



APLIKASI FILM TIPIS BERBASIS BAHAN FEROELEKTRIK $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$ DIDADAH Cu SEBAGAI SENSOR GETARAN DALAM SISTEM *IOT*

MUCHAMMAD ALIFANDINO SATRIO



**TEKNOLOGI REKAYASA KOMPUTER
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

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 LAPORAN AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan proyek akhir dengan judul “Aplikasi Film Tipis Berbasis Bahan Feroelektrik $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$ Didadah Cu sebagai Sensor Getaran dalam Sistem *IoT*” adalah benar 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 laporan akhir ini.

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

Bogor, Juni 2025

Muchammad Alifandino Satrio

J0304211197

ABSTRAK

MUCHAMMAD ALIFANDINO SATRIO. Aplikasi Film Tipis Berbasis Bahan Feroelektrik $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$ Didadah Cu sebagai Sensor Getaran dalam Sistem *IoT*. Dibimbing oleh IRZAMAN.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sensor getaran berbasis material feroelektrik $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$ (BST) yang didadah Cu dan mengintegrasikannya dalam sistem pemantauan berbasis *Internet of Things (IoT)*. Sensor BST dirangkai dalam struktur *sandwich* dan terhubung ke modul ADS1115 yang kemudian dikomunikasikan ke mikrokontroler ESP32 melalui protokol I2C. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi perubahan tegangan akibat stimulus mekanik berupa ketukan, dan menghasilkan parameter *Pulse per Minute (PPM)* serta *Average Voltage Jump*. Data hasil pengukuran dikirim secara *real-time* ke *server InfluxDB* untuk disimpan dan divisualisasikan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor dengan fraksi mol $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$ tanpa pendadahan Cu memberikan performa paling optimal dengan rata-rata lonjakan tegangan sebesar 489 mV dan akurasi mencapai 97%. Sistem ini menunjukkan potensi besar dalam aplikasi pemantauan tekanan dan getaran secara *real-time*, serta valid secara prinsip melalui konsep piezoelektrik.

Kata kunci : Barium Stronsium Titanat, Mikrokontroler ESP32, InfluxDB, *Pulse per Minute*, *Internet of Things (IoT)*

ABSTRACT

MUCHAMMAD ALIFANDINO SATRIO. Application of Ferroelectric-Based Thin Film $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$ Doped with Cu as a Vibration Sensor in an IoT-Based System. Supervised by IRZAMAN.

This research aims to develop a vibration sensor based on the ferroelectric material $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$ (BST) doped with Cu and integrate it into an Internet of Things (IoT)-based monitoring system. The BST sensor was arranged in a sandwich structure and connected to an ADS1115 module, which then communicates with the ESP32 microcontroller via the I2C protocol. The system is designed to detect voltage changes due to mechanical stimuli, such as tapping, and generates two main parameters: Pulse per Minute (PPM) and Average Voltage Jump (AVJ). The measurement data are transmitted in real-time to an InfluxDB *server* for storage and visualization. The test results showed that the sensor with a $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$ molar fraction without Cu doping produced the most optimal performance, with an average voltage jump of 489 mV and an accuracy of up to 97%. The system demonstrates strong potential for real-time pressure and vibration monitoring applications and is fundamentally validated by piezoelectric theory.

Keywords: Barium Strontium Titanate, ESP32, InfluxDB, Pulse per Minute, Internet of Things (IoT).



- 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 2025
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 apapun tanpa izin IPB.



APLIKASI FILM TIPIS BERBASIS BAHAN FEROELEKTRIK $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$ DIDADAH Cu SEBAGAI SENSOR GETARAN DALAM SISTEM *IOT*

MUCHAMMAD ALIFANDINO SATRIO

Laporan Proyek Akhir
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan pada
Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer

**TEKNOLOGI REKAYASA KOMPUTER
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

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 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.

Penguji pada ujian Laporan Akhir: Dr. Setyanto Tri Wahyudi, S.Si, M.Si.

