

## **TUGAS AKHIR**

### **Penerapan Sensor Piezoelektrik Untuk Sistem Keamanan Pintu Ruangan Berbasis Arduino**

**Diajukan guna melengkapi sebagian syarat dalam mencapai gelar Sarjana  
Strata Satu (S1)**



**Disusun oleh :**

Nama : Rizki Arianto  
NIM : 41415310028  
Program Studi : Teknik Elektro

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA  
2016**

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Rizki Arianto  
N.I.M : 41415310028  
Jurusan : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Judul Skripsi : Penerapan Sensor Piezoelektrik Untuk Sistem Keamanan Pintu Ruang Berbasis Arduino

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Skripsi yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Skripsi ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas Mercu Buana.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

**Penulis,**



( Rizki Arianto)

## LEMBAR PENGESAHAN

### Penerapan Sensor Piezoelektrik Untuk Sistem Keamanan Pintu Ruangan Berbasis Arduino

Disusun oleh :

Nama : Rizki Arianto  
NIM : 41415310028  
Program Studi : Teknik Elektro

Pembimbing,



[Yudhi Gunardi, ST. MT.]

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Mengetahui,

Koordinator Tugas Akhir / Ketua Program Studi



[Dr. Setiyo Budiyo, ST. MT.]

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Strata 1(satu). Dengan judul **“Penerapan Sensor Piezoelektrik Untuk Sistem Keamanan Pintu Ruang Berbasis Arduino”**. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Universitas Mercubuana, sebagai kampus tempat menimba ilmu.
2. Dr. Setiyo Budiyanto, ST. MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
3. Yudhi Gunardi, ST. MT., selaku dosen pembimbing yang telah memberi bimbingan, motivasi, dan saran dalam penyusunan skripsi.
4. Ayah ibu dan seluruh keluarga tercinta terima kasih telah memberikan motivasi dan doa.
5. Selvia Putri Destianti, terima kasih atas semuanya yang telah memberikan motivasi dan semangat.
6. Sahabat sahabat, terima kasih atas semua dukungan, bantuan, dan semangatnya.

7. Dan semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Semoga Allah memberikan keberkahan dan mencatatnya sebagai amalan yang baik, Amiin.

Kritik dan saran yang membangun dari para pembaca sangat penulis harapkan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat, khususnya bagi penulis pribadi dan umumnya bagi semua yang membacanya.

Bekasi, Januari 2017

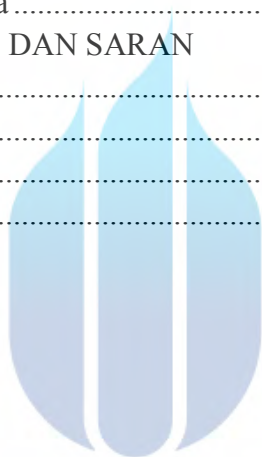
Penulis



## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Pernyataan.....	ii
Halaman Pengesahan .....	iii
Abstrak .....	iv
Kata Pengantar .....	v
Daftar Isi.....	vii
Daftar Tabel .....	ix
Daftar Gambar.....	x
Daftar Grafik.....	xii
<b>BAB I</b> <b>PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Metodologi Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II</b> <b>LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Sensor Piezoelektrik.....	6
2.2 Pengertian efek Piezoelektrik.....	7
2.3 Prinsip Efek Piezoelektrik (proses poling).....	8
2.4 Persamaan Matematis Piezoelektrik.....	12
2.5 Bahan Piezoelektrik.....	14
2.6 PVDF (Polyvinylidene Flouride).....	21
2.7 Struktur Kristal.....	25
2.8 Kurva Hysteresis Bahan Ferroelektrik.....	29
2.9 Metode Solid State Reaction.....	31
2.10 <i>Morphotropic Phase Boundary</i> .....	33
2.11 Piezoelectric Constant.....	34
2.11.1 Piezoelectric Charge Constans .....	36
2.11.2 Piezoelectric Voltage Constant.....	37
2.11.3 Permittivity .....	39
2.11.4 Elastic Compliance.....	39
2.11.5 Young's Modulus .....	40
2.11.6 Electromechanical Couplinh Factor .....	41
2.11.7 Frequency Constant .....	43
2.12 Karakteristik Elemen Keramik Piezoelectric .....	46
2.13 Aplikasi Pemakaian Piezoelectric Material.....	49
2.14 Sistem Keamanan.....	52
2.15 Mikrokontroller Arduino.....	53

BAB III	PERANCANGAN ALAT	
	3.1 Perancangan Hardware.....	55
	3.2 Perancangan Rangkaian Sensor Piezoelektrik .....	56
	3.2 Perancangan Tombol “Set” .....	57
	3.2 Perancangan Solenoid Door Lock.....	58
	3.2 Perancangan Program untuk Mikrokontroler ATmega328P .....	59
	3.2 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	60
	3.2 Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir .....	61
BAB IV	ANALISA DAN PENGUJIAN ALAT	
	4.1 Pengujian Alat .....	62
	4.1.1 Deskripsi Pengujian.....	62
	4.1.1 Pengujian Sistem .....	63
	4.1.1 Pengujian Tombol “Set”.....	64
	4.2 Analisa Data .....	65
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	
	5.1 Kesimpulan.....	67
	5.2 Saran.....	68
	Daftar Pustaka .....	69
	Lampiran .....	71



