



UNIVERSITAS INDONESIA

**Peningkatan Nilai Konduktansi Sensor Gas LPG Dengan Teknik
Susun Paralel**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar S1

**LUDY CAHYADI
0806366075**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI ELEKTRONIKA
KEKHUSUSAN ELEKTRONIKA
DEPOK
MEI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Ludy Cahyadi

NPM : 0806366075

Tanda Tangan :



Tanggal : 11 Mei 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Ludy Cahyadi
NPM : 0806366075
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Peningkatan Nilai Konduktansi Sensor Gas
LPG Dengan Teknik Susun Parallel

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. H. Djoko Hartanto, M.Sc. (.....)

Penguji 1 : Dr. Ir. Purnomo Sidi Priambodo, M.Sc. Ph.D (.....)

Penguji 2 : Prof. Dr. Ir. Harry Sudiby DEA. (.....)

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 11 Juni 2010

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) **Prof. Dr. Ir. H. Djoko Hartanto, MSc.** selaku dosen pembimbing yang telah menentukan dan menyetujui judul skripsi sebagai bagian dari riset pada *Sensor Device Research Group* dan yang membantu dalam konsep dan ide serta mendorong semangat untuk menyelesaikan tahap demi tahap dalam riset “*Peningkatan Nilai Konduktansi Sensor Gas LPG Dengan Teknik Susun Parallel*” Hingga terlaksananya penulisan skripsi ini.
- (2) orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga seminar ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 11 Mei 2010

Penulis

Abstrak

Nama : Ludy Cahyadi
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Peningkatan Nilai Konduktansi Sensor Gas LPG Dengan Teknik Susun Paralel

Divais Sensor dapat mendeteksi perubahan kuantitas suatu besaran fisik menjadi kuantitas listrik, sehingga dapat diproses dalam rangkaian elektronik. Tidak terkecuali dalam mengklasifikasikan gas sensor sebagai sensor kimia. Penemuan ini sangat membantu untuk mendeteksi gas yang berbahaya, seperti LPG gas yang mudah terbakar. Sekarang Penggunaan sensor gas sangat berguna untuk mendeteksi gas berbahaya di dalam ruangan. Pada saat ini penggunaan divais sensor gas masih menggunakan sensor tunggal. Kekurangan sensor tunggal masih terbatas pada rendahnya sensitivitas.

Dalam riset ini dibahas suatu peningkatan nilai sensitivitas divais sensor gas dengan merancang parallel divais tersebut yang ditandai dengan suatu peningkatan nilai konduktasi. Pembuktian hasil rancangan pada riset ini digunakan Matlab sebagai software bantu. Hasil simulasi menunjukkan nilai maksimum konduktansi paling besar ketika jarak antar sensornya satu satuan dan jumlah sensornya sebanyak dua puluh lima buah. Banyaknya jumlah sensor juga dipengaruhi oleh tebal substrat sensornya.

Dari analisa didapat suatu kesimpulan bahwa untuk suatu sensor gas array maka perlu diperhatikan jarak antar sensor, tebal substrat sensor dan jumlah sensor yang akan disusun. Dari hasil simulasi percobaan, didapat nilai konduktansi gabungan paling besar bernilai **22.4683** siemens dengan jarak antar sensornya satu satuan, dan jumlah maksimum yang dapat disusun sebanyak dua puluh lima sensor untuk mendapatkan hasil maksimum.

Kata kunci:
Sensor, LPG, Array, Gas, Gap

Abstract

Name : Ludy Cahyadi
Study Programe : Electrical Engineering
Title :Improvement Value LPG Conductance Gas Sensor with
Technique Parallel Flats

The sensor device can detect changes in the quantity of a physical quantity into the quantity of electricity, so it can be processed in the sequence elektronik. No exception in classifying gas sensors as chemical sensors. This discovery is helpful to detect hazardous gases, such as LPG is a flammable gas. Now the use of gas sensor is very useful to detect harmful gases in the room. At present the use of gas sensor devices still use a single sensor. Lack of a single sensor is limited by low sensitivity.

In this study describes an increase in the value of the sensitivity of gas sensor devices with parallel design such devices are characterized by an increase in the value konduktasi. Prove results on the research design was used Matlab as the software supports. Simulation results show the maximum value of conductance at large when the distance between the sensor in one sensor unit and the number of twenty-five pieces. A large number of sensors is also influenced by the thickness of the sensor substrate.

From the analysis, a conclusion when it wants to construct a gas sensor array is necessary to note distance between sensors, sensor substrate thickness and number of sensors that will be prepared. From the simulation experiment, the conductance values obtained most valuable **22.4683** siemens combined with the distance between the sensor one unit, whereby the maximum amount that can be composed of twenty-five sensors to obtain maximum results.

Key word:
Sensor, LPG, Array, Gas,Gap

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penulisan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan	2
2. TEORI DASAR	4
2.1 Sekilas Tentang LPG (Liquefied Petroleum Gasses).....	4
2.1.1 Gambaran Umum Tentang LPG.....	4
2.2 Oksida Logam Sebagai Bahan Dasar.....	5
2.2.1 Pengertian Aerosol.....	6
2.3 SENSOR	6
2.3.1 Pengertian Umum Sensor.....	6
2.3.2 Cara Kerja Sensor Gas Secara Umum	8
2.3.3 Sensor Gas Lpg	9
2.4 Metal Oksida Mendeteksi Gas LPG.....	10
2.5 Hukum Archenius	13
2.5.1 Katalis	15
2.5.2 Penggunaan Katalis Pada sensor Taguchi.....	18
2.6 Konduktansi	20
3. PERANCANGAN DIVAIS	24
3.1 Rumusan Sistem Array Sensor	24
3.2 Penggunaan Software Bantu	26
3.2.1 Konduktansi Pada Jarak tertentu.....	26
3.2.2 Konduktansi Total Bila Sensor Diperbanyak.....	27
3.2.3 Konduktansi Bila Jarak Dirubah Antar Sensor	29
4. ANALISA.....	31
4.1 Konduktansi Pada Jarak Tertentu.....	31
4.2 Konduktansi Total Bila Sensor Diperbanyak.....	33
4.3 Konduktansi Bila Jarak Dirubah Antar Sensor	35

5 KESIMPULAN.....	37
DAFTAR ACUAN.....	38



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi penyerapan O ₂ oleh sensor.....	8
Gambar 2.2	Ilustrasi ketika terdeteksi adanya gas.....	9
Gambar 2.3	Temperature terhadap nilai laju konstanta laju reaksi.....	14
Gambar 2.4	Gambar molekul atom.....	16
Gambar 2.5	Grafik energi aktivasi tanpa dan dengan katalis.....	17
Gambar 2.6	Penambahan katalis tidak merubah hasil reaksi.....	18
Gambar 2.7	Struktur sensor gas taguchi.....	19
Gambar 2.8	Resistansi di susun paralel.....	22
Gambar 2.9	Konduktansi yang disusun paralel.....	22
Gambar 3.1	Penampakan sensor yang disusun dengan alat SEM.....	24
Gambar 3.2	Dua dimensi sensor yang disusun secara paralel.....	25
Gambar 3.3	Dua dimensi memiliki masing-masing konduktansi.....	26
Gambar 3.4	Dua dimensi dengan jumlah sensor berubah dengan jarak tetap.....	27
Gambar 3.5	Dua dimensi dengan jumlah tetap jarak berubah.....	28
Gambar 3.6	Listing program konduktansi total terhadap banyaknya sensor.	29
Gambar 3.7	Jarak antar sensor yang diubah.....	29
Gambar 3.8	Listing program bila jarak antar sensor diubah.....	30
Gambar 4.1	Grafik penurunan nilai konduktansi pada jarak semakin jauh...	32
Gambar 4.2	Grafik kenaikan nilai konduktansi total.....	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kombinasi katalis dengan gas yang diteksi.....	20
Tabel 4.1	Nilai konduktansi dititik berjarak X dari sumber.....	31
Tabel 4.2	Nilai konduktansi total terhadap jumlah sensor yang disusun.....	33
Tabel 4.3	Nilai konduktansi total terhadap jarak yang dirubah.....	36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Sumber daya alam yang bermanfaat bagi kehidupan manusia sangatlah banyak tersedia di bumi ini. Baik itu sumber daya alam yang dapat diperbaharui maupun sumber daya alam yang tidak diperbaharui. Gas merupakan salah satu unsur yang sudah ada di alam bumi kita, Persentase gas di muka bumi antara lain Nitrogen (N_2) sebanyak 79% dan kadar oksigen (O_2) sebanyak 20% dan sisanya 1 % merupakan unsur-unsur gas lain yang membentuk lapisan udara di muka bumi, ada yang menguntungkan maupun yang merugikan bagi kehidupan manusia. Selain itu banyak sekali aplikasi yang bisa digunakan dalam kehidupan sehari-hari berkat adanya sensor gas tersebut seperti; militer, bidang kesehatan, bidang ilmu pengetahuan dan bidang industry.

Banyak sekali gas yang menguntungkan bagi manusia seperti gas O_2 untuk bernafas manusia dan CO_2 yang sangat berguna bagi kehidupan tumbuhan untuk kelangsungan hidup. Namun tidak sedikit gas yang berbahaya bagi kelangsungan hidup manusia seperti CO yang dapat mematikan akibat dari pembakaran yang tidak sempurna, gas LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) yang berguna untuk pembakaran seperti bahan bakar untuk memasak, apa lagi saat ini adanya konversi dari penggunaan minyak tanah menjadi menggunakan LPG, tetapi apabila gas tersebut terhirup langsung dalam jumlah banyak oleh manusia dapat berbahaya, dan banyak gas lain yang berbahaya yang tidak berbau tetapi sangat mematikan.

Untuk itu, berdasarkan latar belakang masalah tersebut perlu dilakukan suatu penanganan khusus, guna mencegah kerugian yang ditimbulkan oleh Gas-gas yang merugikan manusia tersebut agar kita bisa mengetahui keberadaan gas-gas berbahaya tersebut dengan melakukan study pengindraan dari gas berbahaya menggunakan sensor gas, sensor ini termasuk sensor yang peka terhadap rangsangan zat kimia sering disebut dengan *chemical* sensor.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan di atas, maka penulis mencoba mempelajari sensor gas untuk mendeteksi gas-gas berbahaya yang dapat merugikan manusia. pembelajaran ini akan mempelajari bagaimana pengaruh banyaknya sensor dan juga jarak antar sensor terhadap konduktansi total.

Pada pembelajaran ini menggunakan referensi jurnal-jurnal yang ada untuk mendukung dalam pembelajaran masalah gas sensor, buku dan juga mengikuti diskusi bersama pembimbing.

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan dilakukan pembelajaran ini adalah sebagai berikut: Bagaimana sensor yang mendeteksi suatu gas dalam hal ini gas LPG dan merubah ke besaran listrik. Kemudian merancang sensor dengan teknik array untuk meningkatkan performansi dari sensor, yang disusun dari jarak antar element sensor dan jumlah sensor yang di susun.

1.4 Batasan Masalah

Mengacu pada hal diatas, penulis akan melakukan pembelajaran, dengan batasan-batasan sebagai berikut :

Bagaimana suatu sensor gas dapat mendeteksi LPG dan merubah ke besaran listrik dalam hal ini berupa konduktansi dan penggunaan array sensor untuk meningkatkan kepekaan sensor apabila jumlah sensornya ditambah dan jarak antar sensor dirubah dengan suatu rumusan matematis.

