

**PENGARUH GEOMETRI SILINDER DAN BALOK TERHADAP
TEGANGAN OUTPUT PIEZOELEKTRIK**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro
Program Studi S-1 Teknik Elektro



Oleh:
Iffat Khalih Girasto
2107186

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNIK DAN INSIDUSTRI
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2025**

HALAMAN HAK CIPTA

**PENGARUH GEOMETRI SILINDER DAN BALOK TERHADAP
TEGANGAN OUTPUT PIEZOELEKTRIK**

Oleh:

Iffat Khalih Girasto

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Teknik Elektro
Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri

© Iffat Khalih Girasto

Universitas Pendidikan Indonesia

2025

© Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak
ulang, *difotocopy*, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

LEMBAR PENGESAHAN

IEFFAT KHALIH GIRASTO

E.505.2107186

**PENGARUH GEOMETRI SILINDER DAN BALOK TERHADAP
TEGANGAN OUTPUT PIEZOELEKTRIK**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Dosen Pembimbing

21/8/2025

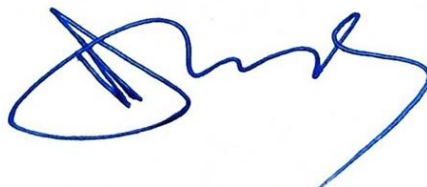


Dr. Aip Saripudin, M.T.

NIP. 19700416 200501 1 016

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Didin Wahyudin, S.Pd., M.T., Ph.D

NIP. 19760827 200912 1 001

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Iffat Khalih Girasto
NIM : 2107186
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Karya : Pengaruh Geometri Silinder dan Balok terhadap Tegangan Output Piezoelektrik

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya tulis ini sepenuhnya merupakan hasil pemikiran dan kerja saya sendiri. Seluruh isi karya ini, baik sebagian maupun keseluruhan, bebas dari unsur plagiarisme terhadap karya pihak lain, kecuali pada bagian yang secara tegas telah dicantumkan sumber dan referensinya.

Apabila di kemudian hari terbukti terjadi pelanggaran etika akademik atau ditemukan unsur plagiarisme, saya bersedia menerima segala bentuk sanksi yang berlaku sesuai ketentuan yang ditetapkan oleh Universitas Pendidikan Indonesia.

Bandung, Agustus 2025

Yang membuat pernyataan,

Iffat Khalih Girasto

NIM. 2107186

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul **"Pengaruh Geometri Silinder dan Balok terhadap Tegangan Output Piezoelektrik "**.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi S-1 Teknik Elektro, Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri, Universitas Pendidikan Indonesia. Proses penyusunan skripsi ini merupakan hasil pembelajaran, penelitian, serta bimbingan yang tidak terlepas dari dukungan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan apresiasi dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua tercinta, Jarwo Prasajo dan Sri Kusmiyati, yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dukungan moril maupun materil, serta menjadi sumber semangat terbesar dalam setiap langkah penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Enjang Ahmad Juanda, M.Pd., M.T., selaku Wali Dosen yang senantiasa memberikan arahan, nasihat, dan motivasi selama masa studi dan proses penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Aip Saripudin, M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dengan sabar, memberikan masukan konstruktif, serta mendorong penulis untuk menghasilkan penelitian yang berkualitas.
4. Bapak Didin Wahyudin, S.Pd., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1, Universitas Pendidikan Indonesia, yang memberikan arahan serta dukungan akademik selama proses studi.
5. Bapak Roer Eka Pawinanto, S.Pd., M.Sc., Ph.d Universitas Pendidikan Indonesia, yang memberikan arahan serta dukungan akademik selama proses studi.
6. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Elektro UPI, yang telah membekali penulis dengan ilmu dan pengalaman yang bermanfaat sebagai bekal masa depan.

7. Cecep Nugraha, Ridwan Septiyadi Ramlan, Ahmad Ali Yasin, dan Muhammad Zaky Adz Dzikro Ramdhani, yang selalu memberikan dukungan, motivasi, serta bantuan teknis dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Seluruh mahasiswa Teknik Elektro, yang telah menjadi rekan diskusi, belajar bersama, dan saling mendukung selama masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan. Oleh sebab itu, penulis sangat mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan di masa mendatang. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca serta menjadi kontribusi sederhana dalam kemajuan teknologi energi terbarukan di Indonesia.

Bandung, Agustus 2025

Penulis

ABSTRAK

Fenomena piezoelektrik menawarkan potensi signifikan dalam konversi energi mekanik dari sumber lingkungan, seperti langkah kaki manusia, menjadi energi listrik. Namun, kinerja perangkat piezoelektrik sangat dipengaruhi oleh desain geometrisnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi dimensi (tinggi dan luas penampang) pada geometri silinder dan balok PZT-4 terhadap tegangan output piezoelektrik, serta mengidentifikasi konfigurasi geometri yang paling optimal. Metodologi penelitian melibatkan simulasi 3D menggunakan COMSOL Multiphysics, dengan fokus pada modul *Geometry*, *Material*, *Solid Mechanics*, dan *Piezoelectric Devices*. Material PZT-4 dikenai gaya mekanis 100 N pada sumbu Z, dan tegangan output diukur untuk berbagai kombinasi tinggi dan luas penampang. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan output meningkat seiring dengan peningkatan tinggi dan penurunan luas penampang untuk kedua geometri. Secara signifikan, geometri balok secara konsisten menghasilkan tegangan output yang lebih tinggi dibandingkan silinder pada dimensi yang serupa. Balok dengan tinggi 10 cm dan luas penampang 1 cm² menghasilkan tegangan sekitar 2498,20 V, jauh melampaui silinder 794,59 V pada kondisi yang sama.

Kata Kunci: COMSOL Multiphysics, Geometri Piezoelektrik, Piezoelektrik, PZT-4, Tegangan Output

ABSTRACT

The piezoelectric phenomenon offers significant potential for converting mechanical energy from environmental sources, such as human footsteps, into electrical energy. However, the performance of piezoelectric devices is greatly influenced by their geometric design. This study aims to analyze the influence of dimensional variations (height and cross-sectional area) on the geometry of PZT-4 cylinders and blocks on piezoelectric output voltage, as well as to identify the most optimal geometric configuration. The research methodology involves 3D simulation using COMSOL Multiphysics, focusing on the Geometry, Material, Solid Mechanics, and Piezoelectric Devices modules. The PZT-4 material is subjected to a mechanical force of 100 N along the Z-axis, and the output voltage is measured for various combinations of height and cross-sectional area. Simulation results show that the output voltage increases with increasing height and decreasing cross-sectional area for both geometries. Significantly, the beam geometry consistently produces higher output voltage compared to the cylinder at similar dimensions. A beam with a height of 10 cm and a cross-sectional area of 1 cm² produced a voltage of approximately 2498.20 V, far exceeding the cylinder's 794.59 V under the same conditions.

Keywords: COMSOL Multiphysics, Piezoelectric Geometry, Piezoelectric, PZT-4, Output Voltage

DAFTAR ISI

HALAMAN HAK CIPTA	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.6 Struktur Organisasi Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Piezoelektrik.....	5
2.1.1 Prinsip Kerja Piezoelektrik	5
2.1.2 Karakteristik Piezoelektrik.....	6
2.1.3 PZT-4	6
2.2 COMSOL Multiphysics	7
2.2.1 Modul Geometri.....	7
2.2.2 Modul Material	8
2.2.3 Modul Solid Mechanic.....	8
2.2.4 Modul Piezoelectric Devices	8
2.3 Perhitungan Piezoelektrik	8
2.3.1 Rumus Dasar Efek Piezoelektrik dari Konsep Fisika	8
2.4 Penelitian Terdahulu	10

