

OPTIMASI SISTEM PENGUKURAN MELALUI MODIFIKASI PENGKONDISI SINYAL PADA SENSOR GAS CO

Muwahidah Nurhasanah¹⁾, Melania Suweni Muntini²⁾, Yanurita Dwi Hapsari³⁾
Jurusan Fisika FMIPA ITS Surabaya
e-mail: ¹⁾ muwahidah@physics.its.ac.id; ²⁾ melania@physics.its.ac.id;
³⁾ yanuritadh@physics.its.ac.id

ABSTRAK

Pada penelitian ini dirancang sistem deteksi gas CO yang telah dikarakterisasi dan dapat berfungsi sebagai perangkat untuk akuisisi data. Tegangan keluaran rangkaian sensor gas yang sangat kecil, mengharuskan sensor gas dihubungkan dengan pengkondisi sinyal yang disesuaikan dengan karakteristik sensor. Karakterisasi instrumen pengukur gas CO menghasilkan jangkauan pengukuran linier antara 264 ppm sampai 927 ppm dengan sensitivitas sebesar 0,00052 V/ppm dan zero offset 3,6 Volt. Pada penelitian ini dilakukan optimasi terhadap transfer daya dari sistem sensor gas CO ke pengkondisi sinyal. Optimasi dengan pendekatan tehnik pemrograman linear diperoleh hasil bahwa resistansi beban yang dipasang mempengaruhi hasil optimasi. Hasil optimasi pada sistem sensor gas CO diperoleh pada daya 0,1225 Watt.

Kata Kunci : karakterisasi, pengkondisi sinyal, sensor, optimasi.

ABSTRACT

In this research, the characterized gas detection system was designed and functioned of data acquisitions. The small output voltage of gas sensor requires a connection to signal conditioning according to sensor characteristic.

Characterized of CO gas meter instrument give linear measure between 264 ppm to 927 ppm with sensitivity 0,00052 V/ppm and zero offset 3,6 Volts. In this research, optimized to power delivery from gas CO system to signal conditioning. Optimization with approach of linear programming techniques is result that the load resistance attached influences result of optimization. Optimization result of CO gas sensor system obtained at power delivery 0,1225 Watts.

Key words : characterized, signal conditioning, sensor, optimization.

Pendahuluan

Gas karbon monoksida (CO), merupakan salah satu polutan yang sering dijumpai dalam udara di sekitar aktivitas manusia dan biota global yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Kadar gas CO dapat dideteksi oleh sensor gas CO (David Silvano, 2005).

Pengertian sensor adalah peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik dan sebagainya (Fraden, 2005). Sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor gas CO, yang mampu mendeteksi perubahan konsentrasi gas dan kemudian menghasilkan sinyal listrik yang besarnya proporsional dengan konsentrasi gas tersebut. Sinyal-sinyal lemah yang berasal dari sensor, dikuatkan untuk meningkatkan resolusi pengukuran dengan menghubungkan rangkaian sensor ke

pengkondisi sinyal. Selanjutnya, sinyal-sinyal listrik yang dihasilkan oleh sensor harus dikonversi ke dalam bentuk yang dikenali oleh sistem akuisisi data yang dipakai.

Pada penelitian ini, alat ukur yang dirancang akan dianalisa untuk memperoleh kondisi optimum dari sistem pengukuran yang dilakukan. Penentuan kondisi optimum tersebut dapat dilakukan dengan tehnik optimasi. Tehnik optimasi yang digunakan adalah optimasi transfer daya, yaitu agar energi yang diterima oleh pengkondisi sinyal dari sistem sensor gas adalah maksimum.

Kajian Pustaka

Sensor Gas CO

Sensor gas merupakan transduser yang mampu mendeteksi perubahan kondisi lingkungan dan kemudian menghasilkan sinyal listrik yang besarnya proporsional dengan konsentrasi gas (Fraden, 2003).

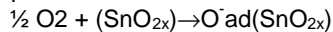
Sensor gas karbon monoksida adalah sensor gas yang dibuat dari semikonduktor oksida logam yang digunakan untuk mendeteksi dua gas yaitu metana dan karbon monoksida.

Prinsip kerja sensor gas CO adalah terjadinya penurunan resistansi jika terkena gas. Sensor gas CO mempunyai sebuah pemanas yang digunakan untuk membersihkan ruangan sensor dari kontaminasi udara luar dari paparan gas CO yang telah diukur sebelumnya. Ketika ada gas CO, maka daya rata-rata alat pemanas yang dikonsumsi adalah 38mW.

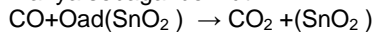
Bahan detektor gas yang digunakan adalah metal oksida, yaitu senyawa (SnO_2), maka ketika kristal metal oksida (SnO_2) dipanaskan pada temperatur tertentu, oksigen akan diserap dari permukaan kristal.

Akibat permukaan kristal yang mendonorkan elektron yang terdapat pada lapisan luar ke oksigen, maka oksigen akan bermuatan negatif dan permukaan luar kristal akan bermuatan positif.

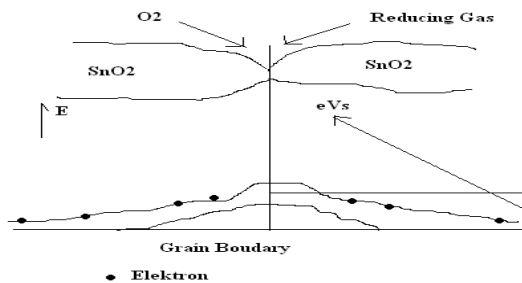
Proses penyerapan oksigen oleh sensor dapat dilihat dari persamaan kimia berikut



Tegangan permukaan yang terbentuk akan menghambat laju aliran elektron. Pada saat terdeteksi adanya gas CO, maka persamaan reaksi kimianya sebagai berikut :



Ilustrasi ketika terdeteksi adanya gas dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Ilustrasi Ketika Terdeteksi Adanya Gas

Arus listrik dari dalam sensor mengalir melewati daerah sambungan (*grain boundary*) dari kristal SnO_2 . Pada daerah sambungan, penyerapan oksigen mencegah muatan untuk bergerak bebas. Jika konsentrasi gas menurun, proses dioksidasi akan terjadi. Rapat permukaan dari muatan negatif oksigen akan berkurang dan akan mengakibatkan menurunnya ketinggian penghalang dari daerah sambungan. Ketika penghalang menurun maka resistansi sensor juga akan ikut menurun.

Hubungan antara resistansi sensor dengan konsentrasi gas pada proses deoksidasi ditunjukkan dengan persamaan

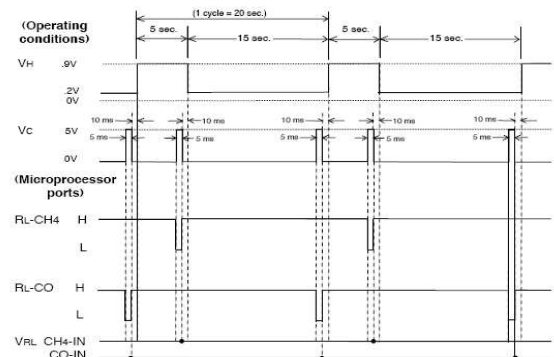
$$R = A[C]^\alpha \quad (2.1)$$

dimana R = resistansi sensor

A, α = konstanta

[C] = konsentrasi gas

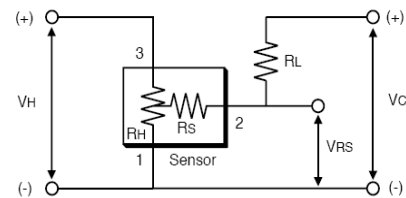
Diagram waktu sensor diperlihatkan pada gambar berikut :



Gambar 2.2 Diagram Waktu Sensor TGS 3870

Sensor ini memerlukan dua tegangan masuk yaitu tegangan alat pemanas (V_H) dan tegangan rangkaian (V_C). Sensor mempunyai tiga pin yaitu pin #3--heater (+), pin #2--sensor elektroda (+), dan Pin #1--common (-). Untuk menjaga saat mendeteksi elemen pada suhu-suhu yang spesifik yang bersifat optimal karena mendeteksi dua gas yang berbeda, tegangan-tegangan alat pemanas dari 0,9V dan 0,2V secara berurutan diterapkan antara pin-pin#1 dan #3 selama 20 detik pemanasan dalam sekali putaran seperti diperlihatkan pada Gambar 2.2.

Tegangan rangkaian (V_C) harus diterapkan hanya pada saat sinyal diambil dari sensor.



Gambar 2.3 Dasar mengukur rangkaian

Mengacu pada Gambar 2.3, maka untuk gas CO tegangan yang digunakan adalah 5,0 V selama 5 msec, selanjutnya tegangan V_H yang digunakan adalah 0,2 V selama 14.985 detik.

Hambatan sensor (R_s) dihitung dengan suatu nilai yang diukur dari V_{RS} dengan menggunakan persamaan

$$R_s = \frac{(V_{RS} - 0,5V_H)}{(V_C - V_{RS})} \times R_L \quad (2.2)$$

Nilai daya disipasi (P_s) dapat dihitung dengan

$$\text{menggunakan persamaan } P_s = \frac{(V_{RS})^2}{R_s} \quad (2.3)$$

P_s mencapai maksimum ketika $R_L = R_s$

Karakterisasi Sensor

Karakterisasi sensor dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem sensor yang telah dirancang (Fraden, 2003). Karakteristik sensor dalam penelitian ini ditentukan oleh hubungan antara sinyal keluaran dan masukan.

Karakteristik sensor dibagi menjadi dua yaitu karakteristik statik dan dinamik. Karakteristik statik adalah sifat sensor yang perubahan responnya tidak berubah terhadap waktu. Karakteristik statik sensor meliputi sensitivitas, kalibrasi, jangkauan pengukuran, linearitas, saturasi, repeatability, dan ketidakpastian (*Uncertainty*).

Akuisisi Data

Sistem akuisisi data digunakan untuk mengukur dan mencatat sinyal yang berasal dari transduser. Sistem akuisisi data mencakup elemen-elemen seperti transduser, pengkondisi sinyal, pengubah analog ke digital (ADC), atau pengubah digital ke analog (DAC) (Yossy, N., Muntini, M.S., Yono, H.P., 2008).