Judul Laporan Akhir

: Aplikasi Film Tipis Berbasis Bahan Feroelektrik
 $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$ Didadah Cu Sebagai Sensor Getaran
dalam Sistem *IoT*

Nama
NIM

: Muchammad Alifandino Satrio
: J0304211197

Disetujui oleh

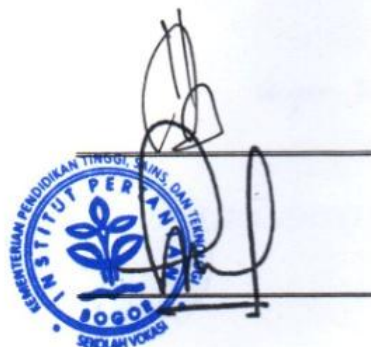
Pembimbing:
Prof. Dr. Ir. Irzaman, M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Inna Novianty, SSi, MSi.
NPI 201811198 61119 2 014

Dekan Sekolah Vokasi:
Dr. Ir. Aceng Hidayat, M.T.
NIP 19660717 199203 1 003



Tanggal Ujian:
27 Mei 2025

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga laporan akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Penelitian yang dilakukan dari bulan Desember 2024 hingga April 2025 mengangkat tema Otomatisasi *IoT* dengan judul “Aplikasi Film Tipis Berbasis Bahan Feroelektrik $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$ Didadah Cu Sebagai Sensor Getaran dalam Sistem *IoT*”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada pembimbing, Prof. Dr. Ir. Irzaman, M.Si., yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing akademik, moderator seminar, dan penguji. Di samping itu, saya berikan banyak terima kasih kepada Pembimbing Lapangan Magang saya Bapak Aep Setiawan S.Si., M.Si., yang telah membimbing berjalannya magang dan memberi banyak motivasi, serta seluruh pihak terkait Sekolah Vokasi yang telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya. Serta teman-teman dari Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer 58 atas segala bantuan yang telah diberikan selama pengerjaan laporan proyek akhir ini. Begitu juga rekan bimbingan Prof. Dr. Ir. Irzaman, M.Si. Departemen Fisika yang telah mendukung dan membantu untuk pembuatan Film Tipis, berikut juga rekan-rekan kontrakan Dragonlord's Lair di Bogor yang telah menyemangati saya hingga mencapai titik ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juni 2025

MUCHAMMAD ALIFANDINO SATRIO

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Barium Stronsium Titanat ($\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$)	3
2.2 Mikrokontroler ESP32	3
2.3 <i>Internet of Things (IoT)</i>	4
2.4 Sensor Getaran	5
III METODE	6
3.1 Lokasi dan Waktu Proyek Akhir	6
3.2 Alat dan Bahan	6
3.3 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data	7
3.4 Prosedur Kerja	7
3.5 Gambaran Umum Alat	9
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	10
4.1 Uji Sifat Optik BST	10
4.2 Pembuatan Rangkaian Pendukung dan Integrasi	14
4.3 Integrasi Mikrokontroler ESP32	16
4.4 Implementasi Sistem <i>Monitoring</i> Berbasis <i>IoT</i>	20
4.5 Analisis dan Komparasi Data	23
V KESIMPULAN DAN SARAN	29
5.1 Kesimpulan	29
5.2 Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN	33
RIWAYAT HIDUP	38