BAB III METODE PENELITIAN	12
3.1 Diagram Alir Penelitian	12
3.2 Desain penelitian	13
3.3 Diagram Alir Simulasi COMSOL.....	13
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Simulasi COMSOL MULTIPHYSICS	15
4.2 Hasil Simulasi COMSOL MULTIPHYSICS.....	15
4.2.1 Hasil Simulasi Silinder	16
4.2.2 Hasil Simulasi Balok.....	22
4.3 Perbandingan hasil antara Silinder dengan balok	27
BAB V KESIMPULAN	30
5.1 Simpulan	30
5.2 Implikasi.....	30
5.3 Rekomendasi	31
DAFTAR PUSTAKA.....	33
LAMPIRAN	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Material Piezodisk (HE-SHUAI, 2025).....	5
Gambar 2. 2 Prinsip Kerja Piezoelektrik (Vajiram and ravi, t.t.)	6
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	12
Gambar 3. 2 Diagram Alir Metode Penelitian.....	13
Gambar 4. 1 Grafik Tegangan terhadap Luas Penampang pada Tinggi tetap 2cm	16
Gambar 4. 2 Grafik Tegangan terhadap Luas Penampang pada Tinggi tetap 5cm	17
Gambar 4. 3 Grafik Tegangan terhadap Luas Penampang pada Tinggi tetap 10cm	18
Gambar 4. 4 Grafik Tegangan terhadap Tinggi pada Radius tetap 2cm.....	19
Gambar 4. 5 Grafik Tegangan terhadap Tinggi pada Radius tetap 5 cm.....	20
Gambar 4. 6 Grafik Tegangan terhadap Tinggi pada Radius tetap 10 cm.....	21
Gambar 4. 7 Grafik Tegangan terhadap Luas Penampang pada Tinggi tetap 2cm	22
Gambar 4. 8 Grafik Tegangan terhadap Luas Penampang pada Tinggi tetap 5cm	23
Gambar 4. 9 Grafik Tegangan terhadap Luas Penampang pada Tinggi tetap 10cm	24
Gambar 4. 10 Grafik Tegangan terhadap Tinggi pada Luas penampang tetap 2cm	25
Gambar 4. 11 Grafik Tegangan terhadap Tinggi pada Luas penampang tetap 5cm	26
Gambar 4. 12 Grafik Tegangan terhadap Tinggi pada Luas penampang tetap 10cm	27
Gambar 4. 13 Hasil Perbandingan antara Silinder dan Balok.....	28

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Perubahan Tegangan terhadap Luas Penampang pada Tinggi tetap 2 cm	16
Tabel 4. 2 Perubahan Tegangan terhadap Luas Penampang pada Tinggi tetap 5 cm	17
Tabel 4. 3 Perubahan Tegangan terhadap Luas Penampang pada Tinggi tetap 10 cm.....	18
Tabel 4. 4 Perubahan Tegangan terhadap Tinggi pada Luas Penampang tetap 2 cm	19
Tabel 4. 5 Perubahan Tegangan terhadap Tinggi pada Luas Penampang tetap 5cm	20
Tabel 4. 6 Perubahan Tegangan terhadap Tinggi pada Luas Penampang tetap 10cm	20
Tabel 4. 7 Perubahan Tegangan terhadap Luas Penampang pada Tinggi tetap 2cm	22
Tabel 4. 8 Perubahan Tegangan terhadap Luas Penampang pada Tinggi tetap 5cm	23
Tabel 4. 9 Perubahan Tegangan terhadap Luas Penampang pada Tinggi tetap 10cm	24
Tabel 4. 10 Perubahan Tegangan terhadap Tinggi pada Luas Penampang tetap 2cm	25
Tabel 4. 11 Perubahan Tegangan terhadap Tinggi pada Luas Penampang tetap 5cm	25
Tabel 4. 12 Perubahan Tegangan terhadap Tinggi pada Luas Penampang tetap 10cm	26
Tabel 4. 13 Hasil Perbandingan Geometri Silinder dan Balok Terhadap Perubahan Newton	27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Tugas Dosen Pembimbing	35
Lampiran 2. Dimensi Simulasi Pengukuran Silinder	36
Lampiran 3. Dimensi Simulasi Pengukuran Balok	39

