



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

KARAKTERISTIK $\text{TiO}_2(\text{CuO})$ YANG DIBUAT DENGAN METODA KEADAAN PADAT (SOLID STATE REACTION) SEBAGAI SENSOR CO_2

SKRIPSI



**HENDRI
06135032**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2012**

SKRIPSI

**KARAKTERISASI $\text{TiO}_2(\text{CuO})$ YANG DIBUAT DENGAN METODA KEADAAN
PADAT (*SOLID STATE REACTION*) SEBAGAI SENSOR CO_2**

disusun oleh :

HENDRI

06 135 032

Telah dipertahankan di depan penguji

pada tanggal 6 Agustus 2012

Tim Penguji

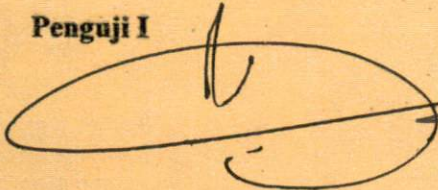
Pembimbing Utama,



Dr. Elvaswer

NIP.197005121998021001

Penguji I



Drs. Alimin Mahyudin, M.Si

NIP. 196106031989011001

Penguji II



Drs. Sri Mulyadi Dt. Basa, M.Si

NIP. 195208011986101001

Penguji III



Drs. Wildian, M.Si

NIP.196108121994031001

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Fisika
FMIPA Universitas Andalas, Padang**



Arif Budiman, M.Si.

NIP. 197311141999031004

KARAKTERISASI $\text{TiO}_2(\text{CuO})$ YANG DIBUAT DENGAN METODA KEADAAN PADAT (*SOLID STATE REACTION*) SEBAGAI SENSOR CO_2

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan doping CuO dengan bahan dasar TiO_2 sebagai sensor CO_2 terhadap karakteristik I - V , sensitivitas, konduktivitas dan energi gap. Metode yang dipakai dalam penelitian ini menggunakan metoda *solid state reaction* dimana kalsinasi pada suhu 800°C selama 3 jam dan proses sintering suhu 900°C selama 5 jam. Berdasarkan pengukuran karakteristik I - V diperoleh hasil bahan dengan doping memiliki sensitivitas yang lebih tinggi terhadap bahan murni, nilai sensitivitas tertinggi diperoleh pada sampel dengan penambahan doping 6% yaitu 2.58, sedangkan untuk konduktivitas meningkat seiring dengan bertambahnya suhu. Pada pengukuran energi gap diperoleh hasil energi gap pada bahan murni lebih tinggi dibandingkan dengan bahan dengan doping.

Kata kunci : sensor, $\text{TiO}_2(\text{CuO})$, karakterisasi I - V , sensitivitas, konduktivitas, energi gap

CHARACTERIZATION OF $\text{TiO}_2(\text{CuO})$ MADE with SOLID STATE REACTION METHOD FOR SENSOR GAS CO_2

ABSTRACT

This research intent for analyzing influence adding doped CuO with TiO_2 for sensor gas CO_2 to assess voltage-current characteristic, sensitivity, conductivity and gap energy. The method used for this research is solid state reaction where calcination at 800°C for 3 hours and sintered at 900°C for 5 hours. Base measuring voltage-current characteristic find result, the doped materials have more sensitivity than impurity material. The most highest grade is find from material with doped 6% at 2.58. Conductivity increase also with increased temperature. At energy gap measurement found that material with impurity have more energy gap than material with doped.

Keyword : sensor, ($\text{TiO}_2(\text{CuO})$), voltage-current characteristic, sensitivity, conductivity, gap energy

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Shalawat serta salam semoga tercurah kepada nabi Muhammad SAW yang telah membawa umatnya dari zaman kebodohan ke zaman yang penuh ilmu pengetahuan seperti saat ini.

Selesainya penulisan skripsi ini tidak terlepas oleh bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Elvaswer selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan, semangat dan masukan dalam penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Ketua Jurusan Fisika dan seluruh staf pengajar yang telah berbagi ilmu, pemahaman dan pengalamannya, serta seluruh pegawai akademis di lingkungan Jurusan Fisika atas segala kemudahan dan bantuan yang telah diberikan.
3. Bapak Drs. Sri Mulyadi Dt. Basa M.si, Bapak Wildian M.si dan bapak Alimin Mahyudin M.si sebagai dosen penguji.
4. Bapak Afdal Mutaqin M.Si, atas diskusi yang sangat bermanfaat sehingga penulis memperoleh banyak informasi tentang penelitian ini.

5. Bapak Dr. Dahyunir Dahlan selaku kepala Laboratorium Fisika Material Universitas Andalas yang telah membantu pengambilan data dan memberikan izin pemakaian alat-alat serta ruangan untuk penelitian ini.
6. Kedua orang tua serta seluruh keluarga besar penulis yang telah memberikan dorongan yang sangat besar kepada penulis
7. Teman-teman di Jurusan Fisika Universitas Andalas atas segala bantuannya.
8. Dan semua pihak yang membantu penulis untuk menyelesaikan studi di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar skripsi ini menjadi lebih baik. Mudah-mudahan skripsi ini dapat bermanfaat baik bagi penulis maupun pembaca.

Padang, 6 Agustus 2012

HENDRI

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah	3
 BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Polusi Udara	4
2.2 Karbon Dioksida	4
2.2.1 Toksisitas CO ₂	5
2.3 Material Semikonduktor.....	5
2.3.1 Konsep Pita Energi.....	6
2.3.2 Energi Gap.....	6

2.3.3 Semikonduktor Intrisik.....	7
2.3.4 Semikonduktor Ektrisik.....	8
2.3.4.1 Semikonduktor tipe-n.....	8
2.3.4.2 Semikonduktor tipe-p.....	8
2.4 Semikonduktor Cuo	9
2.5 Semikonduktor TiO ₂	10
2.6 Sensor Gas Semikonduktro	11
2.7 Karakterisasi Sensor	12
2.8 Mekanisme Sensor Gas Semikonduktor.....	14
2.9 Prinsip Dioda.....	15
2.9.1 Dioda Bias Maju.....	16
2.9.2 Dioda Bias Mundur.....	17
2.10 Konduktivitas dan Resitivitas.....	18
2.11 Metoda <i>Solid State Reaction</i>	19
2.12 Spektrofotometer.....	21

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu	23
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	23
3.2.1 Alat	24
3.2.2 Bahan Penelitian.....	25
3.3 Tata Laksana Penelitian	25

3.3.1	Persiapan dan Pembuatan Pellet	25
3.3.2	Proses <i>Solid State Reaction</i>	27
3.3.3	Skema Rangkaian	27
3.3.4	Karakterisasi.....	28
3.4	Diagram Penelitian	30

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Karakteristik <i>I-V</i>	31
4.1.1	TiO ₂ 100% + CuO 0%(Sampel1).....	31
4.1.2	TiO ₂ 98% + CuO 2% (Sampel 2).....	32
4.1.3	TiO ₂ 96% + CuO 4% (Sampel 3).....	33
4.1.4	TiO ₂ 94% + CuO 6% (Sampel 4).....	34
4.1.5	TiO ₂ 92% + CuO 8% (Sampel 5).....	35
4.2	Karakteristik Sensitivitas.....	36
4.3	Penentuan Nilai Konduktivitas.....	37
4.4	Karakteristik Panjang Gelombang dan Energi gap.....	40

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	42
5.1	Saran.....	43

DAFTAR KEPUSTAKAAN	44
---------------------------------	----

LAMPIRAN	47
-----------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mekanisme Penyerapan Gas Oleh Sensor	14
Gambar 3.1	Bias Maju	27
Gambar 3.2	Bias Mundur	28
Gambar 3.3	Skema Rangkaian Karakterisasi Sensor	29
Gambar 3.4	Diagram Tahapan dalam Penelitian.....	30
Gambar 4.1	Grafik I-V Sampel 1 pada suhu 85°C.....	31
Gambar 4.2	Grafik I-V Sampel 2 pada suhu 80°C	32
Gambar 4.3	Grafik I-V Sampel 3 pada suhu 80°C.....	33
Gambar 4.4	Grafik I-V Sampel 4 pada suhu 85°C.....	34
Gambar 4.5	Grafik I-V Sampel 5 pada suhu 85°C.....	35
Gambar 4.6	Grafik Perubahan Sensitivitas versus Suhu.....	36
Gambar 4.7	Grafik Perubahan Konduktivitas versus suhu sampel 1	37
Gambar 4.8	Grafik Perubahan Konduktivitas versus Suhu Sampel 4	37
Gambar 4.9	Grafik Perubahan Konduktivitas versus Suhu di Udara.....	38
Gambar 4.10	Grafik Perubahan Konduktivitas versus Suhu di CO ₂	39
Gambar 4.11	Grafik Panjang Gelombang terhadap Koefisien Absorpsi	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat intrinsik CuO	10
Tabel 2.2	Sifat intrinsik CuO	11
Tabel 3.1	Komposisi Massa Sampel	26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Perhitungan massa sampel.....	48
Lampiran 2	Perhitungan karakteristik I-V untuk setiap sampel.....	52
Lampiran 3	Foto Alat dan Bahan.....	80
Lampiran 4	Pengukuran Panjang gelombang dan koefisien absorpsi dengan UV-vis.....	83
Lampiran 5	Menentukan Energi Gap.....	88
Lampiran 6	Tabel Nilai Konduktivitas pada Sampel.....	89
Lampiran 7	Tabel Perbandingan Suhu terhadap Sensitivitas.....	94

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Udara terdiri dari berbagai macam gas dan tidak semua gas baik untuk kesehatan. Gas berbahaya ini disebut dengan gas toksin atau gas beracun. Gas tersebut akan mencemari udara yang ada dilingkungan sehingga tanpa sadar akan terhirup masuk ke tubuh, kemudian secara bertahap tubuh akan merasakan dampaknya. Gas toksin lebih berbahaya dalam kondisi ruangan tertutup dengan gas terkonsentrasi didalamnya. Salah satu gas toksin tersebut adalah CO₂. Gas CO₂ umumnya berasal dari pembakaran bahan bakar fosil pada kendaraan bermotor. Gas ini bersifat tidak berwarna sehingga sulit untuk dideteksi secara langsung. Karena keterbatasan indra manusia untuk merasakan gas tersebut, maka diperlukan alat untuk mendeteksi keberadaan gas tersebut.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor gas semikonduktor yang dibuat dengan metoda keadaan padat. Sensor dengan bahan semikonduktor memiliki kelebihan dalam metoda yang sederhana untuk monitoring gas. Salah satunya dengan melihat perubahan konduktivitas pada bahan material semikonduktor. Sensor ini juga memiliki kelebihan lain yaitu biaya yang murah dan dapat diproduksi secara massal, dibandingkan dengan sensor elektrokimia dan optik yang harganya mahal.

Penelitian tentang sintesis bahan sensor CO₂ pernah dilakukan sebelumnya oleh Bo Liao dkk. (2000) yang menggunakan bahan CuO-BaTiO₃. Penelitian ini

dopant yang divariasikan persentase 0%, 2%, 4%, 6 dan 8 % mol dengan waktu sintering selama 5 jam.

Metode ini diawali dengan penimbangan bahan yang merepresentasikan rumus kimia kimia bahan TiO_2 sebagai bahan utama dan CuO sebagai doping. Langkah-langkah dari metode ini terdiri dari: penghalusan, homogenisasi, kalsinasi dan sintering.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini, yaitu:

- a. Membuat sensor gas CO_2 dengan bahan utama TiO_2 yang didoping dengan CuO menggunakan metoda *solid state reaction*.
- b. Mendapatkan karakterisasi arus dan tegangan ($I-V$) dari sensor gas semikonduktor $\text{TiO}_2\text{-CuO}$.
- c. Mendapatkan nilai konduktivitas dan energi gap dari sensor gas semikonduktor.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk pengujian emisi kendaraan bermotor, alat pendeteksi kebakaran dini, dan pendeteksi gas pada bidang industri.

1.4 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah penelitian ini menggunakan metoda *solid state reaction*, sedangkan bahan yang digunakan TiO_2 dengan doping CuO , dan sensor yang dibuat adalah sensor gas CO_2 .

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Polusi Udara

Polusi udara merupakan suatu gejala kumulatif dari kondisi udara yang kotor. Ada banyak penyebab dari polusi udara, di antaranya: emisi gas buang kendaraan dan gas buang industri (Bapedal, 2008). Bahan pencemar yang terdapat dalam gas buang kendaraan bermotor adalah karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), berbagai senyawa hidrokarbon (HC), oksida nitrogen (NO_x) dan oksida sulfur (SO_x), serta partikel debu termasuk timbal (Pb) (Tugaswati, 1995).

2.2 Karbon Dioksida

Karbon dioksida atau zat asam arang merupakan senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon. Pada keadaan STP (*Standard Temperature and Pressure*), rapatan karbon dioksida berkisar sekitar 1,98 kg/m³, kira kira 1,5 kali lebih berat dari udara. Molekul karbon dioksida (O=C=O) mengandung dua ikatan rangkap yang berbentuk linear. Senyawa ini tidak begitu reaktif dan tidak mudah terbakar. Karbon dioksida adalah gas yang tidak berwarna, titik leleh -57 °C (216 K) (di bawah tekanan), titik didih -78 °C (195 K) (menyublim), kelarutan dalam air 1,45 g/L, keasaman (pH) 6,35 dan 10,33, viskositas 0,07 cP pada -78 °C, dan momen dipol nol.

2.2.1 Toksisitas Gas CO₂

Menurut Otoritas Keselamatan Maritim Australia (2003), "Paparan berkepanjangan terhadap konsentrasi karbon dioksida dapat menyebabkan asidosis dan efek-efek merugikan pada metabolisme kalsium fosforus yang menyebabkan peningkatan endapan kalsium pada jaringan lunak.

Karbon dioksida beracun terhadap jantung yang menyebabkan menurunnya gaya kontraktil. Pada konsentrasi tiga persen berdasarkan volume di udara, CO₂ bersifat narkotik ringan yang menyebabkan peningkatan tekanan darah dan denyut nadi, juga menyebabkan penurunan daya dengar. Pada konsentrasi sekitar lima persen berdasarkan volume, CO₂ menyebabkan stimulasi pusat pernapasan yang diikuti sakit kepala. Pada konsentrasi delapan persen, CO₂ menyebabkan sakit kepala disertai penglihatan buram, dan kehilangan kesadaran setelah paparan selama lima sampai sepuluh menit.

2.3 Material Semikonduktor

Bahan semikonduktor merupakan suatu material yang nilai konduktivitasnya diantara konduktor dan isolator. Semikonduktor selalu berhubungan dengan zat padat. Zat padat pada dasarnya adalah tersusun atas atom-atom, ion-ion, atau molekul-molekul yang letaknya berdekatan dan tersusun teratur membentuk suatu struktur tertentu (struktur kristal) (Endarko dan Yudhoyono (2007). Perbedaan sifat pada zat padat (misal: konduktor, isolator, semikonduktor atau superkonduktor) disebabkan oleh: perbedaan gaya ikat diantara atom-atom, ion-ion, atau molekul-molekul tersebut. Semua ikatan dalam

bahan padat melibatkan gaya listrik, dan perbedaan utama diantara ikatan tersebut tergantung pada jumlah elektron terluar.

2.3.1 Konsep Pita energi

Pada konsep pita energi dijelaskan bahwa elektron-elektron yang terisolasi menempati hanya tingkat orbital atau tingkat energi tertentu saja, dan ada celah energi terlarang atau tingkat energi tertentu saja. Akibatnya elektron-elektron tersebut membentuk gelombang berdiri disekitar atom individu. Pola ini juga ditemukan pada elektron bagian dalam atau elektron subvalensi. Akan tetapi, elektron valensi terdelokalisasi apabila kita memiliki banyak atom terkoordinasi. Akibatnya, orbital- orbital valensi membentuk pita-pita dan gelombang berdirinya dipengaruhi oleh setiap atom yang terlibat. Akibat dari keadaan ini suatu pita memiliki bentuk-bentuk gelombang-tegak dan tingkat energi diskret sebanyak atom yang ada dalam sistemnya. Karena banyaknya energi yang berlebihan dan pita-pita energi itu biasanya hanya beberapa elektron volt, maka tingkat-tingkat energi pada suatu pita akan dipisahkan oleh ruangan kecil (Van Vlack, 2004).

Prinsip eksklusif Pauli dinyatakan bahwa hanya dua elektron yang dapat menempati tingkat yang sama dan kedua elektron ini harus memiliki spin magnetik berlawanan. Jadi dengan banyaknya tingkat energi ini, sebuah pita dapat saja berisi elektron yang jumlahnya dua kali atom. Akibatnya logam monovalensi seperti natrium hanya terisi separuh.

2.3.2 Energi gap

Energi gap merupakan sebagai energi minimum yang dibutuhkan oleh elektron yang berada di pita valensi untuk bergerak menuju pita konduksi. Energi

gap antara pita valensi dan pita konduksi berada didalam orde elektron volt. Pita valensi yaitu pita yang mungkin diisi oleh elektron dari suatu zat hingga penuh. Setiap pita memiliki $2N$ elektron dengan N adalah jumlah atom, bila ada elektron yang tersisa maka akan mengisi pita valensi. Sedangkan pita konduksi adalah pita energi di atas pita valensi yang terisi sebagian atau tidak terisi oleh elektron (Darawan. Dkk, 1987).

2.3.3 Semikonduktor Intrinsik (bahan murni)

Silikon dan germanium merupakan dua jenis semikonduktor yang sangat penting dalam elektronika. Keduanya terletak pada kolom empat dalam tabel periodik dan mempunyai elektron valensi empat. Struktur kristal silikon dan germanium berbentuk tetrahedral dengan setiap atom memakai bersama sebuah elektron valensi dengan atom-atom tetangganya. Pada temperatur mendekati harga nol mutlak, elektron pada kulit terluar terikat dengan erat sehingga tidak terdapat elektron bebas atau silikon bersifat sebagai insulator.

Energi yang diperlukan untuk memutus sebuah ikatan kovalen adalah sebesar 1,1 eV untuk silikon dan 0,7 eV untuk germanium. Pada temperatur ruang (300K), sejumlah elektron mempunyai energi yang cukup besar untuk melepaskan diri dari ikatan dan tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi menjadi elektron bebas. Jika sebuah ikatan kovalen terputus, maka akan terjadi kekosongan atau lubang (*hole*). Pada daerah dimana terjadi kekosongan akan terdapat kelebihan muatan positif, dan daerah yang ditempati elektron bebas mempunyai kelebihan muatan negatif. Kedua muatan inilah yang memberikan kontribusi adanya aliran listrik pada semikonduktor murni. Jika elektron valensi dari ikatan kovalen yang

lain mengisi lubang tersebut, maka akan terjadi lubang baru di tempat yang lain dan seolah-olah sebuah muatan positif bergerak dari lubang yang lama ke lubang baru.

2.3.4 Semikonduktor Ekstrisik

Untuk memperbesar konduktivitas, bahan semikonduktor diberi dopant (pengotor), sehingga bahan menjadi semikonduktor ekstrisik. Semikonduktor ekstrisik terbagi atas dua jenis yaitu tipe-n dan tipe-p.

2.3.4.1 Semikonduktor tipe-n

Semikonduktor tipe-n dapat dibuat dengan menambahkan sejumlah kecil atom pengotor pentavalen pada silikon murni. Atom-atom pengotor (dopan) ini mempunyai lima elektron valensi sehingga secara efektif memiliki muatan sebesar $+5q$. Saat sebuah atom pentavalen menempati posisi atom silikon dalam kisi kristal, hanya empat elektron valensi yang dapat membentuk ikatan kovalen lengkap, dan tersisa sebuah elektron yang tidak berpasangan. Dengan adanya energi thermal yang kecil saja, sisa elektron ini akan menjadi elektron bebas dan siap menjadi pembawa muatan dalam proses hantaran listrik. Material yang dihasilkan dari proses pengotoran ini disebut semikonduktor tipe-n karena menghasilkan pembawa muatan negatif dari kristal yang netral. Karena atom pengotor memberikan elektron, maka atom pengotor ini disebut sebagai atom donor.

2.3.4.2 Semikonduktor tipe-p

Dengan cara yang sama seperti pada semikonduktor tipe-n, semikonduktor tipe-p dapat dibuat dengan menambahkan sejumlah kecil atom pengotor trivalen

(aluminium, boron, galium atau indium) pada semikonduktor murni, misalnya silikon murni. Atom-atom pengotor (dopant) ini mempunyai tiga elektron valensi sehingga secara efektif hanya dapat membentuk tiga ikatan kovalen. Saat sebuah atom trivalen menempati posisi atom silikon dalam kisi kristal, terbentuk tiga ikatan kovalen lengkap, dan tersisa sebuah muatan positif dari atom silikon yang tidak berpasangan yang disebut lubang (*hole*). Material yang dihasilkan dari proses pengotoran ini disebut semikonduktor tipe-p karena menghasilkan pembawa muatan negatif pada kristal yang netral. Karena atom pengotor menerima elektron, maka atom pengotor ini disebut sebagai atom aseptor (*acceptor*).

2.4 Semikonduktor CuO (*copper oxide*)

Copper Oxide (CuO) merupakan salah satu dari oksida tembaga disamping *Cuprous Oxide*. Kedua oksida tersebut merupakan bahan semikonduktor tipe-p serta memiliki struktur monoklinik sederhana (Ohya,2000). Sebagaimana bahan semikonduktor lain, senyawa *Copper Oxide* memiliki sifat optik dan listrik yang cocok untuk piranti optoelektronik seperti piranti sel surya dan baterai lithium sebagai elektroda aktif. Disamping itu CuO memiliki sifat kimia yang cocok untuk aplikasi katalis dan sensor gas. Bahan *Copper Oxide* murni sangat baik untuk sensitivitas gas pada suhu rendah.

CuO merupakan senyawa keramik yang paling sederhana yang terdiri dari atom logam dan non-logam dalam jumlah yang sama. Seperti halnya keramik pada umumnya ikatan CuO terbentuk oleh ikatan ion dan kovalen. Ikatan ion CuO, dua elektron dipindahkan dari atom Cu ke atom O

sehingga menghasilkan kation (Cu^{2+}) dan anion (O^{2-}). Ikatan kovalen CuO dimana pada hal ini elektron valensi dipakai bersama dan terjadi pembagian elektron valensi.

Sifat intrinsik bahan *copper oxide* (CuO) dapat dilihat dari Tabel 2.1

Tabel 2.1 Sifat intrinsik CuO.

Struktur Kristal	Monoklinik
Parameter kisi	$a = 4,6837 \text{ \AA}$ $\alpha = 90^\circ$
	$b = 4226,3 \text{ \AA}$ $\beta = 99,45^\circ$
	$c = 5,1288 \text{ \AA}$ $\gamma = 90^\circ$
Energi gap	1,2eV, tidak tembus cahaya
Kerapatan	6,31 gram /cm ³
Massa Molar	79,545 gram / mol
Resistivitas	10 ⁵ Ohm/cm
Titik Leleh	1201 ⁰ C +(1474K)

2.5 Semikonduktor TiO₂ (*Titanium dioksida*)

Titanium adalah unsur terbanyak kesembilan di kerak bumi dan terdistribusi secara luas. Mengingat afinitasnya yang besar terhadap oksigen dan unsur lain, titanium tidak terdapat dalam bentuk logam statis di alam, tetapi dalam bentuk mineral yang stabil. Bentuk umum mineral titanium adalah rutil dan anatase dalam bentuk titanium dioksida (Goenharto & Sjafei, 2005).

Titanium merupakan logam yang kuat, ringan dan memiliki rapatan rendah, dapat dicampur dengan unsur lain seperti besi alumunium, vanadium, dan molibdenum, tujuannya membuat campuran logam yang kuat tetapi ringan yang dapat digunakan dalam industri pesawat terbang, militer, otomotif dan lainnya. Titanium selalu terikat dalam campurannya di alam. Kelimpahannya di bumi sebanyak 0,63% massa bumi dan biasanya ditemukan di kerak bumi.

Titanium dioksida (TiO_2) merupakan senyawa yang tersusun atas ion Ti^{4+} dan O^{2-} dalam konfigurasi oktahedron. Tiga macam bentuk kristal TiO_2 yang telah dikenal ialah anatase, rutil, dan brokit, akan tetapi hanya anatase dan rutil yang mudah diamati di alam sedangkan brokit sulit diamati karena tidak stabil (Susanti 2006). Pada suhu 700°C mulai terbentuk kristal rutil (Ollis & Elkabi 1993).

Sifat-sifat intrinsik dari TiO_2 dapat dilihat dari Tabel 2.2

Tabel 2.2 Sifat intrinsik TiO_2

Struktur	Rutile	Anatase
Bentuk kristal	Sistem tetragonal	Sistem tetragonal
Berat jenis	4,2	3,9
Indeks bias	2,71	2,52
Kekerasan	6,0-7,0	5,5-6,0
Permitivitas	114	31
Titik leleh	1858°C	Berubah menjadi rutil pada suhu tinggi

2.6 Sensor Gas Semikonduktor

Sensor, berasal dari kata “*sense*” (= merasakan atau mengindera), adalah suatu piranti (*device*) yang menerima sinyal atau rangsangan (*stimulus*) dan merespon sinyal tersebut dengan mengonversinya menjadi sinyal listrik”. (Fraden, 1996).

Rangsangan (*stimulus*) adalah besaran, sifat (*property*), atau kondisi fisis yang diindera dan dikonversi menjadi sinyal listrik (*electrical signal*). Besaran, sifat (*property*), atau kondisi fisis yang diterima sensor itu dapat berupa: cahaya, temperatur, perpindahan (*displacement*), aliran fluida atau gas, beda potensial listrik, dan lain sebagainya. Jadi, bentuk fisis rangsangan itu dapat bersifat: mekanis (*mechanical*), panas (*thermal*), magnetik (*magnetic*), listrik (*electric*), optis (*optical*), kimia (*chemical*).

Sinyal listrik adalah sinyal yang dapat disalurkan (*chanelled*), dikuatkan (*amplified*), dan dimodifikasi (*modified*) oleh piranti elektronik. Yang termasuk sinyal listrik: yaitu tegangan, arus, muatan listrik, frekuensi, kapasitansi, resistansi, lebar pulsa, dan lain sebagainya.

Transduser merupakan piranti yang mengonversi suatu bentuk energi ke bentuk energi lainnya (Fraden, 1996). Dalam suatu sistem instrumentasi elektronik, transduser dapat dikategorikan sebagai sensor ataupun aktuator. Sensor merupakan transduser masukan (*input transducer*)—yaitu transduser yang mengubah besaran fisis menjadi besaran listrik.

