup>5</sup>. Op amp ini banyak dipakai untuk penguatan, instrumentasi, dan pembangkitan bentuk gelombang. Besarnya v<sub>o</sub> adalah

$$v_o = A(v_p - v_n) \quad (2.1)$$

### 2.4 Pengubahan Analog ke Digital

Seringkali data yang diperoleh dari sebuah sistem fisis harus diubah ke dalam bentuk digital. Data tersebut biasanya terdapat dalam bentuk sinyal listrik analog. Misalnya, perbedaan suhu akan diberikan sebagai keluaran dari suatu termokopel, tegangan pada suatu bagian mekanis akan ditunjukkan oleh ketidakseimbangan listrik dari suatu jembatan pengukur regangan (*strain gauge*), dan sebagainya. Karena itu timbulah kebutuhan akan alat yang mengubah informasi analog ke dalam bentuk digital. Alat-alat seperti ini telah diciptakan dalam jumlah yang amat besar (Millman, 1985).

ADC dapat dikelompokkan kedalam beberapa jenis yaitu Tipe *Integrating*, Tipe *Tracking*, Tipe *flash*/paralel dan Tipe *successive approximation*.

Tipe *Integrating* menawarkan resolusi tertinggi dengan biaya terendah. ADC tipe ini tidak dibutuhkan rangkaian *sample hold*. Tipe ini memiliki kelemahan yaitu waktu konversi yang agak lama, biasanya beberapa milidetik.

Tipe *tracking* menggunakan prinsip *up down counter* (pencacah naik dan turun). *Binary counter* (pencacah biner) akan mendapat masukan *clock* secara kontinyu dan hitungan akan bertambah atau berkurang tergantung pada kontrol dari pencacah apakah sedang naik (*up counter*) atau sedang turun (*down counter*).

Tipe *flash/paralel* dapat menunjukkan konversi secara lengkap pada kecepatan 100 MHz dengan rangkaian kerja yang sederhana. Sederetan tahanan mengatur masukan *inverting* dari tiap-tiap konverter menuju tegangan yang lebih tinggi dari konverter sebelumnya, jadi untuk tegangan masukan  $V_{in}$ , dengan *full scale range*, komparator dengan bias dibawah  $V_{in}$  akan mempunyai keluaran rendah.

Tipe *successive approximation* merupakan suatu konverter yang paling sering ditemui dalam desain perangkat keras yang menggunakan ADC. Tipe ini memiliki kecepatan konversi yang cukup tinggi, meskipun dari segi harga relatif mahal. Prinsip kerja konverter tipe ini adalah dengan membangkitkan pertanyaan-pertanyaan yang pada intinya berupa tebakan nilai digital terhadap nilai tegangan analog yang dikonversikan. Apabila resolusi ADC tipe ini adalah  $2^n$  maka diperlukan maksimal  $n$  kali tebakan (Tirtamihardja, 1996).

## 2.5 Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler merupakan pengembangan dari mikroprosesor yang berupa suatu *chip IC* dalam skala besar VLSI (*Very Large Scale IC*) yang diciptakan untuk menggantikan rangkaian digital diskrit. Ciri umum dari mikrokontroler adalah

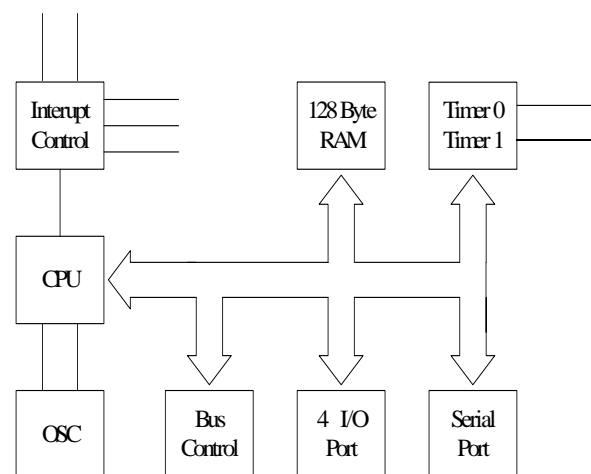
*reprogrammable*, artinya fungsi dari mikrokontroler dapat diubah-ubah dengan hanya mengganti programnya, tanpa merubah perangkat kerasnya. Secara umum mikroprosesor dan mikrokontroler memiliki kelebihan dibandingkan sistem diskrit antara lain:

- Reprogrammable*, dapat diprogram ulang untuk mendapatkan fungsi yang berbeda.
- Rangkaian lebih terintegrasi, lebih ringkas, sederhana dan tidak rumit.
- Fleksibel dalam pengembangannya.

Mikrokontroler adalah pengembangan dari mikroprosesor untuk kepentingan instrumentasi yang terintegrasi dengan perangkat lain. Ciri-ciri khusus mikrokontroler adalah sebagai berikut :

- Memiliki memori internal relatif sedikit.
- Memiliki unit I/O langsung.
- Pemrosesan *bit*, selain *byte*.
- Memiliki perintah atau program yang langsung berhubungan dengan I/O.
- Perintah atau program cukup sederhana.
- Beberapa varian memiliki EPROM (*erasable programmable read only memory*) (Malik, 1997).

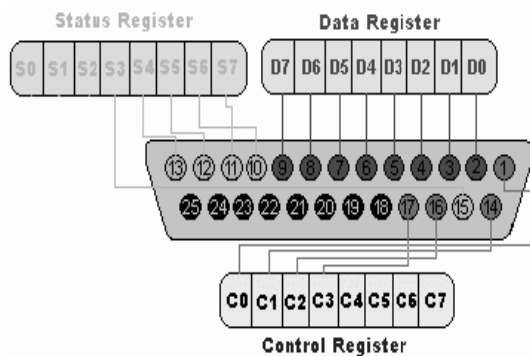
Bagian-bagian tersebut mikrokontroler ditunjukkan pada gambar 2.2



Gambar 2.6 Diagram bus mikrokontroler (Malik, 1997)

## 2.6 Protokol Komunikasi Paralel Komputer

*Port* paralel adalah *port* data komputer yang mampu mengirimkan 8 bit data dalam satu detak atau waktu. Salah satu *port* paralel yang umum digunakan adalah jenis DB25/*centronics*. Konektor DB25 merupakan sebuah konektor yang umum digunakan di komputer sebagai *port* paralel. Konektor ini memiliki 25 *pin* terbagi menjadi tiga buah bus, yaitu 8 *pin* digunakan sebagai bus data, 5 *pin* digunakan sebagai bus status, 4 *pin* digunakan sebagai bus kontrol, dan 8 *pin* lainnya adalah *ground*. Alamat register *port* paralel (LPT1) memiliki alamat dasar \$378, maka untuk alamat register data adalah \$378 + 0 atau \$378, alamat register status adalah \$378 + 1 atau \$379, dan alamat register control adalah \$378 + 2 atau \$37A. Tanda '\$' menunjukkan bilangan heksadesimal pada sebuah alamat register dari sebuah *port* komputer. Register data sering disebut juga *port* data begitu juga register status dan register kontrol sering disebut *port* status dan *port* kontrol (Sudono, 2004). Gambar 2.3 menunjukkan konfigurasi *pin* pada *port* paralel DB25.



Gambar 2.3 Konfigurasi *pin* pada *port* paralel DB25 (Sudono, 2004)

## 2.7 Program Antarmuka Komputer dengan Borland Delphi 6.0

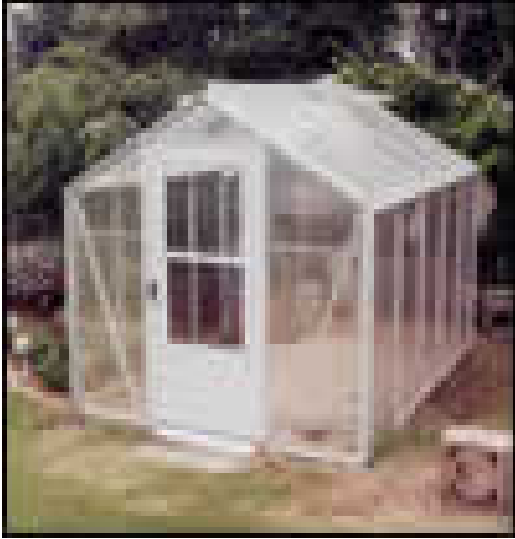
Delphi merupakan perangkat pengembangan aplikasi yang sangat terkenal di lingkungan Windows. Delphi menggunakan bahasa *object Pascal* sebagai bahasa dasar. Dengan pendekatan visual, maka dapat diciptakan aplikasi yang canggih tanpa banyak menulis kode. Delphi mengandung komponen-komponen siap pakai, sehingga akan mengurangi penulisan program dan lebih efektif dalam pembuatan aplikasi (Kadir, 2001).

Delphi merupakan bahasa pemrograman yang mempunyai cakupan kemampuan yang luas. Berbagai jenis aplikasi dapat dibuat menggunakan Delphi, termasuk aplikasi untuk mengolah grafik, angka, basis data, dan aplikasi web. Dengan *source code* tertentu, Delphi dapat untuk menggerakkan perangkat keras.

## 2.8 Rumah Kaca

Rumah kaca merupakan salah satu jenis greenhouse ditinjau dari bahan penyusunnya dimana atap dan dindingnya terbuat dari kaca. Penggunaan kaca untuk atap dalam rumah kaca memiliki beberapa kelebihan, salah satu kelebihannya adalah mampu meneruskan cahaya matahari yang diterimanya dalam prosentase yang cukup tinggi, atap kaca juga mempunyai sifat selektif terhadap spektrum cahaya tertentu, sekaligus dapat mengurangi permeabilitasnya.

Rumah kaca melindungi tanaman dari panas dan dingin yang berlebihan, melindungi tanaman dari badai debu, dan menolong mencegah hama. Pengendalian cahaya dan suhu dapat mengubah tanah tidak subur menjadi subur. Rumah kaca dapat membantu negara kekurangan persediaan bahan makanan, di mana tanaman tidak dapat tumbuh karena keganasan lingkungan. Gambar 2.4 merupakan contoh desain rumah kaca.



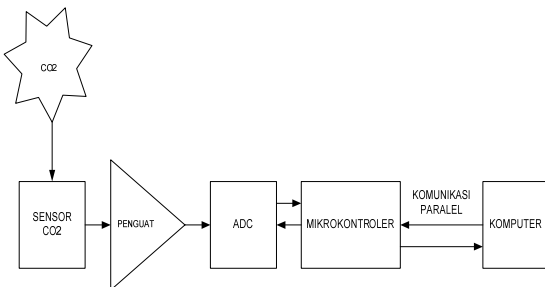
Gambar 2.4 Desain rumah kaca

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Blok Rangkain

Kandungan CO<sub>2</sub> di alam sebagai masukan untuk sensor CO<sub>2</sub>. Sensor merubah kadar CO<sub>2</sub> yang merupakan besaran fisis menjadi bentuk sinyal listrik. Penguat bekerja untuk menguatkan sinyal keluaran dari sensor agar dapat dibaca oleh ADC. Data dari ADC dikirim ke mikrokontroler dan akan diteruskan ke komputer melalui komunikasi paralel dan ditampilkan dalam komputer dalam bentuk kadar CO<sub>2</sub>. Gambar 3.1 menunjukkan diagram blok sistem.

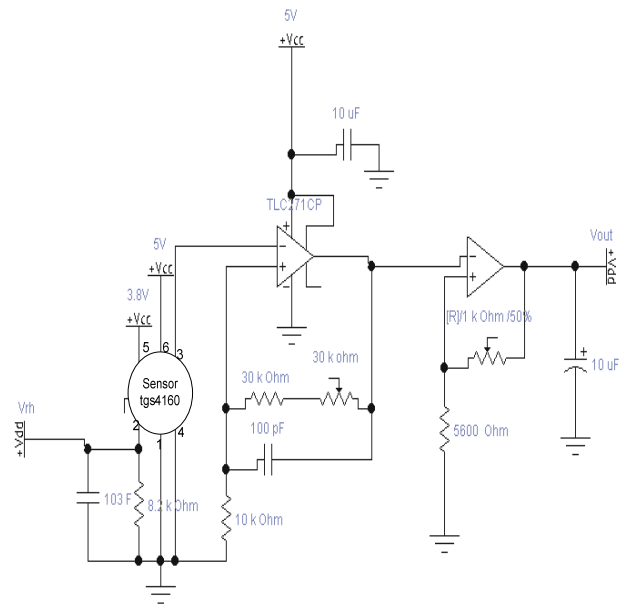
#### IV.



