

Pemodelan Konversi Energi Suara Menjadi Energi Listrik Menggunakan Material Piezoelektrik Dengan Matlab Simulink

Modeling of the Conversion of Sound Energy into Electrical Energy Using Piezoelectric Materials with Matlab

1st Novreza Syifa Niladibrata
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

novrezad@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Sudarmono Sasmono
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

ssasmono@telkomuniversity.ac.id

3rd Hesty Susanti
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

hestysusanti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Tingkat konsumsi energi di Indonesia cukup tinggi, sedangkan pada saat yang sama cadangan energi fosil semakin berkurang. Oleh karena itu kebutuhan dan penelitian untuk energi alternatif menjadi meningkat. Beberapa sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan adalah energi air, angin, biomassa, dan lain-lain. Salah satu sumber energi alternatif yang sedang diteliti pada saat ini adalah energi suara. Energi suara dapat dikonversikan menjadi energi listrik menggunakan material piezoelektrik. Material piezoelektrik adalah material yang apabila dikenakan gaya tekan atau Tarik maka akan menghasilkan beda potensial pada kutubnya. Perbedaan potensial ini dapat menghasilkan arus listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana proses konversi energi suara menjadi energi listrik menggunakan material piezoelektrik, pengaruh tingkat kebisingan terhadap energi listrik yang dihasilkan, serta model konversi energi suara menjadi energi listrik pada Matlab. Parameter keberhasilan dari penelitian ini adalah model konversi energi suara menjadi energi listrik pada Matlab Simulink.

Kata Kunci: konversi eneri, energi suara, material piezoelektrik, pemodelan matlab

Abstract

The level of energy consumption in Indonesia is quite high, while energy reserves are decreasing. Therefore, the need and research for alternative energy is increasing. Some alternative energy sources that can be utilized are

air energy, wind, biomass, and others. One of the alternative energy sources currently being researched is sound energy. Sound energy can be converted into electrical energy using piezoelectric materials. Piezoelectric material is a material that is subjected to a compressive or tensile force, it will produce a potential difference at the poles. This potential difference can produce an electric current. The purpose of this study was to determine how the process of converting sound energy into electrical energy using piezoelectric materials, the effect of the level of electrical energy produced, and the model of converting sound energy into electrical energy in Matlab. The success parameter of this research is the model of converting sound energy into electrical energy in Matlab Simulink.

Keywords: energy conversion, sound energy, piezoelectric material, Matlab modeling.

I. PENDAHULUAN

Tingkat konsumsi energi di Indonesia cukup tinggi, sedangkan pada saat yang sama cadangan energi fosil semakin berkurang. Karena cadangan energi fosil semakin berkurang, kebutuhan untuk sumber energi alternatif menjadi meningkat. Beberapa sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan, yaitu energi air, angin, biomassa, dan lain-lain. Salah satu sumber energi alternatif yang dapat

dimanfaatkan adalah energi suara, karena kebisingan pada lingkungan sekitar seperti contoh pada pabrik, jalan tol, dan daerah pemukiman dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi suara. Berdasarkan hukum kekekalan energi, energi suara dapat dikonversi menjadi energi listrik yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari.

Konversi energi suara menjadi energi listrik dapat dilakukan dengan menggunakan efek piezoelektisitas dari material piezoelektrik. Efek piezoelektisitas adalah ketika material piezoelektrik dikenakan gaya atau tekanan yang akan menghasilkan energi listrik pada kutub material piezoelektrik. Pada Tugas Akhir, dilakukan pemodelan konversi energi suara menjadi energi listrik menggunakan material piezoelektrik menggunakan program Matlab Simulink.

II. KAJIAN TEORI

a. Energi Suara

Energi suara adalah energi yang dihasilkan oleh getaran suara saat merambat melalui udara, air, atau media lainnya. Suara dapat dikategorikan menjadi tiga kategori berdasarkan frekuensi yang dihasilkan. Infrasonik adalah suara yang sangat lemah dengan frekuensi getaran getaran kurang dari 20 Hz. Audiosonik adalah suara yang dapat didengar manusia yaitu berfrekuensi 20-20.000Hz. Sedangkan Ultrasonik memiliki memiliki frekuensi lebih besar dari 20.000 Hz.