DAFTAR TABEL

1 Rincian Alat	6
2 Rincian Bahan	6
3 Rincian <i>Software</i>	6

DAFTAR GAMBAR

(a) Struktur <i>perovskite</i> BaTiO ₃ (Maraj <i>et al.</i> 2019), (b) Struktur <i>perovskite</i> Ba _{0,75} Sr _{0,25} TiO ₃ dimodifikasi (Maraj <i>et al.</i> 2019)	3
2 Susunan pin <i>board</i> DOIT ESP32 <i>Devkit</i> (Wagyana 2019)	4
3 Prinsip kerja sensor piezoelektrik (Habiburrohmam dan Fauzi 2022)	5
4 Diagram alir prosedur kerja penelitian	7
5 Susunan BST dalam <i>sandwich</i> berstruktur SFS	8
6 Gambaran umum alat	9
7 Sampel uji sifat optik	10
8 Alat spektrofotometer <i>UV-Vis</i> di Universitas Kristen Krida Wacana	11
9 Proses pengukuran pantulan cahaya dari sampel BST dengan menggunakan sinar Deuterium/Halogen	11
10 Tampilan grafik hasil pengujian sifat optik pada aplikasi <i>OceanView</i> untuk beberapa sampel	12
11 Grafik sifat optik sampel dengan 0% Cu yang menunjukkan rerata <i>energy gap</i> (4,55 ± 0,06) eV	12
12 Grafik sifat optik sampel dengan 0,5% Cu yang menunjukkan rerata <i>energy gap</i> (4,10 ± 0,08) eV	13
13 Grafik sifat optik sampel dengan 1% Cu yang menunjukkan rerata <i>energy gap</i> (3,86 ± 0,05) eV	13
14 Dua sensor BST didadah Cu sebelum di- <i>sandwich</i>	14
15 Dua sensor BST didadah Cu setelah di- <i>sandwich</i>	14
16 <i>Platform</i> untuk mengetuk sensor BST di mana sensor diletakkan di bawah alas <i>Solenoid Push Pull</i>	15
17 Jarak antara <i>Solenoid Push-Pull</i> dan Sensor BST didadah Cu yang diuji	16
18 Skematik rangkaian pendukung <i>sandwich</i> BST didadah Cu	16
19 Skematik rangkaian penghubung BST dan integrasi Mikrokontroler ESP32	17
20 Grafik perubahan voltase pada <i>Serial Plotter</i> dari aplikasi Arduino IDE	18
21 Contoh lonjakan tegangan sebesar 0.160 V yang terdeteksi oleh ESP32	18
22 Lonjakan tegangan sebesar 0.264 V dari posisi tegangan stabil awal	18
23 Penurunan tegangan sebesar 164 V yang terekam sebagai respon tekanan	18
24 Diagram Alir Sistem <i>Monitoring</i> Getaran Berbasis <i>IoT</i>	21
25 Tampilan halaman utama <i>Data Explorer</i> di situs InfluxDB menggunakan akun pengguna pribadi	22
26 Tabel data <i>Pulse per Minute</i> (PPM) hasil perekaman ESP32	22
27 Tabel data <i>Average Voltage Jump</i> hasil perekaman ESP32	22
28 Grafik Rekaman PPM	25
29 Grafik akurasi sensor BST didadah Cu	25
30 Grafik lonjakan <i>voltage</i>	25
31 Penurunan performa terjadi pada sisi kiri grafik dan berubah pada sisi grafik kanan	26

32 Grafik perbandingan nilai PPM dan akurasi sensor BST dengan fraksi mol berbeda	27
33 Perbandingan <i>Average Voltage Jump</i> dan akurasi sensor BST dengan fraksi mol berbeda	28

DAFTAR LAMPIRAN

1 Tabel Data Uji Sampel pada Fraksi Mol $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$ didadah Cu.	35
2 Tabel Data Rata-Rata Total Uji per Sampel pada Fraksi Mol $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}$ didadah Cu.	32
3 Tabel Data Uji Sampel pada Fraksi Mol $\text{Ba}_{0,625}\text{Sr}_{0,375}\text{TiO}_3$ didadah Cu.	33
4 Tabel Data Rata-Rata Total Uji per Sampel pada Fraksi Mol $\text{Ba}_{0,625}\text{Sr}_{0,375}\text{TiO}_3$ didadah Cu.	33
5 Kode Program pada Mikrokontroler ESP32 untuk <i>Monitoring</i> dan <i>IoT</i> .	34