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pembahasan dan pemahaman maka penulis membuat sistematika pembahasan bagaimana sebuah oksida logam dihasilkan dan juga bagaimana oksida logam tersebut dapat mendeteksi suatu gas dan merubahnya dalam besaran listrik untuk dilakukan pemrosesan lebih lanjut berupa simulasi array gas tersebut dengan menggunakan suatu software bantu MATLAB versi 7.6.0.324 (R2008) untuk mendapatkan data.

Pada Bab 1 berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, serta sistematika penulisan. Sedangkan pada Bab 2 berisikan landasan teori bab ini dijelaskan tentang teori bagaimana logam oksida dibuat dalam bentuk nano partikel sehingga terbentuk oksida logam yang dapat mendeteksi keberadaan gas tertentu, dan bagaimana oksida logam tersebut dapat merubahnya dalam bentuk energi listrik sehingga dapat diolah untuk kepentingan lain terutama pengolahan dalam bidang elektronika. Sedangkan pada Bab 3 berupa perancangan divais yang akan dibahas bagaimana logam oksida sebagai material inti mendeteksi suatu gas dan penggunaan array sensor agar lebih peka terhadap gas lpg, dalam bentuk konduktansi total sensor. Bab 4 akan dibahas hasil analisa dari rancangan divais sensor, penjelasan mengenai program-program yang digunakan untuk mendapatkan hasil dari simulasi beserta hasil pengamatan data. Dan Bab 5 berisi kesimpulan dari riset ini.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Sekilas Tentang LPG (Liquefied Petroleum Gasses)

Merupakan campuran dari berbagai hydrocarbon, sebagai hasil penyulingan minyak mentah, berbentuk gas. Dengan menambah tekanan atau menurunkan suhunya membuat menjadi cairan. Inilah yang kita kenal dengan bahan bakar gas cair. LPG (Liquefied Petroleum Gas) adalah gas hidrokarbon yang dicairkan dengan tekanan untuk memudahkan penyimpanan, pengangkutan, dan penanganannya yang pada dasarnya terdiri atas propana (C_3H_8), butana (C_4H_{10}), atau campuran keduanya dengan komposisi antara 60-40% dan 20-30% volume dan ditambahkan oleh odoran/ pembau (mercaptant) [1]. Terutama digunakan oleh para ibu rumah tangga dan restoran sebagai pengganti bahan bakar minyak yang kian menipis persediaanya.

2.1.1 Gambaran Umum Tentang LPG

Elpiji merupakan senyawa hydrocarbon yang dikenal sebagai butana, Propana, isobutana atau campuran antara Butana dengan Propana. Secara umum ELPIJI bersifat :

- 1) berat jenis gas ELPIJI lebih besar dari udara,
- 2) butana mempunyai berat jenis dua kali berat jenis udara dan memiliki rumus kimia (C_4H_{10}),
- 3) propana mempunyai berat jenis satu setengah kali berat udara (C_3H_8),
- 4) LPG tidak mempunyai sifat pelumasan terhadap metal,
- 5) LPG merupakan Solvent yang baik terhadap karet, sehingga perlu diperhatikan terhadap kemasan atau tabung yang di pakai,
- 6) LPG tidak berwarna baik berupa cairan maupun dalam bentuk gas,
- 7) LPG tidak berbau. Sehingga untuk keselamatan, LPG komersial perlu ditambah zat odor, yaitu Ethyl Mercaptane yang berbau menyengat seperti petai,

- 8) LPG tidak mengandung racun,
- 9) bila menguap di udara bebas akan membentuk lapisan karena kondensasi sehingga adanya aliran gas,
- 10) setiap kilo gram LPG cair dapat berubah menjadi kurang lebih 500 liter gas.

2.2 Oksida Logam Sebagai Bahan Dasar

Oksida logam yang berperan sebagai bahan utama dari sensor gas merupakan suatu bahan campuran antara logam-logam seperti Sn, Cu, Zn dan lainnya dengan oksigen, untuk membuat suatu oksida logam dibutuhkan suatu ruangan khusus agar kemurnian dari unsur oksida logam tersebut tetap terjaga dan dapat melakukan pengindraan dengan baik.

Rutile timah oksida (SnO_2), memiliki jarak ($3,6 \text{ eV}$ pada suhu 300 K) [2] semikonduktor tipe-n materi, secara umum digunakan sebagai unsur penginderaan sensor gas. Mekanisme sensor didasarkan pada kenyataan bahwa adsorpsi oksigen pada permukaan semikonduktor dapat menyebabkan perubahan yang signifikan dalam hambatan listrik dari material. Pembentukan adsorbates oksigen (O_2^- atau O^-) hasil di elektron-penipisan lapisan permukaan akibat transfer elektron dari permukaan oksida oksigen. Studi terbaru telah menunjukkan bahwa penggunaan oksida timah nanocrystals sebagai elemen penginderaan secara signifikan meningkatkan respons dan kepekaan sensor karena muatan ruang wilayah dapat berkembang di seluruh kristalit.

Nanopartikel SnO_2 dapat diproduksi dalam dua bentuk koloid dan aerosol. Pembentukan koloid dapat diatur pada ukuran partikel sejak bahan dari permukaan dapat dimanipulasi dengan cara menyesuaikan bentuknya. Nanopartikel di bentuk dalam bentuk aerosol dimana bahan-bahan logam tersebut di buat menjadi bentuk gas kemudian oksigen di sisipkan dalam logam yang sudah menjadi gas. Untuk menghasilkan suatu oksida logam yang bermutu tinggi maka di butuhkan suatu pengolahan dengan suhu yang tinggi agar di dapatkan suatu oksida logam yang memiliki fase stabil yang tidak dapat kita peroleh dengan produksi pembentukan koloid.

2.2.1 Pengertian Aerosol

Aerosol didefinisikan sebagai partikel padat atau cair yang tersuspensi di udara. Partikel aerosol memiliki rentang ukuran mulai dari sekitar 1 nm sampai 100 μm [3]. Aerosol terdiri dari sistem dua fasa yang terdiri dari partikel dan gas dimana partikel-partikel tersebut tersuspensi di dalamnya. Oleh karena itu istilah aerosol menunjuk pada campuran yaitu antara partikel dan gas. Partikel debu tanah yang tersuspensi di udara, asap yang keluar dari cerobong pabrik, partikel garam dari percikan air laut, tetes air awan, dan lain-lain sejenisnya merupakan contoh dari aerosol. Dalam beberapa keadaan, aerosol bersifat tidak stabil sehingga sifatnya berubah-ubah terhadap waktu. Namun untuk mengkaji dan mempelajari efeknya terhadap kesehatan, aerosol diasumsikan cukup stabil terutama ketika menghitung beban sistem pernafasan pada waktu berlangsung proses penghirupan udara di sekitarnya.

Aerosol mempunyai tipe yang berbeda-beda didasarkan pada metode pembangkitan (terbentuknya), ukuran partikel dan partikel padat atau cair. Aerosol dapat dikarakterisasi melalui ukuran, konsentrasi massa atau konsentrasi jumlah (jumlah partikel/ m^3). Berdasarkan asal sumbernya dikenal adanya bioaerosol, aerosol radioaktif dan aerosol (non radioaktif). Radon merupakan jenis aerosol radioaktif yang harus diwaspadai karena tiga isotop hasil peluruhannya yang berumur pendek (^{218}Po , ^{214}Bi dan ^{214}Pb) apabila terhirup dapat menaikkan risiko kanker paru-paru. Di udara partikel dibagi menjadi dua kelompok yaitu partikel kasar (lebih dari $2\mu\text{m}$) dan partikel halus (kurang dari $2\mu\text{m}$). Partikel halus dibedakan lagi menjadi partikel super-halus (*ultrafine particle*, kurang dari $0,1\ \mu\text{m}$) dan virus termasuk dalam kelompok ini.

2.3 SENSOR

2.3.1 Pengertian Umum Sensor

Pengertian sensor secara umum didefinisikan sebagai alat yang mampu mendeteksi, melakukan pengukuran dan merekam fenomena fisis dan datanya dikirim ketempat lain contohnya transduser untuk dilakukan perubahan kebentuk energi listrik. Fenomena fisik yang mampu menstimulus sensor untuk menghasilkan sinyal elektrik meliputi temperatur, tekanan, gaya, medan magnet

cahaya, pergerakan dan sebagainya. Sementara fenomena kimia dapat berupa konsentrasi dari bahan kimia baik cairan maupun gas.

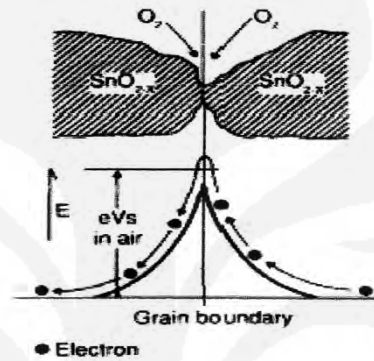
Dengan definisi seperti ini maka sensor merupakan alat elektronik yang begitu banyak dipakai dalam kehidupan manusia saat ini. Bagaimana tekanan jari kita pada key board computer, remote televisi, lantai lift yang kita tuju, menghasilkan perubahan pada layar computer atau televisi, serta gerakan pada lift adalah contoh mudah sensor secara luas. Atau sensor temperatur yang banyak digunakan dalam mengontrol temperatur ruangan pada AC. Demikian pula sensor pengukur cairan oksigen ataupun gas lainnya yang sering digunakan di rumah sakit. Hampir seluruh kehidupan sehari-hari saat ini tidak ada yang tidak melibatkan sensor. Tidak mengherankan jika sensor yang dilengkapi dengan transduser banyak disebut juga sebagai panca indera-nya alat elektronik modern.

Sensor gas termasuk dalam semikonduktor sensor, Ada berbagai macam penggolongan sensor diantaranya acoustic, biologic, chemical, electric, magnetic, mechanical, optical, radiation thermal, dan spesifik sensor yang di buat khusus untuk mendeteksi besaran-besaran lain. Sedangkan sensor gas termasuk kedalam chemical sensor.

Dalam pembahasan kali ini akan di jelaskan hanya pada sensor gas saja bagaimana sensor gas dapat mendeteksi suatu gas terutama gas LPG dan dapat di rubahnya menjadi suatu besaran listrik yang dapat kita gunakan untuk mendeteksi kebocoran gas misalnya. Kemudian dalam pembahasan kali ini akan di jelaskan cara pembuatan material oksida logam sebagai dasar dari bahan sensor gas itu sendiri.

2.3.2 Cara Kerja Divais Sensor Gas Secara Umum

Phenomena sensor terbentuk pada permukaan luar kristal. Tegangan permukaan yang terbentuk akan menghambat laju aliran elektron seperti tampak pada ilustrasi Gambar 2.1 yang menunjukkan penyerapan O_2 oleh sensor.



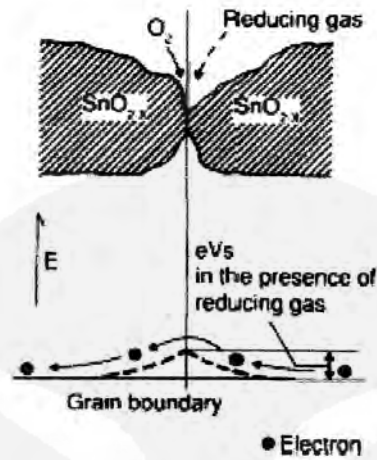
Gambar 2.1 Ilustrasi penyerapan O_2 oleh sensor [4]

Ketika kristal oksida logam seperti SnO_2 dipanaskan pada suhu tinggi di udara, oksigen akan masuk pada permukaan kristal dengan muatan negatif. Kemudian donor elektron pada permukaan kristal akan ditransfer pada *adsorbed* oksigen, sehingga meninggalkan muatan positif dalam ruang muatan lapisan. Jadi potensi permukaan dibentuk untuk melayani sebagai penghalang potensial terhadap aliran elektron.