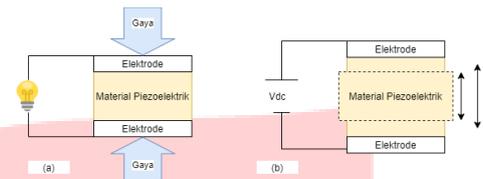
b. Intensitas Suara

Pendengaran adalah persepsi suara. Mekanisme pendengaran adalah sebagai berikut, gelombang suara yang diterima telinga adalah gelombang tekanan. Gelombang tekanan tersebut akan diubah oleh telinga menjadi impuls listrik pada sel-sel saraf. Rentang intensitas suara yang dapat didengar oleh manusia pada umumnya cukup lebar. Batas minimum intensitas suara yang dapat didengar oleh manusia adalah $I_0=10^{-12}W/m^2$. Pengukuran intensitas suara dalam satuan W/m^2 cukup rumit karena memiliki rentang nilai yang lebar. Oleh karena itu, diusulkan konsep tingkat intensitas suara

c. Piezoelektrik

Piezoelektrik berasal dari bahasa Yunani, yaitu *piezo* yang berarti tekanan dan *electric* yang berarti listrik. Material piezoelektrik pertama kali ditemukan pada tahun 1880 oleh Jacques Curie dan Pierre Curie. Piezoelektisitas adalah sebuah fenomena ketika sebuah gaya yang dikenakan pada suatu bahan menimbulkan muatan listrik pada permukaan bahan tersebut yang disebabkan oleh adanya distribusi

muatan listrik pada sel-sel kristal. Sebaliknya, ketika medan listrik dikenakan pada bahan



GAMBAR 2. 1 (a) Efek piezoelektisitas dan (b) Efek piezoelektisitas balik

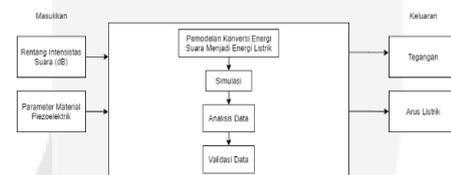
piezoelektrik, maka akan terjadi deformasi mekanik. Oleh karena itu, material piezoelektrik memiliki sifat yang *reversible* karena dapat berfungsi sebagai transduser dari energi mekanik ke energi listrik dan sebaliknya

Prinsip kerja dari efek piezoelektisitas (*direct piezoelectric effect*) adalah material piezoelektrik menghasilkan *electric displacement* (D) dan energi listrik (E) ketika dikenai suatu tekanan atau gaya. Dan sebaliknya, prinsip kerja efek piezoelektisitas balik (*converse effect*) piezoelektrik adalah terjadi perubahan volume atau peregangan (S) pada piezoelektrik ketika diberikan energi listrik (E).

III. METODE

a. Desain Sistem

Pada penelitian ini dilakukan pemodelan sistem konversi energi suara menjadi energi listrik menggunakan material piezoelektrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh material piezoelektrik berupa tegangan dan arus listrik.

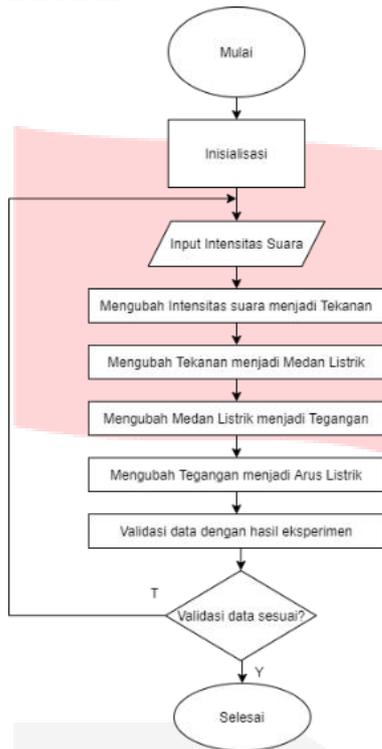


GAMBAR 3. 1 Diagram Blok Sistem

Pada **Gambar 3. 1** alur dari sistem ini dimulai dari memasukkan rentang intensitas suara (dB) dan parameter material piezoelektrik, melakukan pemodelan dan menganalisis data yang dihasilkan dari simulasi. Keluaran dari sistem ini adalah tegangan dan arus listrik yang dihasilkan dari konversi energi suara menjadi energi listrik menggunakan material piezoelektrik

b. Diagram Alir

Berikut ini adalah diagram alir dari desain perangkat lunak penelitian ini



GAMBAR 3. 2 Diagram Blok Sistem

Diagram alir sistem ini ditunjukkan pada **Gambar 3.2** di atas. Sistem ini pertama-tama memasukkan input intensitas suara dalam desibel. Intensitas suara dalam desibel kemudian diubah menjadi intensitas suara dalam W/m^2 dengan persamaan sebagai berikut:

$$I_s = 10^{dB/10} I_{s0} \tag{3.1}$$

Nilai intensitas suara minimum yang dapat didengar manusia (I_0) adalah $10^{-12} W/m^2$. Nilai intensitas suara dalam W/m^2 ini akan diubah menjadi tekanan suara dengan persamaan berikut:

$$p = \sqrt{2\rho v I} \tag{3.2}$$

Dari persamaan tersebut akan diperoleh nilai tekanan suara yang dihasilkan oleh intensitas suara yang sudah dimasukkan sebelumnya. Nilai massa jenis (ρ) udara adalah $1,29 kg/m^3$ dan nilai kecepatan udara (v) adalah $331 m/s$. Berikutnya nilai tekanan suara tersebut akan diubah menjadi medan listrik dengan persamaan piezoelektrik berikut:

$$E = \frac{D - d(-p)}{\epsilon} \tag{3.3}$$

Pada persamaan di atas, nilai medan listrik didapatkan dengan mengoperasikan nilai tekanan suara yang telah diperoleh sebelumnya dengan parameter material piezoelektrik seperti berikut:

TABEL 3. 1 Parameter Material Piezoelektrik

Parameter	Nilai
<i>Electric displacement (D)</i>	0,03 C/m ²
Konstanta piezoelektrik (d)	400 C/N
Permitivitas piezoelektrik (ϵ)	1750 F/m

Nilai medan listrik yang sudah diperoleh berikutnya akan diubah menjadi nilai tegangan, arus listrik, dan daya dengan persamaan berikut:

$$V = \frac{E}{q} \tag{3.4}$$

$$I = \frac{V}{R} \tag{3.5}$$

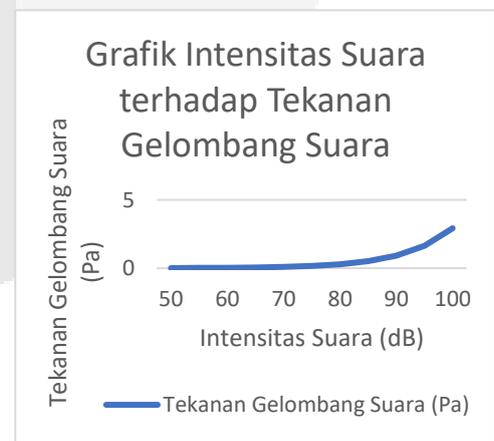
$$P = VI \tag{3.6}$$

Nilai muatan (q) adalah $1,6 \cdot 10^{-19} C$ dan nilai resistansi (R) yang digunakan adalah $100000 ohm$. Nilai resistansi yang besar ini dikarenakan sifat material piezoelektrik yang memiliki nilai hambatan dalam yang cukup besar.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang hasil pengujian yang telah dilakukan menggunakan input dan parameter yang telah ditentukan. Rentang intensitas suara yang akan digunakan pada simulasi ini dari 50dB hingga 100 dB.

a. Analisis Nilai Intensitas Suara terhadap Tekanan Suar



GAMBAR 4. 1 Grafik Intensitas Suara terhadap Tekanan Suara

Pada **Gambar 4.1** ditunjukkan bahwa bahwa perubahan nilai intensitas suara berbanding lurus dengan nilai tekanan suara. Dengan nilai tekanan suara maksimum 2,922 Pa pada intensitas suara di 100 dB. Hasil ini sesuai dengan persamaan (3.1) dan persamaan (3.2).

- b. Analisis Nilai Intensitas Suara terhadap Medan Listrik



GAMBAR 4. 2 Grafik Intensitas Suara terhadap Medan Listrik

Pada **Gambar 4.2** ditunjukkan bahwa seiring dengan naiknya nilai intensitas suara maka nilai medan listrik juga naik. Nilai medan listrik maksimum tercatat sebesar $0,67 \times 10^{-12}$ N/C pada 100 dB. Hasil grafik di atas sesuai dengan persamaan (3.3).