Contoh: mikrofon—mengubah getaran akustik mekanis menjadi sinyal listrik.

Aktuator merupakan transduser keluaran (*output transducer*)—yaitu transduser yang mengubah besaran listrik menjadi besaran fisis dalam bentuk gerak (*motion*) atau tindakan (*action*).

2.7 Karakterisasi Sensor

Karakteristik sensor ditentukan dari sejauh mana sensor tersebut memiliki kemampuan yang baik dalam mengenali zat yang ingin dideteksinya. Kemampuan mendeteksi zat tersebut ini meliputi:

1. **Sensitivitas**, Seberapa sensitif sensor mengenali zat yang dideteksinya. Sensor yang baik akan mampu mendeteksi zat meskipun jumlah zat tersebut sangat sedikit dibandingkan ukuran gas disekelilingnya.
2. **Selektivitas**, Sejauh mana sensor memiliki kemampuan menyeleksi gas atau cairan yang ingin dideteksinya. Sifat ini tidak kalah penting dengan

sensitivitas mengingat gas atau cairan yang dideteksi tentunya akan bercampur dengan zat lain yang ada disekelilingnya.

3. **Waktu respon dan waktu pulih**, Waktu yang dibutuhkan sensor untuk mengenali zat yang dideteksinya. Semakin cepat waktu respon dan waktu *recovery* maka semakin baik sensor tersebut. Beberapa gas berbahaya bahkan dapat sangat cepat bereaksi dengan tubuh manusia yang dapat berakibat sangat fatal seperti gas CO dan NO₂ yang dalam hitungan dibawah 5 menit dapat mengakibatkan kematian. Karenanya kemampuan mendeteksi gas seperti ini haruslah lebih cepat dari kemampuan gas tersebut beraksi dengan tubuh manusia.
4. **Stabilitas Kimia dan Mekanikal**, Sejauh mana sensor dapat secara konsisten memberikan besar sensitivitas yang sama untuk suatu gas, serta seberapa lama sensor tersebut dapat terus digunakan.

Keempat sifat sensor ini merupakan sifat yang diidentifikasi oleh para peneliti untuk mendapatkan sensor yang berkualitas baik. Di samping ke empat sifat di atas, terdapat dua sifat lain yang juga tidak kalah pentingnya terutama bagi sensor komersial yaitu konsumsi energi yang dibutuhkan untuk menjalankan sensor tersebut. Yang kedua adalah berapa harga yang dibutuhkan untuk memproduksi sensor ini. Tingkat konsumsi energi yang rendah serta harga yang murah menjadi harapan bagi industri sensor disamping sifat sifat sensor yang baik.

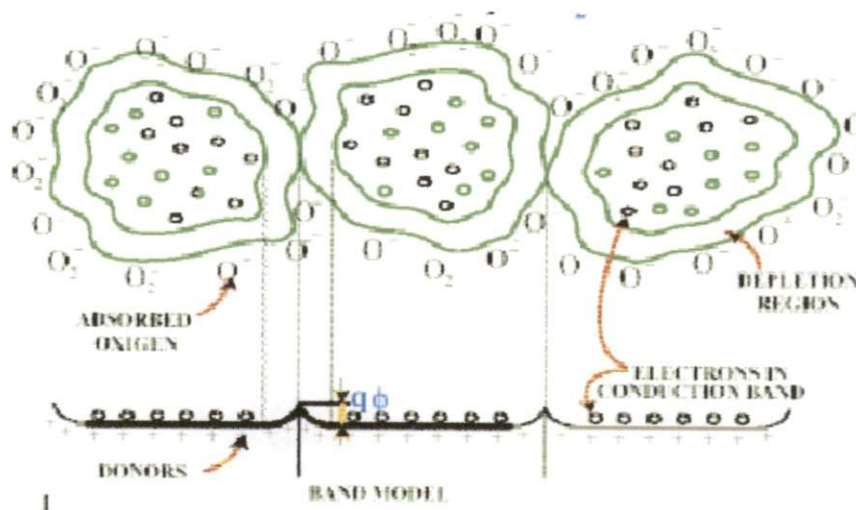


2.8 Mekanisme Sensor Gas Semikonduktor

Pada kondisi udara normal, permukaan bahan semikonduktor diselubungi oleh lapisan oksigen teradsorpsi, konsentrasi atom-atom tersebut selanjutnya akan menangkap elektron di daerah permukaan semikonduktor (M. Ohring).

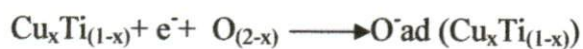
Kehadiran molekul gas seperti CO₂ akan mengikat sejumlah atom oksigen yang teradsorpsi oleh permukaan butir Kristal. Hal ini berakibat dilepaskannya kembali elektron ke permukaan semikonduktor sehingga konsentrasi elektron bertambah serta panjang lapisan deplesi dan tinggi penghalang antar butir berkurang. Hal ini mengakibatkan kenaikan konduktivitas untuk bahan semikonduktor.

Mekanisme penyerapan dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Mekanisme penyerapan gas oleh sensor (Lizda J. Mawarani, dkk)

Persamaan reaksi kimia yang terjadi pada penelitian ini adalah :



Untuk mengukur karakteristik sensitivitas dari gas sensing, semua data diuji pada kondisi standar. Hubungan antara arus listrik dalam sensor dengan konsentrasi gas pereduksi dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$S = \frac{I_{CO_2}}{I_u} \quad (2.1)$$

dengan

I_{CO_2} : arus listrik pada CO_2 (Ampere)

I_u : arus listrik di udara (Ampere)

S : sensitivitas sensor

Tegangan yang diberikan adalah bias maju (*forward bias*) dan bias mundur (*reverse bias*), ini merupakan karakteristik arus dan tegangan ($I-V$).

2.9 Prinsip dioda

Jika silikon tipe-p dan silikon tipe-n secara sempurna terhubung membentuk sambungan p-n seperti, Sesaat setelah terjadi penyambungan, pada daerah sambungan semikonduktor terjadi perubahan. Pada daerah tipe-n memiliki sejumlah elektron yang akan dengan mudah terlepas dari atom induknya. Pada daerah tipe p, atom aseptor menarik elektron (atau menghasilkan lubang). Kedua pembawa muatan mayoritas tersebut memiliki cukup energi untuk mencapai material pada sisi lain sambungan. Pada hal ini terjadi difusi elektron dari tipe-n ke tipe-p dan difusi lubang dari tipe-p ke tipe-n. Proses difusi ini tidak berlangsung selamanya karena elektron yang sudah berada di tempatnya akan menolak elektron yang datang kemudian. Proses difusi berakhir saat tidak ada lagi elektron yang memiliki cukup energi untuk mengalir.

Kita harus memperhitungkan proses selanjutnya dimana elektron dapat menyeberang sambungan. Daerah yang sangat tipis dekat sambungan disebut daerah deplesi (*depletion region*) atau daerah transisi. Daerah ini dapat membangkitkan pembawa muatan minoritas saat terdapat cukup energi termal untuk membangkitkan pasangan lubang-elektron. Salah satu dari pembawa muatan minoritas ini, misalnya elektron pada tipe-p, akan mengalami pengaruh dari proses penolakan elektron difusi dari tipe-n. Dengan kata lain elektron minoritas ini akan ikut tertarik ke semikonduktor tipe-n. Gerakan pembawa muatan akibat pembangkitan termal ini lebih dikenal sebagai “*drift*”. Situasi akan stabil saat arus difusi sama dengan arus *drift*. Pada daerah sambungan/daerah deplesi yang sangat tipis terjadi pengosongan pembawa muatan mayoritas akibat terjadinya difusi ke sisi yang lain. Hilangnya pembawa muatan mayoritas di daerah ini meninggalkan lapisan muatan positif di daerah tipe-n dan lapisan muatan negatif di daerah tipe-p. Lapisan muatan pada daerah deplesi ini dapat dibandingkan dengan kapasitor keping sejajar yang termuati. Karena terjadi penumpukan muatan yang berlawanan pada masing-masing keping, maka terjadi perbedaan potensial yang disebut sebagai potensial penghalang (V_0). Keadaan ini disebut dioda dalam keadaan rangkaian terbuka.

2.9.1 Dioda Bias Maju

Besarnya komponen arus difusi sangat sensitif terhadap besarnya potensial penghalang V_0 . Pembawa muatan mayoritas yang memiliki energi lebih besar dari eV_0 dapat melewati potensial penghalang. Jika keseimbangan potensial terganggu oleh berkurangnya ketinggian potensial penghalang menjadi $V_0 = -V$,

probabilitas pembawa muatan mayoritas mempunyai cukup energi untuk melewati sambungan akan meningkat dengan drastis. Sebagai akibat turunnya potensial penghalang, terjadi aliran arus lubang dari material tipe-p ke tipe-n, demikian sebaliknya untuk elektron. Dengan kata lain menurunnya potensial penghalang memberi kesempatan pada pembawa muatan untuk mengalir dari daerah mayoritas ke daerah minoritas. Jika potensial penghalang diturunkan dengan pemasangan panjar maju eksternal V , arus I_f akan mengalir.

2.9.2 Dioda Bias Mundur

Jika potensial penghalang dinaikkan menjadi $V_0 = +V$ dengan memasang bias mundur sebesar V , maka probabilitas pembawa muatan mayoritas memiliki cukup energi untuk melewati potensial penghalang akan turun secara drastis. Jumlah pembawa muatan mayoritas yang melewati sambungan praktis turun ke nol dengan memasang bias mundur sebesar sekitar sepersepuluh volt. Pada kondisi bias mundur, terjadi aliran arus mundur (I_r) yang sangat kecil dari pembawa muatan minoritas. Pembawa muatan minoritas hasil generasi termal di dekat sambungan akan mengalami "*drift*" searah medan listrik. Arus mundur akan mencapai harga jenuh $-I_0$ pada harga panjar mundur yang rendah. Harga arus mundur dalam keadaan normal cukup rendah dan diukur dalam mA (untuk germanium) dan nA (untuk silikon). Secara ideal, arus mundur seharusnya berharga nol, sehingga harga $-I_0$ yang sangat rendah pada silikon merupakan factor keunggulan silikon dibandingkan germanium, dimana harganya berubah secara eksponensial terhadap perubahan temperatur.

2.10 Konduktivitas dan Resitivitas

Konduktivitas merupakan kemampuan untuk menghantarkan listrik. Kebalikan dari konduktivitas yaitu resistansi, yaitu kemampuan untuk menahan arus listrik. Semakin tinggi tingkat konduktivitas maka akan semakin rendah tingkat resistansi. Istilah Resistansi digunakan untuk membandingkan tingkat hambatan material. Resistansi suatu material diukur dalam satuan Ω -m. Nilai resistansi dapat dihitung dengan rumus:

$$\rho = \frac{R \times A}{l} \quad (2.2)$$

dengan

ρ = resistivitas material penghantar ($\Omega \times m$)

R = resistansi (Ω)

A = luas penampang (m^2)

L = panjang kawat (m)

Sedangkan nilai konduktivitas dapat dituliskan melalui persamaan :

$$\sigma = \frac{L}{RA} \quad (2.3)$$

dimana :

σ = konduktivitas listrik ($1/\Omega.m$)

R = resistansi (Ω)

A = luas penampang (m^2)

L = panjang kawat (m)

2.11 Metoda *Solid State Reaction*

Metoda *Solid State Reaction* di disebut juga dengan metoda kering atau metoda konvensional. *Solid State Reaction* merupakan reaksi padatan yang terjadi antar partikel yang bereaksi di atas permukaan, yang dipengaruhi oleh sifat kehomogenan bahan, tekanan saat kompaksi, suhu sintering, dan lama waktu pemanasan. Metoda *Solid State Reaction* merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk sintesis bahan anorganik mengikuti rute yang hampir universal yaitu melibatkan pemanasan komponen pada suhu tinggi dengan periode yang relative lama. Reaksi ini melibatkan pemanasan campuran dua atau lebih padatan untuk membentuk produk yang juga bentuk padatan.

Tahapan periode dari *Solid State Reaction*, yaitu:

a. Kalsinasi

- Kalsinasi yaitu proses pemanasan dengan menggunakan furnace untuk membentuk senyawa dari bahan – bahan yang telah dicampur. Hasil kalsinasi berupa gumpalan padat, sehingga perlu dihaluskan kembali dengan mortar agar menjadi serbuk kembali.
- Proses kalsinasi ini dilakukan untuk mendapatkan bahan semikonduktor yang dengan ukuran yang optimum serta menguraikan senyawa-senyawa dalam bentuk garam atau dihidrat menjadi oksida, membentuk fase Kristal. Guna dari kalsinasi yaitu untuk memurnikan bahan yang telah bercampur dengan zat lain.

b. *Blending*/ penggerusan

- Bertujuan untuk homogenisasi suatu bahan.

c. *Compacting*/kompaksi

- Yaitu memadatkan bahan yang telah digerus dengan menggunakan *hidrolic press* (penekan hidrolik). Kompaksi adalah merupakan proses pencetakan atau peletisasi bahan magnet keramik dengan tekanan. Bahan yang telah dihaluskan dimasukkan cetakan kemudian ditekan untuk beberapa waktu. Sehingga bahan yang berupa serbuk akan menyatu. Penekanan adalah salah satu cara untuk memadatkan serbuk menjadi bentuk yang diinginkan.

d. *Sintering*/Pemanasan

- Proses sintering adalah proses pemanasan serbuk pada suhu dibawah titik lelehnya dalam rentang waktu yang cukup lama dengan tujuan mendapatkan kualitas bahan yang lebih tinggi. Selain itu, agar butiran-butiran yang berdekatan dapat bereaksi dan berdekatan.
- Pada metoda padat ini bahan yang tidak dapat bercampur secara homogen sehingga akan mempengaruhi proses reaksinya, untuk itu diperlukan suhu yang relatif tinggi pada proses sintering agar bahan dasar dapat tercampur secara homogen.

Beberapa faktor yang menyebabkan reaksi kimia dalam keadaan padat sukar dilakukan dan hanya dapat dilakukan pada suhu yang relative tinggi, yaitu perbedaan struktur kristal antara pereaksi dengan produk reaksi yang dihasilkan. Ion-ion harus melakukan migrasi, sedangkan ion-ion pereaksi yang akan bereaksi terjebak pada kisi kristal sehingga mengalami kesukaran untuk bermigrasi ke antarmuka (*interface*) kristal antara masing-masing pereaksi, sehingga terjadi

penyusunan ulang struktur kristal pada proses pembentukan ikatan-ikatan kimia, serta migrasi ion-ion dalam jarak yang signifikan bagi skala ionik atau atomik.

Faktor lain yang penting adalah proses penggerusan, dimana akan mengurangi rongga antar partikel pereaksi dan juga membuat ukuran serbuknya menjadi kecil, sehingga permukaan partikel yang dapat bereaksi semakin luas.

Luas kontak antarmuka pereaksi-pereaksi juga dapat ditingkatkan dengan dengan cara memberikan tekanan pada campuran reaksi, dan yang terakhir adalah proses sintering atau yang disebut juga dengan proses pemadatan atau pematangan dari serbuk bahan yang dibentuk pada suhu tinggi, namun masih berada di bawah titik leleh bahan tersebut untuk menjadi bahan padat. Selama proses sintering terjadi pengurangan pori-pori bahan yang disertai pembesaran dari masing-masing butir bahan sehingga terjadi ikatan yang kuat antara masing-masing butir.

Pada proses sintering menyebabkan perpindahan material secara difusi. Difusi yang terjadi adalah pergerakan dari atom atau kekosongan (pori) sepanjang permukaan batas butir atau melewati volume dari material dalam kata lain material-material akan melebar sehingga pori akan semakin mengecil, hal ini menandakan *solid state reaction* bereaksi secara sempurna. Difusi volume sepanjang batas butir atau melewati *dislokasi lattice* akan mengakibatkan penyusutan.

2.12 Spektrofotometer

Spektrofotometer berasal dari dua kata yaitu spektro dan fotometer, spektro artinya sinar sedangkan fotometer alat untuk mengukur serapan cahaya, sedangkan spektrofotometri merupakan suatu metode analisis yang berdasarkan

pada pengukuran serapan sinar monokromatis oleh suatu larutan pada gelombang spesifik dengan menggunakan kisi difraksi (Day dan Underwood, 1983). Spektrofotometri merupakan suatu perluasan pemeriksaan visual dengan studi yang lebih mendalam dari serapan energi. Besarnya serapan energi dari suatu sampel yang diukur dari berbagai panjang gelombang yang dilewatkan pada suatu interface untuk menghasilkan spektrum tertentu. Dengan menggunakan spektrofotometer dapat dideteksi besarnya penyerapan cahaya dengan energi (panjang gelombang) tertentu oleh suatu atom atau molekul dapat terukur secara langsung. Sebagai sumber cahaya digunakan lampu uap merkuri yaitu lampu yang mempunyai filament logam padat panas yang menghasilkan penjang gelombang spektrum kontinu. Cahaya yang dihasilkan oleh lampu merkuri ini berasal dari pelepasan muatan pada tekanan rendah. Warna yang dihasilkan dari spektrum tersebut merupakan karakteristik dari elemen lampu yang digunakan. Masing-masing warna ini akan membentuk garis terang ketika cahaya melewati celah yang sempit. Cahaya ditimbulkan dari atom-atom ketika eksitasi electron meluruh ke orbit energi yang lebih tinggi ke orbit energi yang lebih rendah.

Absorpsi cahaya oleh suatu molekul merupakan suatu bentuk interaksi antara gelombang cahaya dengan atom atau molekul. Sehingga besarnya energi yang dibutuhkan ketika elektron berpindah dari satu kulit ke kulit yang lain adalah

$$E = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2 n^2} \quad (2.4)$$

Dengan m_e adalah massa elektron, e adalah muatan elektron, ϵ_0 permitivitas ruang hampa, h tetapan Planck dan n bilangan kuantu, yang menyatakan tingkat energi

(1,2,3...). Dengan memasukkan nilai tetapan-tetapan tersebut ke dalam persamaan sebelumnya . Diperoleh :

$$E = -(13.6 \text{ eV}) \frac{1}{n^2} \quad (2.5)$$

Energi cahaya diserap oleh atom atau molekul yang digunakan oleh electron didalam atom atau molekul tersebut bertransisi ke tingkat electron yang lebih tinggi, absorpsi terjadi jika selisih kedua tingkat energi elektronik tersebut ($\Delta E = E_2 - E_1$) bersesuaian dengan energi dari spectrum cahaya yang dipancarkan, sehingga energi foton ΔE adalah perubahan energi spectrum yang hilang, yaitu

$$\Delta E = E_f - E_i = (13.6 \text{ eV}) \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \quad (2.6)$$

Panjang gelombang foton λ dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.7)$$

Dengan c adalah kelajuan cahaya dan f adalah frekuensi foton:

$$f = \frac{\Delta E}{h} \quad (2.8)$$

Persamaan diatas menyatakan bahwa pancaran cahaya dalam bentuk foton dengan frekuensi tertentu. Cahaya yang dihasilkan dari muatan-muatan listrik yang bergerak di dalam suatu elemen tunggal yang mempunyai sejumlah panjang gelombang diskrit sebagai spektrum pancaran (emisi) (Serway dkk, 2005). Pola warna-warna spectrum pancaran merupakan karakteristik elemen tersebut. Warna masing-masing spectrum muncul dalam bentuk garis terang yang dipisahkan menjadi spectrum-spectrum cahaya.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Maret sampai Juli 2012. Pembuatan bahan pelet dan proses kalsinasi dan sintering dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Fisika Universitas Andalas, sedangkan pencetakan pelet akan dilaksanakan di Laboratorium Sediaan Formulasi Tablet Farmasi Universitas Andalas.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Timbangan digital JAVEDER SKY dengan massa maksimum 600 g (di Laboratorium Dasar Fisika Universitas Andalas) sebagai alat untuk menimbang bahan TiO_2 dan CuO .
2. Mortar dan lumpang, digunakan sebagai penggerusan bahan uji.
3. Furnace untuk berfungsi untuk tempat pembakaran sampel dalam proses sintering dengan temperatur maksimum 1500°C yang terdapat di Laboratorium Material Jurusan Fisika Universitas Andalas.
4. Spatula, berfungsi sebagai pengaduk.
5. Alat Pembuat Tablet Manual (di Laboratorium Sediaan Farmasi Universitas Andalas), sebagai alat untuk pencetak pelet.
6. Multimeter Digital untuk mengukur arus.

7. Oven untuk memanaskan sampel pada saat karakterisasi.
8. Catudaya Variabel sebagai sumber tegangan pada rangkaian.
9. Multimeter Analog untuk mengukur tegangan pada rangkaian.
10. Crocodile sebagai kabel untuk menghubungkan rangkaian.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- *Copper oxide* (CuO) (Merck, Jerman) dengan kemurnian 99,99%.
- *Titanium Dioksida* (TiO₂) (Merck, Jerman) dengan kemurnian 99,99%.

3.3 Tata Laksana Penelitian

3.3.1 Persiapan dan Pembuatan Pelet

Dalam penelitian ini akan diuji sensitivitas, selektivitas, waktu respon dan waktu pulih dari semikonduktor gas CO₂. Pada penelitian ini akan dibuat sampel dengan lima macam persentase doping CuO yaitu sebanyak 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8% mol terhadap bahan dasar TiO₂. Ukuran sampel pelet yang diuji 9 mm x 1.4 mm, dengan 9 mm diameter pelet dan 1.4 mm tebal pelet.

Berikut reaksi kimia yang terjadi pada pelet:



dengan x adalah jumlah doping yang ditambahkan dalam mol

misalnya x = 2% mol

maka:



Selanjutnya persentase mol pada bahan dasar dan doping dikalikan dengan massa atomnya:

$$0,98\text{TiO}_2 = 0.98 (47,867+2(15,999)) = 78,2677$$

$$0,02\text{CuO} = 0.02 (63,546+15,999) = 1,5909$$

$$\text{Cu}_{0,02}\text{Ti}_{(0,98)} + \text{O}_{(2-x)} = (0.02 \times 63,546) + 0,98(47,867) + 1,98(15.999)$$

$$= 1,27092 + 46,90966 + 31,67802$$

$$= 79,8586$$

Untuk mendapatkan komposisi bahan utama dan doping, bahan yang disediakan 2 gram. Maka yang dibutuhkan untuk masing-masing bahan adalah :

$$\text{Untuk TiO}_2 = (78,2677/79,8586) \times 2 \text{ gram} = 1,96015 \text{ gram}$$

$$\text{Untuk CuO} = (1,5909/79,8586) \times 2 \text{ gram} = 0,0398 \text{ gram}$$

Tabel 3.1 Komposisi Massa Sampel

Sampel	Mol	
	TiO ₂	CuO
A	100%	0%
B	98%	2%
C	96%	4%
D	94%	6%
E	92%	8%

3.3.2 Proses *Solid State Reaction*

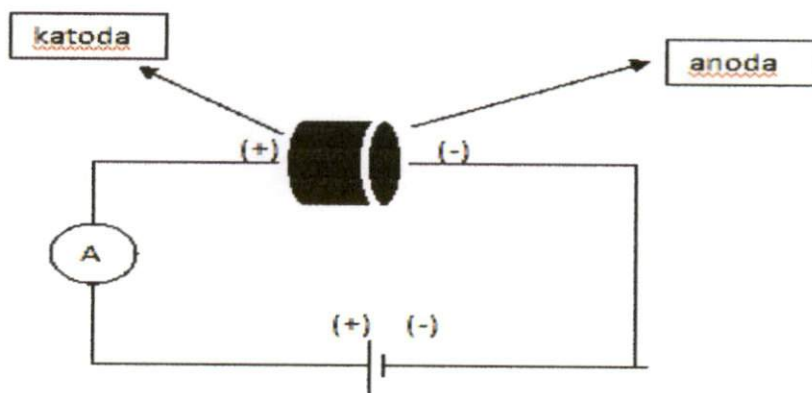
Bahan sampel digerus selama kurang lebih 1 jam hingga diperkirakan sudah homogen, kalsinasi, pada suhu 800°C selama 3 jam. Kalsinasi adalah reaksi temperatur tinggi dimana suatu padatan akan terurai membentuk zat lain. Kompaksi adalah suatu proses pemadatan (kaitannya dengan penelitian ini disebut juga pelet) dengan menggunakan tekanan yang besarnya telah ditentukan. Sintering adalah penggabungan melalui difusi sehingga terjadi *solid state reaction*. Sintering dilaksanakan pada suhu 900°C selama 5 jam.

3.3.3 Skema Rangkaian

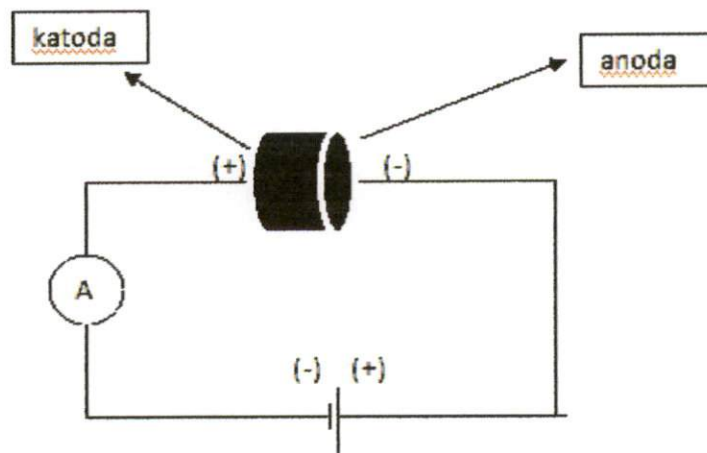
Salah satu bagian elektroda sampel dihubungkan dengan kutub positif sedangkan yang lainnya dihubungkan dengan kutub negatif (bias maju) dan untuk bias mundur polaritasnya dibalik. Antara sampel dan tegangan dihubungkan ke amperemeter, sehingga arus (I) dan tegangan (V) dapat diukur.

Pada pengukuran bias maju dan bias mundur tegangan divariasikan dari -50 Volt sampei dengan 50 Volt dengan interval 5 volt.

Selengkapnya ditunjukkan oleh Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.