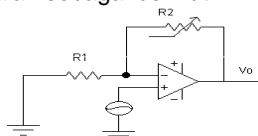
Keluaran sensor gas merupakan sinyal analog sehingga memerlukan ADC agar data dapat diolah mikrokontroler. Mikrokontroler dilengkapi *port serial* yang memungkinkan pengiriman data dalam format serial dengan seperangkat alat antar muka dalam bentuk biner serial (Retno, R., Muntini, S.M., 2008).

Pengkondisi Sinyal

Pengkondisi sinyal adalah rangkaian elektronik yang dirancang khusus sehingga dapat digunakan untuk penguatan, penyaringan (*filter*), dan lain-lain. Rangkaian pengkondisi sinyal digunakan oleh sensor secara langsung untuk memperoleh parameter fisik yang diubah menjadi sinyal keluaran.

Tipe yang spesifik dari pengkondisi sinyal tergantung pada tipe dari sensor yang digunakan dan karakteristik sinyal keluaran yang dihasilkan.

Salah satu pemanfaatan OpAmp dalam peralatan-peralatan elektronik adalah sebagai penguat sensor. Pada penelitian ini, untuk sensor TGS 3870 menggunakan penguatan berupa operasional amplifier tak membalik yang akan dihubungkan dengan rangkaian sensor. Rangkaian op-amp tak membalik adalah sebagai berikut :



Gambar 2.4 Rangkaian penguat non inverting

Penguat tak membalik adalah penguat sinyal dengan tegangan keluaran yang sefase dengan sinyal masukan. Sinyal masukan disambungkan ke kaki tak membalik (+) dan masukan membalik (-) dibumikan. Tanda (+) dan (-) pada masukan op-amp bukan menunjukkan orientasi tegangan tetapi untuk menunjukkan adanya keteringgalan fase.

Tegangan pada masukan membalik sama dengan tegangan masukan sumber (V_i), yang juga sama dengan tegangan dari sebuah pembagi tegangan antara V_o dan *ground* pada persamaan

$$V_{in} = \frac{R_2 + R_1}{R_1} x V_{out} \quad (2.4)$$

Optimasi Dengan Transfer Daya Pada Gas CO

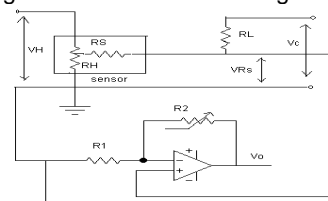
Optimasi merupakan proses untuk menemukan suatu kondisi nilai maksimum atau minimum dari suatu fungsi objektif (Rao, 1995). Usaha untuk mengoptimasi dapat dilakukan dengan menentukan fungsi objektif dengan variabel keputusan yang akan dicari nilai optimumnya.

Fungsi objektif dalam penelitian ini adalah transfer daya dari rangkaian sensor ke pengkondisi sinyal. Teorema transfer daya maksimum adalah daya maksimum yang dikirimkan ketika beban R_L sama dengan beban intern sumber R_S . Dengan kata lain, transfer daya ini terjadi jika nilai resistansi beban sama dengan nilai resistansi sumber, baik dipasang seri dengan sumber tegangan ataupun dipasang paralel dengan sumber arus. Dapat dikatakan, P_S akan mencapai maksimum ketika $R_L = R_S$, sehingga secara tidak langsung energi listrik dari sensor yang ditransfer ke pengkondisi sinyal juga maksimum. Oleh karena itu, pada penelitian ini yang akan dioptimumkan adalah energi listrik yang akan digunakan pada rangkaian sensor.

Pada setiap optimasi juga memperhitungkan konstrain, yaitu segala sesuatu yang menjadi kendala (batasan) dalam optimasi yang nilainya lebih dari nol, kurang dari nol atau sama dengan nol. Pada penelitian ini, yang menjadi konstrain adalah tegangan (V_C) yang masuk ke sensor, tegangan *heater* (V_H) dan resistansi beban (R_L).

Setiap sensor mempunyai karakteristik yang berbeda-beda, sehingga memerlukan modifikasi pengkondisi sinyal yang sesuai dengan karakteristik sensor. Oleh karena itu, perlu dilakukan optimasi agar sistem pengukuran yang dilakukan tersebut optimum. Optimasi dalam penelitian ini dilakukan pada transfer daya, yaitu untuk memperoleh transfer daya maksimum agar energi yang diterima oleh mikrokontroler adalah maksimum.

Pada sensor gas CO, rangkaian sensor dihubungkan dengan pengkondisi sinyal berupa penguat tak membalik untuk memperoleh transfer daya yang maksimum adalah sebagai berikut :



Gambar 2.5 Rangkaian sensor dengan penguat tak membalik

Sensor memerlukan dua tegangan masuk yaitu tegangan alat pemanas (V_H) dan tegangan rangkaian (V_C). Untuk menjaga saat elemen mendeteksi pada suhu-suhu yang spesifik karena mendeteksi dua gas yang berbeda, tegangan-tegangan alat pemanas dari 0,9V dan 0,2V secara berurutan diterapkan antara pin-pin#1 dan #3 selama 20 detik pemanasan dalam sekali putaran. Ketika sensor diberi tegangan, R_H akan memanaskan. Pemanasan ini digunakan sensor untuk membersihkan ruangan sensor dari kontaminasi udara luar. Saat terdeteksi adanya gas CO, penghalang pada daerah sambungan kristal SnO₂ menurun sehingga resistansi R_S akan menurun. Hambatan sensor (R_S) dihitung dengan suatu nilai yang diukur dari V_{RS} dengan menggunakan persamaan (2.2).