DAFTAR PUSTAKA

- Anton, S. R., & Sodano, H. A. (2007). A review of power harvesting using piezoelectric materials (2003-2006). *Smart Materials and Structures*, 16(3).
<https://doi.org/10.1088/0964-1726/16/3/R01>
- Cady, W. G. (t.t.). *TEXT FLY WITHIN THE BOOK ONLY TEXT CROSS WITHIN THE BOOK ONLY*.
- COMSOL. (2023). *COMSOL MULTIPHYSICS*.
- Damjanovic, D. (1998). Ferroelectric, dielectric and piezoelectric properties of ferroelectric thin films and ceramics. Dalam *Rep. Prog. Phys* (Vol. 61).
- Deangelis, D. A., & Schulze, G. W. (2016). Performance of PZT8 Versus PZT4 Piezoceramic Materials in Ultrasonic Transducers. *Physics Procedia*, 87, 85–92.
<https://doi.org/10.1016/j.phpro.2016.12.014>
- Debnath, B., & Kumar, R. (2022). A Comparative Simulation Study of the Different Variations of PZT Piezoelectric Material by Using A MEMS Vibration Energy Harvester. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 58(3), 3901–3908.
<https://doi.org/10.1109/TIA.2022.3160144>
- Hashim, A. A., Mahmoud, K. I., & Ridha, H. M. (2021). Geometry and shape optimization of piezoelectric cantilever energy harvester using COMSOL multiphysics software. Dalam *International Review of Applied Sciences and Engineering* (Vol. 12, Nomor 2, hlm. 103–110). Akademai Kiado ZRt. <https://doi.org/10.1556/1848.2021.00170>
- HE-SHUAI. (2025, Juli 8). *PZT-4*.
- Hooker, M. W. (1998). *Properties of PZT-Based Piezoelectric Ceramics Between-150 and 250°C*.
- Khan, A., Nawaz, M. Q., & Lu, X. (2024). Design and COMSOL Simulation of Different Shaped Piezoelectric Vibration Energy Harvesters: A Study on MEMS Vibrational Energy Harvesters. *Computational And Experimental Research In Materials And Renewable Energy*, 7(2), 119. <https://doi.org/10.19184/cerimre.v7i2.51895>
- Krishnamoorthy, K., Pazhamalai, P., Manoharan, S., Liyakath Ali, N. U. H., & Kim, S. J. (2022). Recent trends, challenges, and perspectives in piezoelectric-driven self-chargeable electrochemical supercapacitors. Dalam *Carbon Energy* (Vol. 4, Nomor 5, hlm. 833–855). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/cey2.202>
- Lee, M.-K., Kim, B.-H., & Lee, G.-J. (2022). Piezoelectric voltage constant and sensitivity enhancements through phase boundary structure control of lead-free (K,Na)NbO₃-based ceramics. *Journal of the European Ceramic Society*, 42(12), 4898–4906.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2022.05.025>
- Martinelli, C., Coraddu, A., & Cammarano, A. (2023). Performance-aware design for piezoelectric energy harvesting optimisation via finite element analysis. *International Journal of Mechanics and Materials in Design*, 19(1), 121–136.
<https://doi.org/10.1007/s10999-022-09619-4>
- Paluch, A. E., Bajpai, S., Bassett, D. R., Carnethon, M. R., Ekelund, U., Evenson, K. R., Galuska, D. A., Jefferis, B. J., Kraus, W. E., Lee, I.-M., Matthews, C. E., Omura, J. D., Patel, A. V., Pieper, C. F., Rees-Punia, E., Dallmeier, D., Klenk, J., Whincup, P. H., Dooley, E. E., ... Fulton, J. E. (2022). *Articles Daily steps and all-cause mortality: a meta-analysis of 15 international cohorts*. www.thelancet.com/public-health
- Paufler, P. (1992). Fundamentals of Piezoelectricity. *Zeitschrift für Kristallographie*, 199(1–2), 158–158. <https://doi.org/10.1524/zkri.1992.199.1-2.158>
- Raichlen, D. A., & Lieberman, D. E. (2022). [30] *The evolution of human step counts and its association with the risk of chronic disease*.
- Vajiram and ravi. (t.t.). *prinsip kerja piezoelektrik*.

Wu, P. H., & Shu, Y. C. (2015). Finite element modeling of electrically rectified piezoelectric energy harvesters. *Smart Materials and Structures*, 24(9). <https://doi.org/10.1088/0964-1726/24/9/094008>