

**KAJIAN STUDI EKSPERIMENTAL HUBUNGAN
RESPONS RESISTANSI SENSOR GAS *METAL OXIDE*
TERHADAP SUHU DAN KELEMBABAN UDARA**

Skripsi

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Sains**



**Muhammad Fathur Rahman
1306620061**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2024**

ABSTRAK

MUHAMMAD FATHUR RAHMAN. Kajian Studi Eksperimental Hubungan Respons Resistansi Sensor Gas *Metal Oxide* Terhadap Suhu dan Kelembaban Udara. Di Bawah Bimbingan WIDYANINGRUM INDRASARI, HARIS SUHENDAR.

Sensor gas *metal oxide* (MOX) merupakan salah satu jenis sensor gas yang mempunyai sensitivitas yang tinggi sehingga terdapat beberapa faktor yang memengaruhi dalam penginderaan sensor gas MOX, seperti suhu dan kelembaban udara. Penelitian ini merancang *chamber* terkontrol untuk mengkaji hubungan resistansi sensor MOX terhadap suhu dan kelembaban udara menggunakan metode eksperimental. Sistem ini dilengkapi dengan sensor BME280, sensor gas MOX, PTC *Air Heater*, peltier, *heatsink*, pompa vakum, keypad dan LCD serta Arduino Mega 2560. Pada penelitian ini telah dilakukan karakterisasi sensor dengan kesalahan relatif pada sensor suhu sebesar 0,653%; kelembaban sebesar 2,507%; dan tekanan sebesar 0,104%. Kemudian, sistem kontrol PID digunakan untuk mengatur suhu dengan parameter terbaik $K_p = 0.2$, $K_i = 0.6$, dan $K_d = 0.8$. Data respons sensor gas MOX dilakukan pada rentang suhu 31°C hingga 40°C diambil sebanyak 10 kali pengulangan. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan signifikan antara suhu dan kelembaban dengan resistansi sensor gas MOX. Suhu cenderung memiliki pengaruh langsung terhadap peningkatan resistansi, sedangkan kelembaban menunjukkan pengaruh yang lebih kompleks. Model regresi yang dihasilkan dari analisis data ini memberikan persamaan koreksi yang dapat digunakan untuk memperbaiki akurasi sensor dalam berbagai kondisi lingkungan.

Kata kunci. *Sensor Gas Metal Oxide, Sistem Kontrol, PID, Resistansi*

ABSTRACT

MUHAMMAD FATHUR RAHMAN. Experimental Study of the Relationship between the Resistance Response of Metal Oxide Gas Sensors and Air Temperature and Humidity. Supervised by WIDYANINGRUM INDRASARI, HARIS SUHENDAR.

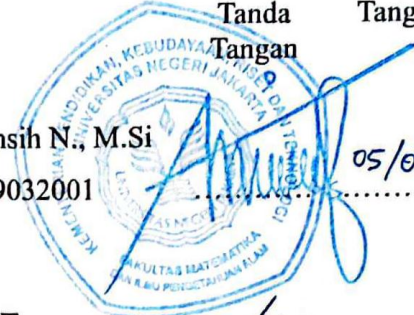






Metal oxide (MOX) gas sensor is one type of gas sensor that has high sensitivity so that there are several factors that affect the sensing of the MOX gas sensor, such as temperature and humidity. This study designed a controlled room to study the relationship between MOX sensor resistance to temperature and humidity using experimental methods. This system is equipped with a BME280 sensor, MOX gas sensor, PTC Air Heater, peltier, heatsink, vacuum pump, keypad, LCD and Arduino Mega 2560. In this study, sensor characterization has been carried out with a relative error on the temperature sensor of 0.653%; humidity of 2.507%; and pressure of 0.104%. Then, the PID control system is used to regulate the temperature with the best parameters $K_p = 0.2$, $K_i = 0.6$, and $K_d = 0.8$. MOX gas sensor response data was carried out at a temperature range of 31°C to 40°C taken 10 times. The results showed a significant relationship between temperature and humidity with the resistance of the MOX sensor. Temperature tends to have a direct effect on resistance increase, while humidity shows a more complex effect. The regression model generated from this data analysis provides a correction equation that can be used to improve sensor accuracy under various environmental conditions.

Keywords: *Metal Oxide Gas Sensor, Control System, PID, Resistance*

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

KAJIAN STUDI EKSPERIMENTAL HUBUNGAN RESPONS RESISTANSI SENSOR GAS *METAL OXIDE* TERHADAP SUHU DAN KELEMBABAN UDARA

Nama : Muhammad Fathur Rahman
No. Registrasi : 1306620061

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab			
Dekan	: Prof. Dr. Muktiningsih N., M.Si NIP. 196405111989032001		05/08/2024
Wakil Penanggung Jawab			
Wakil Dekan I	: Dr. Esmar Budi, M.T NIP. 197207281999031002		05/08/2024
Ketua	: Dr. Anggara Budi Susila, M.Si NIP. 196010011992031001		02/08/2024
Sekretaris	: Dr. Hadi Nasbey, M.Si NIP. 197909162005011004		02/08/2024
Anggota			
Pembimbing I	: Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si NIP. 197705102006042001		02/08/2024
Pembimbing II	: Haris Suhendar, M.Si NIP. 199404282022031006		01/08/2024
Penguji	: Dr. Mutia Delina, M.Si NIP. 198011192008012007		01/08/2024

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 22 Juli 2024.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Fathur Rahman
NIM : 1306620061
Program Studi : Fisika

Menyatakan dengan benar bahwa Skripsi yang disusun dengan judul “Kajian Studi Eksperimental Hubungan Respons Resistansi Sensor Gas *Metal Oxide* Terhadap Suhu dan Kelembaban Udara” adalah benar karya intelektual saya di bawah bimbingan dan arahan dosen pembimbing dengan tujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Sains di Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Skripsi tersebut juga bukan merupakan duplikasi, plagiasi ataupun terjemahan dari karya tulis orang lain. Segala bentuk pengutipan dilakukan sesuai dengan kaidah serta etika keilmuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sejujur-jujurnya dan penuh tanggung jawab. Apabila di kemudian hari ditemukan bahwa pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 31 Juli 2024



Muhammad Fathur Rahman



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA
ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Muhammad Fathur Rahman
NIM : 1306620061
Fakultas/Prodi : FMIPA / Fisika
Alamat email : mfathur643@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Skripsi Tesis Disertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Kajian Studi Eksperimental Hubungan Respons Resistansi Sensor Gas *Metal Oxide* Terhadap Suhu dan Kelembaban Udara

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 08 Agustus 2024

Penulis

(Muhammad Fathur Rahman)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Kajian Studi Eksperimental Hubungan Respons Resistansi Sensor Gas *Metal Oxide* Terhadap Suhu dan Kelembaban Udara”. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi kepada penulis. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si. selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa membimbing, memberikan solusi, dan memberikan motivasi selama proses penelitian berlangsung.
2. Haris Suhendar, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa memberikan arahan dan motivasi selama proses penelitian.
3. Dr. Umiatin, M.Si. selaku Koordinator Program Studi Fisika yang telah memberikan arahan selama masa perkuliahan.
4. Orang-orang terdekat penulis yang bersedia mendengarkan, memberikan tanggapan, serta dukungan atas apapun yang dialami penulis.
5. Teman-teman satu kelompok bimbingan yang selalu memberikan bantuan, solusi, dan motivasi kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka atas kritik dan saran yang membangun untuk penelitian selanjutnya.

Jakarta, 31 Juli 2024

Muhammad Fathur Rahman

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR SINGKATAN	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian.....	6
D. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Suhu dan Kelembaban Udara.....	7
B. Tekanan Udara.....	8
C. Sistem Kontrol.....	9
D. Sistem Kontrol PID	11
E. Sensor <i>Metal Oxide</i>	14
F. Instrumen dan <i>Software</i> Pendukung.....	20
G. Kerangka Berpikir	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	30
A. Tempat dan Waktu Penelitian	30
B. Metode Penelitian.....	30
C. Teknik Pengumpulan dan Analisa Data	36

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
A. Karakterisasi Sensor	38
B. Hasil Perancangan Sistem	44
C. Pengujian Sistem	48
D. Analisis Hubungan Resistansi Sensor Gas MOX Terhadap Suhu/Kelembaban Udara	50
E. Resume	59
F. Peta Hasil Penelitian	61
G. Kelebihan dan Kekurangan Penelitian	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	63
A. Kesimpulan.....	63
B. Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN.....	71
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	91




DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram blok sistem kontrol <i>loop</i> terbuka.....	10
Gambar 2.2	Diagram blok sistem kontrol <i>loop</i> tertutup	10
Gambar 2.3	Grafik keadaan sistem	11
Gambar 2.4	Diagram blok sistem kendali PID	12
Gambar 2.5	Grafik hasil simulasi pengontrol (a) P; (b) PI; (c) PD; (d) PID .	13
Gambar 2.6	Fungsi transfer linier	15
Gambar 2.7	Aproksimasi linier dari fungsi transfer nonlinier	17
Gambar 2.8	Fungsi reseptor dan transduser sensor gas <i>metal oxide</i>	18
Gambar 2.9	iii(a) Pengaruh resistansi bulk, efek permukaan, batas butir dan kontak antara antarmuka butir dan elektroda, (b) diagram rangkaian ekuivalen sensor gas MOX.....	18
Gambar 2.10	iiiPerbandingan bahan sensor yang berbeda sehubungan dengan (a) waktu responsnya dan (b) batas deteksi yang lebih rendah untuk penginderaan gas amonia	20
Gambar 2.11	iiiPerbandingan bahan sensor yang berbeda sehubungan dengan (a) waktu respons dan (b) suhu kerjanya pada batas deteksi bawah yang berbeda	20
Gambar 2.12	Arduino Mega 2560	21
Gambar 2.13	(a) Komponen dan (b) konfigurasi pin sensor BME280.....	23
Gambar 2.14	Struktur sederhana dari <i>relay</i>	24
Gambar 2.15	PTC <i>Air Heater</i>	25
Gambar 2.16	Prinsip kerja pompa vakum diafragma.....	27
Gambar 2.17	Motor <i>Driver</i> L298N.....	27
Gambar 3.1	Diagram blok sistem.....	33
Gambar 3.2	Desain sistem keseluruhan	34
Gambar 3.3	Diagram alir penelitian.....	35
Gambar 4.1	Pengambilan data karakterisasi sensor suhu BME280.....	38
Gambar 4.2	Kurva kalibrasi sensor suhu BME280.....	39
Gambar 4.3	Pengambilan data karakterisasi sensor kelembaban BME280....	40

Gambar 4.4	Kurva kalibrasi sensor kelembaban BME280.....	40
Gambar 4.5	Pengambilan data karakterisasi sensor tekanan BME280.....	42
Gambar 4.6	Kurva kalibrasi sensor tekanan BME280.....	43
Gambar 4.7	Hasil perancangan sistem keseluruhan pada lapisan (a) pertama dan (b) kedua.....	45
Gambar 4.8	Tampilan LCD I2C dari setiap kondisi pilihan menu	46
Gambar 4.9	Hasil <i>tunning</i> parameter proporsional (Kp)	46
Gambar 4.10	Hasil <i>tunning</i> parameter integral (Ki)	47
Gambar 4.11	Hasil <i>tunning</i> parameter integral (Ki)	47
Gambar 4.12	Pengujian pompa vakum (a) menarik dan (b) membuang udara	48
Gambar 4.13	Hasil pengujian sistem kontrol suhu kondisi pertama.....	49
Gambar 4.14	Hasil pengujian sistem kontrol suhu kondisi kedua.....	49
Gambar 4.15	Pengambilan data evaluasi respons sensor gas MOX	50
Gambar 4.16	(a) Hubungan suhu dengan waktu; (b) hubungan kelembaban dengan waktu; (c) hubungan suhu dan kelembaban udara dengan waktu	51
Gambar 4.17	Hubungan respons resistansi sensor (a) MQ-6 dan (b) MQ-135 dengan waktu	52
Gambar 4.18	Hubungan respons resistansi sensor (a) MQ-6 dan (b) MQ-135 dengan suhu.....	53
Gambar 4.19	Hubungan respons resistansi sensor (a) MQ-6 dan (b) MQ-135 dengan kelembaban.....	55