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

#### 4.1 Perancangan Sensor

Sensor TGS4160 memiliki dua keluaran, yaitu keluaran untuk kadar CO<sub>2</sub> dan keluaran untuk sensor suhu. Untuk keluaran kadar CO<sub>2</sub> digunakan dua penguat, yang pertama menggunakan penguat pembalik (*inverting*) dengan besarnya penguatan yang dapat diubah-ubah dimulai dari -6. Yang kedua menggunakan penguat tak pembalik (*non inverting*). Sedangkan keluaran sensor suhu merupakan keluaran sensor pada kaki nomor 2. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.2



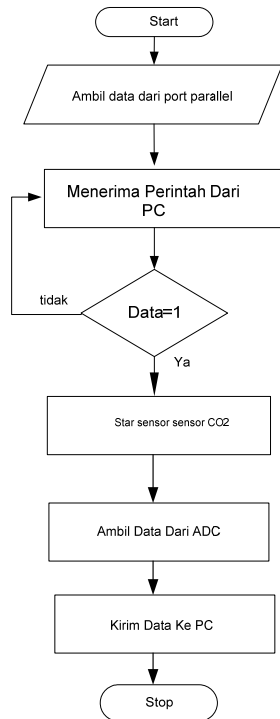
Gambar 3.2 Rangkaian penguat sensor

#### 4.2 Perancangan Lunak Mikrokontroler AT89S51

Perangkat lunak yang digunakan dalam mikrokontroler AT89S51 dibuat menggunakan bahasa *Assembly*. Perangkat lunak tersebut berfungsi sebagai protokol dalam proses pengiriman data. Hal-hal yang diatur pada protokol pengiriman data tersebut antara lain *baud rate* atau kecepatan pengiriman data, mode pengiriman data, jumlah *bit per byte* data serta aturan verifikasi dan koreksi kesalahan.

*Flowchart* program utama pada mikrokontroler seperti yang terlihat pada gambar 3.3. Menangani beberapa tugas

antara lain inisialisasi *timer* dan inisialisasi *port* paralel.

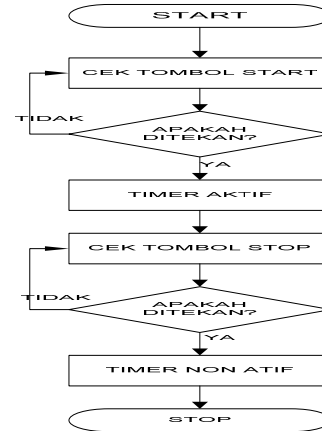


**Gambar 3.3 Flowchart program utama mikrokontroler**

#### 4.3 Perancangan Lunak Komputer

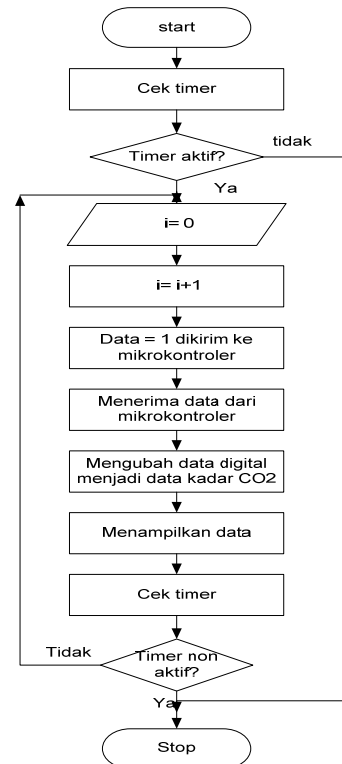
Komputer berfungsi untuk menghubungkan komunikasi data antara mikrokontroler dan komputer. Selain itu komputer juga berfungsi juga sebagai tempat untuk menampilkan data dan sebagai otak pengatur aliran data.

Seperti terlihat dalam gambar 3.4 program utama komputer akan berjalan ketika tombol *start* ditekan, penekanan tombol ini akan menyebabkan *timer* menjadi aktif. Selama *timer* aktif program utama akan memeriksa apakah tombol stop ditekan. Jika ditekan maka program akan menonaktifkan *timer*.