Di dalam sensor, arus listrik mengalir melalui bagian bersama (*grain boundary*) dari SnO_2 mikro kristal. Pada *grain boundary*, membentuk oksigen *adsorbed* potensial penghalang yang mencegah operator dari bergerak bebas. Hambatan listrik dari sensor tersebut diberikan untuk potensial ini. Dalam kehadiran deoxidizing gas, kerapatan permukaan yang bermuatan negatif oksigen menurun, sehingga ketinggian penghalang dalam batas butir berkurang. Pengurangan ketinggian penghalang sensor berkurang perlawanan, melalui persamaan:



Menurunnya penghalang menyebabkan resistansi sensor akan juga ikut menurun, yang terlihat pada Gambar 2.2 mengilustrasikan ketika adanya gas



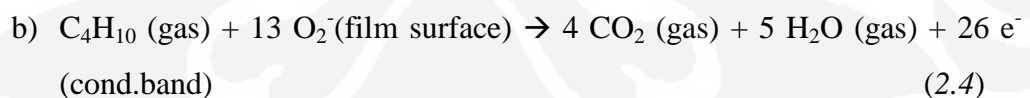
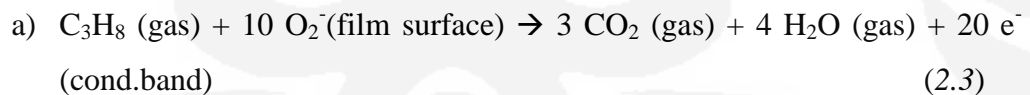
Gambar 2.2 Ilustrasi ketika terdeteksi adanya gas[4]

Hubungan antara resistansi sensor dan konsentrasi gas deoxidizing dapat dinyatakan dengan Persamaan 2.2 jarak tertentu konsentrasi gas:

$$R_s = A[C]^{-\alpha} \quad R_s = A [C]^{-\alpha} \quad (2.2)$$

dengan; R_s = hambatan listrik dari sensor
 A = konstanta
 $[C]$ = konsentrasi gas
 α = kemiringan kurva

karena hubungan logaritmik antar sensor terhadap konsentrasi gas, sensor jenis semi konduktor memiliki sensitifitas tinggi ke gas bahkan pada konsentrasi rendah.



2.3.3 Sensor Gas LPG

Sensor gas LPG merupakan salah satu sensor utama dalam penelitian ini. Sensor ini merupakan sebuah sensor kimia atau sensor gas. Sensor ini mempunyai nilai resistansi R_s yang akan berubah bila terkena gas yang mewakili gas LPG di udara yaitu gas metana dan ethanol. Sensor LPG mempunyai tingkat sensitifitas yang tinggi terhadap dua jenis gas tersebut. Sensor gas terdiri dari unsur penginderaan, sensor dasar dan topi. Elemen pensensor mengandung bahan

sensing dan perangkat tambahan berupa pemanas untuk memanaskan elemen sensing (mis. 400 °C) [5]. Tergantung pada target gas, unsur penginderaan akan memanfaatkan material yang berbeda seperti Tin dioksida (SnO_2), oksida tungsten (WO_3), dll. Jika sensor tersebut mendeteksi keberadaan gas-gas tersebut di udara dengan tingkat konsentrasi tertentu, maka sensor akan menganggap terdapat gas LPG di udara. Dan ketika sensor mendeteksi keberadaan gas-gas tersebut maka resistensi elektrik sensor tersebut akan menurun yang menyebabkan tegangan yang dihasilkan oleh output sensor akan semakin besar. Selain itu, sensor harus mempunyai sebuah pemanas (*heater*) perubahan suhu pada heater itu sendiri akan merubah resistansi dari sensor.

Sensor juga merespon kuat menjadi 1,6 vol % LPG, setara dengan 80% LEL (ledakan bawah batas) LPG. Sensitivitas maksimum menjadi 1,6 vol % LPG adalah 98% pada 325⁰ C. Tanggapan pada suhu ini adalah kurang dari satu menit dan juga pemulihan selesai dalam waktu satu menit. Sensitivitas yang tinggi untuk H₂ dan LPG mungkin dimasukkan ke ketebalan yang rendah (sekitar 0,6 \hat{I} ¼ m), dimensi kristalit rendah (sekitar 5,9 nm dihitung menggunakan persamaan Scherrer) dan porositas [11]. Stabilitas unsur sensor belum checked. juga menggunakan katalis lain (misalnya Pt, Au dll) dan optimalisasi tepat penambahan katalis dapat meningkatkan kinerja sensor.

2.4 Metal Oksida Mendeteksi Gas LPG

Tujuan akhir-oksida logam sensor akan menjadi serangkaian sensor yang masing-masing akan menanggapi hanya sangat selektif terhadap satu gas, Sayangnya, seperti yang jelas dari melanjutkan diskusi, sifat sensor mengarah ke kepekaan terhadap semua gas yang mudah terbakar. Suatu katalis seperti Pd akan mengkatalisis oksidasi CO, H₂, dan semua molekul organik, dan reaksi akan tercermin dalam perubahan konduktivitas semikonduktor sebagai bahan dasarnya.

Merujuk beberapa selektivitas, kami memiliki beberapa parameter yang tersedia: katalis, para promotor, suhu, dan, kemungkinan "filter" yang membatasi kehadiran beberapa gas di sensor. Bahkan ukuran partikel-oksida logam sensor dapat mempengaruhi selektivitas.

Suhu ini penting karena beberapa gas (misalnya, alkohol atau CO) yang akan mendorong selektivitas terhadap alkohol atau CO, dan temperatur yang tinggi selektivitas terhadap CH₄. Pada suhu tinggi alkohol atau CO akan teroksidasi dengan cepat di pinggiran terluar sensor, sehingga hanya lapisan terluar ini akan merubah konduktivitas dan tanggapan keseluruhan akan rendah. Karena suhu ini selektivitas, sebuah suhu time varying kadang-kadang digunakan, untuk mencoba menunjukkan spektrum gas. Suhu "spektrum" dapat ditekankan dengan desain sensor sehingga ada pertukaran lambat ambient sensor gas dalam kompartemen dengan suasana eksternal. *Oxidizable* gas yang dengan mudah dapat dihilangkan dari kompartemen pertama pada temperatur rendah maka suhu dapat ditingkatkan untuk membuat pengukuran gas seperti alkana lebih akurat.

Pendekatan lain selektivitas adalah filter. Penggunaannya adalah, untuk sebagian besar, empiris. Sebagai contoh, Komatsu38 (sebuah sensor gas yang dibuat di daerah Fukui jepang yang merespon gas H₂) disimpan dari sensor dengan mendepositokan SiO₂ pada sensor SnO₂ mereka. Ogawa mengklaim bahwa menolak ultrafine SnO₂ metanol. Karbon kain atau pelet porositas rendah telah digunakan untuk mencegah atau sangat reaktif molekul-molekul besar mencapai sensor.

Berbagai kombinasi katalis dan promotor dapat mengubah selektivitas secara signifikan. Teori di balik penggunaannya tidak jelas sama sekali saat ini. Literatur yang ekstensif di katalisis hanya terbatas dalam memberikan bantuan teori atau bahkan berguna mengidentifikasi kombinasi. Alasannya adalah bahwa dalam katalisis normal objektif selalu selektivitas dalam produk gas, sedangkan untuk sensor kita ingin selektivitas dalam gas reaktan. Artinya, dalam katalisis normal kami memiliki feed murni aliran reaktan mengalir ke katalis dan reaksi yang kita inginkan untuk menghasilkan produk tertentu katalis harus menunjukkan selektivitas produk. Dalam sensor katalisis, aliran gas ke katalis kombinasi yang tidak diketahui gas dan kami ingin katalis untuk mengoksidasi satu selektif. Kami tidak peduli apa produk ini, kami ingin "selektivitas reaksi". Penelitian tentang katalis untuk sensor diperlukan

Suatu pendekatan untuk penginderaan gas selektif adalah untuk menyediakan sebuah array sensor, masing-masing dengan respons yang sangat

berbeda untuk berbagai gas spektrum contoh, salah satu sensor yang dapat dipilih untuk mengubah perlawanan dalam 10 ppm hidrogen, dengan faktor dalam 100 ppm karbon monoksida. Sensor lain kecil ini "array" dapat dipilih sedemikian rupa sehingga perubahan perlawanan dengan faktor dalam 100 ppm hidrogen dan 2 di 100 ppm karbon monoksida. Pengukuran dari campuran H₂/CO oleh kedua sensor akan, pada prinsipnya, memberikan analisis lengkap. Pendekatan semacam itu untuk selektivitas harus sangat efektif dengan oksida logam ini sensor, tapi hanya jika masalah stabilitas dijelaskan dalam subbagian berikutnya diatasi. Semacam array sensor Taguchi telah digunakan untuk membedakan jenis kopi dan untuk memantau polusi udara

Respon gas (*S*) didefinisikan, sebagai rasio perubahan konduktansi dari sensor pada target eksposur gas yang asli di udara konduktansi menengah. hubungan untuk *s* adalah sebagai:

$$S = (G_g - G_a) / G_a \quad [5] \quad (2.5)$$

Menunjukkan *G_a* adalah konduktansi dari sensor di udara menengah dan *G_g* adalah konduktansi dari sensor di gas sedang. sebagai kemampuan sebuah sensor untuk merespon gas tertentu di hadapan lebih faktor selektivitas satu gas atas didefinisikan sebagai lain, rasio gas lain respon maksimum dari target gas pada suhu optimum.

$$\% \text{ factor selektivitas} = (S_{\text{gas}} / S_{\text{target gas}}) \times 100 \% \quad [5] \quad (2.6)$$

Waktu yang dibutuhkan untuk sensor untuk mencapai 90% dari perubahan maksimum konduktansi pada eksposur ke gas target gas adalah target waktu respons. Waktu yang dibutuhkan oleh sensor untuk mendapatkan kembali 90% dari aslinya konduktansi adalah waktu pemulihan.

2.5 Hukum Arhenius

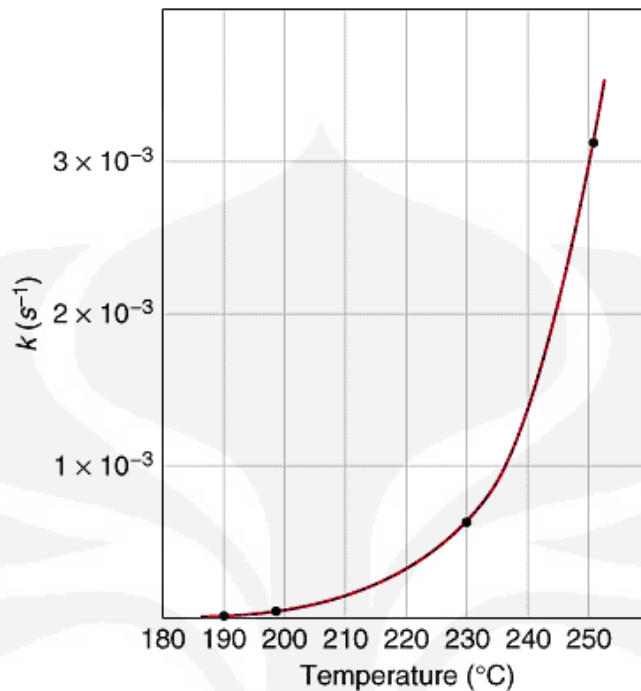
Hukum arhenius menjelaskan bahwa ada beberapa yang mempengaruhi reaksi kimia dari suatu reaksi gas menjadi unsur-unsurnya. Konstanta laju reaksi dapat diperoleh dari rumus [6]:

$$k = Ae^{\frac{-E_A}{RT}}$$

(2.7)

- dengan: k = konstanta laju reaksi
 E_A = energi aktivasi
A = faktor frekuensi
R = konstanta gas
T = temperature dalam Kelvin

Temperatur atau suhu, T Agar berlaku dalam persamaan, suhu harus diukur dalam kelvin. Yang berikut menunjukkan suatu ketergantungan suhu yang khas dari tetapan laju untuk suatu reaksi seperti ketika suhu itu bervariasi. Apa yang merupakan order pesanan dari reaksi di dalam contoh ini. Gambar 2.3 menunjukkan pengaruh suhu terhadap laju konstan dari reaksi kimia.