Pada saat sinyal diambil, tegangan rangkaian (V_C) harus diterapkan antara keduanya, yaitu dari sensor (R_S) dan suatu induktor transisi beban (R_L), yang dihubungkan secara urut, untuk pengukur tegangan (V_{RS}). Agar rentang tegangan keluaran lebih panjang, maka diperlukan penguatan. Penguatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah penguat amplifier (Op-Amp) jenis tak membalik. Tegangan keluaran V_{RS} dihubungkan dengan penguat sebagai tegangan masukan V_{in} ($V_{in} = V_{RS}$), sehingga persamaan (2.4) dapat ditulis sebagai berikut

$$V_{RS} = \frac{R_2 + R_1}{R_1} x V_o \quad (2.5)$$

Keluaran dari penguat dihubungkan ke mikrokontroler sehingga terjadi transfer daya dari sistem sensor ke pengkondisi sinyal. Transfer daya ini akan dioptimasi sehingga diperoleh transfer daya maksimum saat dihubungkan ke pengkondisi sinyal. Transfer daya akan maksimum jika $R_L = R_S$ dan P merupakan fungsi R_S , maka untuk mencari nilai maksimum P adalah

$$P = i^2 R_S = \left(\frac{V_{RS}}{R_S + R_L} \right)^2 R_S = \frac{V_{RS}^2 (R_S + R_L)^2}{R_S R_L^2} \quad (2.6)$$

P akan optimum jika

$$\frac{dP}{dR_S} = 0 \quad (2.7)$$

$$\frac{dP}{dR_S} = \frac{V_{RS}^2 (R_S^2 R_L^2 - R_L^4)}{R_S^2 R_L^4} = 0 \quad (2.8)$$

Sehingga: $R_L = R_S$

Maka diperoleh daya maksimumnya yaitu:

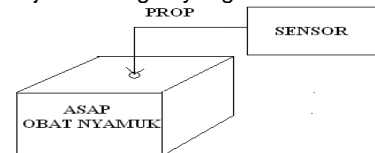
$$P = \frac{4V_{RS}^2}{(R_L)} \quad (2.9)$$

Pada penelitian ini salah satu teknik untuk memecahkan permasalahan optimasi adalah dengan metode pemrograman linier. Teknik program linier ini digunakan untuk mencari fungsi yang optimum dengan berbagai fungsi kendala. (Rao, 1995). Metode ini digunakan karena fungsi obyektif yang digunakan dalam penelitian ini merupakan fungsi yang linier.

Metodologi Penelitian

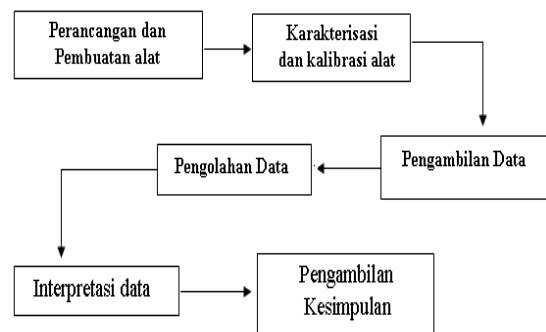
Tujuan penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan transfer daya dan menganalisa variabel selama proses *sensing*. Transfer daya yang optimum dapat dipengaruhi oleh resistansi beban dan resistansi yang digunakan pada pengkondisi sinyal.

Pada penelitian ini untuk perancangan dan pembuatan alat dilakukan di laboratorium instrumentasi FMIPA ITS Surabaya, selanjutnya kalibrasi alat dilakukan di Balai Hiperkes Surabaya. Pengukuran dilakukan pada asap obat nyamuk yang dimasukkan ke dalam kotak dengan alat ukur gas menggunakan rangkaian sistem sensor yang telah dibuat. Proses pemberian asap dilakukan dengan memasukkan obat nyamuk bakar ke dalam kotak. Pengukuran dilakukan dengan memasukkan prop sistem sensor ke dalam kotak yang dimulai dari saat obat nyamuk dimasukkan sampai nyala obat nyamuk tersebut padam, sehingga alat ukur gas menunjukkan angka yang stabil.



Gambar 3.1 Skema pengukuran yang dilakukan pada asap obat nyamuk

Berikut adalah diagram alir metode penelitian :



Gambar 3.2 Diagram alir prosedur percobaan (2.20)

Perancangan Percobaan

Bahan

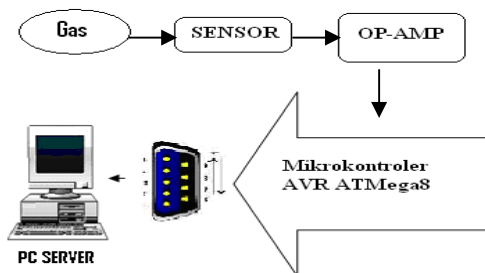
Bahan yang diperlukan untuk penelitian ini adalah asap obat nyamuk.