**Gambar 3.4 Flowchart program utama komputer**

Dalam menerima data terdapat prosedur khusus di dalam program komputer. Komputer akan menerima data dan menampilkan data yang diterima sesuai perintah yang diminta untuk ditampilkan di dalam grafik dan ditampilkan di dalam bentuk teks. Prinsip kerja program terlihat pada gambar 3.5



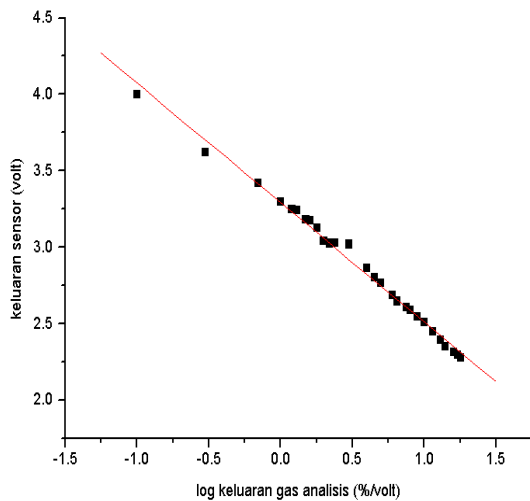
**Gambar 3.5 Flowchart program timer**

## V. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Karakteristik Sensor

Karakterisasi sensor bertujuan untuk mengetahui perbandingan keluaran sensor yang berbentuk tegangan dengan alat standar yang memiliki keluaran kadar CO<sub>2</sub> dalam satuan persen/volume. Selanjutnya data yang diperoleh akan diolah dalam program sehingga data keluaran akhir berbentuk kadar CO<sub>2</sub> dalam satuan persen/volume. Alat yang digunakan yaitu multimeter dan gas analyzer. Multimeter berguna untuk mengetahui besarnya keluaran dari sensor, sedangkan gas analyzer berfungsi sebagai alat standar yang memiliki keluaran berbentuk kadar CO<sub>2</sub>.

Dapat dilihat bahwa kenaikan tegangan keluaran sensor berbanding terbalik dengan kadar CO<sub>2</sub> membentuk suatu grafik linear. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut :



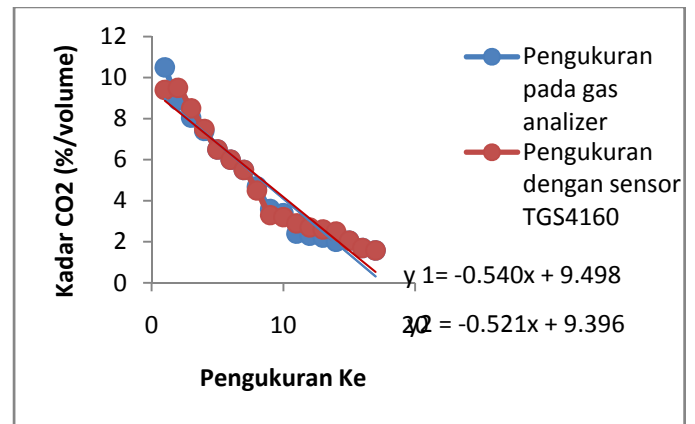
Gambar 4.1 Karakteristik Sensor

Dari grafik di atas diperoleh persamaan  $y = -0,78x + 3,29$  dengan standar deviasi 0,03. Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar CO<sub>2</sub> maka tegangan keluaran dari sensor semakin rendah.

### 4.2 Pengujian Linieritas Sistem Sensor CO<sub>2</sub> TGS4160

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan setelah dilakukan perakitan seluruh bagian pendukung sistem meliputi rangkaian sensor, ADC, sistem minimum mikrokontroler dan sistem komunikasi paralel dengan perangkat lunaknya. Pada pengujian sistem dilakukan dengan mengambil data kadar CO<sub>2</sub> lingkungan dan dibandingkan dengan data hasil pengukuran dengan *gas analyzer*.

Dari data pengujian didapatkan grafik hubungan antara pengukuran kadar CO<sub>2</sub> pada gas analyzer dan sensor TGS4160 terhadap urutan pengukuran, sehingga diperoleh dua grafik. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.3 Grafik hasil uji sistem

Grafik pertama menunjukkan hubungan antara hasil pengukuran dengan gas analyzer terhadap urutan pengukuran dengan persamaan  $y_1 = -0,540x + 9,498$ . Sedangkan grafik kedua menunjukkan hubungan antara pengukuran kadar CO<sub>2</sub> dengan urutan pengukuran dengan persamaan  $y_2 = -0,521x + 9,396$ .