Gambar 2.3 Pengaruh temperature terhadap nilai laju konstanta laju reaksi[6]

Tetapan laju yang nisbi untuk reaksi yang sama pada dua suhu yang berbeda bisa dihitung mempertimbangkan ketergantungan suhu yang bersifat exponen dari tetapan laju. Ekspresi ini kelihatan sangat mirip dengan persamaan yang kita biasa menentukan tekanan uap air sebagai suatu fungsi suhu (Clausius-Persamaan Clapeyron).

Konstanta atau tetapan gas, R Tetapan ini datang dari persamaan 2.8

$$pV=nRT \quad (2.8)$$

yang berhubungan dengan tekanan, volume dan suhu dalam jumlah tertentu dari mol gas.

Energi aktivasi, E_A Ini merupakan energi minimum yang diperlukan bagi reaksi untuk berlangsung. Agar berlaku dalam persamaan, kita harus mengubahnya menjadi satuan Joule per mole, bukan kJ mol⁻¹

E Harga dari satuan ini adalah 2.7182 dan ini merupakan satuan matematis seperti layaknya π (π). Anda tidak perlu terlalu bingung untuk mengerti apa artinya ini, untuk menghitung persamaan Arrhenius.

Ekspresi, $e^{-\frac{E_A}{RT}}$ Ekspresi ini menghitung fraksi dari molekul yang berada dalam keadaan gas dimana memiliki energi yang sama atau lebih dari energi aktivasi pada suhu tertentu.

Faktor frekwensi, A Kita juga dapat menyebut ini sebagai faktor pre-eksponensial atau faktor sterik. A merupakan istilah yang meliputi faktor seperti frekwensi tumbukan dan orientasinya. A sangat bervariasi bergantung pada suhu walau hanya sedikit. A sering dianggap sebagai konstanta pada jarak perbedaan suhu yang kecil.

Pada saat ini mungkin Anda lupa dengan persamaan Arrhenius semula. Persamaan Arrhenius didefinisikan sebagai:

$$k = Ae^{\frac{E_A}{RT}} \quad (2.9)$$

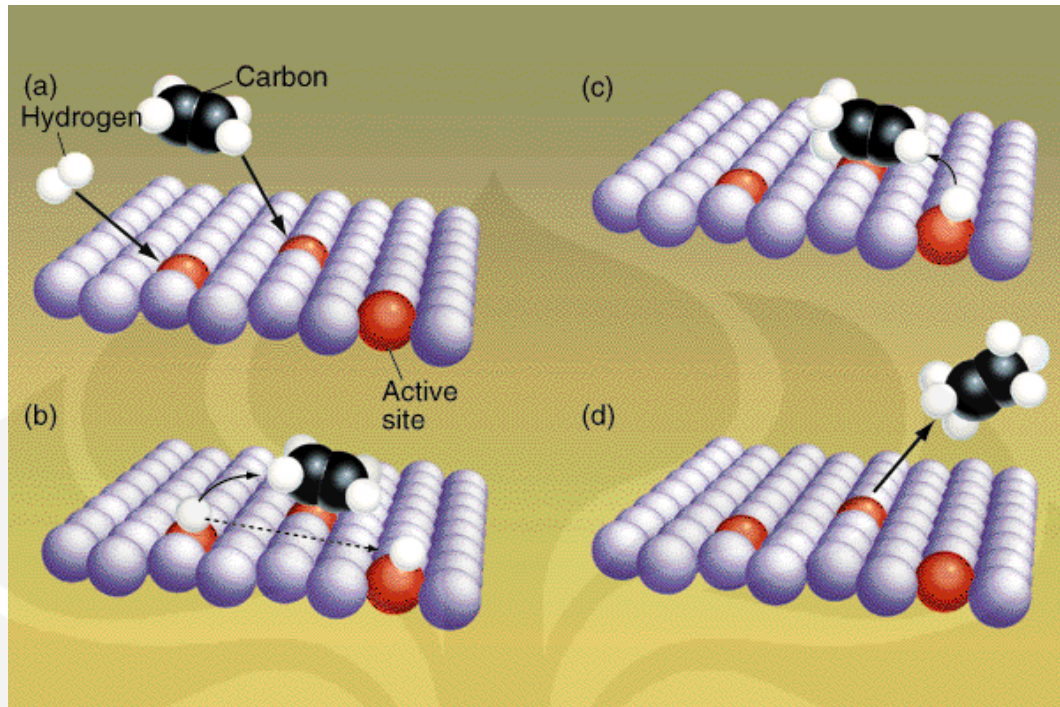
Kita dapat mengalikan kedua sisinya dengan “ln” sehingga menjadi persamaan:

$$\ln k = \ln A - \frac{E_A}{RT} \quad (2.10)$$

“ln” merupakan salah satu bentuk logaritma.

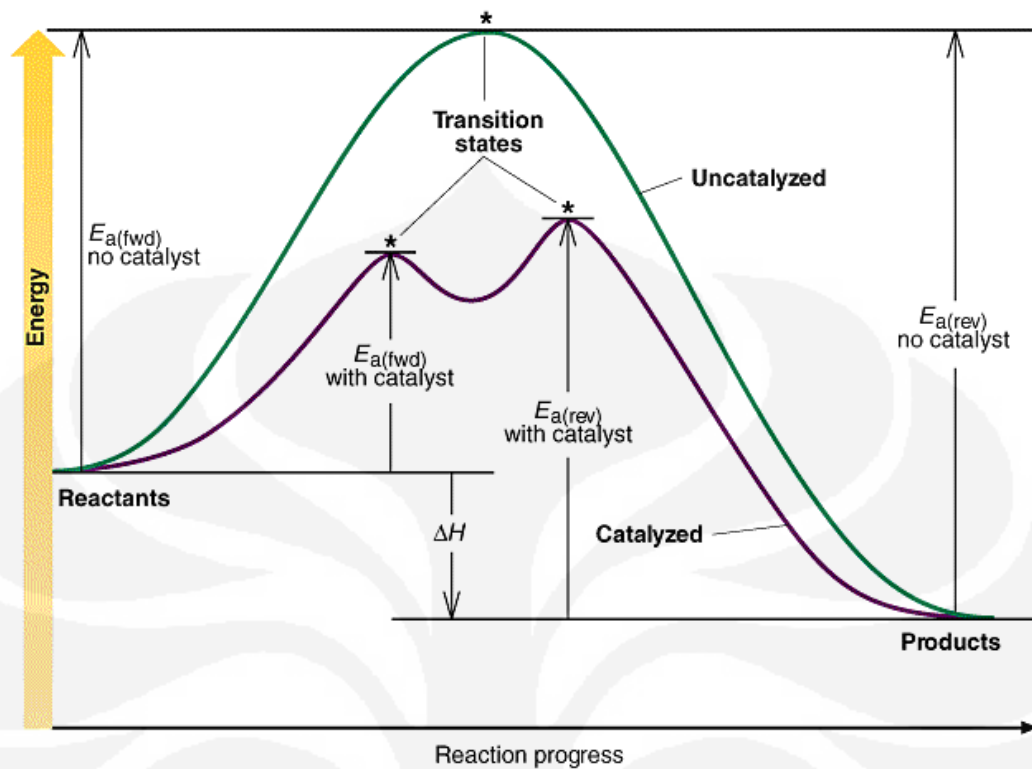
2.5.1 Katalisis

Katalisator-katalisator dapat sangat mempengaruhi tenaga aktivasi. Mereka mengubah sifat alami kompleks teraktif, biasanya dengan pengaruh struktur elektronik dari komponen reaktan dan menurunkan energi disosiasi ikatan mereka. Yang mengikuti menunjukkan bagaimana suatu logam dapat mempengaruhi tingkat hydrogenation dari suatu alken, Gambar 2.4 menunjukkan molekul atom dengan penambahan katalis



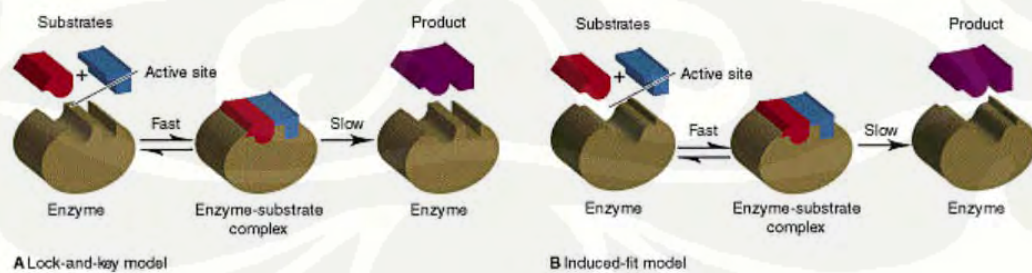
Gambar 2.4 Contoh molekul atom [6]

Katalisis dari suatu reaksi mempengaruhi bentuk dari kurva energi potensial yang menghubungkan komponen reaktan dan hasil-hasil. Jadi; Dengan demikian Energi aktivasi dapat diturunkan dan tingkat suatu reaksi meningkat pada suatu suhu yang diberi. Kadang-kadang mereka bahkan menstabilkan kompleks teraktif sangat banyak bahwa itu menjadi suatu intermediate/antara reaktif riil. Enzim-enzim adalah katalisator-katalisator sifat-sifat untuk reaksi-reaksi bahwa umur buatan bekerja. Enzim-enzim bersifat katalisator-katalisator besar karena mereka dapat meningkatkan faktor A dan berkurang tenaga aktivasi pada waktu yang sama, kedua-duanya yang peningkatan laju reaksi tanpa meningkatkan suhu. Mereka dapat mempengaruhi A dengan merebut komponen reaktan ke luar dari solusi dengan bersetuju untuk - tapak aktif dari enzim, seperti itu meningkatkan kemungkinan komponen reaktan itu akan pendekatan satu sama lain. Gambar 2.5 menunjukkan grafik energi aktivasi yang menggunakan reaksi biasa dan yang menggunakan katalis.



Gambar 2.5 Contoh energi aktivasi dari suatu reaksi tanpa dan dengan katalis [6]

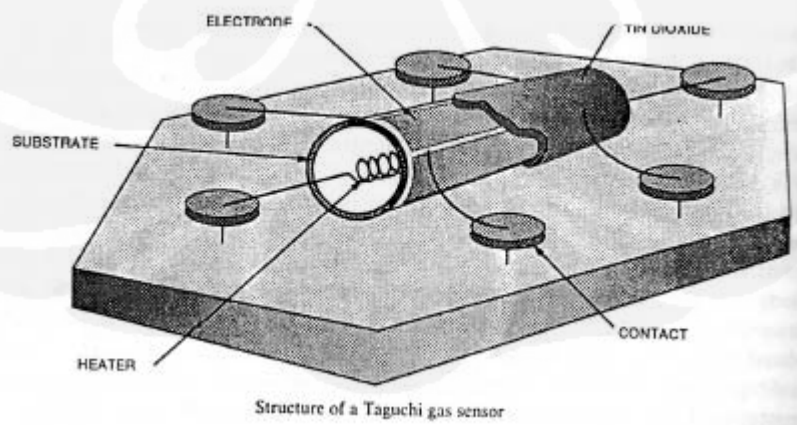
Mereka adalah juga ahli dalam orientasikan komponen reaktan hanya yang sepadan untuk reaksi, meningkatkan faktor ruang dengan sangat. Gambar 2.6 menunjukkan penggantian suatu hasil reaksi dengan enzim lain dengan produk yang sama.



Gambar 2.6 Penambahan katalis tidak merubah zat produk [6]

2.5.2 Penggunaan Katalis Pada Sensor Taguchi

Sensor dibuat dari bubuk oksida semikonduktor mengikuti konduktansi / tekanan serupa. dengan sensitivitas tinggi yang timbul karena resistensi kontak mendominasi konduktansi. Sayangnya, resistensi kontak secara alami tidak stabil dan nonreproducible, mengarah ke masalah-masalah yang akan dibahas dalam bagian ini. Semikonduktor oksida yang paling banyak dipelajari adalah SnO_2 , walaupun hasil yang baik dari Fe_2O_3 telah digunakan. Seperti yang telah dibahas dalam penggunaan metal oksida, TiO_2 telah digunakan komersial sebagai "tipis-film" sensor, tetapi dalam rentang temperatur di mana cacat mobilitas tinggi. Katalis yang paling populer adalah Pd, mungkin karena agak tidak stabil Pd di oksigen pada temperatur (350^0 - 400^0C). Banyak aditif lain memiliki diteliti untuk digunakan sebagai ko-katalis atau promotor dalam upaya untuk meningkatkan selektivitas dari sensor. Temperatur operasi dipilih secara empiris untuk memberikan kepekaan tertinggi ke gas yang mudah terbakar. Agaknya, sensitivitas rendah saat suhu rendah karena aktivitas katalitik rendah. Sensitivitas yang rendah pada suhu tinggi karena gas yang mudah terbakar dibakar pada permukaan film atau menekan tebal pelet dan dampaknya adalah dalam tubuh utama sensor oksida. Untuk setiap sensor/gas kombinasi, an optimum suhu antara batas ini digunakan. berikut contoh sensor sederhana dengan yang dibuat oleh taguchi lengkap dengan pemanas dan penambahan zat tertentu sebagai katalis. Gambar 2.7 menunjukkan sensor taguchi yang dilengkapi pemanas.



Gambar 2.7 Struktur sensor gas taguchi [7]

Salah satu bentuk dari sensor adalah bahwa dari komersial "Taguchi" sensor. Gambar 2.7 menunjukkan struktur sensor taguchi. Elektroda emas didepositkan pada tabung keramik kecil Sebuah semikonduktor bubuk pasta diterapkan di luar tabung. Pasta dipersiapkan dalam serangkaian langkah-langkah Ini menggambarkan kompleksitas bubuk ini berbasis sensor. Dengan serangkaian langkah-langkah preparation, persis reproduktifitas dari karakteristik sensor tidak dapat diharapkan. Struktur dikalsinasi. Sebuah elemen pemanas di tengah-tengah tabung membawa lapisan oksida untuk temperatur operasi yang diinginkan.

Bentuk lain, yang menarik karena menjanjikan untuk menyediakan lebih sederhana dan lebih utomated teknik persiapan, adalah "film tebal", di mana bubuk diendapkan pada substrat datar dengan teknik seperti sablon. deposisi dari elemen pemanas lebih sulit dengan formulir ini. Sutra disaring RuO_2 atau menguap Pt dimungkinkan bahan pemanas.

Logam-oksida semikonduktor yang telah diuji untuk penggunaan termasuk WO_3 , Fe_2O_3 , LaCrO_3 , COO , Tio , NiO , Nb_2O_5 , dan In , O_2 The addittive untuk katalis / promotor mencakup banyak oksida, misalnya logam transisi oksida, oksida kelompok II, dan Li. madou dan daftar morison af banyak kombinasi yang diuji dan menyertakan referensi. Beberapa yang tercantum dalam Tabel 1 untuk menggambarkan kombinasi yang mungkin Untuk digunakan di udara, seperti semikonduktor Si, Ge, atau sulfida tidak diharapkan akan berguna karena mereka teroksidasi pada suhu normal seperti Digunakan Logam Pt Pd dan dapat katalis karena mereka cenderung dissociate oksida pada suhu tersebut. Untuk kontak, emas lebih disukai karena tidak membentuk oksida. Jelas bahan katalis harus memiliki kestabilan yang sama ketika di udara yang memiliki sensor semikonduktor.

Dengan demikian, kami berharap katalis dan promoters adalah mereka dari kelompok oksida dan logam mulia, terutama mereka yang telah ditemukan dalam literatur katalitik untuk katalisasi aktif dalam katalisis oksidasi. (Kami catatan,yang baik secara selektif katalis untuk membentuk produk tertentu, seperti yang diperlukan untuk katalisis biasa, mungkin tidak katalis yang baik untuk sensor.) Binder, di mana diperlukan untuk menyediakan mekanis lapisan yang

kuat, dapat tetraethylsilicate, silika sol, SnCl₂, atau pengikat organik. Table 2.1 menunjukkan beberapa contoh gas yang terdeteksi dengan tambahan katalis.

Tabel 2.1 Contoh kombinasi zat tambahan beserta gas yang dideteksi [7].

Semiconductor	Suggested Additives	Gas to be Detected
SnO ₂	Pt + Sb	CO
SnO ₂	Pt	alcohols
SnO ₂	Sb ₂ O ₃ + Au	H ₂ , O ₂ , H ₂ S
ZnO	V, Mo	halogenated hydrocarbons
WO ₃	Pt	NH ₃
Fe ₂ O ₃	Ti-doped + Au	CO

2.6 Konduktansi

Resistansi, menurut definisi, adalah ukuran dari hambatan komponen untuk mengalirkan elektron melewatinya. Resistensi dilambangkan oleh huruf kapital "R" dan diukur dalam satuan "ohm." Namun, kita bisa juga berpikir tentang properti ini listrik dalam hal inversenya: betapa mudahnya untuk elektron mengalir melalui sebuah komponen, daripada betapa sulitnya. Jika resistensi adalah kata yang kita gunakan untuk melambangkan ukuran seberapa sulitnya bagi elektron mengalir, maka kata yang tepat untuk mengungkapkan betapa mudahnya untuk elektron akan mengalir konduktansi. Secara matematis, konduktansi adalah timbal-balik, atau terbalik dengan resistensi:

$$\text{Konduktansi} = \frac{1}{\text{resistansi}} \quad (2.11)$$

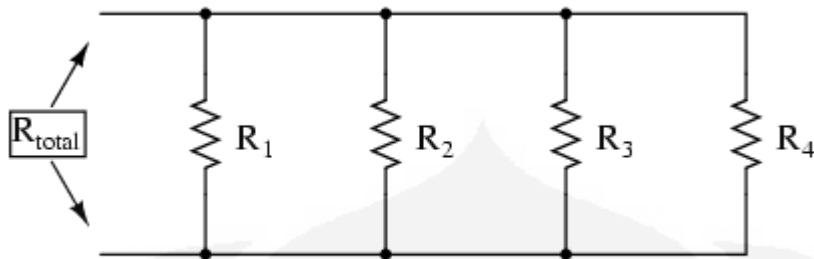
Semakin besar hambatan, semakin sedikit konduktansi, dan sebaliknya. Ini harus masuk akal intuitif, ketahanan dan konduktansi cara yang berlawanan untuk menunjukkan properti listrik yang sama penting. Jika resistensi dua komponen 'yang dibandingkan dan ditemukan bahwa komponen "A" memiliki satu setengah perlawanan komponen "B," maka kita alternatif yang bisa mengungkapkan hubungan ini dengan mengatakan bahwa komponen "A" dua kali lebih konduktif sebagai komponen "B . " Jika komponen "A" memiliki satu sepertiga perlawanan

komponen "B," maka kita bisa mengatakan ini adalah tiga kali lebih konduktif dari komponen "B," dan seterusnya.

Membawa ide ini lebih lanjut, simbol dan unit diciptakan untuk mewakili konduktansi. simbol adalah huruf kapital "G" dan unit adalah mo, yang adalah "ohm" dieja. Meskipun kelayakan, unit dari mo itu diganti di tahun kemudian oleh unit siemens (disingkat dengan huruf kapital "S"). Keputusan ini mengubah nama unit mengingatkan perubahan dari unit temperatur derajat celcius ke derajat Celsius, atau perubahan dari satuan cps frekuensi (Siklus per detik) untuk Hertz. Jika Anda sedang mencari sebuah pola di sini, Nokia, Celsius, dan Hertz adalah nama keluarga dari ilmuwan terkenal, nama-nama yang, sayangnya, ceritakan sedikit tentang sifat unit dari sebutan asli unit '.

Sebagai catatan kaki, satuan siemens tidak pernah dinyatakan tanpa huruf terakhir "s." Dengan kata lain, tidak ada hal seperti unit "siemen" seperti yang ada dalam kasus ohm "" atau "mo." Alasan untuk ini adalah ejaan yang benar dari nama keluarga para ilmuwan masing-masing '. Unit ketahanan listrik bernama setelah seseorang bernama "Ohm," sedangkan unit untuk konduktansi listrik bernama setelah seseorang bernama "Siemens," sehingga akan layak untuk "singularize" unit terakhir sebagai akhir s yang "" tidak menunjukkan pluralitas.

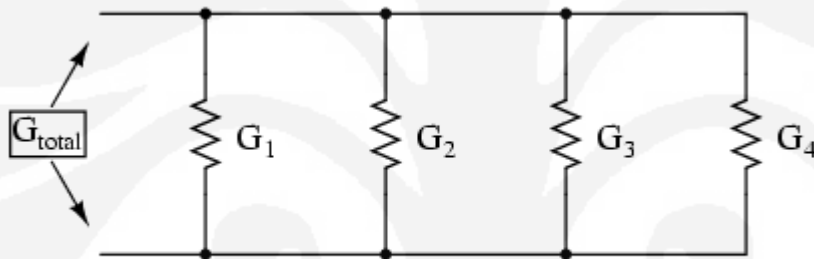
Kembali ke contoh rangkaian paralel kita, kita harus mampu melihat bahwa beberapa path (cabang) untuk mengurangi arus resistansi total untuk rangkaian utuh, seperti elektron dapat lebih mudah mengalir melalui seluruh jaringan beberapa cabang selain melalui salah satu dari cabang yang resistensi sendirian. Dalam hal perlawanan, cabang tambahan menghasilkan total yang lebih rendah (saat bertemu dengan oposisi kurang). Dalam istilah konduktansi Namun, tambahan cabang menghasilkan total lebih besar (aliran elektron dengan konduktansi yang lebih besar). Total resistensi paralel kurang dari salah satu dari resistensi cabang tertentu karena menolak resistor paralel kurang dari mereka secara terpisah bersama-sama akan terlihat seperti Gambar 2.8:



R_{total} is less than R_1 , R_2 , R_3 , or R_4 individually

Gambar 2.8 gambar konduktansi disusun paralel [8]

Total konduktansi paralel lebih besar dari salah satu cabang conductances resistor paralel tertentu karena melakukan yang lebih baik bersama-sama daripada mereka secara terpisah akan terlihat seperti Gambar 2.9.