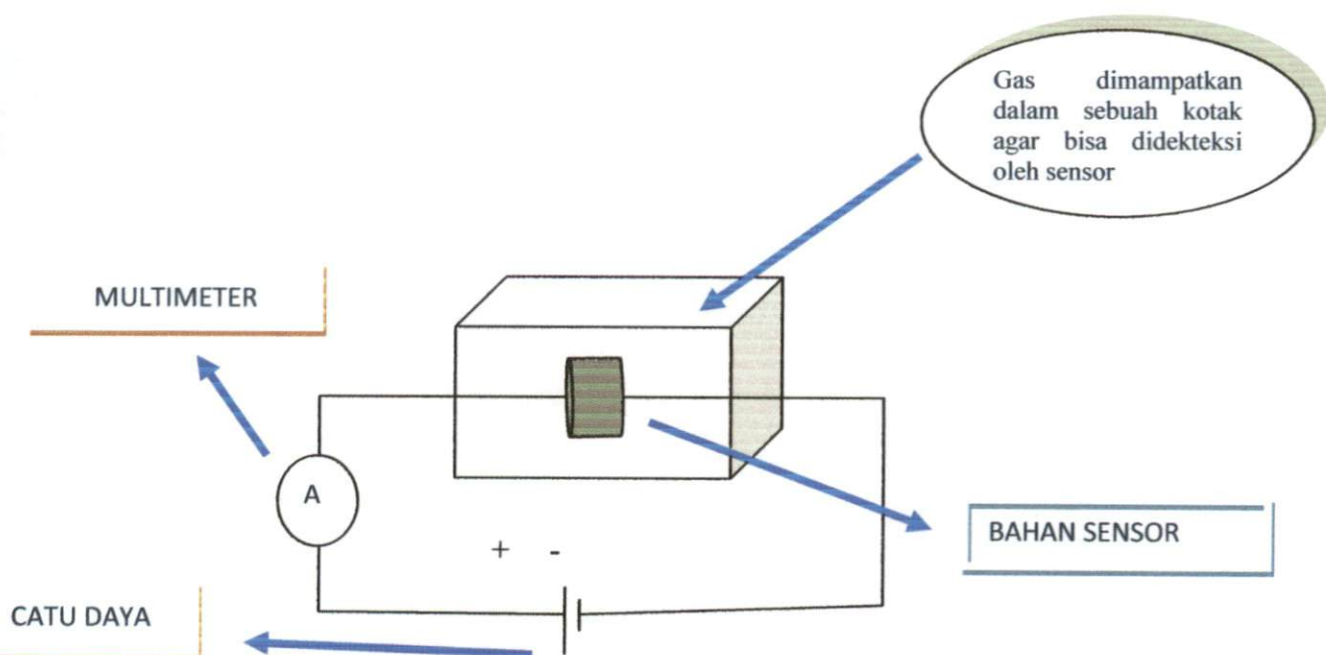
Gambar 3.1. Bias Maju



Gambar 3.2. Bias Mundur

3.3.4 Karakterisasi

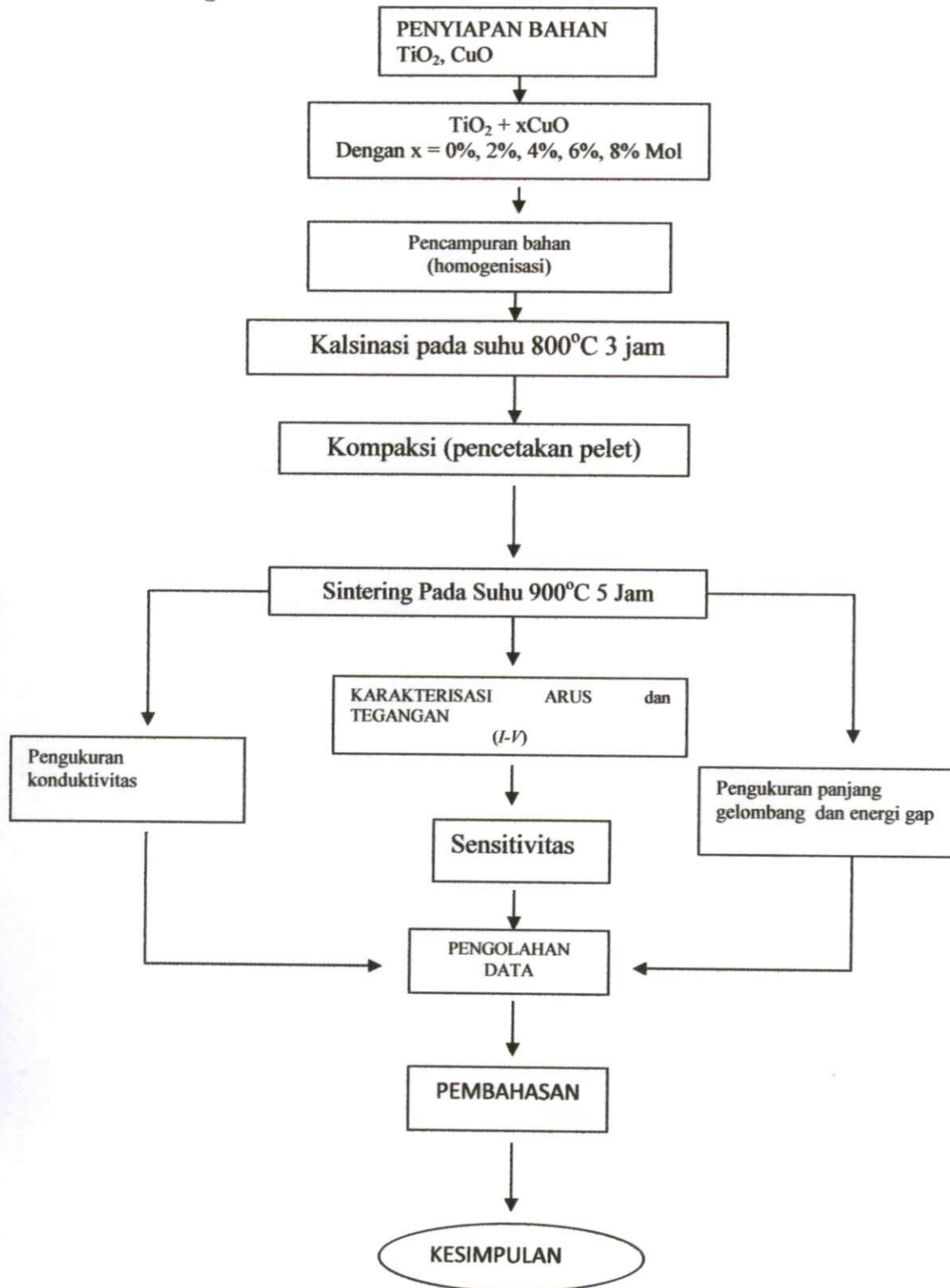
Pada karakterisasi sensor gas CO₂ kotak pada Gambar 3.3 berfungsi untuk menahan gas CO₂ agar tidak keluar (dimampatkan). Sebuah amperemeter dipasang pada rangkaian untuk mengukur arus dari bahan sensor. Kemudian kotak dimasukan ke dalam oven agar bisa divariasikan suhunya dari 80°C sampai dengan 193°C, setiap kenaikan suhu dicatat arus dan tegangannya.



Gambar 3.3 Skema Rangkaian Karakterisasi Sensor

Karakterisasi I - V yang dilakukan adalah untuk menentukan sensitivitas, kemudian diukur konduktivitas bahan. Sedangkan untuk mengukur panjang gelombang dan energi gap pada bahan semikonduktor digunakan alat UV-vis.

3.4 Diagram Penelitian



Gambar 3.4. Diagram tahapan dalam penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

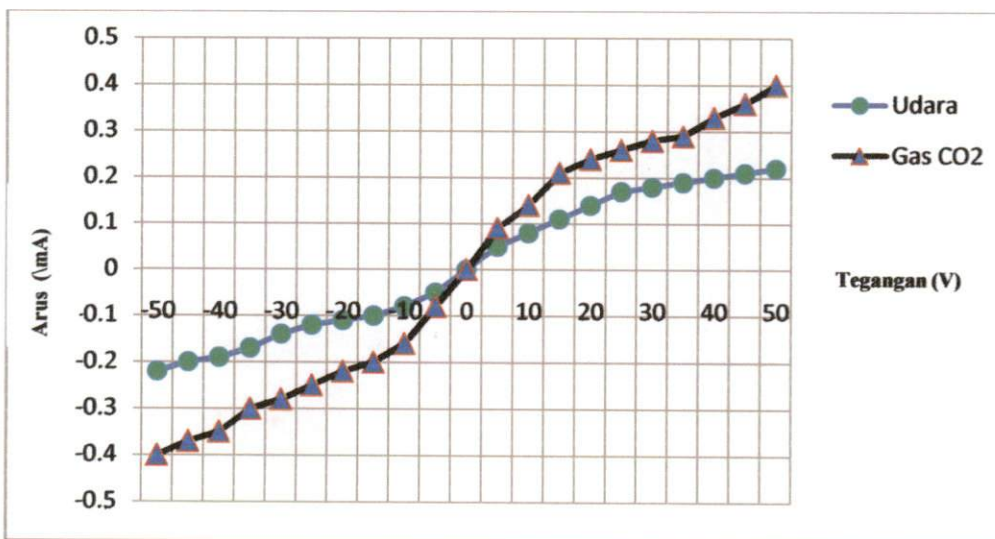
Berdasarkan hasil pengukuran, perhitungan dan analisa terhadap sampel, maka didapatkan nilai karakterisasi I - V , sensitivitas, konduktivitas dan energi gap.

4.1 Karakteristik I - V

Dari pengukuran karakteristik I - V yang telah dilakukan, diperoleh hasil grafik yang selalu berpotongan antara udara dan CO_2 , hal ini disebabkan oleh arus yang diukur secara bias maju (arus positif) dan bias mundur (arus negatif). Karena adanya perbedaan nilai sensitivitas pada udara dan CO_2 pada setiap arus yang diuji, maka grafik akan selalu berpotongan pada titik nol.

4.1.1 TiO_2 100% + 0 % CuO (Sampel 1)

Karakterisasi I - V sampel 1 pada suhu 85°C menunjukkan terjadi perubahan arus sebelum dan sesudah dimasukan gas CO_2 , seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.1.

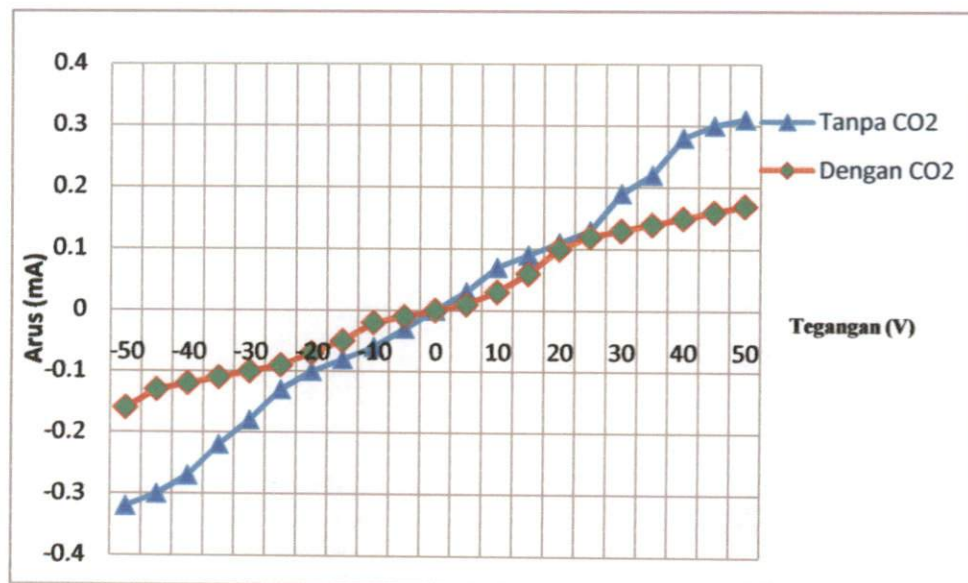


Gambar 4.1 Grafik I - V Sampel 1 pada suhu 85°C

Perubahan hasil yang terjadi tidak terlalu besar dibandingkan dengan sampel yang diberi doping. Hal ini disebabkan oleh bahan TiO_2 murni (tanpa doping) terdiri dari Ti^{+4} dan O^{-2} sehingga terdapat 2 ion yang berfungsi sebagai pembawa muatan. Disamping itu terjadi reaksi antara CO_2 dengan O^- yang ada pada TiO_2 , sehingga I - V pada CO_2 lebih tinggi dibandingkan dengan udara.

4.1.2 TiO_2 98% + 2 % CuO (Sampel 2)

Karakterisasi I - V Sampel 2 pada suhu 80°C menunjukkan perubahan arus sebelum dan sesudah dimasukan gas CO_2 , seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.2.



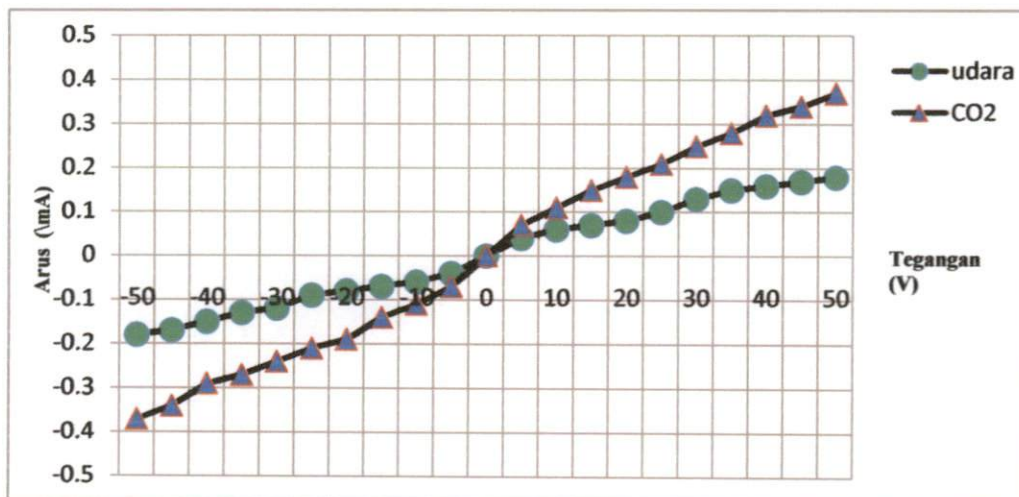
Gambar 4.2 Grafik I - V Sampel 2 pada suhu 80°C

Perolehan ini lebih tinggi dibandingkan dengan sampel sebelum didoping. Hal ini disebabkan oleh TiO_2 mempunyai elektron valensi 4, sedangkan CuO dengan elektron valensi 2 sehingga terdapat 2 elektron bebas. Pemberian doping

dapat merubah energi gap menjadi lebih kecil sehingga elektron lebih mudah meloncati energi gap.

4.1.3 TiO₂ 96% + 4 % CuO (Sampel 3)

Karakteristik I - V Sampel 3 pada suhu 80° sebelum dan sesudah dimasukan gas CO₂ ditunjukkan oleh Gambar 4.3.

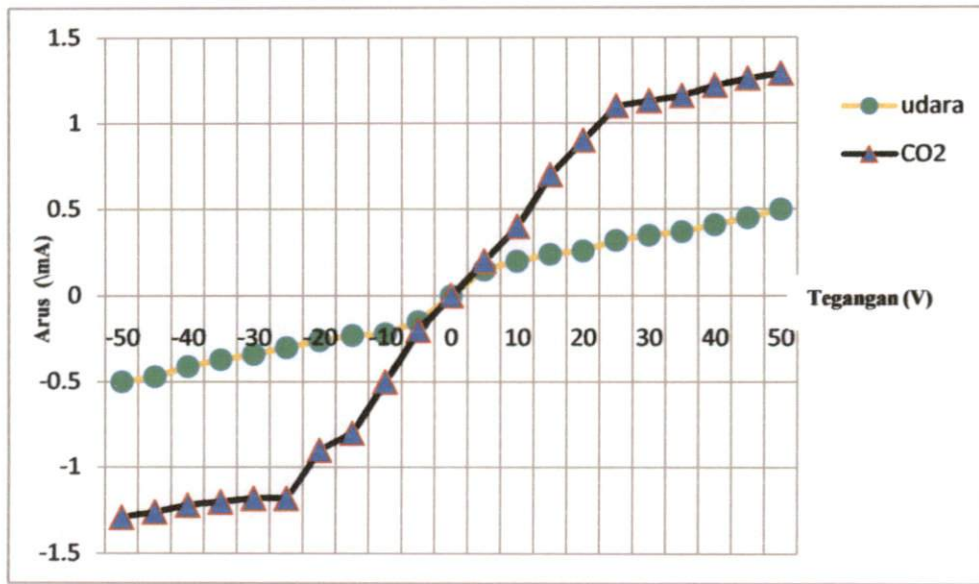


Gambar 4.3 Grafik I - V Sampel 3 pada suhu 80°C

Hasil yang sama juga terjadi pada Sampel 3 yaitu perubahan arus sebelum dan sesudah dimasukan gas CO₂. Perubahan arus pada Sampel 3 tidak signifikan dibandingkan dengan sampel 2. Hal ini disebabkan oleh perubahan doping dari 2% ke 4% bukan mempengaruhi energi gap tetapi membentuk energi gap yang baru.

4.1.4 TiO_2 94% + 6 % CuO (Sampel 4)

Karakteristik I - V Sampel 4 pada suhu 85° sebelum dan sesudah dimasukan gas CO_2 ditunjukkan oleh Gambar 4.4.

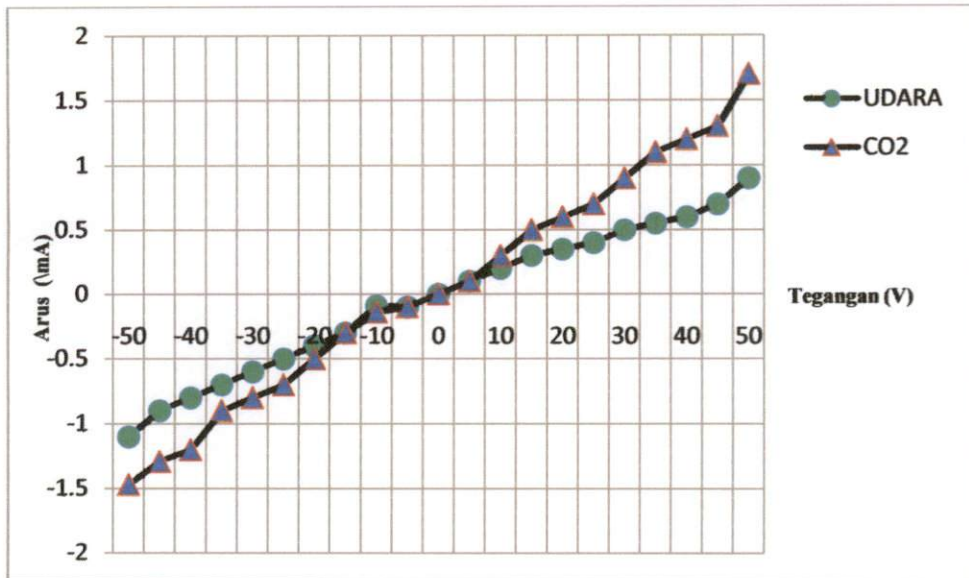


Gambar 4.4 Grafik I - V Sampel 4 pada suhu 85°C

Terjadi perubahan arus yang tertinggi antara sampel 4 di udara dengan CO_2 . Hal ini disebabkan oleh pemberian doping 6% CuO terhadap TiO_2 mengubah energi gap menjadi lebih kecil. Sehingga membebaskan elektron menjadi energi gap. Disamping itu juga terjadi reaksi atom CO_2 dengan O^- absorpsi yang ada pada $\text{TiO}_2(\text{CuO})$.

4.1.5 TiO_2 92% + 8 % CuO (Sampel 5)

Karakteristik I - V Sampel 4 pada suhu 85° sebelum dan sesudah dimasukan gas CO_2 yang menunjukan perubahan arus terhadap tegangan ditunjukan oleh Gambar 4.5.

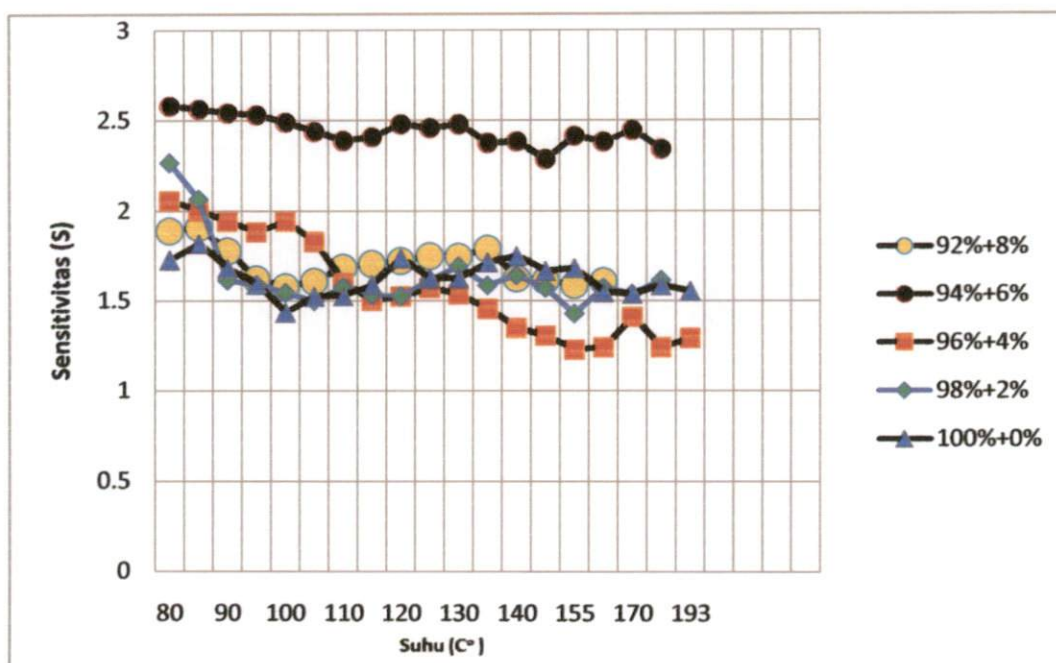


Gambar 4.5 Grafik I - V Sampel 5 pada suhu 85°C

Terjadi penurunan arus antara CO_2 dan udara. Penurunan ini disebabkan oleh pemberian doping yang berlebih tidak menyebabkan energi gap menurun malah menambah energi gap yang baru, sehingga menyulitkan elektron untuk meloncati energi gap.

4.2 Karakteristik Sensitivitas

Berdasarkan karakteristik $I-V$ dari kelima sampel yang telah diukur, maka dapat dibuat grafik perubahan sensitivitas terhadap suhu seperti yang terlihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik Perubahan Sensitivitas versus Suhu

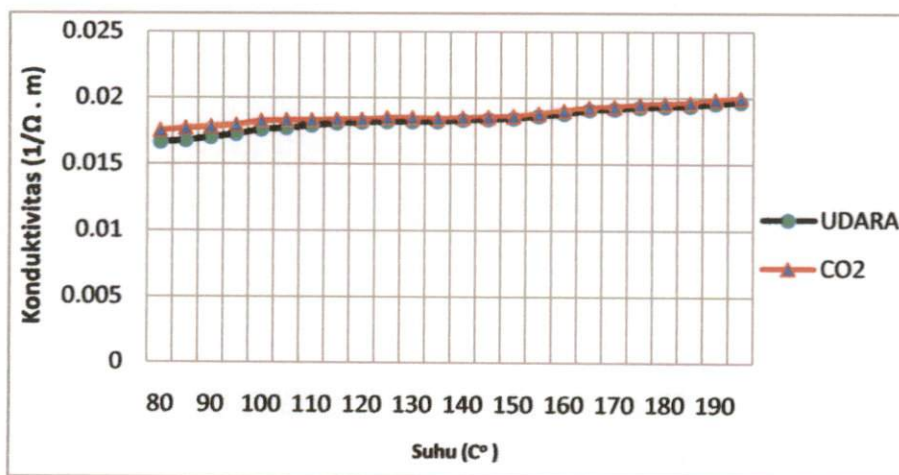
Berdasarkan Gambar 4.6 diperoleh bahwa nilai sensitivitas bahan yang didoping lebih tinggi daripada bahan yang tidak didoping (murni). Hal ini disebabkan oleh penambahan doping pada sampel yang menyebabkan kenaikan sensitivitas akibat reaksi O^- absorpsi pada permukaan sampel yang didoping bereaksi dengan CO_2 , sedangkan pada bahan murni kurang reaktif terhadap CO_2 .

Nilai sensitivitas tertinggi diperoleh sampel 4 pada suhu $80^\circ C$ dengan nilai sensitivitas 2,58, dibandingkan dengan bahan murni yang memperoleh nilai

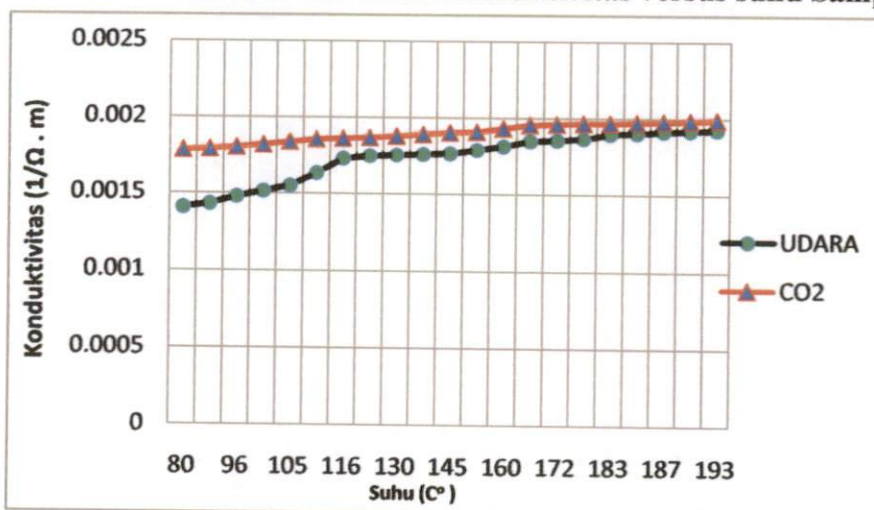
sensitivitas terendah yaitu 1,1818. Ini berarti pemberian doping pada sampel dapat meningkatkan sensitivitas.

4.3 Penentuan Nilai Konduktivitas

Hasil yang diperoleh menunjukkan konduktivitas sampel meningkat seiring dengan naiknya suhu, ini disebabkan karena dengan bertambahnya suhu maka elektron-elektron akan bergerak semakin lincah. Sehingga konduktivitasnya meningkat, hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.