Peralatan

Pada penelitian ini sensor yang digunakan untuk pengukuran gas CO adalah sensor gas produksi Figaro tipe TGS 3870. Keluaran dari sensor tersebut berupa tegangan yang sangat kecil, sehingga diperlukan penguatan menggunakan pengkondisi sinyal. Pengkondisi sinyal yang digunakan pada penelitian ini adalah operasional amplifier jenis tak membalik. Sinyal keluaran yang berupa tegangan tersebut harus dikonversikan dahulu kedalam bentuk digital agar dapat diolah oleh mikrokontroler (Muntini, 2005).

Agar data dapat diolah dengan komputer, maka dalam penelitian ini menggunakan sistem antarmuka serial dengan mikrokontroler. Mikrokontroler yang digunakan adalah tipe AVR ATmega8. Output dari sensor TGS 3870 dihubungkan pada mikrokontroler AVR ATmega8. Sistem minimum dan program mikrokontroler AVR hanya memerlukan Vcc 5 volt dan ground, tidak memerlukan komponen yang lain. Pada aplikasi ini menggunakan komunikasi serial dengan *boudrate* 9600 sehingga diperlukan clock eksternal dari kristal 11,0592 MHz dan IC RS232 sebagai buffer data pada komunikasi serial. Keluaran pada RS-232 dihubungkan dengan komputer.

Keluaran mikrokontroler akan diterima komputer secara serial. Kehilangan data pada komunikasi ini sangat kecil meskipun digunakan kabel yang cukup panjang. Pada komunikasi ini hanya dibutuhkan tiga kabel saja yaitu saluran *Transmit data*, saluran *Receive Data* dan *Ground*. Pada perancangan instrumen ini digunakan software Matlab 7.0. Diagram proses yang digunakan untuk akuisisi data adalah sebagai berikut :



Gambar 3.3 Diagram blok proses akuisisi data

Sebelum instrumen yang dirancang untuk dijadikan sebagai alat ukur untuk proses akuisisi data terlebih dahulu dilakukan karakterisasi. Gambar 3.4 merupakan perangkat instrumen sensor gas CO yang digunakan selama proses akuisisi data.



Gambar 3.4 Perangkat sensor gas CO yang digunakan untuk akuisisi data

Peralatan yang juga digunakan selama proses pengambilan data dalam penelitian ini sebagai berikut :

Tabel 3.1 Daftar peralatan yang digunakan dalam penelitian

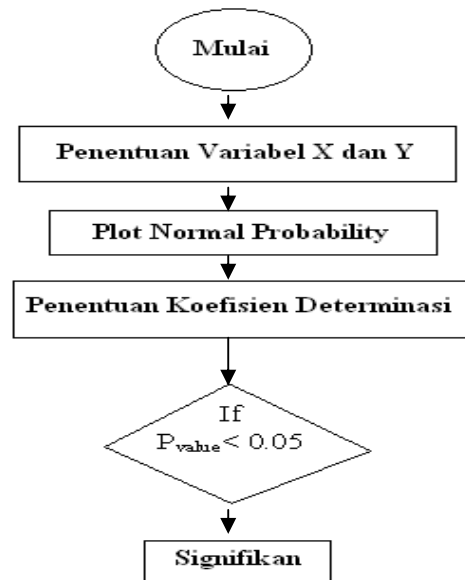
| No | Alat | Jumlah |
|----|------------------------|--------|
| 1 | Sensor gas CO TGS 3870 | 1 |
| 2 | Kotak plastik | 1 |
| 3 | Isolasi | 1 |
| 4 | Gunting | 1 |
| 5 | Penjepit obat nyamuk | 1 |

Analisis Sampel

Analisis sampel dilakukan untuk mengetahui konsentrasi gas CO mulai dari dimasukkannya asap sampai diperoleh keadaan yang stabil. Selama proses akuisisi data sampel ditempatkan dalam kotak (boks) plastik yang telah diberi lubang sebagai tempat memasukkan prop sensor.

Rancangan Optimasi

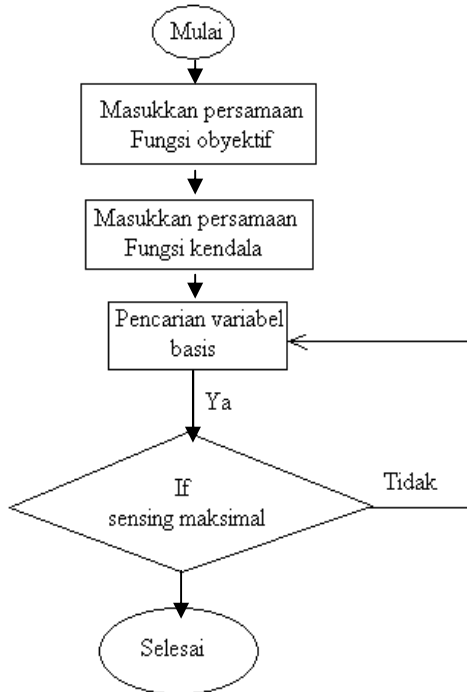
Data-data yang diperoleh pada proses akuisisi data merupakan variabel proses selama proses sensing. Analisa signifikansi dan optimasi pada pengukuran konsentrasi gas ini akan dilakukan pada masing-masing sensor. Analisa signifikansi dilakukan dengan pendekatan statistik regresi. Diagram alir proses uji signifikansi disajikan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Diagram alir proses uji signifikansi

Optimasi yang dilakukan adalah memaksimalkan transfer daya dengan mempertimbangkan kendala yaitu resistansi beban selama proses sensing berlangsung. Optimasi dilakukan dengan menggunakan program linier, dalam proses analisisnya digunakan software Matlab 7.0.