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel 2.1	Energi bangkitan, displacement dan kapasitansi pada <i>piezoelectric</i> .....	17
Tabel 2.2	Sel Satuan Konvensional dan 14 Kisi Bravais .....	27
Tabel 2.3	Data Teknis Beberapa Jenis Piezoelectric Material.....	44
Tabel 2.4	Perbandingan Parameter pada PVDF dan Copolymer.....	45
Tabel 4.1	Data Hasil Pengujian Sistem (jumlah ketukan default 7 kali) .....	64
Tabel 4.2	Data Hasil Pengujian Tombol “Set” (jumlah ketukan baru 3 kali) .....	66
Tabel 4.3	Data hasil pengujian.....	66





## DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1	Blok Diagram Sensor ..... 6
Gambar 2.2	Prinsip Kerja Piezoelectrik ..... 7
Gambar 2.3	Efek Piezoelectrik ..... 8
Gambar 2.4	Prinsip Kerja Pembangkit Listrik dari Magnet dan Pembangkit dari Piezoelektrik ..... 9
Gambar 2.5	Proses pengutuban, (a) sebelum pengutuban, (b) menghasilkan tegangan meskipun elektroda berada di atas suhu <i>Curie</i> , (c) menghilangkan tegangan dan mendingin ( <i>cold down</i> ) ..... 10
Gambar 2.6	Gaya pada Arah 1 dan Elektroda pada Permukaan 3..... 11
Gambar 2.7	Arah Elektroda pada Permukaan 1 dan Memotong Tekanan ( <i>stress</i> )..... 12
Gambar 2.8	Penampang Material Piezoelektrik dalam Arah Gaya pada Arah 3 dan Permukaan 3..... 12
Gambar 2.9	Prinsip kerja Piezoelektrik..... 16
Gambar 2.10	Beberapa bentuk <i>piezoelectric</i> ..... 17
Gambar 2.11	Kristal <i>piezoelectric</i> ..... 18
Gambar 2.12	Piezoelektrik dalam Menghasilkan Energi Listrik..... 18
Gambar 2.13	Cara Kerja Vibration Sensor..... 20
Gambar 2.14	Rangkaian Ekuivalen dari <i>Piezoelectric Sensor</i> ..... 21
Gambar 2.15	PVDF Piezoelektrik ..... 22
Gambar 2.16	Struktur PVDF ..... 23
Gambar 2.17	Struktur rantai PVDF ..... 23
Gambar 2.18	Struktur Kristal PVDF I: fasa $\beta$ , II: fasa $\alpha$ , III: fasa $\gamma$ ..... 24
Gambar 2.19	Quartz Crystal ..... 25
Gambar 2.20	Struktur Kristal Menunjukkan Sudut hkl..... 26
Gambar 2.21	Kristal perovskit pada paraelektrik kubik (kiri), ferroelektrik tetragonal (tengah), dan rombohedral (kanan)..... 29
Gambar 2.22	Perubahan Struktur Mikro pada Saat Sintering ..... 33

Gambar 2.23	Definisi Arah Pada Elemen <i>Piezoelectric</i> .....	35
Gambar 2.24	<i>Piezoelectric material</i> pada korek api dan ignitor .....	49
Gambar 2.25	<i>Piezoelectric material</i> sebagai <i>transformator</i> .....	49
Gambar 2.26	<i>Piezoelectric material</i> sebagai sensor.....	50
Gambar 2.27	<i>Piezoelectric</i> sebagai aktuator pada <i>nozzle</i> mesin printer.....	51
Gambar 2.28	<i>Piezoelectric</i> sebagai tranduser probe pada alat ultrasonografi (USG) .....	51
Gambar 2.29	Board mikrokontroler Arduino UNO .....	53
Gambar 3.1	Blok Diagram Sistem.....	55
Gambar 3.2	<i>Schematic diagram</i> rangkaian sensor .....	56
Gambar 3.3	<i>Schematic Diagram</i> rangkaian tombol “Set”.....	57
Gambar 3.4	<i>Schematic Diagram</i> rangkaian <i>Solenoid Door Lock</i> .....	58
Gambar 3.5	<i>Flowchart</i> Sistem.....	59
Gambar 3.4	Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	60
Gambar 4.1	Hubungkan sumber tegangan (kiri) Ketuk bagian sensor piezoelektrik (kanan) .....	63
Gambar 4.2	Indikator led kuning menyala (kiri) Pintu dapat dibuka (kanan) .....	63
Gambar 4.3	Indikator led merah menyala bila ketukan salah .....	64
Gambar 4.4	Tekan tombol “Set” (kiri) Ketuk untuk membuat kode ketukan yang baru (kanan).....	65

## DAFTAR GRAFIK

		Hal
Grafik 2.1	Kurva hysteresis bahan ferroelektrik BaTiO <sub>3</sub> pada suhu kamar .....	29
Grafik 2.2	MPB pada Pb(Zr <sub>(1-x)</sub> Ti <sub>x</sub> )O <sub>3</sub> (a) diagram fase Pb(Zr <sub>(1-x)</sub> Ti <sub>x</sub> )O <sub>3</sub> . HT menunjukkan suhu tinggi dan LT-suhu rendah fase rombohedral.....	33
Grafik 2.3	Impedan Sebagai Fungsi Frekuensi .....	47



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA