

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RANCANG BANGUN SENSOR KELEMBAPAN TIPE RESISTIF BERBASIS PVA-NANOPARTIKEL SnO_2 MENGUNAKAN TEKNOLOGI FILM TEBAL

DEVIANA AGUSTINA



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Rancang Bangun Sensor Kelembapan Tipe Resistif Berbasis PVA-Nanopartikel SnO₂ menggunakan Teknologi Film Tebal” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, November 2024

Deviana Agustina
G7401201030

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRAK

DEVIANA AGUSTINA. Rancang Bangun Sensor Kelembapan Tipe Resistif Berbasis PVA-Nanopartikel SnO₂ menggunakan Teknologi Film Tebal. Dibimbing oleh IRZAMAN dan GOIB WIRANTO.

Penelitian ini berfokus pada desain dan pembuatan sensor kelembapan resistif dengan menggunakan teknologi film tebal. Material sensitif yang digunakan pada sensor merupakan nanokomposit antara PVA dengan nanopartikel SnO₂. Pengujian sensor dilakukan di dalam sebuah *styrofoam chamber* dengan kelembapan divariasikan dari 60% hingga 90%. Sensor dibuat dengan variasi massa SnO₂ (5%, 10%, 15%) terhadap 1 g PVA dan variasi IDE *finger* 6 dan 8. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa sensor menunjukkan respons terhadap perubahan kelembapan berupa penurunan nilai resistansi. Semakin banyak penambahan nanopartikel SnO₂, nilai resistansi yang terbaca oleh sensor akan semakin kecil dan mempercepat waktu respons. Sensor dengan variasi PVA-10% SnO₂ pada IDE *finger* 8 memiliki waktu respons yang paling cepat yaitu sebesar 87 s dan waktu pemulihan 187 s, serta memiliki ketebalan lapisan paling tinggi yaitu 53,04 μm . Sensor dengan variasi IDE *finger* 6 juga memiliki respons tercepat pada variasi PVA-10% SnO₂ yaitu sebesar 136 s dan waktu pemulihan sebesar 365 s, dengan ketebalan lapisan sebesar 50,75 μm . Sensitivitas sensor tertinggi terdapat pada variasi PVA-5% SnO₂ dengan IDE *finger* 6 dan 8 berturut-turut sebesar $5,60 \times 10^5 \Omega/\%RH$ dan $3,34 \times 10^5 \Omega/\%RH$.

Kata kunci: sensor kelembapan, film tebal, PVA, nanopartikel SnO₂

ABSTRACT

DEVIANA AGUSTINA. Fabrication of a Resistive Type Humidity Sensor Based on PVA-SnO₂ Nanoparticles using Thick Film Technology. Supervised by IRZAMAN and GOIB WIRANTO.

This research focuses on the design and fabrication of resistive humidity sensors using thick film technology. The sensor's sensitive material is a nanocomposite composed of PVA and SnO₂ nanoparticles. The sensors were tested in a styrofoam chamber with humidity levels that ranged from 60% to 90%. The sensor was fabricated with a mass variation of SnO₂ (5%, 10%, 15%) in conjunction with 1 g of PVA, as well as IDE *finger* 6 and 8 configurations. The test results demonstrate that the sensor exhibits a response to changes in humidity, manifesting as a reduction in resistance value. The addition of SnO₂ nanoparticles results in a reduction in resistance value and an increase in response time. The sensor with PVA-10% SnO₂ variation at IDE *finger* 8 has the fastest response time of 87 s and recovery time of 187 s, and has the highest layer thickness of 53,04 μm . The sensor with IDE *finger* 6 variation also has the fastest response to the PVA-10% SnO₂ variation of 136 s and a recovery time of 365 s, with a layer thickness of 50,75 μm . The highest sensor sensitivity is found in the PVA-5% SnO₂ variation with IDE *finger* 6 and 8 respectively at $5,60 \times 10^5 \Omega/\%RH$ and $3,34 \times 10^5 \Omega/\%RH$.

Keywords: humidity sensor, thick film, PVA, SnO₂ nanoparticle



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RANCANG BANGUN SENSOR KELEMBAPAN TIPE RESISTIF BERBASIS PVA-NANOPARTIKEL SnO₂ MENGUNAKAN TEKNOLOGI FILM TEBAL

DEVIANA AGUSTINA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Fisika

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Heriyanto Syafutra, M.Si.

2. Dr. Setyanto Tri Wahyudi, M.Si.

Judul Skripsi : Rancang Bangun Sensor Kelembapan Tipe Resistif Berbasis
PVA-Nanopartikel SnO₂ menggunakan Teknologi Film Tebal
Nama : Deviana Agustina
NIM : G7401201030

Disetujui oleh

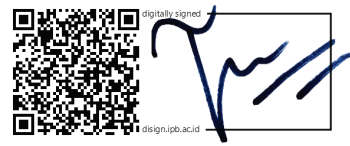
Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Irzaman, M.Si.
196307081995121001

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Goib Wiranto
196912301989011001



Diketahui oleh

Ketua Departemen Fisika:
Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada Wijaya P., M.Si.
197205191997021001



Tanggal Ujian: 22 November 2024

Tanggal Lulus:



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Februari 2024 sampai bulan Juni 2024 ini adalah "Rancang Bangun Sensor Kelembapan Tipe Resistif Berbasis PVA-Nanopartikel ZnO₂ menggunakan Teknologi Film Tebal". Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Orang tua tercinta, Bapak Suhemi dan Ibu Maryati, Kakak-kakak tercinta (Eli Suheli dan Ahyatul Maulida), ponakan-ponakan tersayang (Muhammad Daffi Maulana dan Reyna Dwi Maulina), serta seluruh keluarga lainnya atas segala bentuk dukungan dan kasih sayang yang diberikan kepada penulis hingga skripsi ini dapat selesai. Kehadiran kalian sangat berarti dalam hidup penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Irzman, M.Si. selaku pembimbing pertama dan Prof. Dr. Goib Wiranto selaku dosen pembimbing kedua yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, serta dukungan dengan penuh kesabaran sejak awal penulis menjalankan tugas akhir hingga skripsi ini diterbitkan.
3. Bapak Dr. Heriyanto Syafutra, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji pertama dan Ibu Dr. Siti Yani, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji kedua yang telah memberikan arahan serta motivasi kepada penulis dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi.
4. Ibu Nur Aisyah Nuzulia, S.Si., M.Si. selaku dosen penggerak penulis yang telah sabar membimbing dan memotivasi selama perkuliahan.
5. Bapak Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada Wijaya P., M.Si., Bapak Dr. Ir. Irmansyah, M.Si., Bapak Firman Permana, S.Sos., serta seluruh dosen, staf Fisika IPB yang telah banyak membantu segala proses administrasi, memberikan ilmu serta motivasi selama perkuliahan.
6. Saudara Suherman (Dede) selaku orang yang berarti bagi penulis atas segala kasih sayang, dukungan, dedikasi serta motivasi yang telah diberikan kepada penulis. Menjadi seseorang yang selalu siap mendengarkan segala keluh kesah penulis sejak awal perkuliahan hingga skripsi ini diterbitkan. Kehadiran dan dorongan yang telah anda berikan menjadi salah satu sumber kekuatan bagi penulis dalam menyelesaikan studi di Fisika IPB.
7. Teman-teman Fisika 57 yang senantiasa menemani perjuangan penulis selama menjalankan masa perkuliahan. Khususnya Siska Ilhami, Rizki Deva Berlian, Reni Dwi Putri, Ienyen Nandha Galuhsusan, yang selalu ada pada saat proses penelitian di BRIN KST Samaun Samadikun, Bandung.
8. Bapak Erry Dwi Kurniawan Ph.D., Bapak I Dewa Putu Hermida M.T., Bapak Shobih M.T., Kak Lia, Kak Melyna, Kak Nurhandayani, kak Fitri, dan semua pihak yang telah membantu penulis selama menjalankan penelitian di BRIN KST Samaun Samadikun, Bandung.

Penulis mengucapkan terima kasih dan mohon maaf apabila masih terdapat kesalahan dan kekeliruan. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca, serta dalam perkembangan ilmu pengetahuan.