Diagram alir proses optimasi disajikan pada Gambar 3.6.

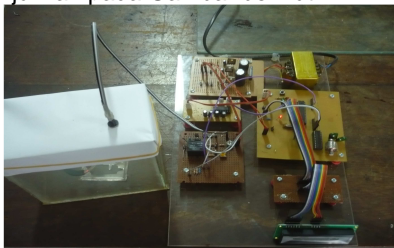


Gambar 3.6 Diagram alir proses optimasi

Analisa Data

Karakterisasi Alat Ukur Gas CO

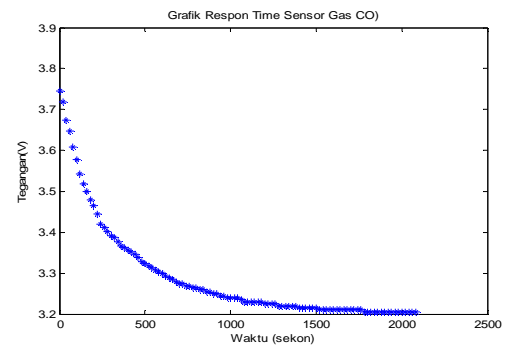
Alat ukur gas yang telah dirancang telah dilakukan karakterisasi untuk mengetahui baik dan tidaknya alat tersebut digunakan sebagai alat akuisisi data. Pada penelitian ini alat ukur gas dirancang dengan menggunakan sensor gas yang dilengkapi dengan pengkondisi sinyal dan piranti instrumen yang lain yang ditunjukkan pada Gambar berikut



Gambar 4.1 Perangkat sistem sensor gas CO

Perancangan alat ukur gas CO ini perlu dilakukan karakterisasi terhadap sistem sensor lain yang telah terkalibrasi. Karakterisasi dilakukan secara statik untuk melihat kemampuan alat dalam hal jangkauan pengukuran, *zero offset*, *sensitivity*, dan linieritas instrumen.

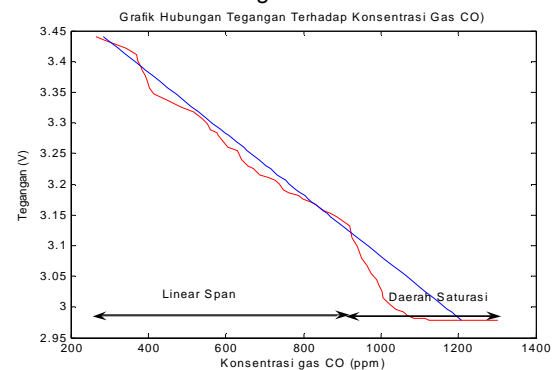
Pada sistem sensor gas CO mempunyai waktu tanggap untuk menghasilkan keluaran yang stabil. Berdasarkan data yang diperoleh, waktu tanggap sensor gas CO adalah sebagai berikut



Gambar 4.2 Grafik respon time sensor gas CO

Berdasarkan grafik diatas, tampak bahwa sistem sensor memerlukan respon time pemanasan selama 2080 sekon atau 34,66 menit. Hal ini menunjukkan bahwa sebelum sensor digunakan harus dipanaskan dahulu selama 2080 sekon atau 34,66 menit.

Pada sensor gas CO mempunyai tegangan keluaran sebesar 1,52 Volt. Oleh karena bila terkena gas CO tegangan menurun drastis, maka diperlukan penguatan tegangan yang sesuai agar pada saat mendeteksi adanya gas CO, tegangan keluaran yang terus menurun dapat terbaca dengan baik. Penguatan yang dilakukan adalah sebesar 2,5 kali; sehingga diperoleh tegangan keluaran awal sebesar 3,8 Volt. Penguatan 2,5 dapat diperoleh jika resistansi pada pengkondisi sinyal menggunakan $R_1 = 1\text{ K}\Omega$ dan $R_2 = 1,5\text{ K}\Omega$. Sistem sensor gas CO yang dibuat telah dikalibrasi menggunakan data pembandingan dari alat ukur gas CO ECOM*NP yang dimiliki Balai Hiperkes Surabaya. Data tegangan keluaran sensor dibandingkan dengan data konsentrasi gas CO dari ECOM*NP. Data tersebut dibuat grafik hubungan antara tegangan sensor terhadap konsentrasi gas CO dari ECOM*NP sebagai berikut:



Gambar 4.3 Kalibrasi sistem sensor gas CO

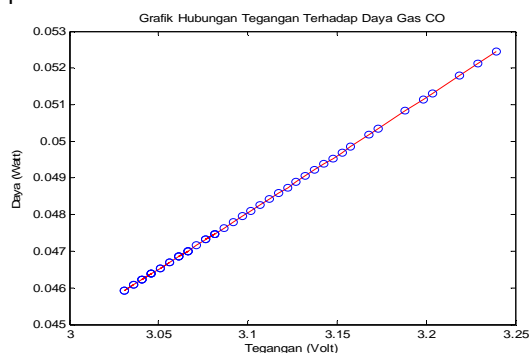
Hubungan antara tegangan keluaran (V) terhadap konsentrasi gas (ppm) yang dihasilkan dari karakterisasi alat dapat dituliskan dalam persamaan $V = 0,00052 x + 3,6\text{ Volt}$ (4.1) Koefisien x merupakan besaran konsentrasi gas CO dalam satuan ppm. Persamaan tersebut

menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi gas sebanding dengan tegangan keluaran sistem sensor, dengan sensitivitas sebesar 0,00052 V/ppm, zero offset 3,6 V dan jangkauan linier dari 264 ppm sampai dengan 939 ppm. Daerah saturasi terjadi mulai dari 939 ppm sampai dengan 1302 ppm.