G_{total} is greater than G_1 , G_2 , G_3 , or G_4 individually

Gambar 2.9 gambar konduktansi disusun paralel [8]

Untuk lebih tepat, konduktansi total dalam suatu rangkaian paralel adalah sama dengan jumlah dari individu konduktansi:

$$G_{total} = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + \dots + G_i \quad (2.12)$$

Jika kita tahu bahwa konduktansi tidak lebih dari matematika timbal balik ($1 / x$) perlawanan, kita dapat menerjemahkan setiap jangka waktu rumus di atas ke

dalam perlawanan dengan menggantikan konduktansi timbal balik dari masing-masing masing:

$$\frac{1}{R_{\text{total}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \quad (2.13)$$

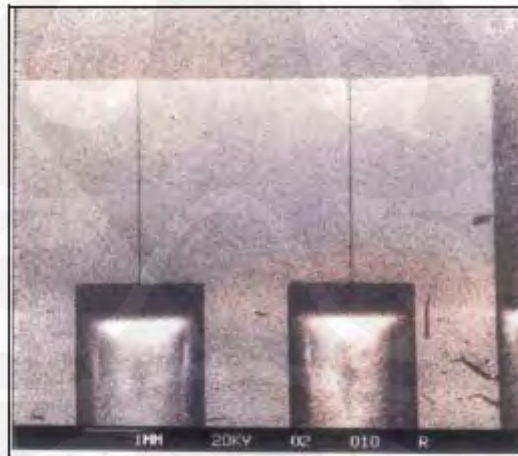
BAB III

PERANCANGAN DIVAIS

Pada perancangan sistem ini akan dibahas beberapa subbab yang menjelaskan bagaimana suatu sensor array disimulasikan dari rumusan dan penggunaan software bantu MATLAB versi 7.6.0.324 (R2008) untuk bisa menjelaskan sensitifitas suatu sensor array tersebut.

3.1 Rumusan Sistem Array Sensor

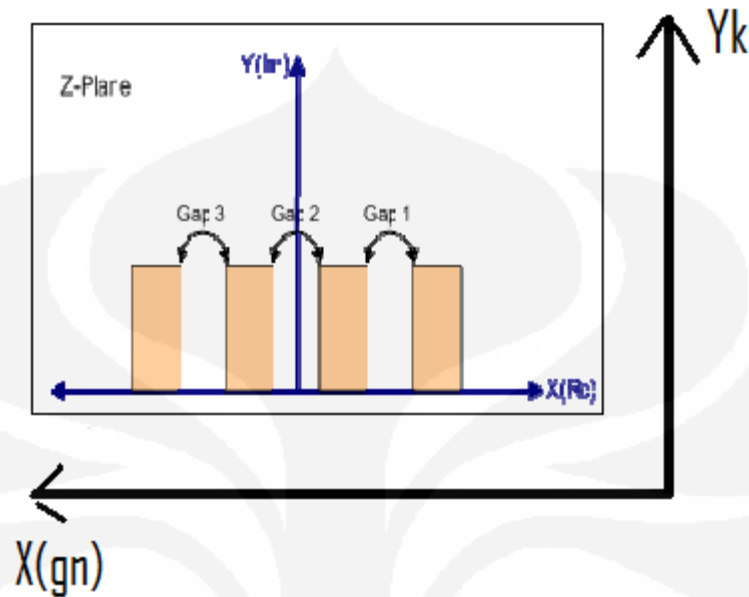
Dalam rumusan array sensor ini didapatkan dari sebuah jurnal "*American Journal of Applied Sciences 3 (6): 1879-1884, 2006*". dalam jurnalnya dijelaskan bahwa sebuah sensor gas dapat disusun array dan disini menunjukkan hubungan suatu konduktansi sebuah sensor array, dipengaruhi oleh suhu, ketebalan substrat, dan jarak antar sensor. Gambar 3.1 menunjukkan sensor yang diambil melalui *scanning electron microscope (SEM)* yang disusun secara paralel.



Gambar 3.1 Susun paralel dilihat menggunakan SEM [9]

Gambar 3.1 menunjukkan sebuah sensor yang disusun kesamping paralel memiliki sebuah ketebalan substrat dan juga jarak antar sensornya, dalam penelitiannya dibuat suatu rumusan matematisnya. Dalam riset ini mencoba untuk melakukan sebuah simulasi array secara paralel dengan penambahan jumlah sensor, kemudian pengaturan jarak tiap sensornya dengan sebuah simulasi dengan

MATLAB versi 7.6.0.324(R2008). Berikut Gambar 3.2 yang dibuat dalam bentuk dua dimensinya.



Gambar 3.2 Gambaran dua dimensi sensor yang disusun array.

Apabila dibuat suatu gambaran dalam dua dimensi maka bisa dibuat seperti Gambar 3.2.

$$G' = \left[\frac{A}{\pi} \exp\left(\frac{-E_a}{KT}\right) \right] \sum_{n=1}^i \ln \left[\left(\frac{y_k^2}{g_n^2} \right)^{1/2} + \frac{y_k}{g_n} \right] \quad [9] \quad (3.1)$$

Dalam Pers. (3.1), menggambarkan bahwa konduktansi dipengaruhi oleh suhu (T), jarak antar sensor (g_n), ketebalan substrat (y_k) dalam riset ini dilakukan simulasi dengan tebal substrat $12.5 \mu\text{m}$, energy aktivasi (E_a), konstanta laju reaksi (K), dan faktor frekuensi (A).

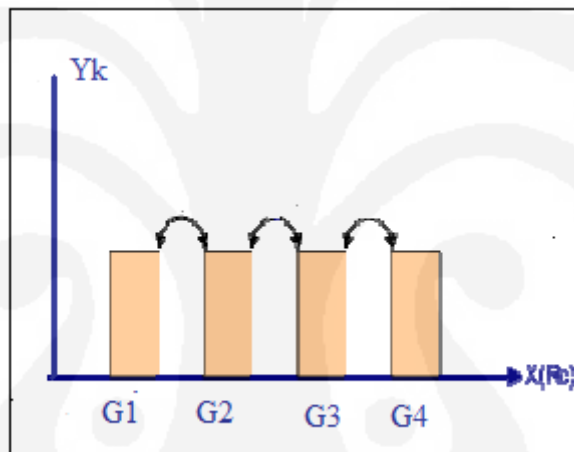
Ada dua bagian dalam rumusan Pers. (3.1); bagian reaksi kimia yg berlangsung dalam sensor dan juga bagian fisik sensor. Dalam riset ini membahas pada bagian fisik sensor saja, yang terdapat tebal substrat, jarak antar gap, dan banyaknya sensor yang di susun, sedangkan pada bagian kimia tidak dibahas dalam riset ini. Pada bagian kimia pada riset ini dijadikan konstanta dan hasilnya sesuai dengan data yang ada pada jurnal [9].

3.2 Penggunaan Software Bantu

Dalam membuat suatu simulasi di butuhkan suatu software bantu untuk dapat mensimulasikan keadaan sensor tersebut berdasarkan rumusan matematik pada Pers (3.2) dengan menggunakan MATLAB versi 7.6.0.324 (R2008).

3.2.1 Konduktansi Pada Jarak Tertentu

Pada bagian ini akan di buat suatu simulasi yang menggambarkan nilai masing-masing konduktansi pada sebuah sensor pada jarak tertentu yang nantinya akan mempengaruhi konduktansi sensor keseluruhan. Gambar 3.3 menunjukkan gambaran dua dimensinya dengan jarak tertentu memiliki nilai konduktansi masing-masing.



Gambar 3.3 Dua dimensi dengan masing-masing konduktansi

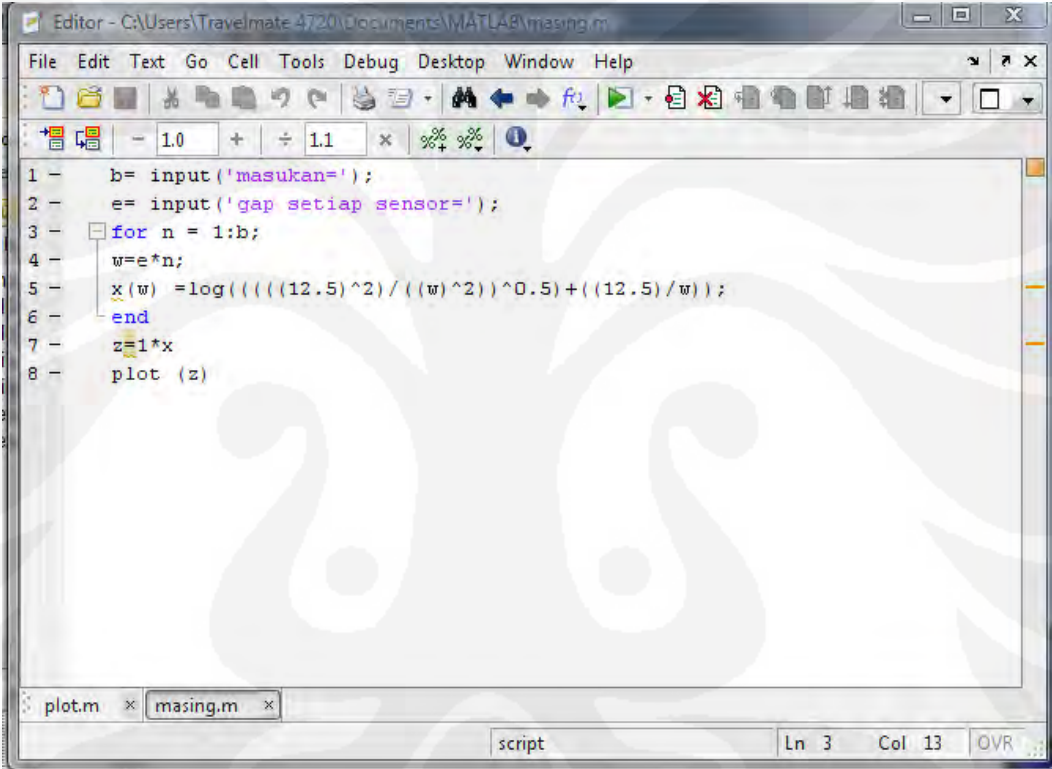
Dari Gambar 3.3 kita dapat melihat bersama bahwa masing-masing sensor yang kita susun secara paralel memiliki konduktansinya. Maka dari sini kita dapat membuat suatu simulasi dengan menggunakan software.

$$G' = \left[\frac{A}{\pi} \exp\left(\frac{-E_a}{KT}\right) \right] \sum_{n=1}^i \ln \left[\left(\frac{y_k^2}{g_n^2} \right)^{1/2} + \frac{y_k}{g_n} \right] \quad (3.2)$$

Dari rumus lengkap sesuai jurnal [9], dalam riset diambil rumus pada bagian fisik dari sensor yaitu pada bagian;

$$G' = \ln \left[\left(\frac{y_k^2}{g_n^2} \right)^{1/2} + \frac{y_k}{g_n} \right] \quad (3.3)$$

Karena fungsi rumusan kimia merupakan perkalian maka dibuat suatu konstanta sebagai hasil perkaliannya. Dari rumusan tersebut dibuat listing program yang ditunjukkan pada Gambar 3.4;



```

1 - b= input('masukan=');
2 - e= input('gap setiap sensor=');
3 - for n = 1:b;
4 -     w=e*n;
5 -     x(w) =log((((12.5)^2)/((w)^2))^0.5+((12.5)/w));
6 - end
7 - z=1*x
8 - plot (z)

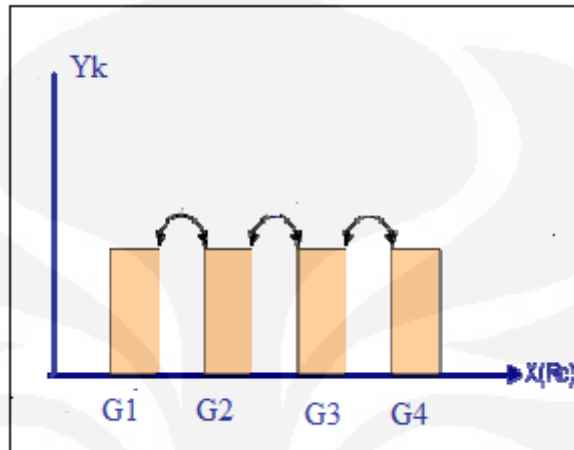
```

Gambar 3.4 Listing program konduktansi pada jarak tertentu

dari simulasi Gambar 3.4 didapat suatu simulasi dengan menentukan banyaknya jumlah sensor yang ingin diketahui konduktansinya dijarak tertentu dari titik sumber, dalam riset ini digunakan sampel sebanyak 30 sensor, hal ini bertujuan agar terlihat perubahan ketika suatu sensor pada jarak tertentu menunjukkan nilai konduktansi nol dan setelah itu nilainya negatif (-).

3.2.2 Konduktansi Total Bila Sensor Diperbanyak

Pada subbab ini akan dibahas pengaruh penambahan sensor yang disusun terhadap konduktansi total sensor array-nya dengan jarak sensor dianggap tetap, dapat dilihat pada Gambar 3.5 gambar dua dimensinya.



Gambar 3.5 Gambar dua dimensi dengan jumlah sensor

Konduktansi totalnya adalah penjumlahan $G_1+G_2+G_3+\dots+G_i$,

$$G' = \sum_{n=1}^i \ln \left[\left(\frac{y_k^2}{g_n^2} \right)^{1/2} + \frac{y_k}{g_n} \right] \quad (3.4)$$

Berikut listing program dari rumusan Pers (3.4) di atas, pada Gambar 3.6 Menunjukkan listing program konduktansi total terhadap banyaknya sensor

```

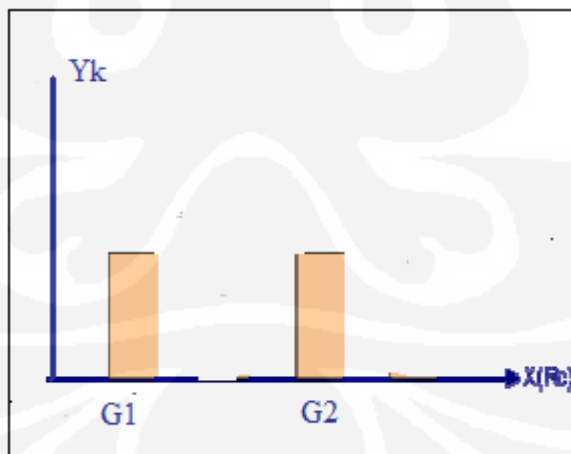
Editor - C:\Users\Travelmate 4720\Desktop\ludy cahyadi\sigma.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
1 - r=input('masukan jumlah sample=');
2 - e=input('masukan jarak='); %jarak dianggap tetap
3 - for u= 0 :r;
4 -     b=(u+1);
5 -     |
6 -     for n = 1:b;
7 -         w=e*n;
8 -         x(w) =log((((12.5)^2)/((w)^2))^0.5)+((12.5)/w));
9 -     end
10 -    z=1*x;
11 -    c(u+1)=sum(z)
12 -    clear x
13 - end
14 - plot(c,'-b*')
15 - nilai_maksimum= max(c)
16 - clear c
17
18
plot.m x masin... x sigma... x
script Ln 5 Col 1 OVR

```

Gambar 3.6 Listing program konduktansi total terhadap banyaknya sensor
 Dalam simulasi ini diambil sebanyak 30 jumlah sensor yang digunakan, hal ini bertujuan untuk mengetahui pada jumlah berapa konduktansi total akan menurun.

3.2.3 konduktansi bila jarak dirubah antar sensor

Pada subbab ini akan membahas pengaruh jarak antar sensor yang disusun terhadap konduktansi total sensor array-nya dengan jumlah sensor dianggap tetap. Berikut Gambar 3.7 gambaran dua dimensi dengan jarak antar sensor diubah.



Gambar 3.7 Jarak antar sensor yang diubah

Konduktansi totalnya adalah penjumlahan $G_1+G_2+G_3+\dots+G_i$,

$$G' = \sum_{n=1}^i \ln \left[\left(\frac{y_k^2}{g_n^2} \right)^{1/2} + \frac{y_k}{g_n} \right] \quad (3.5)$$

Berikut Gambar 3.8 listing program dari Persamaan 3.5 untuk mendapatkan data

```

1 - r=input('masukan jumlah sample='); %jumlah sensor dianggap tetap
2 - e=input('masukan jarak=');
3 - for u= 0 :r;
4 -     b=(u+1);
5 -
6 -     for n = 1:b;
7 -         w=e*n;
8 -         x(w) =log((((12.5)^2)/((w)^2))^0.5)+((12.5)/w));
9 -     end
10 -    z=1*x;
11 -    c(u+1)=sum(z)
12 -    clear x
13 - end
14 - plot(c,'-b*')
15 - nilai_maksimum= max(c)
16 - clear c
17
18

```

Gambar 3.8 Program bila jarak antar sensor diubah

Dalam penelitian diambil sembilan sampel sensor yang akan diubah-ubah jarak antar masing-masing sensornya, hal ini bertujuan agar dapat terlihat berapa nilai maksimum yang diberikan bila jarak antar sensor diubah-rubah.

BAB IV

Analisa

Dalam bab ini akan dibahas mengenai hasil dari penghitungan rumus matematis dan akan dilakukan pembahasan tentang hasil rancangan yang didapatkan.

4.1 Konduktansi Pada Jarak Tertentu

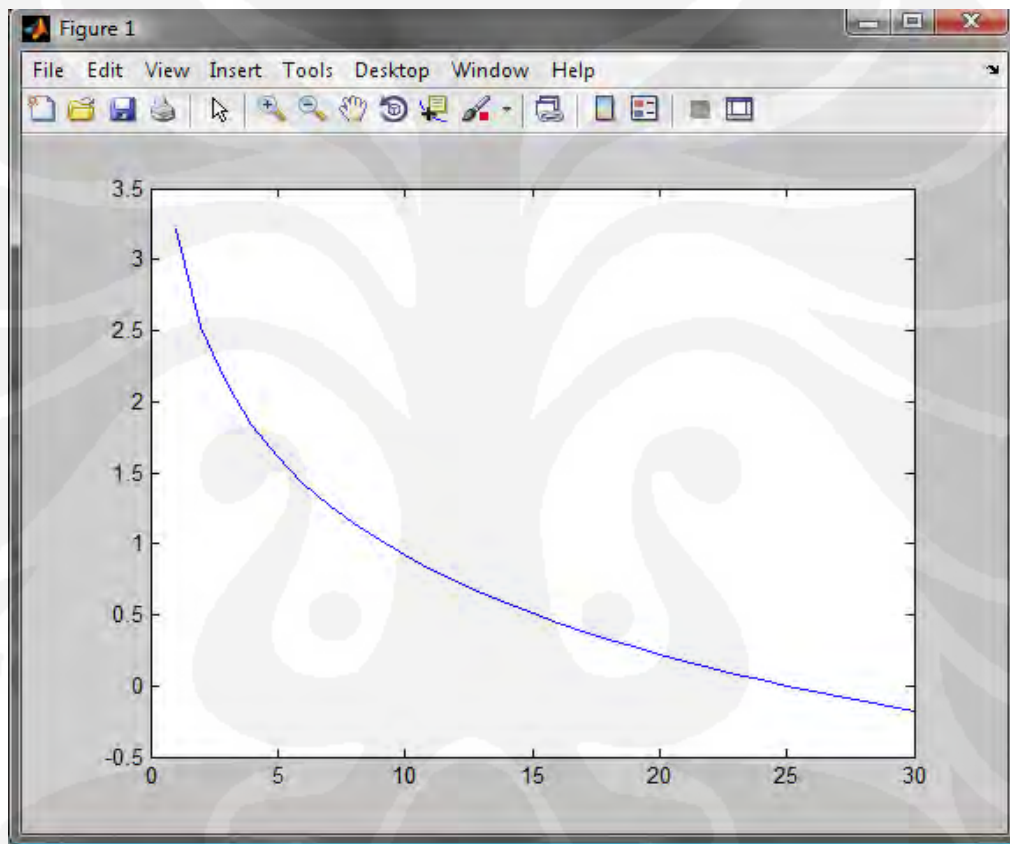
pada pengambilan sampel dalam riset ini memberikan contoh sebanyak 30 sensor dengan masing-masing sensornya berjarak satu satuan, dengan ketebalan substrat $12.5 \mu\text{m}$ [9] dan nilainya berupa nilai konduktansi. Konduktansi adalah kemampuan suatu sensor dapat menghantarkan listrik atau kebalikan dari resistansi. Nantinya nilai inilah yang akan diolah untuk menjadi rangkaian elektronika. Berikut adalah table hasil dari simulasi nilai konduktansi disuatu titik di jarak tertentu. Tabel 4.1 menunjukkan nilai konduktansi pada jarak tertentu.

Table 4.1 Table nilai konduktansi di titik berjarak x dari sumber

titik	Nilai konduktasi (siemens)	titik	Nilai konduktasi (Siemens)
1	3.2189	16	0.4463
2	2.5257	17	0.3857
3	2.1203	18	0.3285
4	1.8326	19	0.2744
5	1.6094	20	0.2231
6	1.4271	21	0.1744
7	1.2730	22	0.1278
8	1.1394	23	0.0834
9	1.0217	24	0.0408
10	0.9163	25	0
11	0.8210	26	-0.0392
12	0.7340	27	-0.0770
13	0.6539	28	-0.1133
14	0.5798	29	-0.1484
15	0.5108	30	-0.1823

Analisa data

Dari data Tabel 4.1 menunjukkan bahwa nilai konduktansi suatu array sensor yang dipasang paralel akan semakin berkurang nilainya ketika semakin menjauhi titik sumber dari array. Kemudian nilai tersebut akan mencapai nilai berkonduktansi nol ketika berjarak 25 dari sumber. Apabila lebih dari itu maka nilai konduktansi akan bernilai negatif (-). Berikut Gambar 4.1 grafik dari penurunan nilai konduktansi terhadap penambahan jarak.



Gambar 4.1 Penurunan nilai konduktansi pada jarak tertentu

Artinya dari nilai konduktansi nol bahwa sensor pada jarak tersebut tidak mempengaruhi apa-apa terhadap nilai keseluruhan, sedangkan konduktansi bernilai negatif (-) berarti akan mengacaukan nilai konduktansi total dari sensor secara keseluruhan.

4.2 Konduktansi Total Bila Sensor Diperbanyak

Pada subbab ini akan dibahas pengaruh penambahan sensor yang disusun terhadap konduktansi total sensor array-nya dengan jarak sensor dianggap tetap. Kami mengambil sampel sebanyak 30 sensor dan jarak satu satuan pada masing-masing sensor. Berikut Table 4.2 hasil dari simulasi nilai konduktansi total terhadap banyaknya jumlah sensor yang disusun.

Table 4.2 Nilai konduktansi terhadap jumlah sensor yang disusun.