Bogor, November 2024

Deviana Agustina

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Sensor Kelembapan Tipe Resistif	4
2.2 Teknologi Film Tebal menggunakan Teknik <i>Screen Printing</i>	6
2.3 Substrat Alumina (Al_2O_3)	7
2.4 Elektroda Interdigital (IDE) dengan Pasta Silver-Palladium (AgPd)	7
2.5 Material Lapisan Sensitif Sensor Kelembapan	8
III METODE	11
3.1 Waktu dan Tempat	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.3 Sintesis Material	11
3.4 Prosedur Pembuatan Sensor Kelembapan Tiper Resistif	13
3.5 Pengukuran Resistansi Sensor	17
3.6 Uji Sifat Material Lapisan Sensitif	18
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Divais sensor kelembapan tipe resistif	20
4.2 Karakterisasi material Nanopartikel SnO_2	21
4.3 Mekanisme Pendeteksian Sensor Kelembapan Tipe Resistif Berbasis PVA-Nanopartikel SnO_2	24
4.4 Analisis Ketebalan lapisan sensitif sensor	26
4.5 Analisis Hubungan Resistansi Listrik Sensor terhadap Perubahan Kelembapan Relatif (RH)	28
4.6 Waktu Respons dan Pemulihan Sensor Kelembapan Resistif	31
4.7 Sensitivitas sensor	35
V SIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Simpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	45

DAFTAR TABEL

1	Referensi penerapan teknologi film tebal dalam fabrikasi sensor kelembapan	7
2	Referensi sensor kelembapan menggunakan nanomaterial	10
3	Komposisi material lapisan sensitif PVA-nanopartikel SnO ₂	12
4	Hasil identifikasi fasa nanopartikel SnO ₂ menggunakan <i>software MATCH</i>	24
5	Perbandingan parameter XRD SnO ₂ hasil sintesis dengan ICDD	24
6	Hasil pengukuran nilai resistansi sensor kelembapan resistif berbasis PVA	28
7	Hasil pengukuran nilai resistansi sensor kelembapan resistif berbasis PVA-SnO ₂ variasi IDE <i>finger</i> 6	29
8	Hasil pengukuran nilai resistansi sensor kelembapan resistif berbasis PVA-SnO ₂ variasi IDE <i>finger</i> 8	29
9	Data pengukuran waktu respons dan pemulihan sensor kelembapan resistif	31

DAFTAR GAMBAR

1	Rancangan sensor kelembapan (dimodifikasi dari Liu <i>et al.</i> 2020. <i>J Mater Sci Mater Electron.</i> 31(16):13229–13239)	5
2	Skema proses <i>screen printing</i> (dimodifikasi dari Kohl <i>et al.</i> 2014. <i>Procedia Technol.</i> 15:107–113)	6
3	Struktur kimia PVA (dimodifikasi dari Martadi <i>et al.</i> 2019. <i>Proceeding - 2019 Int Symp Electron Smart Devices, ISESD 2019</i>)	9
4	Struktur rutil SnO ₂	10
5	(a) Skema peralatan metode hidrotermal yang umum digunakan, (b) langkah-langkah umum untuk persiapan hidrotermal (dimodifikasi dari Yang dan Park 2019. <i>Materials.</i> 12(7):1-18)	12
6	Desain lapisan sensor kelembapan tipe resistif	13
7	(a) Desain elektroda interdigital sensor kelembapan, (b) desain lapisan dielektrik	14
8	Dimensi elektroda sensor kelembapan tipe resistif	14
9	Tahapan proses <i>screen printing</i> elektroda sensor	15
10	Tahapan proses <i>spin coating</i>	16
11	Skema pengujian sensor kelembapan tipe resistif menggunakan <i>styrofoam chamber</i>	17
12	Diagram blok sistem akuisisi data karakterisasi sensor kelembapan	17
13	Skema difraksi bidang kisi (dimodifikasi dari Maradelta <i>et al.</i> 2016	19
14	Divais sensor kelembapan resistif menggunakan teknologi film tebal (a) IDE <i>finger</i> 6, (b) IDE <i>finger</i> 8	21
15	Sensor hasil fabrikasi berbasis (a) PVA- 5% SnO ₂ , (b) PVA- 10% SnO ₂ , dan (c) PVA- 15% SnO ₂	21
16	Distribusi ukuran partikel SnO ₂ hasil PSA	22
17	Hasil analisis ukuran partikel SnO ₂ menggunakan SEM	23

18	Difraktogram hasil XRD SnO ₂ (a) sintesis, (b) referensi (dimodifikasi dari Preethi <i>et al.</i> 2021. <i>Journal of Nano- and Electronic Physics</i> . 13(6):1-5)	23
19	Morfologi nanopartikel SnO ₂ yang diamati oleh SEM dengan perbesaran (a)2500x dan (b)10000x	24
20	Mekanisme <i>sensing</i> kelembapan dari interaksi molekul air dengan SnO ₂	26
21	Pengukuran ketebalan <i>sensing layer</i> sensor kelembapan resistif menggunakan SEM perbesaran 500x (a) PVA IDE <i>finger</i> 6, (b) PVA IDE <i>finger</i> 8	26
22	Pengukuran ketebalan <i>sensing layer</i> sensor kelembapan resistif berbasis PVA-nanopartikel SnO ₂	27
23	Grafik penurunan nilai resistansi terhadap perubahan kelembapan pada sensor berbasis PVA	28
24	Grafik penurunan nilai resistansi terhadap perubahan kelembapan pada sensor dengan variasi material <i>sensing layer</i> (a) IDE <i>finger</i> 6, (b) IDE <i>finger</i> 8	29
25	Grafik penurunan nilai resistansi terhadap perubahan kelembapan pada sensor berbasis PVA-SnO ₂ dengan variasi jumlah <i>finger</i> IDE (a) PVA-5% SnO ₂ , (b) PVA-10% SnO ₂ , dan (c) PVA-15% SnO ₂	30
26	Grafik (a) waktu respons, (b) pemulihan sensor berbasis PVA dengan IDE <i>finger</i> 6	32
27	Grafik (a) waktu respons, (b) pemulihan sensor berbasis PVA dengan IDE <i>finger</i> 8	32
28	Grafik (a) waktu respons, dan (b) waktu pemulihan sensor berbasis PVA-5%SnO ₂ dengan IDE <i>finger</i> 6	33
29	Grafik (a) waktu respons, dan (b) waktu pemulihan sensor berbasis PVA-10%SnO ₂ dengan IDE <i>finger</i> 6	33
30	Grafik (a) waktu respons dan (b) waktu pemulihan sensor berbasis PVA-15% SnO ₂ dengan IDE <i>finger</i> 6	33
31	Grafik (a) waktu respons, dan (b) waktu pemulihan sensor berbasis PVA-5% SnO ₂ dengan IDE <i>finger</i> 8	34
32	Grafik (a) waktu respons, dan (b) waktu pemulihan sensor berbasis PVA-10% SnO ₂ dengan IDE <i>finger</i> 8	34
33	Grafik (a) waktu respons, dan (b) waktu pemulihan sensor berbasis PVA-15% SnO ₂ dengan IDE <i>finger</i> 8	34
34	Sensitivitas sensor kelembapan tipe resistif	35

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Diagram alir pelaksanaan tugas akhir	46
2	Lampiran 2 Perhitungan massa bahan yang digunakan dalam sintesis nanopartikel SnO ₂	47
3	Lampiran 3 <i>Database</i> ICDD PDF4+ 00-041-1445	47
4	Lampiran 4 Hasil kumulatif pengukuran menggunakan PSA	48
5	Lampiran 5 Hasil analisis XRD nanopartikel SnO ₂ menggunakan <i>software MATCH</i>	48

6	Lampiran 6 Perhitungan nilai parameter kisi menggunakan metode Cramer- Cohen	49
7	Lampiran 7 Perhitungan waktu respons	50
8	Lampiran 8 Perhitungan nilai sensitivitas sensor	51
9	Lampiran 9 Dokumentasi proses fabrikasi sensor kelembapan tipe resistif menggunakan teknik <i>screen printing</i>	52
10	Lampiran 10 Dokumentasi proses sintesis nanopartikel SnO ₂ menggunakan metode hidrotermal	53
11	Lampiran 11 Dokumentasi proses deposisi lapisan sensitif dan pengukuran resistansi sensor	53

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.