Hasil Perekaman Data Gas CO

Sistem instrumen yang dirancang menggunakan sensor gas CO sebagai alat ukur. Sensor diletakkan pada sebuah titik yaitu pada bagian atas kotak. Waktu proses akuisisi data sensor dapat ditentukan dengan melihat hasil perekaman data yaitu sampai saat tegangan stabil pada nilai tertentu. Pada penelitian ini diperoleh waktu sensing selama 33,20 menit, dan untuk pengambilan data diperoleh 100 data.

Selama proses berlangsung, hasil perekaman data yang dilakukan dapat dilihat gambar 4.5. Hasil perekaman data digunakan juga untuk analisis signifikansi antar variabel proses dan analisis optimasi.



Gambar 4.4 Grafik antara Daya terhadap Tegangan Keluaran Sensor Gas CO

Analisis Signifikansi

Resistansi beban dalam rangkaian sangat berpengaruh dalam melakukan sensing, sehingga perlu dilakukan uji signifikansi antara tegangan keluaran terhadap daya keluaran. Uji signifikansi dilakukan dengan menggunakan metode statistik regresi dan korelasi. Besar pengaruh signifikansi antar variabel dapat diketahui dari nilai *multiple r* (r^2) yang merupakan koefisien determinasinya. Hubungan antar variabel dikatakan berpengaruh signifikan jika nilai $r^2 \geq 0,6$ (Retno, 2008).

Uji signifikansi antara tegangan keluaran terhadap daya keluaran diperlukan karena akan berpengaruh pada hasil optimasi. Signifikansi hubungan antara tegangan terhadap daya keluaran disajikan pada Tabel 4.1 sebagai berikut

Tabel 4.1. Signifikansi hubungan antara Tegangan Keluaran terhadap Daya Keluaran

| Statistik | CO |
|-------------------|---------|
| Mean Daya | 0,04768 |
| Mean Tegangan | 3,088 |
| Koef. Determinasi | 0,999 |

Optimasi Transfer Daya

Optimasi transfer daya dalam penelitian ini bertujuan untuk menentukan daya maksimum rangkaian yang dapat dikirim kepengkondisi sinyal. Fungsi kendala dari proses optimasi adalah resistansi beban dari masing-masing rangkaian sensor yang dibuat. Optimasi dalam penelitian menggunakan software Matlab versi 7.0 dan teknik optimasi yang digunakan adalah menggunakan pendekatan program linier dengan data daya diperoleh dari sistem akuisisi data yang digunakan. Fungsi objektifnya dari optimasi terhadap daya dituliskan dalam persamaan

$$f(i) = \frac{4x_1n(i)^2}{x_2} \quad (4.2)$$

dengan,

$f(i)$ = daya keluaran yang paling optimum (Watt)

$x_1n(i)$ = tegangan keluaran (Volt)

x_2 = resistansi beban (ohm)

Fungsi kendala untuk optimasi transfer daya adalah resistansi beban yang dapat dituliskan dalam persamaan

$$g(1) = \frac{((x_1n(1) - (0.5 * 0.2)) * x_2n(1))}{(5 - x_1n(1))} \quad (4.3)$$

Hasil optimasi dengan menggunakan software (Matlab 7.0) disajikan dalam Tabel 4.2 sebagai berikut

Tabel 4.2 Hasil optimasi dengan menggunakan pendekatan program linier

| Sensor | Daya Optimasi (Watt) | Daya Sensor (Watt) | Ketepatan Sensor (%) |
|--------|----------------------|--------------------|----------------------|
| CO | 0,1225 | 0,0525 | 42,86 |

Pembahasan

Karakterisasi Sensor

Sensor-sensor gas yang dirancang mempunyai karakteristik tegangan keluaran rangkaian yang kecil. Jangkauan pengukuran dengan selisih tegangan yang kecil akan sulit dianalisa. Tegangan tersebut perlu dikuatkan sesuai dengan karakteristik sensor.

Pada sensor gas CO, mempunyai tegangan keluaran awal yang paling besar dibanding kedua sensor yang lain yaitu 1,52 Volt. Tegangan tersebut akan menurun drastis saat *sensing*, sehingga jika terus terjadi penurunan sedangkan jangkauannya hanya dari 1,5 sampai 0 dikhawatirkan tidak menjangkau pengukuran yang diinginkan. Perubahan tegangan keluaran sensor sebelum dilakukan penguatan sangat kecil dan hanya dapat terbaca oleh voltmeter. Oleh karena itu tegangan keluaran tersebut perlu dilakukan penguatan sampai 2,5 kali untuk mendapat resolusi pengukuran lebih baik dan dapat terbaca oleh mikrokontroler yang kemudian dikirim ke komputer untuk dianalisa. Hasil karakterisasi yang

ditunjukkan pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa sensor yang dirancang memiliki jangkauan pengukuran linier dari 264 ppm sampai dengan 939 ppm. Hubungan antara tegangan keluaran (V) terhadap konsentrasi gas (ppm) yang dihasilkan dari karakterisasi alat menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi gas sebanding dengan tegangan keluaran sistem sensor, dengan sensitivitas sebesar 0,00052 V/ppm dan zero offset 3,6 V.