Jumlah sensor	Nilai konduktansi (Siemens)	Jumlah sensor	Nilai konduktansi (Siemens)
1	3.2189	16	20.8302
2	5.7446	17	21.2158
3	7.8649	18	21.5443
4	9.6974	19	21.8188
5	11.3069	20	22.0419
6	12.7340	21	22.2163
7	14.0070	22	22.3441
8	15.1464	23	22.4275
9	16.1681	24	22.4583
10	17.0843	25	22.4683
11	17.9053	26	22.4291
12	18.6393	27	22.3521
13	19.2932	28	22.2388
14	19.8730	29	22.0904
15	20.3839	30	21.9080

Dari data Tabel 4.2 terlihat bahwa penambahan jumlah sensor dapat meningkatkan nilai konduktansi secara menyeluruh, namun ada dimana jumlah sensor tertentu nilai dari konduktansinya akan menurun di karenakan semakin banyak jumlah sensor yang disusun maka ada sensor yang terjauh dari sumber yang menyebabkan nilai konduktansinya akan menurun, didapat nilai maksimum dari konduktansi total adalah 22.4683 Siemens pada saat jumlah sensor yang di susun sebanyak 25 buah.

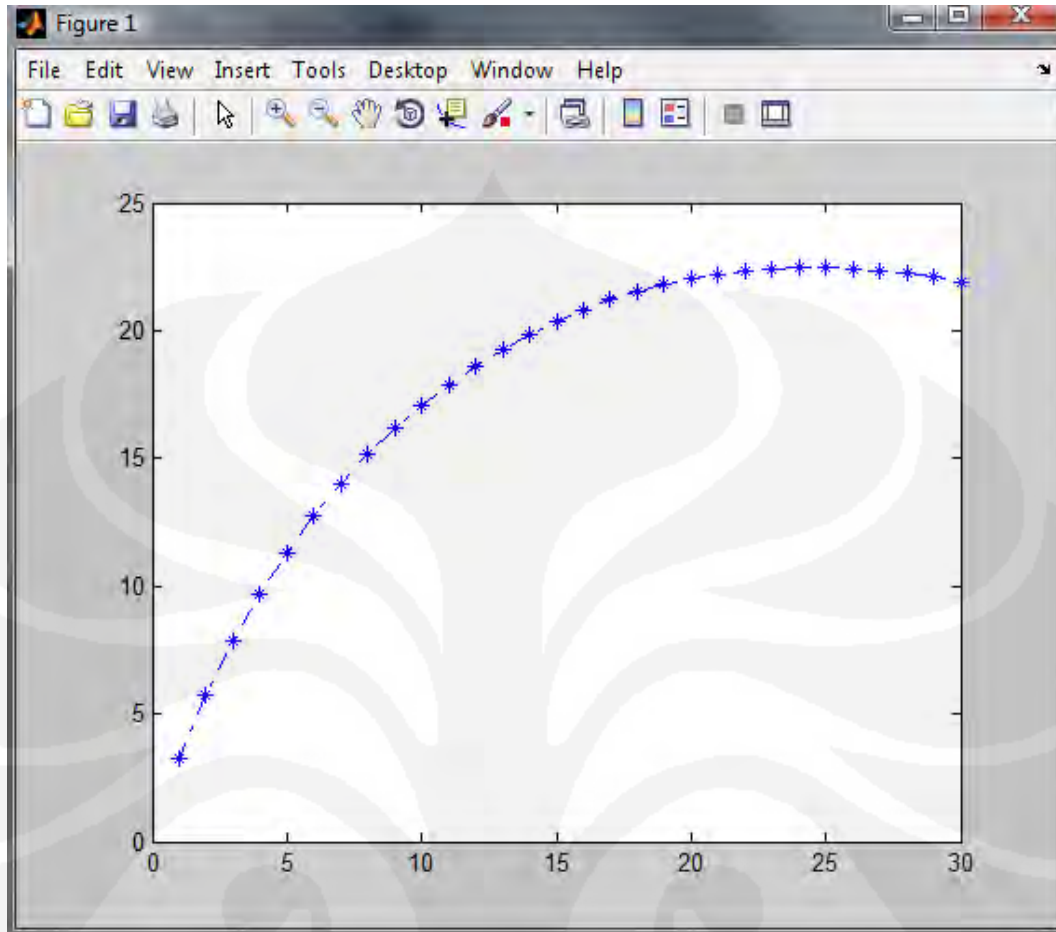
Sesuai rumusan yang berlaku

$$G' = \sum_{n=1}^i \ln \left[\left(\frac{y_k^2}{g_n^2} \right)^{1/2} + \frac{y_k}{g_n} \right] \quad (3.5)$$

Dimana nilai logaritma naturalnya akan bersifat negatif (-) ketika hasil nilai logaritma naturalnya satu. Apabila ketebalan substrat (Y_k) konstan maka jarak maksimum gap (g_n) sesuai rumusan agar nilai logaritma naturalnya sama dengan satu, maka nilai maksimum $g_n = 2 y_k$

Pada table diatas ada suatu nilai maksimum konduktansi ketika banyaknya sensor mencapai 25 sensor karena nilai maksimum sesuai rumusan didapat $g_n = 2 y_k$. berikut adalah grafik yang digabung antara konduktansi terhadap banyaknya jumlah sensornya.

Berkurangnya nilai konduktansi ini diakibatkan oleh semakin jauh letak sensor dari sumber kebocoran gas maka semakin sedikit jumlah gas yang diterima oleh sensor, sehingga nilai konduktansi semakin berkurang. Apabila diberikan sensor, maka akan mengurangi nilai konduktansi gabungannya. Berikut Gambar 4.2 grafik kenaikan nilai konduktansi dan pada titik tertentu bernilai maksimum konduktansi.



Gambar 4.2 Grafik kenaikan nilai konduktansi

Dari Gambar 4.2 jelas bahwa semakin banyak sensor maka adanya penjumlahan konduktansi. Tetapi pada jumlah sensor tertentu akan ada penurunan nilai konduktansi gabungannya, hal ini disebabkan pada titik tertentu yaitu mulai sensor ke-26 nilainya menunjukkan angka negatif (-) yang menyebabkan konduktansi total akan berkurang, berarti ada suatu titik dimana nilai konduktansi totalnya maksimum yaitu pada titik **22.4683** Siemens sebanyak 25 buah.

4.3 Konduktansi Bila Jarak Dirubah Antar Sensor

pada bagian ini akan di jelaskan bagaimana pengaruh jarak antar sensor terhadap nilai konduktansi total, disini jumlah sensor kami anggap tetap,tetapi kami merubah jarak antar sensornya, kami mengambil sampel sebanyak enam sensor yang disusun dan jarak diantaranya yang dirubah sebanyak tujuh kondisi yang berbeda. Berikut table hasil dari simulasi nilai konduktansi total terhadap

jarak antar masing-masing sensor yang disusun. Ketebalan substrat dianggap sama sebesar 12,5 μm . Berikut Table 4.3 nilai konduktansi ketika jarak dirubah-rubah.

Table 4.3 Tabel nilai konduktansi dalam satuan Siemens bila jarak antar sensor diubah

Jarak/jumlah	1	2	3	4	5	6
1	3.2189	5.7446	7.8649	9.6974	11.3069	12.7340
2	2.5257	4.3583	5.7854	6.9249	7.8412	8.5751
3	2.1203	3.5474	4.5690	5.3030	5.8138	6.1423
4	1.8326	2.9720	3.7060	4.1523	4.3754	4.4162
5	1.6094	2.5257	3.0366	3.2597	3.2597	3.0774
6	1.4271	2.1611	2.4896	2.5304	2.3481	1.9834
7	1.2730	1.8528	2.0271	1.9138	1.5773	1.0585
8	1.1394	1.5857	1.6265	1.3797	0.9097	0.2574
9	1.0217	1.3502	1.2732	0.9086	0.3208	-0.4493

Dari data Tabel 4.3 nilai yang bertuliskan merah menunjukkan suatu nilai maksimum yang diperoleh ketika jarak antar sensor berubah. Dari pengambilan data simulasi yang diambil ada sembilan variasi jarak dan enam buah sensor yang disusun.

Dari data Tabel 4.3 terlihat bahwa jarak sangat mempengaruhi nilai konduktansi, semakin lebar jarak antar sensor array maka nilai maksimum yang bisa diperoleh dari konduktansi total semakin menurun. Nilai konduktansi paling besar terjadi pada saat jarak antar masing-masing sensornya berjarak satu yaitu sebesar 12,734 siemens, dengan data ini maka diketahui semakin rapat jarak antar sensornya maka semakin besar nilai konduktansi sehingga sensor semakin sensitif terhadap gas yang terdeteksi.

BAB V

Kesimpulan

Sensor yang dilakukan dalam riset ini berhasil dirancang dengan peningkatan nilai konduktivitas. Perhitungannya disimulasikan dengan menggunakan MATLAB versi 7.6.0.324 (R2008), menunjukkan kesesuaian terhadap jurnal yang diacu dan menghasilkan yang dapat disimpulkan sebagai berikut;

- a) peningkatan sensitivitas sensor gas dapat dilakukan dengan cara menyusun sensor (array), dalam skripsi ini terlihat dalam nilai konduktansi,
- b) semakin banyak sensor semakin besar nilai konduktansinya, karena adanya nilai penjumlahan dari konduktansi masing-masing sensornya,
- c) dari hasil simulasi percobaan, didapat nilai konduktansi gabungan paling besar bernilai **22.4683** siemens dengan jarak antar sensornya satu satuan, yaitu jumlah maksimum yang dapat disusun sebanyak 25 sensor untuk mendapatkan hasil maksimum,
- d) semakin dekat jarak antar sensor menghasilkan nilai konduktansi semakin besar, dari data simulasi hasil maksimal dari 6 buah sensor didapat **12.7340** siemens dengan jarak satu satuan, berarti semakin rapat semakin kecil bentuk fisik sensor gabungannya.

Daftar Acuan

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/Liquefied_petroleum_gas
- [2] Lu, Ganhua, Kyle L dkk. (2006). Gas Sensors Based on Tin Oxide Nanoparticles Synthesized from Mini-Arc Plasma Source. *Journal of Nanomaterials*, Article ID 60828, Pages 1–7
- [3] <http://id.wikipedia.org/wiki/Koloid>
- [4] [http://www.figarosensor.com/products/general information for TGS](http://www.figarosensor.com/products/general_information_for_TGS)
- [5] L.A. Patil, G.H. Jain. (2006) Surface Activated ZnO Thick Film Resistors for LPG Gas Sensing, Vol.74, Issue 12, *Sensors & Transducers Journal*, pp.874-883
- [6] <http://www.scribd.com/doc/14164890/Ketergantungan-Suhu-Laju-reaksi>
- [7] S.M.Sze. (1994). *semiconductor sensor*, New York : J. Wiley.hal 400
- [8] [http://www.allaboutcircuits.com/vol_1_-DC serial dan parallel circuits](http://www.allaboutcircuits.com/vol_1_-DC_serial_dan_parallel_circuits)
- [9] Nidal F. Shilbayeh and Mahmoud Z. Iskandarani.(2006). Mathematical Modeling and Interpretation of PbPc Gas Sensor Array *American Journal of Applied Sciences* 3 (6). 1879-1884,.
- [10] Flitti, Farid, Aicha Far, dkk(2008). A Robust and Low-Complexity Gas Recognition Technique for On-Chip Tin-Oxide Gas Sensor Array. *Journal of Sensors*. Article ID 465209, 6 pages.
- [11] P. Mitra and S. Mondal (2008).Hydrogen and LPG sensing properties of SnO₂ films obtained by direct oxidation of SILAR deposited SnS. *Bulletin of the Polish Academy of science.*, Vol. 56. No. 3.