### 4.3 Akuisisi data CO<sub>2</sub> pada Rumah Kaca

Pengukuran CO<sub>2</sub> dilakukan dalam tiga waktu yaitu siang, malam dan pagi hari. Rumah kaca yang digunakan berukuran 3x2,5m. Tanaman yang digunakan dari jenis tanaman yang hidup di daerah tropis. Jarak dari sensor ke tanaman adalah 30cm.

Dari hasil yang diperoleh jelas bahwa penyerapan CO<sub>2</sub> pada tumbuhan berbeda pada tiap waktu. Perbedaan ini disebabkan karena adanya perbedaan kelembaban dan perbedaan suhu pada waktu pengukuran. Tabel 4.1 menunjukkan hasil dari pengukuran di rumah kaca.

**Table 4.5 Hasil pengujian di rumah kaca**

NO	Sensor 2	Sensor 3	Hari, Tanggal
1	38°	0.2	Senin, 1 Oktober 2007 Pukul. 14:18:32 .WIB
2	37°	0.2	Senin, 1 Oktober 2007 Pukul. 14:18:37 .WIB
3	38°	0.2	Senin, 1 Oktober 2007 Pukul. 14:18:42 .WIB
4	38°	0.2	Senin, 1 Oktober 2007 Pukul. 14:18:47 .WIB
5	36°	0.2	Senin, 1 Oktober 2007 Pukul. 14:18:52 .WIB
6	37°	0.2	Senin, 1 Oktober 2007 Pukul. 14:18:57 .WIB
7	36°	0.2	Senin, 1 Oktober 2007 Pukul. 14:19:2 .WIB
8	36°	0.2	Senin, 1 Oktober 2007 Pukul. 14:19:7 .WIB
9	37°	0.2	Senin, 1 Oktober 2007 Pukul. 14:19:12 .WIB
10	26°	0.5	Senin, 1 Oktober 2007 Pukul. 20:27:44 .WIB
11	26°	0.5	Senin, 1 Oktober 2007 Pukul. 20:27:49 .WIB
12	26°	0.5	Senin, 1 Oktober 2007 Pukul. 20:27:54 .WIB
13	26°	0.5	Senin, 1 Oktober 2007 Pukul. 20:27:59 .WIB
14	26°	0.5	Senin, 1 Oktober 2007 Pukul. 20:28:4 .WIB
15	26°	0.4	Selasa, 2 Oktober 2007 Pukul. 6:15:16 .WIB
16	26°	0.4	Selasa, 2 Oktober 2007 Pukul. 6:15:21 .WIB
17	26°	0.4	Selasa, 2 Oktober 2007 Pukul. 6:15:26 .WIB
18	26°	0.4	Selasa, 2 Oktober 2007 Pukul. 6:15:31 .WIB
19	26°	0.4	Selasa, 2 Oktober 2007 Pukul. 6:15:36 .WIB
20	26°	0.4	Selasa, 2 Oktober 2007 Pukul. 6:15:41 .WIB

### DAFTAR PUSTAKA

- Ackerman, E., dkk., 1998, "Ilmu Biofisika", Erlangga : Jakarta.
- Budhiharto, W., 2004, "Interfacing Komputer dan Mikrokontroler", Elex Media Komputindo: Jakarta.
- Cooper, W., D., 1991, "Instrumenstasi Elektronika dan Teknik Pengukuran", Erlangga : Jakarta.
- Kadir, A., 2001, Pemrograman Database menggunakan Delphi (Jilid 1), Salemba Infotek: Jakarta.



Malik, I. A., 1997, *Bereksperimen Dengan Mikrokontroler 8031*, PT Elex Media Komputindo: Jakarta.

Millman, J., Halkias, C. C., 1985, *“Elektronika Terpadu : Rangkaian dan Sistem Analog dan Digital”*, Erlangga : Jakarta.

Nugroho, W., 2002, *“Tip dan Trik Pemrograman Delphi”*, Elex Media Komputindo: Jakarta.

Sudono, A., 2004, *“Memanfaatkan Port Printer Komputer Menggunakan Delphi”*, Smartbooks: Semarang.

Tirtamiharja, 1996, *Elektronik Digital*, Andi Offset : Yogyakarta.

\_\_\_\_\_, *TGS4160 for the detection of Carbon Dioxid*, (product information), Figaro: Surabaya.