Hasil perekaman data selama proses akuisisi data

Hasil perekaman data tegangan keluaran dan daya yang dimulai ketika dimasukkannya asap ke dalam kotak ditunjukkan gambar 4.4. Perekaman data dilakukan sampai saat tegangan stabil pada nilai tertentu dengan anggapan saat itu gas CO tidak bertambah lagi, yaitu selama 33,20 menit.

Signifikansi Hubungan Tegangan Keluaran terhadap Daya Keluaran

Analisis Signifikansi dilakukan karena berkaitan dengan resistansi beban yang menjadi besaran monitoring selama akuisisi data berlangsung. Hasil uji signifikansi yang dilakukan diperoleh nilai koefisien determinasinya (r^2) diatas 0,6 seperti ditunjukkan pada tabel 4.1. Analisis signifikansi menunjukkan bahwa masing-masing tegangan keluaran berhubungan secara signifikan terhadap daya keluaran.

Optimasi Transfer Daya

Pada sensor gas CO, hasil optimasi dengan menggunakan program linier menunjukkan bahwa besarnya daya keluaran maksimum adalah 0,1225 Watt. Hasil perekaman data yang diperoleh menunjukkan bahwa daya keluaran maksimum dari rangkaian sensor gas CO adalah 0,0525 Watt. Ketepatan pengukuran daya sensor hanya diperoleh 42,86 %.

Pada penelitian ini resistansi beban yang dipilih adalah 800 ohm dan resistansi pada pengkondisi sinyal yang dipilih untuk mendapat penguatan 2,5 kali adalah $R_1 = 1 \text{ K}\Omega$ dan $R_2 = 1,5 \text{ K}\Omega$. Berdasarkan hasil perhitungan optimasi multivariabel dengan kendala pertidaksamaan, transfer daya akan maksimum apabila resistansi beban yang dipasang pada rangkaian adalah 750,085 ohm. Hal ini menunjukkan bahwa rangkaian sensor gas CO yang dibuat belum dapat mencapai nilai daya yang optimum disebabkan pemilihan resistansi beban (R_L) yang belum sesuai.

Kesimpulan

Dari hasil analisa data dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

1. Optimasi dengan pendekatan tehnik pemrograman linear diperoleh hasil bahwa resistansi beban yang dipasang mempengaruhi hasil optimasi. Pada sistem

sensor gas CO belum dapat mencapai nilai daya yang optimum ketika resistansi beban yang dipasang adalah 800Ω , sedangkan pada hasil optimasi resistansi yang harus dipasang adalah $750,085 \Omega$.

2. Pada hasil optimasi pada sistem sensor gas CO diperoleh pada daya 0,1225 Watt
3. Pengkondisi sinyal yang digunakan instrumen adalah penguat amplifier jenis tak membalik. Pengkondisi sinyal untuk rangkaian sensor gas CO agar mendapatkan penguatan tegangan keluaran sebesar 2,5 kali dimodifikasi dengan menggunakan $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ dan $R_2 = 1,5 \text{ k}\Omega$.
4. Instrumen pengukur gas CO yang dirancang mempunyai jangkauan pengukuran linier antara 264 ppm sampai 927 ppm dengan sensitivitas sebesar 0,00052 V/ppm dan zero offset 3,6 Volt.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fraden J, 2003, *Handbook of modern sensor*, Springer, USA.
- [2] Rao S.S, 1995, *Optimization (Theory and Application)*, University of Purdue, USA.
- [3] Retno, R., Muntini, S.M., 2008, *Akuisisi Data Secara On-Line Pada Proses Pelayuan Teh Hitam Untuk Analisis Signifikansi Variabel Proses*, Jurnal Penelitian Sains, Volume 11, Nomor 2, Hal. 529-534, UP2M, FMIPA, UNSRI, Palembang.
- [4] David Silvano, 2005, *Pembuatan Sistem Akuisisi Data Sensor Gas Karbonmonoksida (CO)*, ITB, Bandung.
- [5] Muntini, S.M., Nazaruddin, Y.Y., The, H.L., *Virtual Sensor Application to Predict Chemical Contents of Black Tea by Color Inspections*, International Conference on Computational Intelligence, Robotics and Autonomous Systems, Singapore, December 14 – 16, 2005.
- [6] Yossy, N., Muntini, S.M., Yono, H.P., 2008, *Sistem Monitoring Kelembaban dan Temperatur Secara Waktu Nyata dengan Pengiriman Data Via SMS*, Prosiding Seminar Basic Science, Universitas Brawijaya, Malang.
- [7] Muwahidah, N, Muntini, S.M., Hapsari, D.Y., 2009, *Analisis Pengkondisi Sinyal Untuk Akuisisi Data Pada Sensor Gas*, Prosiding Seminar Nasional V, Universitas Teknologi, Yogyakarta.