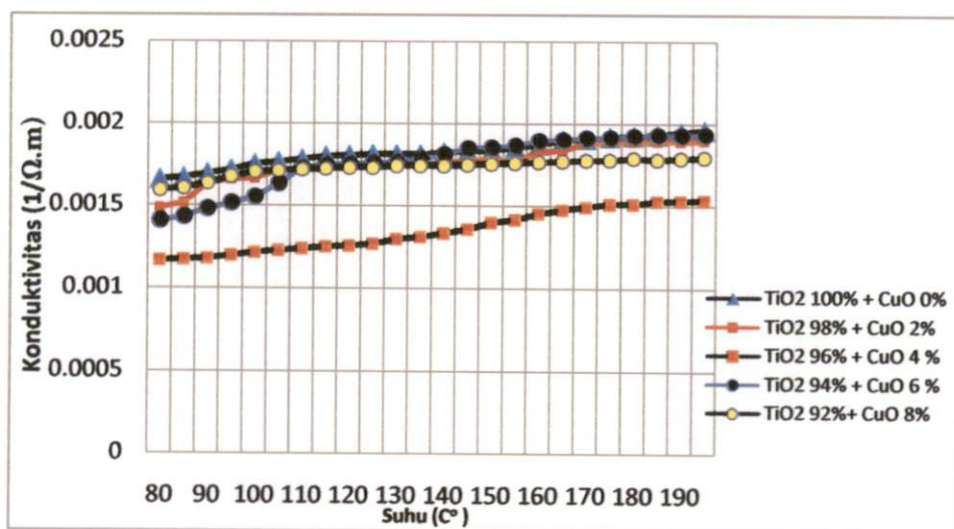
Gambar 4.7 Grafik Perubahan Konduktivitas versus suhu Sampel 1



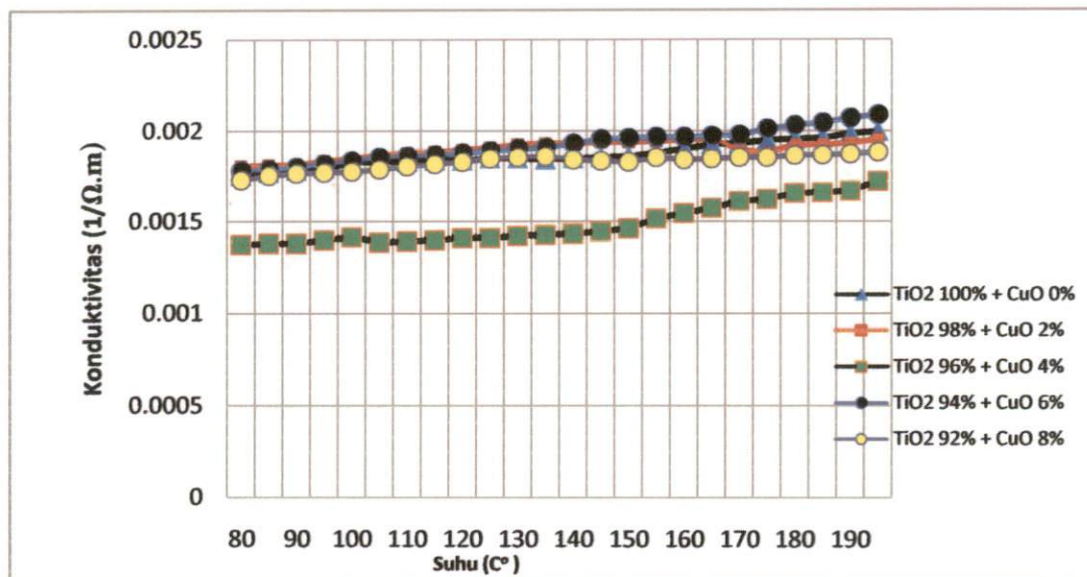
Gambar 4.8 Grafik Perubahan Konduktivitas versus suhu Sampel 4

Gambar 4.7 merupakan perbandingan konduktivitas antara bahan murni pada sampel 1 dengan bahan dengan doping 6% pada sampel 4. Kedua grafik menunjukkan kenaikan konduktivitas terhadap suhu. Pada sampel 1 terjadi kenaikan konduktivitas yang tidak signifikan antara dimasukan gas CO₂ dengan udara. Hal ini disebabkan oleh bahan yang masih murni dan hanya sedikit O⁻ yang bereaksi dengan gas CO₂.

Sementara itu pada sampel 4 yang didoping dengan CuO menunjukkan perbedaan konduktivitas bahan yang lebih signifikan. Ini disebabkan oleh penambahan doping CuO yang mempengaruhi bahan sehingga konduktivitas awal bahan menjadi turun, jika dimasukan CO₂ konduktivitas dari sampel 4 naik secara drastis. Ini disebabkan oleh berubahnya komposisi bahan dengan penambahan doping, sehingga terjadi perbedaan konduktivitas yang lebih signifikan dari bahan murni. Perbandingan sampel yang dimasukan CO₂ dengan udara dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan 4.10



Gambar 4.9 Grafik Perubahan Konduktivitas versus Suhu di udara

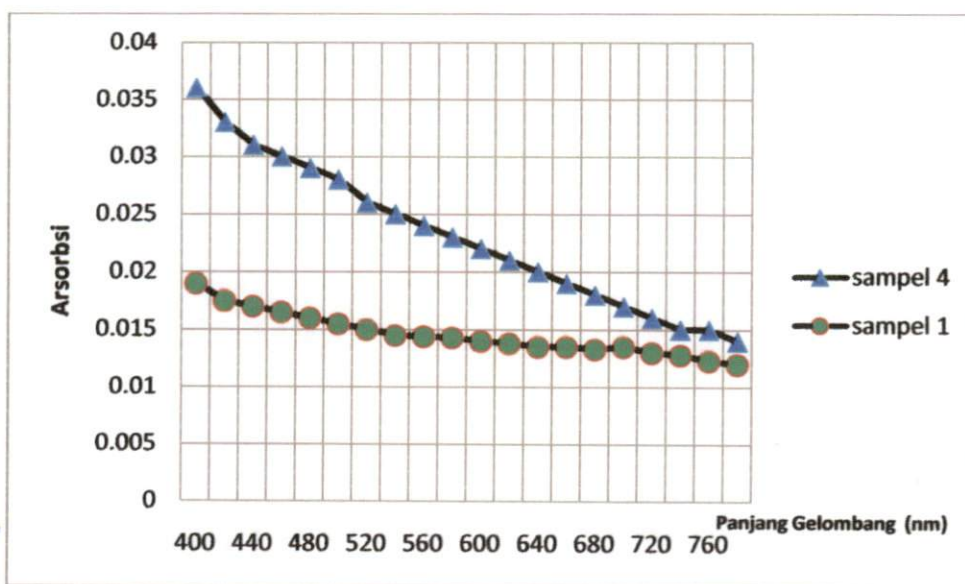


Gambar 4.10 Grafik Perubahan Konduktivitas versus Suhu di CO₂

Berdasarkan Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa konduktivitas pada sampel yang dimasukan CO₂ selalu lebih tinggi daripada diudara, Ini berlaku untuk semua sampel yang diuji. Nilai konduktivitas yang lebih tinggi ini disebabkan oleh sampel dengan doping bereaksi dengan CO₂ menyebabkan peningkatan sensitivitas oleh O⁻arbsorbsi dibandingkan dengan sampel di udara. Konduktivitas paling tinggi diperoleh sampel 4 yang juga merupakan sampel dengan sensitivitas tertinggi, sedangkan nilai konduktivitas terendah diperoleh oleh sampel 3. Hal ini disebabkan oleh komposisi doping yang mengakibatkan konduktivitas menjadi turun.

4.4 Karakteristik Panjang Gelombang Dan Energi Gap

Pada penentuan panjang gelombang dan energi gap, data diambil dari bahan murni dari sampel 1 dan bahan yang memiliki sensitivitas dan konduktivitas tertinggi pada sampel 4. Hubungan antara panjang gelombang dan koefisien absorpsi dari kedua sampel dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.11. Grafik Panjang Gelombang versus Koefisien Absorpsi

Berdasarkan grafik panjang gelombang terhadap koefisien absorpsi yang diperoleh, dapat dilihat bahwa pada sampel 4 yang merupakan dengan doping memiliki koefisien absorpsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan dengan sampel 1. Proses absorpsi foton menyebabkan transisi elektron dari pita valensi ke pita konduksi dengan energi foton harus sama atau lebih besar dari energi gap-nya.

Koefisien absorpsi pada tepi sampel 1 mempunyai nilai panjang gelombang tepi 404,95 nm, sedangkan koefisien absorpsi sampel 4 memiliki nilai

panjang gelombang tepi 401,87. Dari kedua nilai ini diperoleh energi gap pada kedua sampel. Pada sampel 1 diperlukan energi gap 3,06 eV untuk menyerap foton dengan koefisien absorpsi 0,019 , sedangkan sampel 4 memerlukan energi gap 3,09 eV untuk menyerap foton dengan koefisien absorpsi 0,036. Berdasarkan perbedaan energi gap dan nilai koefisien absorpsi tersebut dapat disimpulkan bahwa sampel 1 memiliki energi gap yang lebih besar dibandingkan dengan sampel 4.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisa dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai sensitivitas tertinggi diperoleh pada bahan campuran TiO_2 94% + CuO 6% yaitu 2,58 yang diperoleh pada suhu 80°C , sedangkan nilai terendah pada bahan murni TiO_2 100% yaitu bernilai 1,1818. Maka dapat disimpulkan bahwa penambahan bahan doping dapat meningkatkan sensitivitas.
2. Dengan adanya penambahan suhu nilai konduktivitas bahan juga semakin meningkat, baik diudara maupun dimasukan gas CO_2 dengan nilai konduktivitas tertinggi pada sampel 4 yang bernilai $1,98 \times 10^{-3} (1/\Omega.\text{m})$.
3. Energi gap terendah yang diperoleh pada sampel 1 bernilai 3,06 eV dengan koefisien absorpsi 0,019 dan nilai energi gap tertinggi diperoleh pada sampel 4 dengan nilai 3,09 dengan koefisien absorpsi 0,036

5.2 Saran

Dalam penelitian ini terdapat beberapa kekurangan yang diharapkan dapat diperbaiki oleh peneliti-peneliti selanjutnya. Oleh karena itu penulis menyarankan untuk :

1. Agar bahan pelet tidak mudah hancur sebaiknya dalam hal mengkalsinasi dan sintering bahan pada suhu yang tinggi dan waktu yang agak lama dari penelitian ini, agar pelet yang terbentuk lebih sempurna.
2. Dalam pengukuran karakteristik $I-V$ gas yang dideteksi harus benar-benar dimampatkan pada sebuah medium, agar perhitungan arusnya stabil.
3. Hasil yang diharapkan dari sensitivitas sensor gas adalah sensor tersebut dapat beroperasi pada suhu kamar dan memerlukan daya yang rendah, agar bisa diproduksi secara masal.
4. Untuk peneliti selanjutnya agar dapat juga mengukur tekanan pada saat pembuatan pelet.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Akbar, A.S dan Younkman, L.B, 1997, *Sensing Mechanism of a Carbon Monoxide Sensor Based on Anatase Titania*, *Journal Electrochemistry Society*, Vol 144 no.5.
- Astari, R.R dan Sawitri, D., 2010, Pengaruh Variasi Komposisi dan Proses Pendinginan Terhadap Karakteristik Magnet Barrium Ferrite, skripsi, Program Studi S-1 Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Choi, J.D dan Choi G.M., 2000, *Electrical and CO Gas Sensing Properties of Layered ZnO-CuO Sensor*, *Sensor and Actuators*, Volume B 69, Elsevier, hal 120-126.
- Davidson, Clive., 2003, "*Marine Notice : Carbon Dioxide : Health Hazard*". Australian Maritime Safety Authority, Australia.
- Darawan, dkk, 1987, Fisika Zat Padat, Penerbit Karunika, Jakarta.
- Day, R.Jr dan Underwood, A. 1983, analisa kimia kuantitatif, Erlangga, Jakarta.
- Endarko dan Yudoyono, G., 2007, Draf Modul Fisika, Departemen Pendidikan Nasional Biro Perencanaan dan Kerjasama Luar Negeri, Jakarta.
- Fraden, J., 1996, *Handbook of Modern Sensor*, Aip-Press, San Diego.
- Goenharto dan, Sjafei A., 2005, Breket Titanium, *Majalah Kedokteran Gigi*, Edisi Juli-September 2005, hal 120-123.
- Hendri W dan Maman B., 2004, Pengaruh Laju Aliran Gas N₂ Terhadap Sifat Optik Film Tipis GaN yang Ditumbuhkan Dengan Teknik Pulsed Laser Deposition (PLD), *Jurnal Berkala Fisika*, Vol. 7 No.1 hal 28 -34, Laboratorium Fisika Zat Padat, Jurusan Fisika, Universitas Diponegoro.
- Irzaman dan Maddu A., 2010, Uji Konduktivitas Listrik Dan Dielektrik Film Tipis Lithium Tantalate (LiTaO₃) yang didoping Niobium Pentaoksida (Nb₂O₅) Menggunakan Metode Chemical Solution Deposition, *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, No. ISBN : 978-979-98010-6-7.
- Ishihara, T., 1992, *Mixed Oxide capacitor of CuO-BaTiO₃ as a new type CO₂ gas sensors*, *Journal Electrochem, Soc.* 75 hal 613.

- Jorena., 2009, Menentukan Energi Gap Semikonduktor Silikon Melalui Pengukuran Resistansi Bahan pada Suhu Beragam, Jurnal Penelitian Sains, Vol 12 No. 1B, Jurusan Fisika, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan.
- Liao, Bo., 2001, *Study on CuO-BaTiO₃ Semiconductor Sensor, Sensor and Actuators*, Volume B 80, Elsevier, hal 208-214. ISSN : 1411-1098, hal : 35-39, Jurusan Teknik Fisika, ITS.
- Lizda, J.M., 2006, Karakterisasi Lapisan Tipis SnO₂ Sputtering DC Sebagai Elemen Sensor Gas CO, Jurnal Sains Materi Indonesia, Vol. 8 No. 1, Jurusan Teknik Fisika, ITS.
- Nursiah., 1999, Studi Pengaruh Variasi Pelarut, Lama Kalsinasi pada Pembuatan Lapisan Tipis TiO₂ dari Prekursor Ti(Oipr)₂(acac)₂ dengan Proses Solgel, Skripsi, Fakultas MIPAUI, Universitas Indonesia, Depok.
- Ollis, D.F., 1993, *Photocatalytic Purification and Treatment of Water and Air*, Elsevier, Amsterdam
- Ohya, Y, dan Takahasi Y., 2000, *Preparation of CuO Thin Film and Their Electrical Conductivity*, CSJ Series-Publication of the Ceramics Society of Japan, hal 113-116.
- Sayono, dan Sudjidno, T., 2008, Efek Doping Indium Terhadap Sensitifitas Sensor Gas ZnO, Jurnal P3TN, Vol 3 ISSN : 1411-1349, hal 139 – 147, Batan.
- Slamet, dan Syukur, R., 2003, Pengolahan Logam Berat Chromium (VI) dengan Fotokatalis TiO₂, Jurnal MAKARA, Teknologi, Vol No.1, Hal 27-32, Departement Gas dan Petrokimia, Universitas Indonesia, Depok.
- Susanti., 2006, Reduksi Cr(VI) oleh Fotokatalis TiO₂ yang Didepotapak pada Permukaan Logam dan Uji Ketahanan Korosinya, Skripsi, Program Sarjana Departemen Kimia, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Serway, R.A., and Wolf, E., 1968, *Inverse Diffraction and New Reciprocity Theorem*, Jurnal. Opt.Soc. A. M.
- Sopyan, I., 2002, Pengaruh Struktur Kristal TiO₂ Dalam Degradasi Fotokatalitik Amonia Dan Hidrogen Sulfida, Jurnal Sains Materi Indonesia, Vol 3 No. 3 ISSN : 1411-1098, hal 39 – 43, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Material.
- Tugaswati, A. dan Kawada, T., 1995, Automotive Air Pollution in Jakarta with Special Emphasis on Lead, Particulate, and Nitrogen Dioxide, Jpn J Health Hum Ecol, Volume 61, hal 261-275.

Vlack, Van., 2004, Ilmu dan Teknologi Bahan, Erlangga, Jakarta.

Wismadi, T., 2001, Pembuatan dan Karakterisasi Lapisan Tipis Cooper Oxide (CuO) Sebagai Sensor Gas, Skripsi, Jurusan Fisika IPB, Bogor.

Bapedal (Badan Pengendalian Dampak Lingkungan), 2008, Sumber dan Standar Kesehatan Emisi Gas Buang. <http://www.bappedal.com>. Diakses April 2012

Lampiran 1 :

Perhitungan Massa Sampel

Bahan yang disediakan untuk sebuah pelet 1,5 gram

Persamaan reaksi



- pada sampel 1

$$\text{TiO}_2 = 100\%$$

$$\text{CuO} = 0\%$$

$$X = 0$$

maka



$$100\% \text{ TiO}_2 = 1.00 (47.867 + 2 (15.999)) = 79.865$$

$$0 \% \text{ CuO} = 0 (63.546 + 15.999) = 0$$

$$\text{Cu}_x\text{Ti}_{(1-x)} + \text{O}_{(2-x)} = (0 \times 63.546) + 1.00 (47.867) + 2 (15.999)$$

$$= 0 + 47.867 + 31.998$$

$$= 79.865$$

Maka untuk masing-masing bahan :

$$\text{TiO}_2 = (79.865/79.865) \times 1.5 \text{ gram} = 1.5 \text{ gram}$$

$$\text{CuO} = (0/0) \times 1.5 \text{ gram} = 0 \text{ gram}$$

- pada sampel 2

$$\text{TiO}_2 = 98\%$$

$$\text{CuO} = 2\%$$

$$X = 2\%$$

maka



$$98\% \text{ TiO}_2 = 0.98 (47.867 + 2 (15.999)) = 78.2677$$

$$2 \% \text{ CuO} = 0.02 (63.546 + 15.999) = 1.5909$$

$$\begin{aligned}\text{Cu}_{0.02}\text{Ti}_{(0.98)} + \text{O}_{(1.98)} &= (0.02 \times 63.546) + 0.98 (47.867) + 1.98 (15.999) \\ &= 1.27092 + 46.9096 + 31.678 \\ &= 79.8586\end{aligned}$$

Maka untuk masing-masing bahan :

$$\text{TiO}_2 = (78.2677/79.8586) \times 1.5 \text{ gram} = 1.47 \text{ gram}$$

$$\text{CuO} = (1.5909/79.85865) \times 1.5 \text{ gram} = 0.03 \text{ gram}$$

- pada sampel 3

$$\text{TiO}_2 = 96\%$$

$$\text{CuO} = 4\%$$

$$X = 4\%$$

maka



$$96\% \text{ TiO}_2 = 0.96 (47.867 + 2 (15.999)) = 76.679$$

$$4 \% \text{ CuO} = 0.04 (63.546 + 15.999) = 3.1818$$

$$\begin{aligned}\text{Cu}_{0.04}\text{Ti}_{(0.96)} + \text{O}_{(1.96)} &= (0.04 \times 63.546) + 0.96 (47.867) + 1.96 (15.999) \\ &= 2.54184 + 45.9096 + 31.358 \\ &= 79.7194\end{aligned}$$

Maka untuk masing-masing bahan :

$$\text{TiO}_2 = (76.679/79.7194) \times 1.5 \text{ gram} = 1.44 \text{ gram}$$

$$\text{CuO} = (3.1818/79.7194) \times 1.5 \text{ gram} = 0.06 \text{ gram}$$

- pada sampel 3

$$\text{TiO}_2 = 96\%$$

$$\text{CuO} = 4\%$$

$$X = 4\%$$

maka



$$96\% \text{ TiO}_2 = 0.96 (47.867 + 2 (15.999)) = 76.679$$

$$4\% \text{ CuO} = 0.04 (63.546 + 15.999) = 3.1818$$

$$\text{Cu}_{0.04}\text{Ti}_{(0.96)} + \text{O}_{(1.96)} = (0.04 \times 63.546) + 0.96 (47.867) + 1.96 (15.999)$$

$$= 2.54184 + 45.9096 + 31.358$$

$$= 79.7194$$

Maka untuk masing-masing bahan :

$$\text{TiO}_2 = (76.679/79.7194) \times 1.5 \text{ gram} = 1.44 \text{ gram}$$

$$\text{CuO} = (3.1818/79.7194) \times 1.5 \text{ gram} = 0.06 \text{ gram}$$

- pada sampel 4

$$\text{TiO}_2 = 94\%$$

$$\text{CuO} = 6\%$$

$$X = 6\%$$

maka



$$94\% \text{ TiO}_2 = 0.94 (47.867 + 2 (15.999)) = 75.0731$$

$$6\% \text{ CuO} = 0.06 (63.546 + 15.999) = 4.7727$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cu}_{0.06}\text{Ti}_{(0.94)} + \text{O}_{(1.94)} &= (0.06 \times 63.546) + 0.94 (47.867) + 1.94 (15.999) \\
 &= 3.8127 + 44.9949 + 31.038 \\
 &= 79.8456
 \end{aligned}$$

Maka untuk masing-masing bahan :

$$\text{TiO}_2 = (75.0731/79.8456) \times 1.5 \text{ gram} = 1.41 \text{ gram}$$

$$\text{CuO} = (4.7727/79.8456) \times 1.5 \text{ gram} = 0.09 \text{ gram}$$

- pada sampel 5

$$\text{TiO}_2 = 92\%$$

$$\text{CuO} = 8\%$$

$$X = 8\%$$

maka



$$92\% \text{ TiO}_2 = 0.92 (47.867 + 2 (15.999)) = 73.4758$$

$$8\% \text{ CuO} = 0.08 (63.546 + 15.999) = 6.3636$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cu}_{0.08}\text{Ti}_{(0.92)} + \text{O}_{(1.92)} &= (0.08 \times 63.546) + 0.92 (47.867) + 1.92 (15.999) \\
 &= 5.0836 + 44.0376 + 30.7180 \\
 &= 79.8392
 \end{aligned}$$

Maka untuk masing-masing bahan :

$$\text{TiO}_2 = (73.4758/79.8392) \times 1.5 \text{ gram} = 1.38 \text{ gram}$$

$$\text{CuO} = (6.3636/79.8392) \times 1.5 \text{ gram} = 0.12 \text{ gram}$$

Lampiran 1 :

Perhitungan Massa Sampel

Bahan yang disediakan untuk sebuah pelet 1,5 gram

Persamaan reaksi



- pada sampel 1

$$TiO_2 = 100\%$$

$$CuO = 0\%$$

$$X = 0$$

maka



$$100\% TiO_2 = 1.00 (47.867 + 2 (15.999)) = 79.865$$

$$0 \% CuO = 0 (63.546 + 15.999) = 0$$

$$Cu_xTi_{(1-x)} + O_{(2-x)} = (0 \times 63.546) + 1.00 (47.867) + 2 (15.999)$$

$$= 0 + 47.867 + 31.998$$

$$= 79.865$$

Maka untuk masing-masing bahan :

$$TiO_2 = (79.865/79.865) \times 1.5 \text{ gram} = 1.5 \text{ gram}$$

$$CuO = (0/0) \times 1.5 \text{ gram} = 0 \text{ gram}$$

- pada sampel 2

$$TiO_2 = 98\%$$

$$CuO = 2\%$$

$$X = 2\%$$

maka



$$98\% \text{ TiO}_2 = 0.98 (47.867 + 2 (15.999)) = 78.2677$$

$$2 \% \text{ CuO} = 0.02 (63.546 + 15.999) = 1.5909$$

$$\begin{aligned}\text{Cu}_{0.02}\text{Ti}_{(0.98)} + \text{O}_{(1.98)} &= (0.02 \times 63.546) + 0.98 (47.867) + 1.98 (15.999) \\ &= 1.27092 + 46.9096 + 31.678 \\ &= 79.8586\end{aligned}$$

Maka untuk masing-masing bahan :

$$\text{TiO}_2 = (78.2677/79.8586) \times 1.5 \text{ gram} = 1.47 \text{ gram}$$

$$\text{CuO} = (1.5909/79.85865) \times 1.5 \text{ gram} = 0.03 \text{ gram}$$

- pada sampel 3

$$\text{TiO}_2 = 96\%$$

$$\text{CuO} = 4\%$$

$$\text{X} = 4\%$$

maka



$$96\% \text{ TiO}_2 = 0.96 (47.867 + 2 (15.999)) = 76.679$$

$$4 \% \text{ CuO} = 0.04 (63.546 + 15.999) = 3.1818$$

$$\begin{aligned}\text{Cu}_{0.02}\text{Ti}_{(0.98)} + \text{O}_{(1.98)} &= (0.04 \times 63.546) + 0.96 (47.867) + 1.96 (15.999) \\ &= 2.54184 + 45.9096 + 31.358 \\ &= 79.7194\end{aligned}$$

Maka untuk masing-masing bahan :

$$\text{TiO}_2 = (76.679/79.7194) \times 1.5 \text{ gram} = 1.44 \text{ gram}$$

$$\text{CuO} = (3.1818/79.7194) \times 1.5 \text{ gram} = 0.06 \text{ gram}$$

- pada sampel 3

$$\text{TiO}_2 = 96\%$$

$$\text{CuO} = 4\%$$

$$X = 4\%$$

maka



$$96\% \text{ TiO}_2 = 0.96 (47.867 + 2 (15.999)) = 76.679$$

$$4\% \text{ CuO} = 0.04 (63.546 + 15.999) = 3.1818$$

$$\text{Cu}_{0.04}\text{Ti}_{(0.96)} + \text{O}_{(1.96)} = (0.04 \times 63.546) + 0.96 (47.867) + 1.96 (15.999)$$

$$= 2.54184 + 45.9096 + 31.358$$

$$= 79.7194$$

Maka untuk masing-masing bahan :

$$\text{TiO}_2 = (76.679/79.7194) \times 1.5 \text{ gram} = 1.44 \text{ gram}$$

$$\text{CuO} = (3.1818/79.7194) \times 1.5 \text{ gram} = 0.06 \text{ gram}$$

- pada sampel 4

$$\text{TiO}_2 = 94\%$$

$$\text{CuO} = 6\%$$

$$X = 6\%$$

maka



$$94\% \text{ TiO}_2 = 0.94 (47.867 + 2 (15.999)) = 75.0731$$

$$6\% \text{ CuO} = 0.06 (63.546 + 15.999) = 4.7727$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cu}_{0.06}\text{Ti}_{(0.94)} + \text{O}_{(1.94)} &= (0.06 \times 63.546) + 0.94 (47.867) + 1.94 (15.999) \\
 &= 3.8127 + 44.9949 + 31.038 \\
 &= 79.8456
 \end{aligned}$$