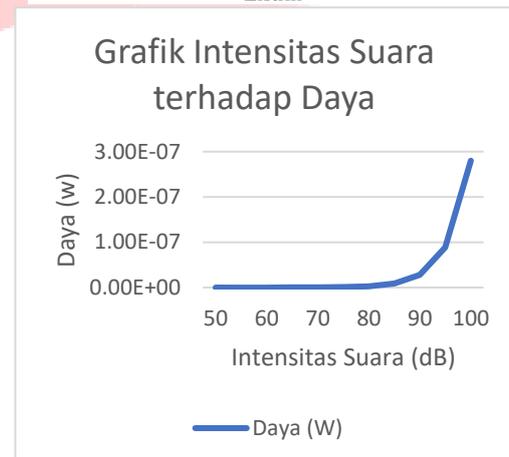
- c. Analisis Nilai Intensitas Suara Terhadap Tegangan, Arus Listrik, dan Daya



GAMBAR 4. 3 Grafik Intensitas Suara terhadap Tegangan



GAMBAR 4. 1 Grafik Intensitas Suara terhadap Arus Listrik



GAMBAR 4. 2 Grafik Intensitas Suara terhadap Daya

Pada ketiga grafik di atas gambar 4. 3, gambar 4. 4, dan gambar 4. 5 terlihat bahwa semakin besar nilai dB maka semakin besar pula tegangan, arus listrik, dan daya yang dihasilkan. Nilai tegangan, arus listrik, dan daya maksimum dihasilkan pada intensitas suara 100 dB dengan tegan sebesar 0,08 V, arus listrik sebesar $3,35 \times 10^{-6}$ A, dan daya $2,8 \times 10^{-7}$ W. Hasil grafik di atas sesuai dengan persamaan (3.4), persamaan (3.5), dan persamaan (3.6).

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian pada perancangan dan simulasi, material piezoelektrik dapat menghasilkan energi listrik ketika dikenakan gaya atau tekanan dengan menggunakan efek piezoelektrisitas piezoelektrik. Pada pemodelan dan simulasi sistem konversi energi suara menjadi energi listrik menggunakan material piezoelektrik pada Matlab Simulink, menghasilkan tekanan gelombang suara sebesar 2,92 Pa dan medan listrik sebesar 0.67×10^{-12} N/C. tegangan sebesar 0,08 V, arus listrik sebesar $3,35 \times 10^{-6}$ A, serta daya $2,8 \times 10^{-7}$ W. 4. Tegangan, Arus listrik, dan Daya yang dihasilkan dari pemodelan konversi energi suara

menjadi energi listrik menggunakan material piezoelektrik menghasilkan tegangan sebesar 0,08 V, arus listrik sebesar $3,35 \times 10^{-6}$ A. Hasil ini masih cukup kecil untuk diaplikasikan untuk kebutuhan industry

REFRENSI

- [1] Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, "Indonesia Energy Outlook 2019," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [2] I. Kholiq, "PEMANFAATAN ENERGI ALTERNATIF SEBAGAI ENERGI TERBARUKAN UNTUK Mendukung Substitusi BBM," *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, vol. 4, no. 1, p. i, 2012, doi: 10.1016/s1877-3435(12)00021-8.
- [3] E. Wijanto, B. Harsono, R. Renandy, A. Septian, and K. Sutanto, "Pengujian Sistem Konversi Energi Suara menjadi Energi Listrik menggunakan Piezoelektrik," *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 17, no. 01, pp. 59–67, 2018, doi: 10.31358/techne.v17i01.172.
- [4] A. A. Vives, "Piezoelectric transducers and applications," *Piezoelectric Transducers Appl.*, pp. 1–532, 2008, doi: 10.1007/978-3-540-77508-9.
- [5] H. Fazilah Hassan, S. I. Syed Hassan, and R. Abd Rahim, "Acoustic energy harvesting using piezoelectric generator for low frequency sound waves energy conversion," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 5, no. 6, pp. 4702–4707, 2013.
- [6] L. H. Fang, S. I. S. Hassan, R. A. Rahim, M. Isa, and B. Bin Ismail, "Characterization of Different Dimension Piezoelectric Transducer for Sound Wave Energy Harvesting," *Energy Procedia*, vol. 105, pp. 836–843, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.03.398.
- [7] Bambang Murdaka Eka Jati dan Tri Kuntoro Priyambodo, *Fisika Dasar untuk Mahasiswa Eksakta dan Teknik*, 1st ed. YOGYAKARTA: ANDI, 2008.
- [8] S. J. LING, J. SANNY, and W. MOEBS, *University Physics Volume 1*. Houston: Rice University, 2021.
- [9] MENLHK, "KEPUTUSAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP NOMOR: KEP-48/MENLH/11/1996 TENTANG BAKU TINGKAT KEBISINGAN," p. 9, 1996, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252%0Ahttp://dx.doi.o>
- [10] I. KHAIR, "ANALISA TEGANGAN DAN ARUS PADA SISTEM KONVERSI ENERGI SUARA MENJADI LISTRIK MENGGUNAKAN KOMPONEN PIEZOELEKTRIK," p. 65, 2021.