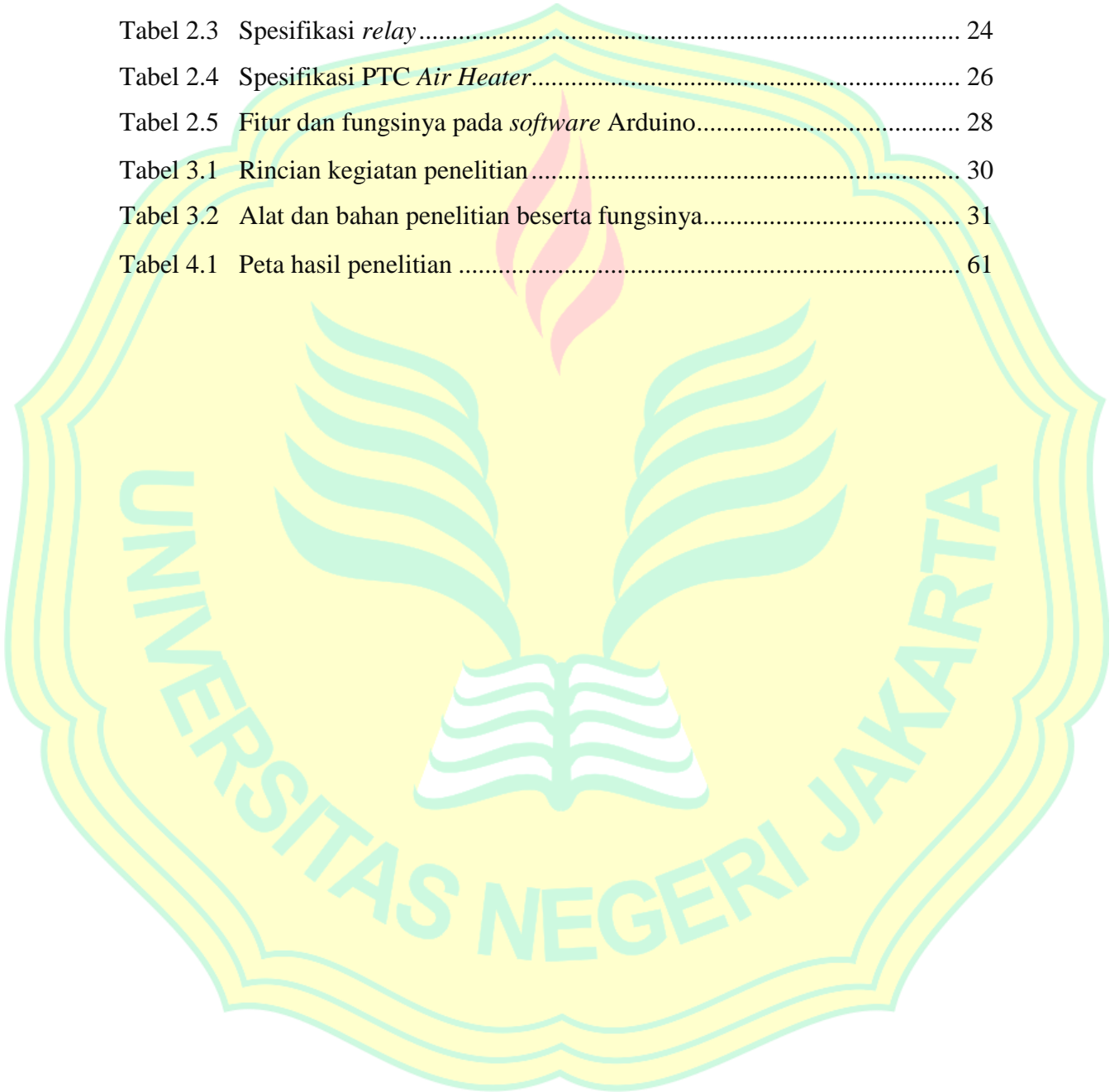
DAFTAR SINGKATAN



BMKG	:	Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
DC	:	<i>Direct Current</i>
FET	:	<i>Field-Effect-Transistors</i>
ICAO	:	<i>International Civil Aviation Organization</i>
IDE	:	<i>Integrated Development Environment</i>
IoT	:	<i>Internet of Things</i>
LCD I2C	:	<i>Liquid Crystal Display Inter Integrated Circuit</i>
MOX	:	<i>Metal Oxide</i>
NC	:	<i>Normally Closed</i>
NO	:	<i>Normally Open</i>
PCB	:	<i>Printed Circuit Board</i>
PD	:	<i>Proportional – Derivative</i>
PI	:	<i>Proportional – Integral</i>
PID	:	<i>Proportional - Integral – Derivative</i>
PL	:	<i>Photoluminescence</i>
PTC	:	<i>Positive Temperature Coefficient</i>
TEC	:	<i>Thermo Electric Cooler</i>

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi Arduino Mega 2560.....	22
Tabel 2.2	Spesifikasi Sensor BME280	23
Tabel 2.3	Spesifikasi <i>relay</i>	24
Tabel 2.4	Spesifikasi PTC <i>Air Heater</i>	26
Tabel 2.5	Fitur dan fungsinya pada <i>software</i> Arduino.....	28
Tabel 3.1	Rincian kegiatan penelitian.....	30
Tabel 3.2	Alat dan bahan penelitian beserta fungsinya.....	31
Tabel 4.1	Peta hasil penelitian	61



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Karakterisasi Sensor BME280 (Suhu)	71
Lampiran 2. Data Akurasi Sensor BME280 (Suhu).....	72
Lampiran 3. Data Karakterisasi Sensor BME280 (Kelembaban)	73
Lampiran 4. Data Akurasi Sensor BME280 (Kelembaban).....	74
Lampiran 5. Data Karakterisasi Sensor BME280 (Tekanan).....	75
Lampiran 6. Data Akurasi Sensor BME280 (Tekanan).....	76
Lampiran 7. Data Respons Sensor Gas MOX dan BME280	77
Lampiran 8. Kode Program Sistem.....	78