Maka untuk masing-masing bahan :

$$\text{TiO}_2 = (75.0731/79.8456) \times 1.5 \text{ gram} = 1.41 \text{ gram}$$

$$\text{CuO} = (4.7727/79.8456) \times 1.5 \text{ gram} = 0.09 \text{ gram}$$

- pada sampel 5

$$\text{TiO}_2 = 92\%$$

$$\text{CuO} = 8\%$$

$$X = 8\%$$

maka



$$92\% \text{ TiO}_2 = 0.92 (47.867 + 2 (15.999)) = 73.4758$$

$$8\% \text{ CuO} = 0.08 (63.546 + 15.999) = 6.3636$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cu}_{0.08}\text{Ti}_{(0.92)} + \text{O}_{(1.92)} &= (0.08 \times 63.546) + 0.92 (47.867) + 1.92 (15.999) \\
 &= 5.0836 + 44.0376 + 30.7180 \\
 &= 79.8392
 \end{aligned}$$

Maka untuk masing-masing bahan :

$$\text{TiO}_2 = (73.4758/79.8392) \times 1.5 \text{ gram} = 1.38 \text{ gram}$$

$$\text{CuO} = (6.3636/79.8392) \times 1.5 \text{ gram} = 0.12 \text{ gram}$$

Lampiran 2 :

Perhitungan Karakteristik I-V untuk setiap sampel

Pada sampel 1 (TiO₂ 100% + CuO 0%)

95 ^o C		90 ^o C				85 ^o C				80 ^o C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-0.23	-50	-0.35	-50	-0.22	-50	-0.37	-50	-0.22	-50	-0.4	-50	-0.22	-50	-0.38
-45	-0.21	-45	-0.33	-45	-0.2	-45	-0.35	-45	-0.2	-45	-0.37	-45	-0.2	-45	-0.36
-40	-0.2	-40	-0.31	-40	-0.19	-40	-0.32	-40	-0.19	-40	-0.35	-40	-0.19	-40	-0.33
35	-0.18	35	-0.25	35	-0.17	35	-0.27	35	-0.17	35	-0.3	35	-0.17	35	-0.28
-30	-0.16	-30	-0.23	-30	-0.14	-30	-0.24	-30	-0.14	-30	-0.28	-30	-0.14	-30	-0.25
25	-0.13	25	-0.22	25	-0.12	25	-0.23	25	-0.12	25	-0.25	25	-0.12	25	-0.24
-20	-0.12	-20	-0.2	-20	-0.11	-20	-0.21	-20	-0.11	-20	-0.22	-20	-0.11	-20	-0.2
-15	-0.1	-15	-0.19	-15	-0.1	-15	-0.2	-15	-0.1	-15	-0.2	-15	-0.1	-15	-0.19
-10	-0.09	-10	-0.14	-10	-0.08	-10	-0.15	-10	-0.08	-10	-0.16	-10	-0.08	-10	-0.14
-5	-0.06	-5	-0.08	-5	-0.05	-5	-0.08	-5	-0.05	-5	-0.08	-5	-0.05	-5	-0.07
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.06	5	0.06	5	0.05	5	0.07	5	0.05	5	0.09	5	0.05	5	0.07
10	0.09	10	0.15	10	0.08	10	0.15	10	0.08	10	0.14	10	0.08	10	0.14
15	0.1	15	0.18	15	0.11	15	0.2	15	0.11	15	0.21	15	0.11	15	0.19
20	0.12	20	0.2	20	0.14	20	0.22	20	0.14	20	0.24	20	0.14	20	0.23
25	0.13	25	0.22	25	0.17	25	0.23	25	0.17	25	0.26	25	0.17	25	0.25
30	0.16	30	0.25	30	0.18	30	0.27	30	0.18	30	0.28	30	0.18	30	0.26
35	0.18	35	0.26	35	0.19	35	0.28	35	0.19	35	0.29	35	0.19	35	0.29
40	0.19	40	0.31	40	0.2	40	0.31	40	0.2	40	0.33	40	0.2	40	0.31
45	0.21	45	0.33	45	0.21	45	0.34	45	0.21	45	0.36	45	0.21	45	0.33
50	0.22	50	0.35	50	0.22	50	0.35	50	0.22	50	0.4	50	0.22	50	0.35

115°C		110°C				105°C				100°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-0.17	-50	-0.27	-50	-0.19	-50	-0.29	-50	-0.21	-50	-0.31	-50	-0.23	-50	-0.33
-45	-0.16	-45	-0.25	-45	-0.18	-45	-0.27	-45	-0.2	-45	-0.29	-45	-0.21	-45	-0.31
-40	-0.14	-40	-0.23	-40	-0.16	-40	-0.25	-40	-0.18	-40	-0.27	-40	-0.2	-40	-0.29
35	-0.12	35	-0.2	35	-0.14	35	-0.22	35	-0.16	35	-0.24	35	-0.18	35	-0.27
-30	-0.11	-30	-0.19	-30	-0.13	-30	-0.2	-30	-0.14	-30	-0.22	-30	-0.16	-30	-0.23
25	-0.1	25	-0.18	25	-0.12	25	-0.19	25	-0.12	25	-0.2	25	-0.13	25	-0.21
-20	-0.08	-20	-0.15	-20	-0.1	-20	-0.17	-20	-0.11	-20	-0.18	-20	-0.12	-20	-0.19
-15	-0.07	-15	-0.13	-15	-0.09	-15	-0.15	-15	-0.1	-15	-0.17	-15	-0.1	-15	-0.18
-10	-0.06	-10	-0.09	-10	-0.08	-10	-0.09	-10	-0.09	-10	-0.1	-10	-0.09	-10	-0.13
-5	-0.04	-5	0.05	-5	-0.05	-5	-0.06	-5	-0.06	-5	-0.07	-5	-0.06	-5	-0.07
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.04	5	0.05	5	0.05	5	0.06	5	0.06	5	0.06	5	0.06	5	0.06
10	0.06	10	0.09	10	0.08	10	0.09	10	0.09	10	0.11	10	0.09	10	0.12
15	0.07	15	0.12	15	0.09	15	0.15	15	0.1	15	0.16	15	0.1	15	0.17
20	0.08	20	0.16	20	0.1	20	0.18	20	0.11	20	0.19	20	0.12	20	0.2
25	0.1	25	0.18	25	0.12	25	0.2	25	0.12	25	0.22	25	0.13	25	0.21
30	0.11	30	0.19	30	0.13	30	0.21	30	0.14	30	0.23	30	0.16	30	0.24
35	0.12	35	0.21	35	0.15	35	0.22	35	0.16	35	0.25	35	0.18	35	0.27
40	0.14	40	0.22	40	0.17	40	0.25	40	0.18	40	0.27	40	0.19	40	0.29
45	0.16	45	0.24	45	0.18	45	0.27	45	0.2	45	0.29	45	0.21	45	0.31
50	0.17	50	0.27	50	0.19	50	0.29	50	0.21	50	0.32	50	0.22	50	0.33

135°C		130°C				125°C				120°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-0.14	-50	-0.25	-50	-0.16	-50	-0.26	-50	-0.16	-50	-0.26	-50	-0.141	-50	-0.255
-45	-0.13	-45	-0.23	-45	-0.15	-45	-0.24	-45	-0.15	-45	-0.24	-45	-0.133	-45	-0.233
-40	-0.12	-40	-0.2	-40	-0.13	-40	-0.22	-40	-0.13	-40	-0.22	-40	-0.127	-40	-0.28
35	-0.11	35	-0.19	35	-0.11	35	-0.19	35	-0.11	35	-0.19	35	-0.113	35	-0.194
-30	-0.09	-30	-0.17	-30	-0.1	-30	-0.18	-30	-0.1	-30	-0.18	-30	-0.094	-30	-0.178
25	-0.08	25	-0.16	25	-0.09	25	-0.17	25	-0.09	25	-0.17	25	-0.088	25	-0.163
-20	-0.06	-20	-0.13	-20	-0.07	-20	-0.14	-20	-0.07	-20	-0.14	-20	-0.066	-20	-0.132
-15	-0.05	-15	-0.1	-15	-0.06	-15	-0.12	-15	-0.06	-15	-0.12	-15	-0.054	-15	-0.1
-10	-0.04	-10	-0.07	-10	-0.05	-10	-0.08	-10	-0.05	-10	-0.08	-10	-0.043	-10	-0.076
-5	-0.02	-5	0.04	-5	-0.03	-5	0.04	-5	-0.03	-5	0.04	-5	-0.025	-5	0.044
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.02	5	0.03	5	0.03	5	0.04	5	0.03	5	0.04	5	0.027	5	0.032
10	0.04	10	0.07	10	0.05	10	0.08	10	0.05	10	0.08	10	0.045	10	0.075
15	0.05	15	0.1	15	0.06	15	0.11	15	0.06	15	0.11	15	0.054	15	0.1
20	0.06	20	0.13	20	0.07	20	0.15	20	0.07	20	0.15	20	0.069	20	0.136
25	0.08	25	0.16	25	0.09	25	0.17	25	0.09	25	0.17	25	0.085	25	0.162
30	0.09	30	0.17	30	0.1	30	0.18	30	0.1	30	0.18	30	0.094	30	0.175
35	0.11	35	0.19	35	0.11	35	0.2	35	0.11	35	0.2	35	0.116	35	0.196
40	0.12	40	0.2	40	0.13	40	0.21	40	0.13	40	0.21	40	0.123	40	0.28
45	0.13	45	0.22	45	0.15	45	0.23	45	0.15	45	0.23	45	0.138	45	0.224
50	0.14	50	0.24	50	0.16	50	0.26	50	0.16	50	0.26	50	0.144	50	0.25

155°C		150°C				145°C				140°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-0.124	-50	-0.225	-50	-0.126	-50	-0.2	-50	-0.12	-50	-0.23	-50	-0.13	-50	-0.22
-45	-0.1147	-45	-0.204	-45	-0.1149	-45	-0.21	-45	-0.11	-45	-0.21	-45	-0.12	-45	-0.22
-40	-0.102	-40	-0.174	-40	-0.104	-40	-0.18	-40	-0.1	-40	-0.18	-40	-0.11	-40	-0.19
35	-0.0957	35	-0.16	35	-0.0959	35	-0.17	35	-0.09	35	-0.17	35	-0.1	35	-0.18
-30	0.074	-30	-0.14	-30	0.076	-30	-0.15	-30	0.07	-30	-0.15	-30	-0.08	-30	-0.16
25	-0.0689	25	-0.12	25	-0.07	25	-0.123	25	-0.06	25	-0.123	25	-0.07	25	-0.12
-20	-0.0436	-20	-0.1	-20	-0.04	-20	-0.1	-20	-0.04	-20	-0.1	-20	-0.05	-20	-0.1
-15	-0.0341	-15	-0.09	-15	-0.035	-15	-0.093	-15	-0.03	-15	-0.093	-15	-0.04	-15	-0.09
-10	-0.0289	-10	-0.06	-10	-0.02	-10	-0.07	-10	-0.02	-10	-0.07	-10	-0.02	-10	-0.07
-5	-0.015	-5	-0.03	-5	-0.015	-5	-0.03	-5	-0.01	-5	-0.03	-5	-0.01	-5	-0.03
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.0126	5	0.03	5	0.015	5	0.03	5	0.01	5	0.03	5	0.01	5	0.03
10	0.0271	10	0.062	10	0.021	10	0.062	10	0.02	10	0.062	10	0.02	10	0.062
15	0.043	15	0.09	15	0.035	15	0.09	15	0.03	15	0.09	15	0.04	15	0.09
20	0.048	20	0.097	20	0.04	20	0.097	20	0.04	20	0.097	20	0.05	20	0.01
25	0.0529	25	0.12	25	0.06	25	0.11	25	0.06	25	0.11	25	0.07	25	0.11
30	0.069	30	0.14	30	0.07	30	0.13	30	0.07	30	0.13	30	0.08	30	0.13
35	0.0887	35	0.16	35	0.09	35	0.15	35	0.09	35	0.15	35	0.09	35	0.16
40	0.098	40	0.17	40	0.102	40	0.17	40	0.1	40	0.17	40	0.1	40	0.19
45	0.106	45	0.19	45	0.11	45	0.19	45	0.11	45	0.19	45	0.11	45	0.21
50	0.119	50	0.2	50	0.12	50	0.2	50	0.12	50	0.23	50	0.12	50	0.21

175°C		170°C				165°C				160°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-0.13	-50	-0.2	-50	-0.14	-50	-0.22	-50	-0.14	-50	-0.2	-50	-0.12	-50	-0.2
-45	-0.115	-45	-0.197	-45	-0.1145	-45	-0.2	-45	-0.111	-45	-0.19	-45	-0.11	-45	-0.19
-40	-0.1	-40	-0.187	-40	-0.1	-40	-0.17	-40	-0.1	-40	-0.16	-40	-0.1	-40	-0.18
35	-0.096	35	-0.179	35	-0.0955	35	-0.156	35	-0.086	35	-0.14	35	-0.09	35	-0.17
-30	0.074	-30	-0.159	-30	0.0739	-30	-0.132	-30	0.063	-30	-0.12	-30	0.07	-30	-0.15
25	-0.069	25	-0.134	25	-0.0687	25	-0.11	25	-0.058	25	-0.11	25	-0.06	25	-0.13
-20	-0.044	-20	-0.119	-20	-0.0434	-20	-0.09	-20	-0.041	-20	-0.08	-20	-0.04	-20	-0.11
-15	-0.034	-15	-0.097	-15	-0.0339	-15	-0.087	-15	-0.0302	-15	-0.05	-15	-0.03	-15	-0.09
-10	-0.029	-10	-0.067	-10	-0.0287	-10	-0.057	-10	-0.021	-10	-0.04	-10	-0.02	-10	-0.06
-5	-0.013	-5	-0.037	-5	-0.012	-5	-0.027	-5	-0.009	-5	-0.02	-5	-0.01	-5	-0.03
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.013	5	0.038	5	0.0124	5	0.028	5	0.008	5	0.02	5	0.01	5	0.03
10	0.027	10	0.059	10	0.0269	10	0.059	10	0.019	10	0.04	10	0.02	10	0.05
15	0.038	15	0.088	15	0.039	15	0.088	15	0.03	15	0.08	15	0.03	15	0.08
20	0.047	20	0.117	20	0.046	20	0.097	20	0.041	20	0.09	20	0.04	20	0.11
25	0.053	25	0.129	25	0.0526	25	0.119	25	0.049	25	0.11	25	0.05	25	0.12
30	0.069	30	0.149	30	0.068	30	0.139	30	0.053	30	0.12	30	0.06	30	0.14
35	0.089	35	0.179	35	0.0884	35	0.159	35	0.07	35	0.14	35	0.08	35	0.17
40	0.097	40	0.188	40	0.095	40	0.1688	40	0.08	40	0.16	40	0.09	40	0.18
45	0.1	45	0.198	45	0.1	45	0.188	45	0.1	45	0.18	45	0.1	45	0.19
50	0.13	50	0.202	50	0.14	50	0.222	50	0.13	50	0.2	50	0.13	50	0.201



193°C		190°C				185°C				180°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-0.12	-50	-0.21	-50	-0.13	-0.22	-0.22	-50	-0.12	-50	-0.2	-50	-0.122	-50	-0.2
-45	-0.11	-45	-0.2	-45	-0.12	-45	-0.22	-45	-0.11	-45	-0.19	-45	-0.114	-45	-0.195
-40	-0.1	-40	-0.18	-40	-0.11	-40	-0.19	-40	-0.1	-40	-0.18	-40	-0.1	-40	-0.185
35	-0.09	35	-0.16	35	-0.1	35	-0.18	35	-0.09	35	-0.17	35	-0.095	35	-0.178
-30	-0.07	-30	-0.14	-30	-0.08	-30	-0.16	-30	-0.07	-30	-0.15	-30	0.073	-30	-0.158
25	-0.06	25	-0.12	25	-0.07	25	-0.13	25	-0.06	25	-0.13	25	-0.068	25	-0.132
-20	-0.04	-20	-0.1	-20	-0.05	-20	-0.11	-20	-0.04	-20	-0.11	-20	-0.043	-20	-0.118
-15	-0.03	-15	-0.09	-15	-0.04	-15	-0.1	-15	-0.03	-15	-0.09	-15	-0.033	-15	-0.095
-10	-0.02	-10	-0.06	-10	-0.03	-10	-0.08	-10	-0.02	-10	-0.06	-10	-0.028	-10	-0.065
-5	-0.01	-5	-0.04	-5	-0.02	-5	0.04	-5	-0.01	-5	-0.03	-5	-0.011	-5	-0.034
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.01	5	0.03	5	0.02	5	0.03	5	0.01	5	0.03	5	0.012	5	0.036
10	0.02	10	0.06	10	0.03	10	0.07	10	0.02	10	0.05	10	0.026	10	0.058
15	0.03	15	0.09	15	0.04	15	0.09	15	0.03	15	0.08	15	0.034	15	0.086
20	0.04	20	0.11	20	0.05	20	0.11	20	0.04	20	0.11	20	0.045	20	0.115
25	0.05	25	0.12	25	0.07	25	0.13	25	0.05	25	0.12	25	0.052	25	0.129
30	0.06	30	0.14	30	0.08	30	0.15	30	0.06	30	0.14	30	0.069	30	0.148
35	0.08	35	0.16	35	0.1	35	0.15	35	0.08	35	0.17	35	0.088	35	0.177
40	0.09	40	0.18	40	0.11	40	0.19	40	0.09	40	0.18	40	0.094	40	0.181
45	0.1	45	0.2	45	0.12	45	0.21	45	0.1	45	0.19	45	0.1	45	0.196
50	0.11	50	0.22	50	0.13	50	0.22	50	0.12	50	0.2	50	0.12	50	0.201

Pada sampel 2 (TiO₂ 98% + CuO 2%)

95°C		90°C				85°C				80°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-0.1	-50	-0.175	-50	-0.15	-50	-0.21	-50	-0.14	-50	-0.32	-50	-0.14	-50	-0.36
-45	-0.09	-45	-0.17	-45	-0.14	-45	-0.2	-45	-0.13	-45	-0.3	-45	-0.15	-45	-0.32
-40	-0.08	-40	-0.16	-40	-0.12	-40	-0.19	-40	-0.135	-40	-0.27	-40	-0.15	-40	-0.3
35	-0.07	35	-0.14	35	-0.12	35	-0.18	35	-0.125	35	-0.24	35	-0.14	35	-0.27
-30	-0.06	-30	-0.13	-30	-0.11	-30	-0.17	-30	-0.12	-30	-0.21	-30	-0.14	-30	-0.22
25	-0.05	25	-0.1	25	0.1	25	-0.14	25	-0.11	25	-0.19	25	-0.11	25	-0.2
-20	-0.04	-20	-0.09	-20	-0.07	-20	-0.12	-20	-0.09	-20	-0.14	-20	-0.08	-20	-0.17
-15	-0.03	-15	-0.07	-15	-0.05	-15	-0.08	-15	-0.07	-15	-0.1	-15	-0.06	-15	-0.13
-10	-0.02	-10	-0.05	-10	-0.04	-10	-0.06	-10	-0.04	-10	-0.06	-10	-0.04	-10	-0.09
-5	-0.01	-5	0.02	-5	-0.01	-5	0.02	-5	-0.02	-5	-0.03	-5	-0.03	-5	0.04
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.01	5	0.02	5	0.01	5	0.02	5	0.02	5	0.03	5	0.03	5	0.04
10	0.02	10	0.05	10	0.04	10	0.06	10	0.04	10	0.06	10	0.04	10	0.09
15	0.04	15	0.07	15	0.05	15	0.08	15	0.07	15	0.1	15	0.06	15	0.13
20	0.05	20	0.09	20	0.07	20	0.12	20	0.08	20	0.14	20	0.07	20	0.17
25	0.06	25	0.1	25	0.1	25	0.14	25	0.11	25	0.19	25	0.08	25	0.2
30	0.07	30	0.13	30	0.11	30	0.17	30	0.12	30	0.21	30	0.1	30	0.23
35	0.08	35	0.14	35	0.12	35	0.19	35	0.13	35	0.24	35	0.12	35	0.27
40	0.09	40	0.16	40	0.12	40	0.19	40	0.14	40	0.27	40	0.13	40	0.3
45	0.1	45	0.17	45	0.125	45	0.2	45	0.145	45	0.29	45	0.14	45	0.33
50	0.11	50	0.175	50	0.13	50	0.21	50	0.15	50	0.31	50	0.15	50	0.34

127°C		120°C				112°C				106°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-0.12	-50	-0.18	-50	-0.11	-50	-0.16	-50	-0.12	-50	-0.18	-50	-0.1	-50	-0.16
-45	-0.1	-45	-0.15	-45	-0.1	-45	-0.14	-45	-0.11	-45.11	-0.16	-45	-0.09	-45	-0.15
-40	-0.09	-40	-0.13	-40	-0.09	-40	-0.12	-40	-0.09	-40	-0.14	-40	-0.08	-40	-0.14
35	-0.08	35	-0.12	35	-0.08	35	-0.1	35	-0.08	35	-0.12	35	-0.07	35	-0.12
-30	-0.07	-30	-0.1	-30	-0.07	-30	-0.09	-30	-0.07	-30	-0.1	-30	-0.06	-30	-0.1
25	-0.06	25	-0.09	25	-0.06	25	-0.08	25	-0.06	25	-0.09	25	-0.05	25	-0.09
-20	-0.04	-20	-0.06	-20	-0.04	-20	-0.6	-20	-0.04	-20	-0.7	-20	-0.04	-20	-0.07
-15	-0.03	-15	-0.04	-15	-0.03	-15	-0.05	-15	-0.03	-15	-0.04	-15	-0.03	-15	-0.05
-10	-0.02	-10	-0.03	-10	-0.02	-10	-0.03	-10	-0.02	-10	-0.03	-10	-0.02	-10	-0.03
-5	-0.01	-5	0.02	-5	-0.01	-5	0.02	-5	-0.01	-5	0.01	-5	-0.01	-5	0.02
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.01	5	0.02	5	0.01	5	0.02	5	0.01	5	0.01	5	0.01	5	0.02
10	0.02	10	0.03	10	0.02	10	0.03	10	0.02	10	0.03	10	0.02	10	0.03
15	0.04	15	0.04	15	0.04	15	0.05	15	0.04	15	0.06	15	0.04	15	0.05
20	0.06	20	0.06	20	0.06	20	0.08	20	0.06	20	0.09	20	0.05	20	0.11
25	0.07	25	0.09	25	0.07	25	0.09	25	0.07	25	0.11	25	0.06	25	0.13
30	0.08	30	0.1	30	0.08	30	0.1	30	0.08	30	0.12	30	0.07	30	0.17
35	0.09	35	0.12	35	0.09	35	0.12	35	0.09	35	0.14	35	0.08	35	0.2
40	0.1	40	0.13	40	0.1	40	0.14	40	0.1	40	0.14	40	0.09	40	0.21
45	0.11	45	0.15	45	0.11	45	0.16	45	0.11	45	0.16	45	0.1	45	0.23
50	0.12	50	0.184	50	0.12	50	0.189	50	0.12	50	0.18	50	0.11	50	0.17

155°C		147°C				140°C				134°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-0.12	-50	-0.222	-50	-0.12	-50	-0.21	-50	-0.12	-50	-0.21	-50	-0.11	-50	-0.17
-45	-0.11	-45	-0.2	-45	-0.11	-45	-0.18	-45	-0.11	-45	-0.18	-45	-0.1	-45	-0.13
-40	-0.1	-40	-0.18	-40	-0.1	-40	-0.16	-40	-0.1	-40	-0.15	-40	-0.09	-40	-0.1
35	-0.09	35	-0.16	35	-0.09	35	-0.14	35	-0.09	35	-0.13	35	-0.08	35	-0.09
-30	-0.08	-30	-0.14	-30	-0.08	-30	-0.12	-30	-0.08	-30	-0.11	-30	-0.07	-30	-0.08
25	-0.07	25	-0.12	25	-0.07	25	-0.1	25	-0.07	25	-0.1	25	-0.06	25	-0.07
-20	-0.05	-20	-0.08	-20	-0.05	-20	-0.08	-20	-0.05	-20	-0.08	-20	-0.04	-20	-0.06
-15	-0.04	-15	-0.06	-15	-0.04	-15	-0.07	-15	-0.04	-15	-0.07	-15	-0.03	-15	-0.06
-10	-0.03	-10	-0.06	-10	-0.03	-10	-0.05	-10	-0.03	-10	-0.04	-10	-0.02	-10	-0.04
-5	-0.02	-5	-0.03	-5	-0.02	-5	0.03	-5	-0.02	-5	0.02	-5	-0.01	-5	-0.02
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.01	5	0.02	5	0.01	5	0.02	5	0.01	5	0.02	5	0.01	5	0.02
10	0.02	10	0.03	10	0.02	10	0.03	10	0.02	10	0.03	10	0.02	10	0.03
15	0.04	15	0.06	15	0.04	15	0.05	15	0.04	15	0.06	15	0.04	15	0.06
20	0.05	20	0.07	20	0.05	20	0.08	20	0.05	20	0.08	20	0.06	20	0.07
25	0.07	25	0.09	25	0.07	25	0.1	25	0.07	25	0.1	25	0.07	25	0.08
30	0.08	30	0.1	30	0.08	30	0.12	30	0.08	30	0.12	30	0.08	30	0.09
35	0.1	35	0.12	35	0.1	35	0.14	35	0.1	35	0.14	35	0.09	35	0.1
40	0.11	40	0.17	40	0.11	40	0.16	40	0.11	40	0.16	40	0.1	40	0.12
45	0.12	45	0.2	45	0.12	45	0.17	45	0.12	45	0.18	45	0.11	45	0.14
50	0.14	50	0.222	50	0.13	50	0.22	50	0.13	50	0.21	50	0.12	50	0.183

183°C		177°C				170°C				163°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-0.15	-50	-0.22	-50	-0.14	-50	-0.2	-50	-0.13	-50	-0.22	-50	-0.13	-50	-0.23
-45	-0.13	-45	-0.2	-45	-0.13	-45	-0.18	-45	-0.12	-45	-0.2	-45	-0.12	-45	-0.21
-40	-0.12	-40	-0.18	-40	-0.12	-40	-0.16	-40	-0.11	-40	-0.18	-40	-0.11	-40	-0.19
35	-0.11	35	-0.15	35	-0.11	35	-0.14	35	-0.1	35	-0.15	35	-0.1	35	-0.16
-30	-0.09	-30	-0.13	-30	-0.09	-30	-0.12	-30	-0.09	-30	-0.13	-30	-0.09	-30	-0.14
25	-0.08	25	-0.1	25	-0.08	25	-0.1	25	-0.08	25	-0.1	25	-0.08	25	-0.12
-20	-0.06	-20	-0.09	-20	-0.06	-20	-0.09	-20	-0.06	-20	-0.08	-20	-0.06	-20	-0.08
-15	-0.05	-15	-0.07	-15	-0.05	-15	-0.07	-15	-0.05	-15	-0.7	-15	-0.05	-15	-0.07
-10	-0.04	-10	-0.06	-10	-0.04	-10	-0.05	-10	-0.04	-10	-0.05	-10	-0.04	-10	-0.06
-5	-0.03	-5	0.04	-5	-0.03	-5	0.04	-5	-0.03	-5	0.04	-5	-0.03	-5	0.05
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.03	5	0.03	5	0.03	5	0.04	5	0.02	5	0.03	5	0.02	5	0.03
10	0.04	10	0.06	10	0.04	10	0.05	10	0.03	10	0.05	10	0.03	10	0.045
15	0.05	15	0.07	15	0.05	15	0.07	15	0.05	15	0.07	15	0.05	15	0.06
20	0.06	20	0.09	20	0.06	20	0.13	20	0.06	20	0.08	20	0.06	20	0.08
25	0.08	25	0.1	25	0.08	25	0.17	25	0.08	25	0.1	25	0.08	25	0.11
30	0.09	30	0.13	30	0.09	30	0.29	30	0.09	30	0.13	30	0.09	30	0.14
35	0.11	35	0.15	35	0.11	35	0.23	35	0.11	35	0.15	35	0.11	35	0.17
40	0.12	40	0.18	40	0.12	40	0.25	40	0.12	40	0.16	40	0.12	40	0.18
45	0.13	45	0.19	45	0.13	45	0.27	45	0.13	45	0.19	45	0.13	45	0.22
50	0.14	50	0.22	50	0.14	50	0.2	50	0.14	50	0.22	50	0.14	50	0.23

193°C		190°C				188°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-0.32	-50	-0.32	-50	-0.13	-50	-0.2	-50	-0.13	-50	-0.21
-45	-0.3	-45	-0.3	-45	-0.12	-45	-0.19	-45	-0.12	-45	-0.19
-40	-0.27	-40	-0.27	-40	-0.11	-40	-0.18	-40	-0.11	-40	-0.182
35	-0.22	35	-0.22	35	-0.1	35	-0.17	35	-0.1	35	-0.173
-30	-0.18	-30	-0.18	-30	-0.08	-30	-0.15	-30	-0.08	-30	-0.156
25	-0.13	25	-0.13	25	-0.07	25	-0.14	25	-0.07	25	-0.142
-20	-0.1	-20	-0.1	-20	-0.05	-20	-0.11	-20	-0.05	-20	-0.113
-15	-0.08	-15	-0.08	-15	-0.04	-15	-0.09	-15	-0.04	-15	-0.097
-10	-0.06	-10	-0.06	-10	-0.03	-10	-0.07	-10	-0.03	-10	-0.074
-5	-0.03	-5	-0.03	-5	-0.02	-5	0.03	-5	-0.02	-5	0.032
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.03	5	0.03	5	0.02	5	0.02	5	0.02	5	0.026
10	0.07	10	0.07	10	0.03	10	0.06	10	0.03	10	0.063
15	0.09	15	0.09	15	0.04	15	0.08	15	0.04	15	0.088
20	0.11	20	0.11	20	0.05	20	0.1	20	0.05	20	0.1
25	0.13	25	0.13	25	0.07	25	0.12	25	0.07	25	0.123
30	0.19	30	0.19	30	0.08	30	0.14	30	0.08	30	0.143
35	0.22	35	0.22	35	0.1	35	0.15	35	0.1	35	0.157
40	0.28	40	0.28	40	0.11	40	0.17	40	0.11	40	0.174
45	0.3	45	0.3	45	0.12	45	0.19	45	0.12	45	0.194
50	0.31	50	0.31	50	0.13	50	0.21	50	0.13	50	0.2

Pada sampel 3 (TiO₂ 96% + CuO 4%)

95°C		92°C				85°C				80°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-0.23	-50	-0.32	-50	-0.17	-50	-0.33	-50	-0.19	-50	-0.36	-50	-0.18	-50	-0.37
-45	-0.2	-45	-0.3	-45	-0.16	-45	-0.3	-45	-0.18	-45	-0.33	-45	-0.17	-45	-0.34
-40	-0.18	-40	-0.27	-40	-0.15	-40	-0.26	-40	-0.17	-40	-0.29	-40	-0.15	-40	-0.29
35	-0.16	35	-0.24	35	-0.13	35	-0.25	35	-0.15	35	-0.26	35	-0.13	35	-0.27
-30	-0.14	-30	-0.21	-30	-0.14	-30	-0.22	-30	-0.14	-30	-0.24	-30	-0.12	-30	-0.24
-25	-0.12	-25	-0.19	-25	-0.1	-25	-0.19	-25	-0.11	-25	-0.2	-25	-0.09	-25	-0.21
-20	-0.09	-20	-0.16	-20	-0.09	-20	-0.15	-20	-0.09	-20	-0.18	-20	-0.08	-20	-0.19
-15	-0.07	-15	-0.15	-15	-0.07	-15	-0.1	-15	-0.08	-15	-0.15	-15	-0.07	-15	-0.14
-10	-0.05	-10	-0.12	-10	-0.04	-10	-0.07	-10	-0.06	-10	-0.1	-10	-0.06	-10	-0.11
-5	-0.02	-5	-0.08	-5	-0.03	-5	-0.04	-5	-0.03	-5	-0.07	-5	-0.04	-5	-0.07
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.02	5	0.08	5	0.03	5	0.04	5	0.03	5	0.07	5	0.04	5	0.07
10	0.05	10	0.12	10	0.04	10	0.07	10	0.06	10	0.1	10	0.06	10	0.11
15	0.09	15	0.15	15	0.07	15	0.1	15	0.08	15	0.15	15	0.07	15	0.15
20	0.12	20	0.16	20	0.09	20	0.15	20	0.09	20	0.18	20	0.08	20	0.18
25	0.14	25	0.19	25	0.1	25	0.19	25	0.11	25	0.2	25	0.1	25	0.21
30	0.16	30	0.21	30	0.14	30	0.22	30	0.14	30	0.25	30	0.13	30	0.25
35	0.18	35	0.24	35	0.15	35	0.25	35	0.16	35	0.27	35	0.15	35	0.28
40	0.2	40	0.27	40	0.16	40	0.26	40	0.17	40	0.3	40	0.16	40	0.32
45	0.21	45	0.3	45	0.16	45	0.3	45	0.18	45	0.33	45	0.17	45	0.34
50	0.17	50	0.32	50	0.17	50	0.33	50	0.18	50	0.36	50	0.18	50	0.37

120°C		113°C				107°C				101°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-0.2	-50	-0.3	-50	-0.2	-50	-0.32	-50	-0.17	-50	-0.32	-50	-0.17	-50	-0.33
-45	-0.21	-45	-0.29	-45	-0.19	-45	-0.29	-45	-0.16	-45	-0.29	-45	-0.2	-45	-0.33
-40	-0.19	-40	-0.26	-40	-0.18	-40	-0.28	-40	-0.14	-40	-0.28	-40	-0.18	-40	-0.3
35	-0.17	35	-0.21	35	-0.16	35	-0.25	35	-0.13	35	-0.25	35	-0.16	35	-0.29
-30	-0.15	-30	-0.19	-30	-0.14	-30	-0.23	-30	-0.12	-30	-0.23	-30	-0.14	-30	-0.23
-25	-0.13	-25	-0.16	-25	-0.12	-25	-0.2	-25	-0.1	-25	-0.2	-25	-0.12	-25	-0.22
-20	-0.1	-20	-0.14	-20	-0.09	-20	-0.17	-20	-0.09	-20	-0.17	-20	-0.09	-20	-0.19
-15	-0.08	-15	-0.1	-15	-0.07	-15	-0.1	-15	-0.07	-15	-0.15	-15	-0.07	-15	-0.17
-10	-0.05	-10	-0.08	-10	-0.05	-10	-0.08	-10	-0.05	-10	-0.13	-10	-0.05	-10	-0.14
-5	-0.02	-5	0.03	-5	-0.02	-5	-0.03	-5	-0.02	-5	-0.07	-5	-0.02	-5	-0.08
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.02	5	0.03	5	0.02	5	0.03	5	0.02	5	0.07	5	0.02	5	0.08
10	0.05	10	0.08	10	0.05	10	0.08	10	0.05	10	0.13	10	0.05	10	0.14
15	0.1	15	0.1	15	0.09	15	0.1	15	0.09	15	0.15	15	0.09	15	0.17
20	0.13	20	0.14	20	0.12	20	0.14	20	0.12	20	0.17	20	0.12	20	0.2
25	0.15	25	0.16	25	0.14	25	0.2	25	0.14	25	0.2	25	0.14	25	0.23
30	0.17	30	0.18	30	0.16	30	0.23	30	0.16	30	0.23	30	0.16	30	0.26
35	0.19	35	0.21	35	0.18	35	0.25	35	0.18	35	0.25	35	0.18	35	0.29
40	0.21	40	0.26	40	0.2	40	0.28	40	0.2	40	0.28	40	0.2	40	0.31
45	0.22	45	0.29	45	0.19	45	0.3	45	0.21	45	0.3	45	0.21	45	0.34
50	0.2	50	0.3	50	0.2	50	0.32	50	0.175	50	0.32	50	0.17	50	0.33

150°C		140°C				135°C				128°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-0.22	-50	-0.32	-50	-0.21	-50	-0.33	-50	-0.21	-50	-0.33	-50	-0.21	-50	-0.34
-45	-0.2	-45	-0.29	-45	-0.2	-45	-0.3	-45	-0.22	-45	-0.3	-45	-0.2	-45	-0.31
-40	-0.19	-40	-0.28	-40	-0.18	-40	-0.29	-40	-0.2	-40	-0.29	-40	-0.19	-40	-0.3
35	-0.19	35	-0.24	35	-0.19	35	-0.25	35	-0.18	35	-0.25	35	-0.18	35	-0.27
-30	-0.17	-30	-0.21	-30	-0.17	-30	-0.22	-30	-0.16	-30	-0.22	-30	-0.16	-30	-0.25
-25	-0.15	-25	-0.2	-25	-0.15	-25	-0.21	-25	-0.14	-25	-0.21	-25	-0.14	-25	-0.22
-20	-0.12	-20	-0.17	-20	-0.12	-20	-0.18	-20	-0.11	-20	-0.16	-20	-0.11	-20	-0.19
-15	-0.1	-15	-0.14	-15	-0.1	-15	-0.14	-15	-0.09	-15	-0.13	-15	-0.09	-15	-0.17
-10	-0.07	-10	-0.12	-10	-0.07	-10	-0.1	-10	-0.06	-10	-0.1	-10	-0.06	-10	-0.13
-5	-0.04	-5	-0.05	-5	-0.04	-5	-0.08	-5	-0.03	-5	-0.08	-5	-0.03	-5	-0.07
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.04	5	0.05	5	0.04	5	0.03	5	0.03	5	0.05	5	0.03	5	0.07
10	0.07	10	0.1	10	0.07	10	0.12	10	0.06	10	0.1	10	0.06	10	0.13
15	0.1	15	0.13	15	0.1	15	0.14	15	0.11	15	0.16	15	0.11	15	0.17
20	0.12	20	0.17	20	0.12	20	0.18	20	0.13	20	0.18	20	0.13	20	0.19
25	0.15	25	0.2	25	0.15	25	0.21	25	0.16	25	0.21	25	0.16	25	0.22
30	0.17	30	0.21	30	0.17	30	0.22	30	0.18	30	0.22	30	0.18	30	0.25
35	0.18	35	0.24	35	0.19	35	0.23	35	0.2	35	0.23	35	0.2	35	0.27
40	0.19	40	0.28	40	0.21	40	0.29	40	0.22	40	0.29	40	0.22	40	0.3
45	0.2	45	0.29	45	0.23	45	0.31	45	0.24	45	0.31	45	0.24	45	0.32
50	0.22	50	0.32	50	0.215	50	0.33	50	0.21	50	0.33	50	0.21	50	0.32

176°C		171°C				164°C				157°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-0.25	-50	-0.31	-50	-0.22	-50	-0.28	-50	-0.23	-50	-0.3	-50	-0.23	-50	-0.31
-45	-0.22	-45	-0.27	-45	-0.22	-45	-0.26	-45	-0.22	-45	-0.28	-45	-0.21	-45	-0.28
-40	-0.2	-40	-0.26	-40	-0.2	-40	-0.25	-40	-0.2	-40	-0.27	-40	-0.21	-40	-0.27
35	-0.18	35	-0.22	35	-0.18	35	-0.21	35	-0.18	35	-0.23	35	-0.19	35	-0.23
-30	-0.17	-30	-0.19	-30	-0.17	-30	-0.19	-30	-0.17	-30	-0.2	-30	-0.17	-30	-0.2
-25	-0.15	-25	-0.18	-25	-0.15	-25	-0.17	-25	-0.15	-25	-0.19	-25	-0.15	-25	-0.19
-20	-0.13	-20	-0.15	-20	-0.13	-20	-0.14	-20	-0.13	-20	-0.16	-20	-0.12	-20	-0.15
-15	-0.11	-15	-0.13	-15	-0.11	-15	-0.11	-15	-0.11	-15	-0.14	-15	-0.1	-15	-0.13
-10	-0.09	-10	-0.12	-10	-0.09	-10	-0.09	-10	-0.09	-10	-0.13	-10	-0.07	-10	-0.13
-5	-0.05	-5	-0.07	-5	-0.05	-5	-0.05	-5	-0.05	-5	-0.09	-5	-0.04	-5	-0.09
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.05	5	0.07	5	0.05	5	0.05	5	0.05	5	0.09	5	0.04	5	0.09
10	0.09	10	0.12	10	0.09	10	0.09	10	0.09	10	0.13	10	0.07	10	0.13
15	0.1	15	0.15	15	0.1	15	0.11	15	0.1	15	0.14	15	0.1	15	0.13
20	0.13	20	0.18	20	0.13	20	0.14	20	0.13	20	0.16	20	0.12	20	0.16
25	0.16	25	0.19	25	0.16	25	0.17	25	0.16	25	0.19	25	0.15	25	0.19
30	0.17	30	0.21	30	0.17	30	0.19	30	0.17	30	0.2	30	0.17	30	0.2
35	0.18	35	0.25	35	0.18	35	0.21	35	0.18	35	0.23	35	0.19	35	0.23
40	0.2	40	0.26	40	0.2	40	0.25	40	0.2	40	0.27	40	0.21	40	0.27
45	0.22	45	0.27	45	0.22	45	0.26	45	0.22	45	0.29	45	0.23	45	0.29
50	0.25	50	0.31	50	0.22	50	0.27	50	0.23	50	0.3	50	0.23	50	0.31

193°C		190°C				184°C				179°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	1.97	-50	-0.29	-50	-0.26	-50	-0.31	-50	-0.25	-50	-0.3	-50	-0.22	-50	-0.3
-45	1.98	-45	-0.27	-45	-0.23	-45	-0.28	-45	-0.22	-45	-0.28	-45	-0.22	-45	-0.28
-40	1.99	-40	-0.25	-40	-0.21	-40	-0.27	-40	-0.2	-40	-0.27	-40	-0.2	-40	-0.27
35	2.02	35	-0.22	35	-0.19	35	-0.23	35	-0.18	35	-0.23	35	-0.18	35	-0.23
-30	2.05	-30	-0.19	-30	-0.17	-30	-0.2	-30	-0.17	-30	-0.2	-30	-0.17	-30	-0.2
-25	2.07	-25	-0.19	-25	-0.15	-25	-0.19	-25	-0.15	-25	-0.19	-25	-0.15	-25	-0.19
-20	2.09	-20	-0.15	-20	-0.12	-20	-0.16	-20	-0.13	-20	-0.16	-20	-0.13	-20	-0.16
-15	2.11	-15	-0.13	-15	-0.1	-15	-0.14	-15	-0.11	-15	-0.14	-15	-0.11	-15	-0.14
-10	2.12	-10	-0.1	-10	-0.07	-10	-0.13	-10	-0.09	-10	-0.13	-10	-0.09	-10	-0.13
-5	2.14	-5	-0.06	-5	-0.04	-5	-0.09	-5	-0.05	-5	-0.09	-5	-0.05	-5	-0.09
0	2.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2.21	5	0.04	5	0.04	5	0.09	5	0.05	5	0.09	5	0.05	5	0.09
10	2.25	10	0.06	10	0.07	10	0.13	10	0.09	10	0.13	10	0.09	10	0.13
15	2.29	15	0.1	15	0.1	15	0.14	15	0.1	15	0.14	15	0.1	15	0.14
20	2.36	20	0.13	20	0.12	20	0.16	20	0.13	20	0.16	20	0.13	20	0.16
25	2.39	25	0.14	25	0.15	25	0.19	25	0.16	25	0.19	25	0.16	25	0.19
30	2.45	30	0.18	30	0.17	30	0.2	30	0.17	30	0.2	30	0.17	30	0.2
35	2.49	35	0.21	35	0.19	35	0.23	35	0.18	35	0.23	35	0.18	35	0.23
40	2.52	40	0.24	40	0.21	40	0.27	40	0.2	40	0.27	40	0.2	40	0.27
45	2.54	45	0.26	45	0.23	45	0.29	45	0.22	45	0.29	45	0.22	45	0.29
50	2.59	50	0.29	50	0.24	50	0.31	50	0.25	50	0.31	50	0.22	50	0.31

Pada sampel 4 (TiO₂ 94% + CuO 6%)

100°C		95°C				86°C				80°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-0.49	-50	-1.24	-50	-0.48	-50	-1.22	-50	-0.48	-50	-1.23	-50	-0.5	-50	-1.29
-45	-0.25	-45	-1.21	-45	-0.45	-45	-1.22	-45	-0.45	-45	-1.22	-45	-0.47	-45	-1.26
-40	-0.23	-40	-1.19	-40	-0.41	-40	-1.2	-40	-0.41	-40	-1.22	-40	-0.41	-40	-1.22
35	-0.21	35	-1.16	35	-0.39	35	-1.17	35	-0.38	35	-1.2	35	-0.37	35	-1.2
-30	-0.2	-30	-1.13	-30	-0.36	-30	-1.14	-30	-0.35	-30	-1.18	-30	-0.34	-30	-1.18
25	-0.16	25	-1.1	25	-0.35	25	-1.11	25	-0.34	25	-1.17	25	-0.3	25	-1.18
-20	-0.13	-20	-0.9	-20	-0.25	-20	-0.6	-20	-0.3	-20	-0.6	-20	-0.26	-20	-0.9
-15	-0.1	-15	-0.7	-15	-0.2	-15	-0.4	-15	-0.25	-15	-0.5	-15	-0.23	-15	-0.8
-10	-0.06	-10	-0.4	-10	-0.06	-10	-0.4	-10	-0.24	-10	-0.4	-10	-0.22	-10	-0.5
-5	-0.03	-5	-0.3	-5	-0.03	-5	-0.3	-5	-0.15	-5	-0.2	-5	-0.15	-5	-0.2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.03	5	0.3	5	0.03	5	0.3	5	0.15	5	0.2	5	0.15	5	0.2
10	0.06	10	0.4	10	0.06	10	0.4	10	0.23	10	0.4	10	0.2	10	0.4
15	0.1	15	0.7	15	0.25	15	0.4	15	0.1	15	0.7	15	0.24	15	0.7
20	0.13	20	0.9	20	0.33	20	0.7	20	0.13	20	0.9	20	0.26	20	0.9
25	0.16	25	1.1	25	0.31	25	1.1	25	0.35	25	1.1	25	0.32	25	1.1
30	0.2	30	1.13	30	0.35	30	1.13	30	0.39	30	1.13	30	0.35	30	1.13
35	0.21	35	1.16	35	0.39	35	1.16	35	0.4	35	1.16	35	0.37	35	1.16
40	0.23	40	1.19	40	0.43	40	1.2	40	0.43	40	1.2	40	0.41	40	1.22
45	0.25	45	1.21	45	0.45	45	1.22	45	0.45	45	1.22	45	0.45	45	1.26
50	0.49	50	1.24	50	0.48	50	1.22	50	0.48	50	1.23	50	0.5	50	1.29

122°C		116°C				110°C				105°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-0.49	-50	-1.17	-50	-0.48	-50	-1.18	-50	-0.28	-50	-1.22	-50	-0.28	-50	-1.22
-45	-0.48	-45	-1.14	-45	-0.45	-45	-1.15	-45	-0.26	-45	-1.2	-45	-0.26	-45	-1.2
-40	-0.45	-40	-1.1	-40	-0.41	-40	-1.11	-40	-0.24	-40	-1.18	-40	-0.24	-40	-1.18
35	-0.42	35	-1.08	35	-0.39	35	-1.09	35	-0.22	35	-1.15	35	-0.22	35	-1.15
-30	-0.38	-30	-1.02	-30	-0.35	-30	-1.03	-30	-0.2	-30	-1.12	-30	-0.2	-30	-1.12
25	-0.36	25	-1	25	-0.34	25	-1	25	-0.17	25	-1	25	-0.17	25	-1
-20	-0.3	-20	-0.7	-20	-0.29	-20	-0.6	-20	-0.14	-20	-0.9	-20	-0.14	-20	-0.9
-15	-0.28	-15	-0.5	-15	-0.25	-15	-0.4	-15	-0.11	-15	-0.7	-15	-0.11	-15	-0.7
-10	-0.23	-10	-0.3	-10	-0.2	-10	-0.3	-10	-0.07	-10	-0.4	-10	-0.07	-10	-0.4
-5	-0.15	-5	-0.2	-5	-0.15	-5	-0.2	-5	-0.03	-5	-0.3	-5	-0.03	-5	-0.3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.15	5	0.2	5	0.15	5	0.2	5	0.03	5	0.3	5	0.03	5	0.3
10	0.24	10	0.3	10	0.2	10	0.3	10	0.06	10	0.4	10	0.06	10	0.4
15	0.3	15	0.7	15	0.27	15	0.6	15	0.1	15	0.7	15	0.1	15	0.7
20	0.31	20	0.8	20	0.31	20	0.7	20	0.14	20	0.9	20	0.14	20	0.9
25	0.36	25	1	25	0.36	25	1	25	0.17	25	1	25	0.17	25	1
30	0.42	30	1.03	30	0.38	30	1.03	30	0.2	30	1.12	30	0.2	30	1.12
35	0.45	35	1.08	35	0.41	35	1.08	35	0.23	35	1.15	35	0.23	35	1.15
40	0.48	40	1.12	40	0.43	40	1.12	40	0.24	40	1.18	40	0.24	40	1.18
45	0.49	45	1.14	45	0.46	45	1.14	45	0.26	45	1.2	45	0.46	45	1.2
50	0.49	50	1.17	50	0.48	50	1.17	50	0.28	50	1.22	50	0.49	50	1.22

122°C		116°C				110°C				105°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-0.49	-50	-1.17	-50	-0.48	-50	-1.18	-50	-0.28	-50	-1.22	-50	-0.28	-50	-1.22
-45	-0.48	-45	-1.14	-45	-0.45	-45	-1.15	-45	-0.26	-45	-1.2	-45	-0.26	-45	-1.2
-40	-0.45	-40	-1.1	-40	-0.41	-40	-1.11	-40	-0.24	-40	-1.18	-40	-0.24	-40	-1.18
35	-0.42	35	-1.08	35	-0.39	35	-1.09	35	-0.22	35	-1.15	35	-0.22	35	-1.15
-30	-0.38	-30	-1.02	-30	-0.35	-30	-1.03	-30	-0.2	-30	-1.12	-30	-0.2	-30	-1.12
25	-0.36	25	-1	25	-0.34	25	-1	25	-0.17	25	-1	25	-0.17	25	-1
-20	-0.3	-20	-0.7	-20	-0.29	-20	-0.6	-20	-0.14	-20	-0.9	-20	-0.14	-20	-0.9
-15	-0.28	-15	-0.5	-15	-0.25	-15	-0.4	-15	-0.11	-15	-0.7	-15	-0.11	-15	-0.7
-10	-0.23	-10	-0.3	-10	-0.2	-10	-0.3	-10	-0.07	-10	-0.4	-10	-0.07	-10	-0.4
-5	-0.15	-5	-0.2	-5	-0.15	-5	-0.2	-5	-0.03	-5	-0.3	-5	-0.03	-5	-0.3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.15	5	0.2	5	0.15	5	0.2	5	0.03	5	0.3	5	0.03	5	0.3
10	0.24	10	0.3	10	0.2	10	0.3	10	0.06	10	0.4	10	0.06	10	0.4
15	0.3	15	0.7	15	0.27	15	0.6	15	0.1	15	0.7	15	0.1	15	0.7
20	0.31	20	0.8	20	0.31	20	0.7	20	0.14	20	0.9	20	0.14	20	0.9
25	0.36	25	1	25	0.36	25	1	25	0.17	25	1	25	0.17	25	1
30	0.42	30	1.03	30	0.38	30	1.03	30	0.2	30	1.12	30	0.2	30	1.12
35	0.45	35	1.08	35	0.41	35	1.08	35	0.23	35	1.15	35	0.23	35	1.15
40	0.48	40	1.12	40	0.43	40	1.12	40	0.24	40	1.18	40	0.24	40	1.18
45	0.49	45	1.14	45	0.46	45	1.14	45	0.26	45	1.2	45	0.46	45	1.2
50	0.49	50	1.17	50	0.48	50	1.17	50	0.28	50	1.22	50	0.49	50	1.22

180°C		172°C				165°C				160°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-0.49	-50	-1.13	-50	-0.47	-50	-1.13	-50	-0.47	-50	-1.14	-50	-0.46	-50	-1.16
-45	-0.45	-45	-1.1	-45	-0.45	-45	-1.1	-45	-0.45	-45	-1.11	-45	-0.44	-45	-1.13
-40	-0.43	-40	-1.06	-40	-0.44	-40	-1.06	-40	-0.43	-40	-1.07	-40	-0.41	-40	-1.09
35	-0.4	35	-1.01	35	-0.42	35	-1.01	35	-0.4	35	-1.03	35	-0.4	35	-1.06
-30	-0.37	-30	-0.9	-30	-0.39	-30	-0.9	-30	-0.38	-30	-0.9	-30	-0.37	-30	-1.01
25	-0.24	25	-0.6	25	-0.3	25	-0.6	25	-0.29	25	-0.6	25	-0.33	25	-0.8
-20	-0.19	-20	-0.3	-20	-0.13	-20	-0.3	-20	-0.25	-20	-0.3	-20	-0.28	-20	-0.6
-15	-0.15	-15	-0.2	-15	-0.09	-15	-0.2	-15	-0.19	-15	-0.2	-15	-0.2	-15	-0.4
-10	-0.05	-10	-0.1	-10	-0.06	-10	-0.1	-10	-0.06	-10	-0.1	-10	-0.17	-10	-0.2
-5	-0.04	-5	-0.04	-5	-0.03	-5	-0.04	-5	-0.03	-5	-0.04	-5	-0.09	-5	-0.1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.05	5	0.04	5	0.03	5	0.04	5	0.03	5	0.04	5	0.09	5	0.1
10	0.16	10	0.21	10	0.1	10	0.21	10	0.15	10	0.21	10	0.17	10	0.2
15	0.19	15	0.3	15	0.2	15	0.3	15	0.19	15	0.3	15	0.2	15	0.4
20	0.25	20	0.6	20	0.28	20	0.6	20	0.23	20	0.6	20	0.28	20	0.6
25	0.34	25	0.9	25	0.35	25	0.9	25	0.33	25	0.9	25	0.33	25	0.9
30	0.4	30	1.01	30	0.37	30	1.01	30	0.39	30	1.01	30	0.37	30	1.01
35	0.41	35	1.06	35	0.39	35	1.06	35	0.41	35	1.06	35	0.4	35	1.06
40	0.43	40	1.1	40	0.44	40	1.1	40	0.43	40	1.07	40	0.41	40	1.09
45	0.45	45	1.11	45	0.45	45	1.11	45	0.47	45	1.11	45	0.44	45	1.11
50	0.49	50	1.12	50	0.47	50	1.12	50	0.48	50	1.14	50	0.46	50	1.14

193°C		190°C				186°C				183°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-0.47	-50	-1.1	-50	-0.45	-50	-1.1	-50	-0.42	-50	-1	-50	-0.46	-50	-1.12
-45	-0.45	-45	-1.07	-45	-0.43	-45	-1.08	-45	-0.41	-45	-1.08	-45	-0.46	-45	-1.09
-40	-0.4	-40	-1	-40	-0.42	-40	-1.03	-40	-0.4	-40	-1.03	-40	-0.44	-40	-1.04
35	-0.34	35	-0.9	35	-0.41	35	-0.9	35	-0.36	35	-0.9	35	-0.43	35	-1
-30	-0.3	-30	-0.7	-30	-0.37	-30	-0.72	-30	-0.3	-30	-0.72	-30	-0.39	-30	-0.8
25	-0.2	25	-0.5	25	-0.3	25	-0.6	25	-0.25	25	-0.6	25	-0.33	25	-0.7
-20	-0.17	-20	-0.4	-20	-0.2	-20	-0.3	-20	-0.15	-20	-0.3	-20	-0.26	-20	-0.4
-15	-0.12	-15	-0.2	-15	-0.06	-15	-0.2	-15	-0.06	-15	-0.2	-15	-0.18	-15	-0.2
-10	-0.05	-10	-0.1	-10	-0.05	-10	-0.1	-10	-0.05	-10	-0.1	-10	-0.05	-10	-0.1
-5	-0.04	-5	-0.05	-5	-0.04	-5	-0.05	-5	-0.04	-5	-0.05	-5	-0.04	-5	-0.09
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.05	5	0.07	5	0.05	5	0.08	5	0.05	5	0.08	5	0.05	5	0.07
10	0.09	10	0.15	10	0.09	10	0.15	10	0.09	10	0.15	10	0.09	10	0.2
15	0.14	15	0.21	15	0.14	15	0.21	15	0.15	15	0.21	15	0.18	15	0.4
20	0.19	20	0.35	20	0.28	20	0.3	20	0.18	20	0.3	20	0.26	20	0.7
25	0.21	25	0.4	25	0.3	25	0.4	25	0.22	25	0.4	25	0.33	25	0.8
30	0.24	30	0.65	30	0.37	30	0.6	30	0.24	30	0.6	30	0.39	30	1
35	0.38	35	0.7	35	0.41	35	0.7	35	0.37	35	0.7	35	0.43	35	1.04
40	0.4	40	0.9	40	0.42	40	0.9	40	0.4	40	0.9	40	0.44	40	1.09
45	0.45	45	1	45	0.43	45	1	45	0.41	45	1	45	0.46	45	1.1
50	0.47	50	1.1	50	0.45	50	1.1	50	0.42	50	1	50	0.46	50	1.11

Pada sampel 5 (TiO₂ 92% + CuO 8%)

95°C				90°C				86°C				80°C			
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-1.1	-50	-1.46	-50	-1.1	-50	-1.6	-50	-0.8	-50	-1.47	-50	-1.1	-50	-1.47
-45	-0.9	-45	-1.28	-45	-0.9	-45	-1.3	-45	-0.77	-45	-1.29	-45	-0.9	-45	-1.29
-40	-0.8	-40	-1.1	-40	-0.8	-40	-1.2	-40	0.76	-40	-1.2	-40	-0.8	-40	-1.2
35	-0.7	35	-0.9	35	-0.7	35	-1	35	-0.7	35	-0.9	35	-0.7	35	-0.9
-30	-0.6	-30	-0.7	-30	-0.6	-30	-0.9	-30	-0.6	-30	-0.8	-30	-0.6	-30	-0.8
25	-0.5	25	-0.6	25	-0.5	25	-0.7	25	-0.5	25	-0.7	25	-0.5	25	-0.7
-20	-0.4	-20	-0.4	-20	-0.4	-20	-0.5	-20	-0.4	-20	-0.5	-20	-0.4	-20	-0.5
-15	-0.3	-15	-0.3	-15	-0.3	-15	-0.3	-15	-0.3	-15	-0.3	-15	-0.3	-15	-0.3
-10	-0.2	-10	-0.14	-10	-0.2	-10	-0.14	-10	-0.2	-10	-0.14	-10	-0.09	-10	-0.14
-5	-0.1	-5	0.1	-5	-0.1	-5	0.1	-5	-0.1	-5	0.1	-5	-0.1	-5	0.1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.1	5	0.1	5	0.1	5	0.1	5	0.1	5	0.1	5	0.1	5	0.1
10	0.2	10	0.3	10	0.2	10	0.3	10	0.2	10	0.3	10	0.2	10	0.3
15	0.3	15	0.5	15	0.3	15	0.4	15	0.3	15	0.5	15	0.3	15	0.5
20	0.35	20	0.6	20	0.35	20	0.5	20	0.35	20	0.6	20	0.35	20	0.6
25	0.4	25	0.7	25	0.4	25	0.6	25	0.4	25	0.7	25	0.4	25	0.7
30	0.5	30	0.9	30	0.5	30	0.8	30	0.5	30	0.9	30	0.5	30	0.9
35	0.55	35	1.1	35	0.6	35	1	35	0.6	35	1.1	35	0.55	35	1.1
40	0.6	40	1.28	40	0.7	40	1.2	40	0.7	40	1.2	40	0.6	40	1.2
45	0.7	45	1.3	45	0.8	45	1.3	45	0.76	45	1.3	45	0.7	45	1.3
50	0.9	50	1.46	50	0.9	50	1.6	50	0.77	50	1.47	50	0.9	50	1.7

115°C		110°C				105°C				100°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-0.82	-50	-1.42	-50	-0.83	-50	-1.41	-50	0.9	-50	-1.4	-50	-1	-50	-1.42
-45	-0.8	-45	-1.24	-45	-0.9	-45	-1.23	-45	-0.8	-45	-1.2	-45	-0.8	-45	-1.24
-40	-0.78	-40	-1.1	-40	-0.8	-40	-1.1	-40	-0.8	-40	-1.1	-40	-0.7	-40	-0.93
35	-0.7	35	-0.8	35	-0.7	35	-0.7	35	-0.7	35	-0.7	35	-0.6	35	-0.75
-30	-0.6	-30	-0.61	-30	-0.6	-30	-0.6	-30	-0.6	-30	-0.6	-30	-0.5	-30	-0.53
25	-0.5	25	-0.53	25	-0.5	25	-0.5	25	-0.5	25	-0.5	25	-0.4	25	-0.48
-20	-0.4	-20	-0.3	-20	-0.4	-20	-0.3	-20	-0.4	-20	-0.3	-20	-0.3	-20	-0.34
-15	-0.3	-15	-0.2	-15	-0.3	-15	-0.2	-15	-0.3	-15	-0.2	-15	-0.2	-15	-0.26
-10	-0.2	-10	-0.14	-10	-0.2	-10	-0.14	-10	-0.2	-10	-0.1	-10	-0.1	-10	-0.22
-5	-0.1	-5	0.1	-5	-0.1	-5	0.1	-5	-0.1	-5	0.1	-5	-0.05	-5	0.12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.1	5	0.1	5	0.1	5	0.1	5	0.1	5	0.1	5	0.05	5	0.23
10	0.2	10	0.12	10	0.2	10	0.11	10	0.2	10	0.1	10	0.1	10	0.32
15	0.3	15	0.5	15	0.3	15	0.4	15	0.3	15	0.4	15	0.2	15	0.52
20	0.4	20	0.61	20	0.4	20	0.6	20	0.4	20	0.6	20	0.3	20	0.77
25	0.5	25	0.92	25	0.5	25	0.9	25	0.5	25	0.9	25	0.4	25	0.93
30	0.6	30	1	30	0.6	30	1	30	0.6	30	1	30	0.5	30	0.9
35	0.7	35	1.14	35	0.6	35	1.14	35	0.65	35	1.1	35	0.6	35	1
40	0.8	40	1.2	40	0.7	40	1.2	40	0.7	40	1.2	40	0.7	40	1.11
45	0.8	45	1.3	45	0.8	45	1.3	45	0.8	45	1.3	45	0.8	45	1.41
50	0.82	50	1.4	50	0.83	50	1.4	50	0.87	50	1.4	50	0.9	50	1.42

135°C		130°C				125°C				120°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	0.81	-50	-1.45	-50	-0.88	-50	-1.46	-50	-0.85	-50	-1.47	-50	-0.83	-50	-1.43
-45	-0.8	-45	-1.28	-45	-0.8	-45	-1.29	-45	-0.8	-45	-1.3	-45	-0.8	-45	-1.26
-40	-0.77	-40	-1.14	-40	-0.83	-40	-1.15	-40	-0.7	-40	-1.16	-40	-0.77	-40	-1.12
35	-0.7	35	-0.85	35	-0.75	35	-0.88	35	-0.7	35	-0.89	35	-0.7	35	-0.82
-30	-0.6	-30	-0.65	-30	-0.62	-30	-0.67	-30	-0.62	-30	-0.68	-30	-0.6	-30	-0.61
25	-0.5	25	-0.58	25	-0.54	25	-0.59	25	-0.54	25	-0.59	25	-0.5	25	-0.55
-20	-0.4	-20	-0.34	-20	-0.47	-20	-0.37	-20	-0.47	-20	-0.39	-20	-0.4	-20	-0.32
-15	-0.3	-15	-0.23	-15	-0.32	-15	-0.25	-15	-0.32	-15	-0.27	-15	-0.3	-15	-0.21
-10	-0.2	-10	-0.17	-10	-0.28	-10	-0.19	-10	-0.28	-10	-0.19	-10	-0.2	-10	-0.14
-5	-0.1	-5	0.1	-5	-0.12	-5	0.1	-5	-0.12	-5	0.1	-5	-0.1	-5	0.1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.1	5	0.1	5	0.15	5	0.1	5	0.15	5	0.1	5	0.1	5	0.1
10	0.2	10	0.17	10	0.28	10	0.19	10	0.28	10	0.19	10	0.2	10	0.12
15	0.3	15	0.4	15	0.32	15	0.39	15	0.32	15	0.39	15	0.3	15	0.5
20	0.35	20	0.6	20	0.35	20	0.7	20	0.35	20	0.5	20	0.4	20	0.61
25	0.5	25	0.9	25	0.5	25	0.9	25	0.42	25	0.9	25	0.5	25	0.92
30	0.6	30	1	30	0.6	30	1	30	0.53	30	1	30	0.6	30	1
35	0.6	35	1.3	35	0.7	35	1.2	35	0.55	35	1.19	35	0.65	35	1.22
40	0.7	40	1.25	40	0.7	40	1.25	40	0.64	40	1.2	40	0.7	40	1.25
45	0.8	45	1.3	45	0.8	45	1.3	45	0.7	45	1.31	45	0.8	45	1.4
50	0.81	50	1.45	50	0.83	50	1.45	50	0.84	50	1.47	50	0.83	50	1.43

155°C		150°C				145°C				140°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-1.1	-50	-1.45	-50	-1	-50	-1.42	-50	-0.88	-50	-1.42	-50	-0.9	-50	-1.43
-45	-0.9	-45	-1.28	-45	-0.8	-45	-1.24	-45	-0.8	-45	-1.24	-45	-0.9	-45	-1.26
-40	-0.8	-40	-1.1	-40	-0.7	-40	-0.93	-40	-0.7	-40	-0.93	-40	-0.8	-40	-1.12
35	-0.7	35	-0.8	35	-0.6	35	-0.75	35	-0.6	35	-0.75	35	-0.7	35	-0.82
-30	-0.6	-30	-0.6	-30	-0.5	-30	-0.53	-30	-0.5	-30	-0.53	-30	-0.6	-30	-0.61
25	-0.5	25	-0.5	25	-0.4	25	-0.48	25	-0.4	25	-0.48	25	-0.5	25	-0.55
-20	-0.4	-20	-0.3	-20	-0.3	-20	-0.34	-20	-0.3	-20	-0.34	-20	-0.4	-20	-0.32
-15	-0.3	-15	-0.2	-15	-0.2	-15	-0.26	-15	-0.2	-15	-0.26	-15	-0.3	-15	-0.21
-10	-0.2	-10	-0.13	-10	-0.13	-10	-0.22	-10	-0.1	-10	-0.22	-10	-0.2	-10	-0.14
-5	-0.1	-5	0.1	-5	-0.1	-5	0.12	-5	-0.05	-5	0.12	-5	-0.1	-5	0.1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.1	5	0.1	5	0.1	5	0.23	5	0.1	5	0.23	5	0.1	5	0.1
10	0.3	10	0.4	10	0.2	10	0.32	10	0.2	10	0.32	10	0.2	10	0.12
15	0.4	15	0.6	15	0.3	15	0.52	15	0.4	15	0.52	15	0.3	15	0.5
20	0.4	20	0.78	20	0.4	20	0.77	20	0.44	20	0.77	20	0.35	20	0.61
25	0.5	25	0.92	25	0.5	25	0.93	25	0.5	25	0.93	25	0.4	25	0.92
30	0.6	30	1	30	0.6	30	1	30	0.5	30	1	30	0.6	30	1
35	0.66	35	1.22	35	0.6	35	1.23	35	0.7	35	1.23	35	0.65	35	1.22
40	0.7	40	1.3	40	0.7	40	1.32	40	0.7	40	1.32	40	0.7	40	1.25
45	0.8	45	1.42	45	0.8	45	1.41	45	0.8	45	1.41	45	0.8	45	1.4
50	0.9	50	1.45	50	0.9	50	1.43	50	0.88	50	1.42	50	0.88	50	1.43

175°C		170°C				165°C				160°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-1.1	-50	-1.43	-50	-1.1	-50	-1.41	-50	-1.1	-50	-1.41	-50	-1.1	-50	-1.4
-45	-0.9	-45	-1.21	-45	-0.9	-45	-1.23	-45	-0.9	-45	-1.23	-45	-0.9	-45	-1.2
-40	-0.8	-40	-0.95	-40	-0.8	-40	-0.92	-40	-0.8	-40	-0.92	-40	-0.8	-40	-0.9
35	-0.7	35	-0.71	35	-0.7	35	-0.74	35	-0.7	35	-0.74	35	-0.7	35	-0.7
-30	-0.6	-30	-0.51	-30	-0.6	-30	-0.52	-30	-0.6	-30	-0.52	-30	-0.6	-30	-0.5
25	-0.5	25	-0.4	25	-0.5	25	-0.47	25	-0.5	25	-0.47	25	-0.5	25	-0.4
-20	-0.4	-20	-0.34	-20	-0.4	-20	-0.33	-20	-0.4	-20	-0.33	-20	-0.4	-20	-0.3
-15	-0.3	-15	-0.23	-15	-0.3	-15	-0.25	-15	-0.3	-15	-0.25	-15	-0.3	-15	-0.25
-10	-0.2	-10	-0.2	-10	-0.2	-10	-0.21	-10	-0.2	-10	-0.21	-10	-0.2	-10	-0.21
-5	-0.1	-5	0.1	-5	-0.1	-5	0.1	-5	-0.1	-5	0.1	-5	-0.1	-5	0.1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.1	5	0.1	5	0.1	5	0.21	5	0.1	5	0.21	5	0.1	5	0.21
10	0.2	10	0.23	10	0.3	10	0.3	10	0.2	10	0.3	10	0.2	10	0.3
15	0.3	15	0.3	15	0.4	15	0.55	15	0.3	15	0.55	15	0.3	15	0.5
20	0.4	20	0.6	20	0.4	20	0.78	20	0.35	20	0.78	20	0.35	20	0.7
25	0.5	25	0.8	25	0.5	25	0.92	25	0.4	25	0.92	25	0.4	25	0.9
30	0.6	30	1	30	0.6	30	1	30	0.5	30	1	30	0.5	30	1
35	0.7	35	1.3	35	0.66	35	1.22	35	0.55	35	1.22	35	0.55	35	1.2
40	0.8	40	1.4	40	0.7	40	1.3	40	0.6	40	1.3	40	0.6	40	1.3
45	0.8	45	1.41	45	0.8	45	1.4	45	0.7	45	1.4	45	0.7	45	1.4
50	0.9	50	1.42	50	0.89	50	1.41	50	0.9	50	1.41	50	0.9	50	1.41

193°C		180°C				185°C				180°C					
Udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2		udara		CO2	
V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
-50	-1.1	-50	-1.43	-50	-0.9	-50	-1.4	-50	-1.1	-50	-1.44	-50	-1.1	-50	-1.45
-45	-0.9	-45	-1.21	-45	-0.8	-45	-1.2	-45	-0.9	-45	-1.22	-45	-0.9	-45	-1.23
-40	-0.8	-40	-0.95	-40	-0.7	-40	-0.9	-40	-0.8	-40	-0.97	-40	-0.8	-40	-0.98
35	-0.7	35	-0.71	35	-0.6	35	-0.7	35	-0.7	35	-0.72	35	-0.7	35	-0.73
-30	-0.6	-30	-0.51	-30	-0.5	-30	-0.5	-30	-0.6	-30	-0.51	-30	-0.6	-30	-0.53
25	-0.5	25	-0.4	25	-0.4	25	-0.4	25	-0.5	25	-0.43	25	-0.5	25	-0.42
-20	-0.4	-20	-0.34	-20	-0.3	-20	-0.3	-20	-0.4	-20	-0.38	-20	-0.4	-20	-0.39
-15	-0.3	-15	-0.23	-15	-0.2	-15	-0.25	-15	-0.3	-15	-0.25	-15	-0.3	-15	-0.26
-10	-0.2	-10	-0.2	-10	-0.1	-10	-0.2	-10	-0.2	-10	-0.21	-10	-0.2	-10	-0.22
-5	-0.1	-5	0.1	-5	0	-5	0.1	-5	-0.1	-5	0.13	-5	-0.1	-5	0.14
0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.1	5	0.1	5	0.2	5	0.2	5	0.1	5	0.24	5	0.1	5	0.21
10	0.2	10	0.23	10	0.3	10	0.4	10	0.2	10	0.41	10	0.2	10	0.3
15	0.3	15	0.3	15	0.4	15	0.5	15	0.3	15	0.52	15	0.3	15	0.4
20	0.4	20	0.6	20	0.5	20	0.7	20	0.4	20	0.76	20	0.4	20	0.7
25	0.5	25	0.8	25	0.6	25	0.9	25	0.5	25	0.91	25	0.5	25	0.91
30	0.6	30	1	30	0.7	30	1	30	0.6	30	1	30	0.6	30	1
35	0.7	35	1.3	35	0.8	35	1.2	35	0.7	35	1.27	35	0.7	35	1.29
40	0.8	40	1.4	40	0.8	40	1.3	40	0.8	40	1.36	40	0.8	40	1.38
45	0.8	45	1.41	45	0.9	45	1.4	45	0.8	45	1.41	45	0.8	45	1.42
50	0.9	50	1.42	50	0.93	50	1.45	50	0.91	50	1.45	50	0.9	50	1.45

Lampiran 3 :

Foto Alat dan Bahan

1. Alat



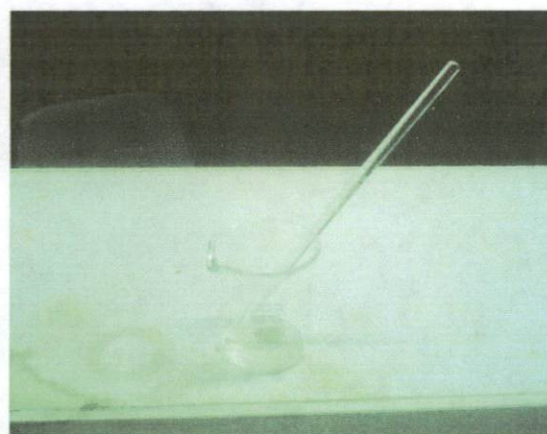
Timbangan digital Javeder Sky di
Laboratorium Dasar Universitas
Andalas



Mortar dan lumpang



Furnace



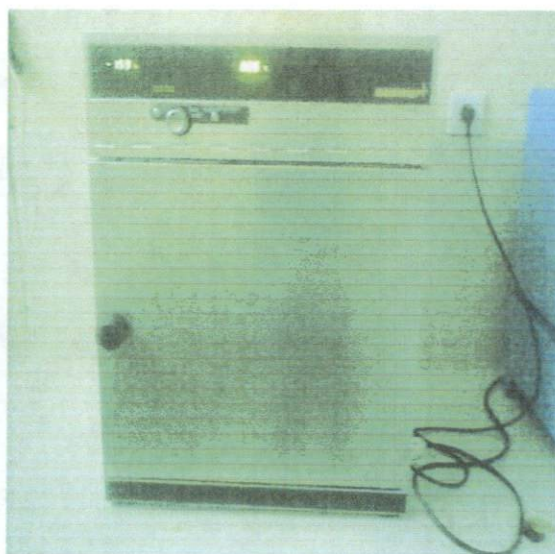
Spatula



Spektrofotometer UV-vis



Alat pembuat Tablet manual di
laboratorium sediaan tablet
fakultas farmasi unand



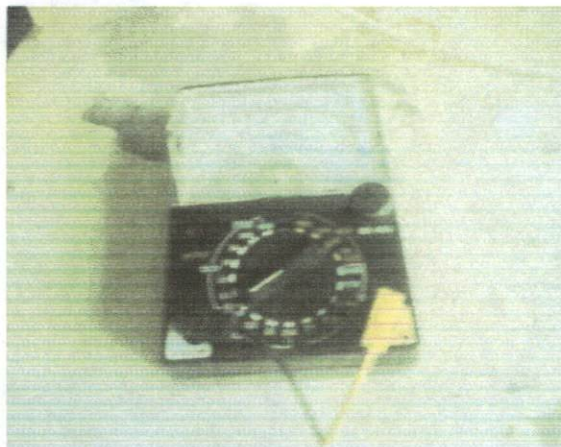
oven



Multimeter analog

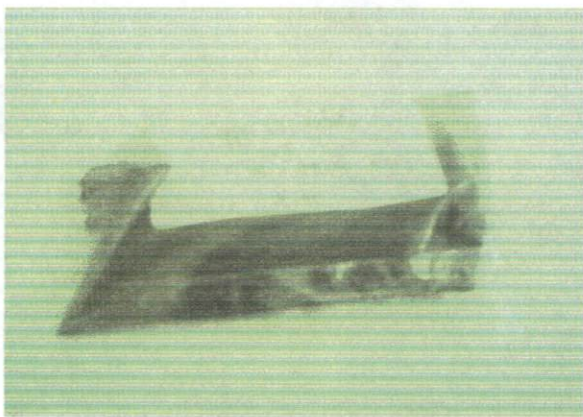


Catudaya variabel

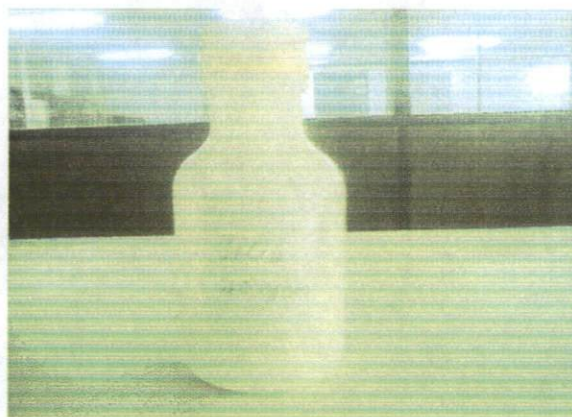


Multimeter analog

2. Bahan



Copper(II) Oxide

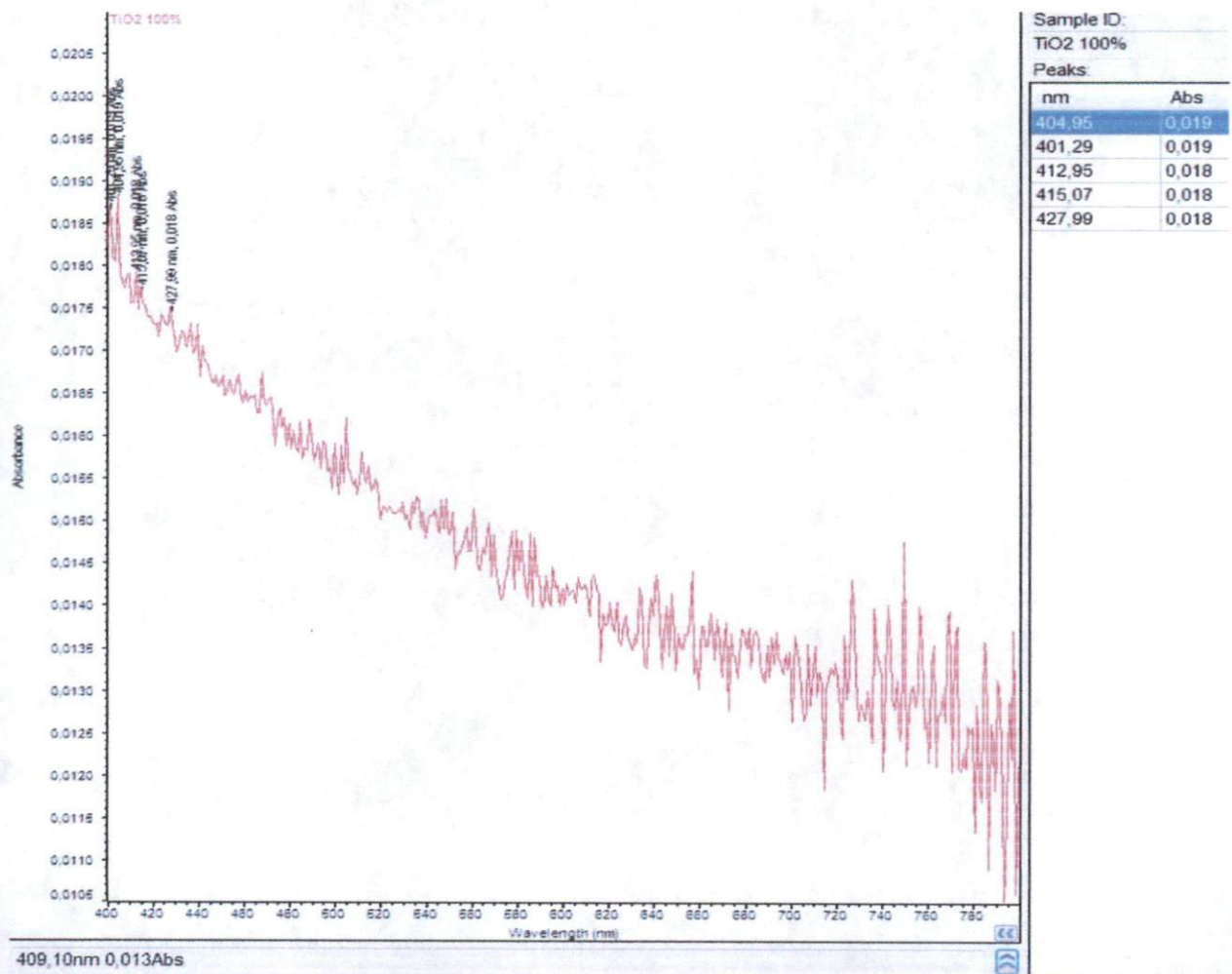


Titanium Dioxide

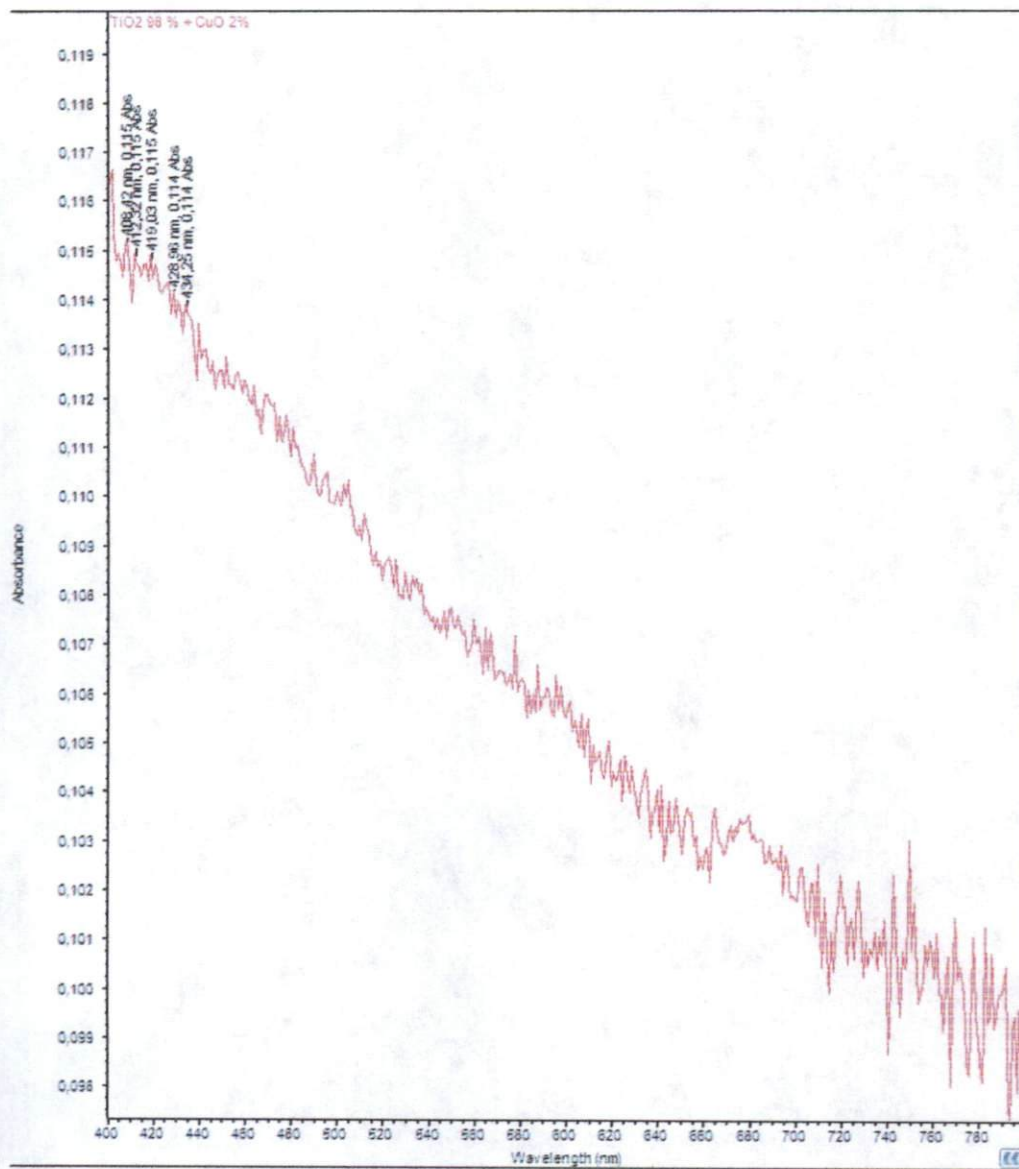
LAMPIRAN 4

Pengukuran panjang gelombang dan koefisien absorpsi dengan spektrofotometer UV-vis

a. Sampel 1



b. Sampel 2

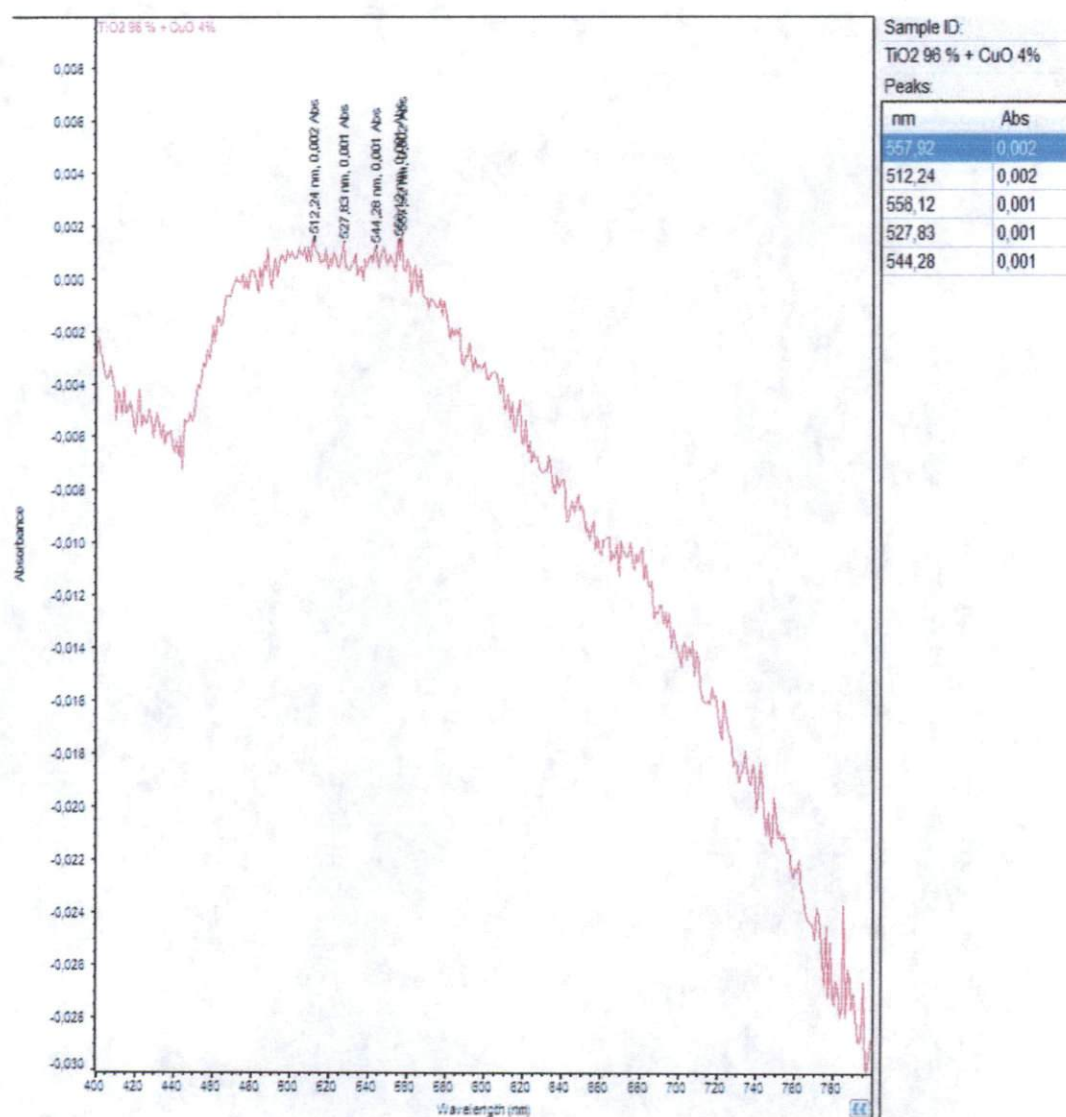


Sample ID:
TiO2 98 % + CuO 2%

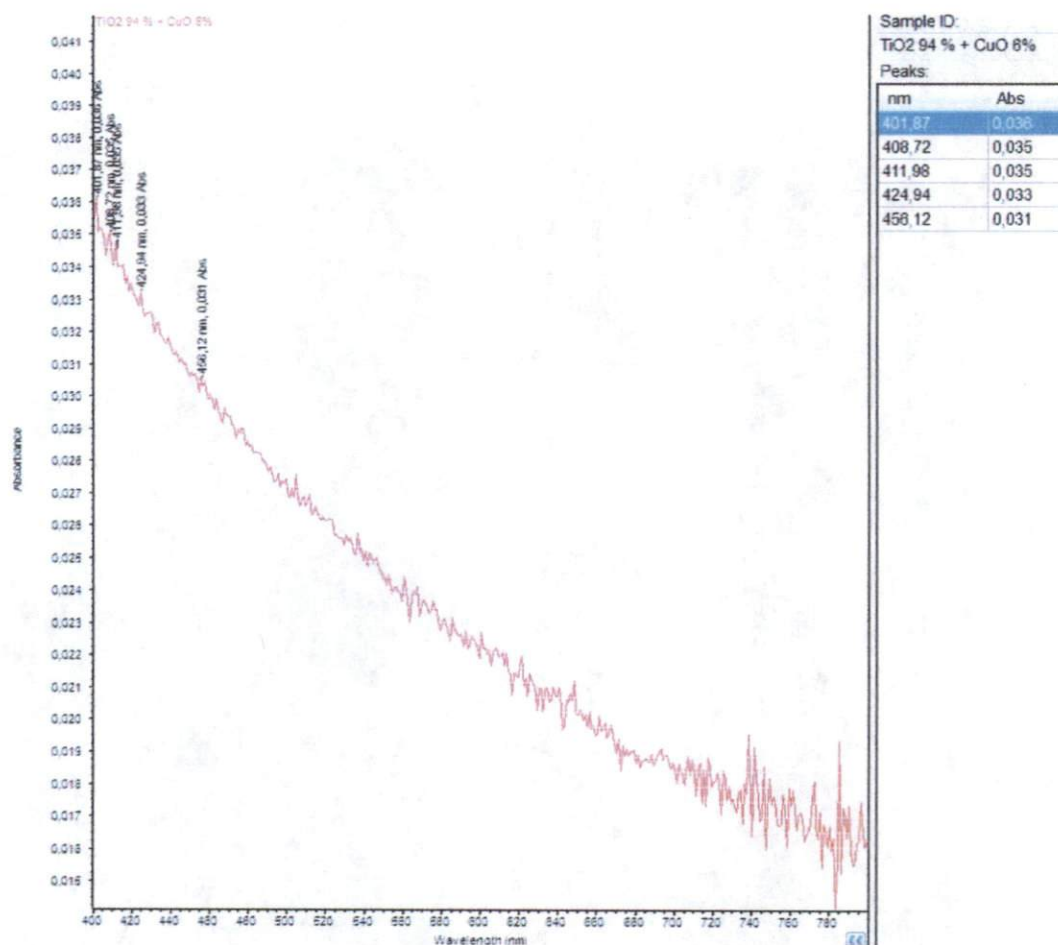
Peaks:

nm	Abs
408.42	0.115
412.32	0.115
419.03	0.115
428.96	0.114
434.25	0.114

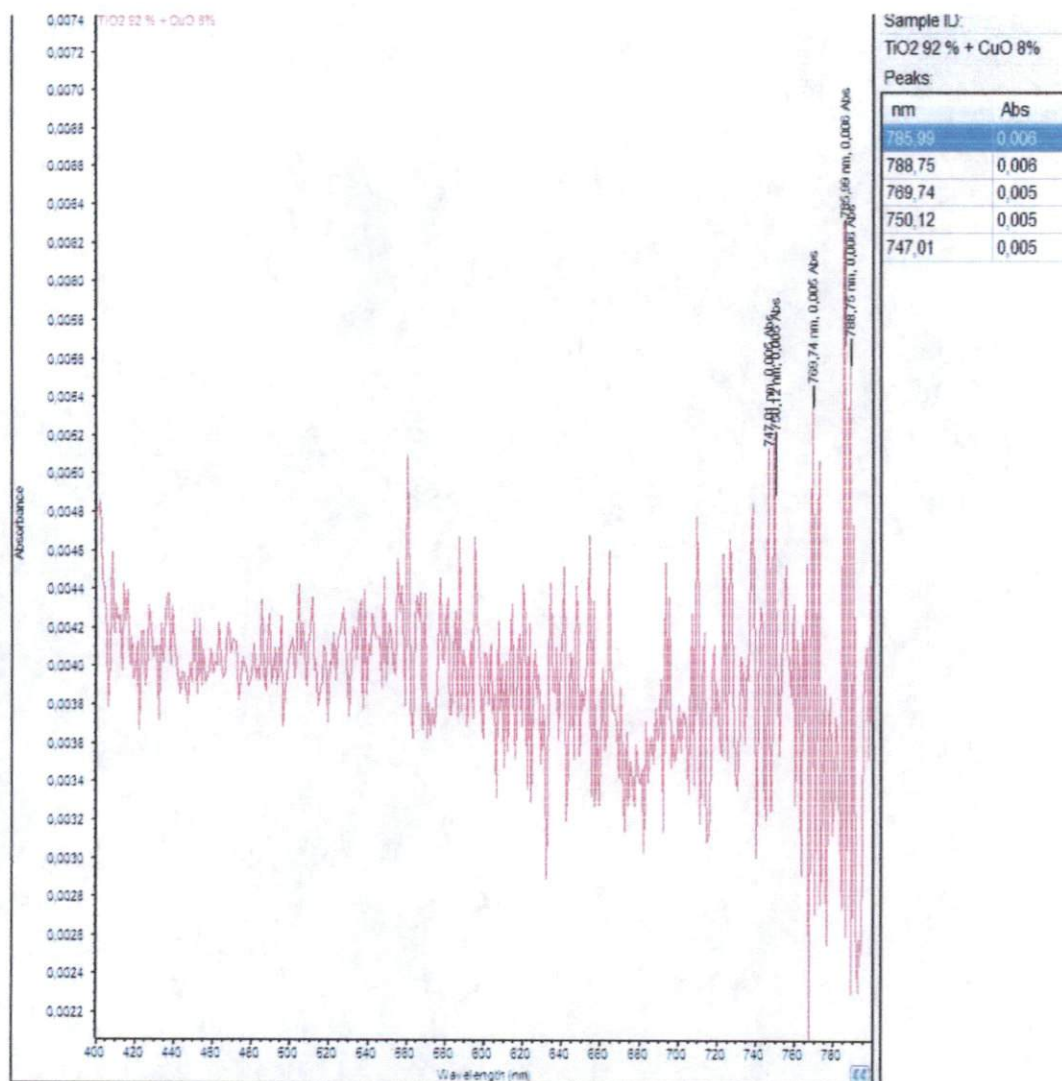
c. Sampel 3



d. sampel 4



e. sampel 5



Lampiran 5 :

Menentukan energi gap

a. Sampel 1

$$\lambda = 404.94 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} E_g &= \frac{hc}{\lambda} \\ &= \frac{6.63 \times 10^{-34}}{404.95 \times 10^{-9}} \times 3 \times 10^8 \\ &= 0.0491 \times 10^{-17} \times \frac{1}{1.6 \times 10^{-19}} \\ &= 3.01 \text{ eV} \end{aligned}$$

b. Sampel 4

$$\lambda = 401.87 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} E_g &= \frac{hc}{\lambda} \\ &= \frac{6.63 \times 10^{-34}}{401.87 \times 10^{-9}} \times 3 \times 10^8 \\ &= 0.0494 \times 10^{-17} \times \frac{1}{1.6 \times 10^{-19}} \\ &= 3.09 \text{ eV} \end{aligned}$$

Lampiran 6 :

Tabel Nilai Konduktivitas Pada Sampel 1

UDARA				Gas CO ₂		
Temperatur (C ⁰)	Arus (mA)	Resistor (Ω)	KONDUKTIVITAS (1/ Ω .m)	Arus (mA)	Resistor (Ω)	KONDUKTIVITAS (1/ Ω .m)
80	2.79	10752.69	0.001659	2.95	10169.49	0.001754
85	2.81	10676.16	0.00167	2.98	10067.11	0.001772
90	2.85	10526.32	0.001694	3	10000	0.001783
95	2.89	10380.62	0.001718	3.02	9933.775	0.001795
100	2.95	10169.49	0.001754	3.07	9771.987	0.001825
105	2.97	10101.01	0.001766	3.08	9740.26	0.001831
110	3	10000	0.001783	3.08	9740.26	0.001831
115	3.03	9900.99	0.001801	3.09	9708.738	0.001837
120	3.04	9868.421	0.001807	3.09	9708.738	0.001837
125	3.05	9836.066	0.001813	3.11	9646.302	0.001849
130	3.05	9836.066	0.001813	3.11	9646.302	0.001849
135	3.05	9836.066	0.001813	3.1	9677.419	0.001843
140	3.07	9771.987	0.001825	3.11	9646.302	0.001849
145	3.08	9740.26	0.001831	3.12	9615.385	0.001855
150	3.09	9708.738	0.001837	3.13	9584.665	0.001861
155	3.12	9615.385	0.001855	3.16	9493.671	0.001879
160	3.15	9523.81	0.001873	3.2	9375	0.001902
165	3.2	9375	0.001902	3.24	9259.259	0.001926
170	3.21	9345.794	0.001908	3.25	9230.769	0.001932
175	3.23	9287.926	0.00192	3.28	9146.341	0.00195
180	3.24	9259.259	0.001926	3.29	9118.541	0.001956
185	3.25	9230.769	0.001932	3.3	9090.909	0.001962
190	3.28	9146.341	0.00195	3.34	8982.036	0.001986
193	3.3	9090.909	0.001962	3.36	8928.571	0.001997

Tabel Nilai Konduktivitas Pada Sampel 2

UDARA				Gas CO ₂		
Temperatur (C°)	Arus (mA)	Resistor (Ω)	KONDUKTIVITAS (1/ Ω .m)	Arus (mA)	Resistor (Ω)	KONDUKTIVITAS (1/ Ω .m)
80	2.5	12000	0.001486	2.95	9868.421	0.001807
85	2.55	11764.71	0.001516	2.98	9836.066	0.001813
90	2.75	10909.09	0.001635	3	9836.066	0.001813
95	2.79	10752.69	0.001659	3.02	9708.738	0.001837
106	2.8	10714.29	0.001665	3.07	9646.302	0.001849
112	2.88	10416.67	0.001712	3.08	9554.14	0.001867
120	2.89	10380.62	0.001718	3.08	9493.671	0.001879
127	2.9	10344.83	0.001724	3.09	9463.722	0.001885
134	2.91	10309.28	0.00173	3.09	9404.389	0.001896
140	2.92	10273.97	0.001736	3.11	9345.794	0.001908
147	2.93	10238.91	0.001742	3.11	9259.259	0.001926
155	2.94	10204.08	0.001748	3.1	9230.769	0.001932
163	2.96	10135.14	0.00176	3.11	9230.769	0.001932
170	2.98	10067.11	0.001772	3.12	9202.454	0.001938
177	3.01	9966.777	0.001789	3.13	9202.454	0.001938
183	2.97	10101.01	0.001766	3.16	9174.312	0.001944
188	3.08	9740.26	0.001831	3.2	9146.341	0.00195
190	3.09	9708.738	0.001837	3.24	9118.541	0.001956
193	3	9686.875	0.001486	3.25	9868.421	0.001807

Tabel Nilai Konduktivitas Pada Sampel 3

UDARA				Gas CO ₂		
Temperatur (C ^o)	Arus (mA)	Resistor (Ω)	KONDUKTIVITAS (1/ Ω .m)	Arus (mA)	Resistor (Ω)	KONDUKTIVITAS (1/ Ω .m)
80	1.97	15228.43	0.001167	2.31	12987.01	0.001373
85	1.98	15151.52	0.001173	2.32	12931.03	0.001379
90	1.99	15075.38	0.001179	2.32	12931.03	0.001379
95	2.02	14851.49	0.001197	2.35	12765.96	0.001397
106	2.05	14634.15	0.001215	2.38	12605.04	0.001415
112	2.07	14492.75	0.001227	2.33	12875.54	0.001385
120	2.09	14354.07	0.001239	2.34	12820.51	0.001391
127	2.11	14218.01	0.00125	2.35	12765.96	0.001397
134	2.12	14150.94	0.001256	2.37	12658.23	0.001409
140	2.14	14018.69	0.001268	2.37	12658.23	0.001409
147	2.19	13698.63	0.001298	2.39	12552.3	0.001421
155	2.21	13574.66	0.00131	2.4	12500	0.001427
163	2.25	13333.33	0.001333	2.41	12448.13	0.001433
170	2.29	13100.44	0.001357	2.43	12345.68	0.001445
177	2.36	12711.86	0.001399	2.46	12195.12	0.001462
183	2.39	12552.3	0.001416	2.55	11764.71	0.001516
188	2.45	12244.9	0.001452	2.6	11538.46	0.001546
190	2.49	12048.19	0.001476	2.65	11320.75	0.001575
193	2.52	11904.76	0.001493	2.71	11070.11	0.001611

Tabel Nilai Konduktivitas Pada Sampel 4

UDARA				Gas CO ₂		
Temperatur (C ⁰)	Arus (mA)	Resistor (Ω)	KONDUKTIVITAS (1/ Ω m)	Arus (mA)	Resistor (Ω)	KONDUKTIVITAS (1/ Ω m)
80	2.37	12658.23	0.001409	3	10000	0.001783
85	2.41	12448.13	0.001433	3.01	9966.777	0.001789
90	2.49	12048.19	0.00148	3.03	9900.99	0.001801
95	2.55	11764.71	0.001516	3.06	9803.922	0.001819
106	2.61	11494.25	0.001552	3.09	9708.738	0.001837
112	2.75	10909.09	0.001635	3.12	9615.385	0.001855
120	2.91	10309.28	0.00173	3.13	9584.665	0.001861
127	2.94	10204.08	0.001748	3.14	9554.14	0.001867
134	2.95	10169.49	0.001754	3.16	9493.671	0.001879
140	2.96	10135.14	0.00176	3.18	9433.962	0.00189
147	2.97	10101.01	0.001766	3.2	9375	0.001902
155	3.01	9966.777	0.001789	3.21	9345.794	0.001908
163	3.05	9836.066	0.001813	3.25	9230.769	0.001932
170	3.11	9646.302	0.001849	3.29	9118.541	0.001956
177	3.12	9615.385	0.001855	3.3	9090.909	0.001962
183	3.14	9554.14	0.001867	3.31	9063.444	0.001968
188	3.19	9404.389	0.001896	3.31	9063.444	0.001968
190	3.2	9375	0.001902	3.32	9036.145	0.001974
193	3.22	9316.77	0.001914	3.33	9009.009	0.00198

Tabel Nilai Konduktivitas Pada Sampel 5

UDARA				Gas CO ₂		
Temperatur (C ⁰)	Arus (mA)	Resistor (Ω)	KONDUKTIVITAS (1/ Ω .m)	Arus (mA)	Resistor (Ω)	KONDUKTIVITAS (1/ Ω .m)
7	2.68	11194.03	0.001593	2.91	10309.28	0.00173
85	2.7	11111.11	0.001605	2.95	10169.49	0.001754
90	2.75	10909.09	0.001635	2.97	10101.01	0.001766
95	2.82	10638.3	0.001676	2.98	10067.11	0.001772
106	2.87	10452.96	0.001706	2.99	10033.44	0.001777
112	2.88	10416.67	0.001712	3.01	9966.777	0.001789
120	2.89	10380.62	0.001718	3.04	9868.421	0.001807
127	2.9	10344.83	0.001724	3.06	9803.922	0.001819
134	2.91	10309.28	0.00173	3.08	9740.26	0.001831
140	2.91	10309.28	0.00173	3.11	9646.302	0.001849
147	2.93	10238.91	0.001742	3.12	9615.385	0.001855
155	2.93	10238.91	0.001742	3.13	9584.665	0.001861
163	2.93	10238.91	0.001742	3.1	9677.419	0.001843
170	2.94	10204.08	0.001748	3.09	9708.738	0.001837
177	2.95	10169.49	0.001754	3.08	9740.26	0.001831
183	2.96	10135.14	0.00176	3.12	9615.385	0.001855
188	2.97	10101.01	0.001766	3.1	9677.419	0.001843
190	2.98	10067.11	0.001772	3.11	9646.302	0.001849
193	2.99	10033.44	0.001777	3.12	9615.385	0.001855