SIMULASI PENGARUH UKURAN *PIEZOELEKTRIK* DAN KEBISINGAN KERETA REL DIESEL TERHADAP TEGANGAN DENGAN MENGGUNAKAN ANSYS

Ilham Satrio Utomo[1], ilham.satrio@ppi.ac.id
Henry Widya Prasetya[2], henry@ppi.ac.id
Moch. Aziz Kurniawan [3], aziz@pktj.ac.id

[1,2]Teknologi Mekanika Perkeretaapian, [3]Teknologi Otomotif
[1,2]Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun, [3]Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan Tegal

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran *piezoelektrik* dan kebisingan lokomotif kereta terhadap tegangan yang dihasilkan dengan menggunakan ANSYS. Variasi Ukuran Pezoelektrik yang digunakan adalah 1x1, 3x3, 5x5 (cm). Sedangkan untuk variasi kebisingan yang digunakan adalah 93, 96, 98, 100 (dB). Metode yang digunakan adalah dengan metode numerik; dalam hal ini *Finite Element Analysis* (FEA) dengan bantuan program struktural Statis ANSYS. Hasil penelitian menunjukkan dengan menggunakan *piezoelektrik* 5x5 cm dan pada kebisingan 100 dB dihasilkan tegangan maksimal 158,12 mV.
Kata Kunci : Kebisingan, Tekanan, *Piezoelektrik*, Lokomotif, Kereta, tegangan.

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effect of variations in electrical piezo size and train locomotive noise to the voltage generated using ANSYS. Pezoelectric Size variations used are 1x1, 3x3, 5x5 (cm). As for the noise variations used are 93, 96, 98, 100 (dB). The method used is the numerical method; in this case Finite Element Analysis (FEA) with the help of ANSYS Static structural program. The results showed that using piezoelectric 5x5 cm and at 100 dB noise produced a maximum voltage of 158.12 mV.
Keywords: *Noise, Pressure, Piezoelectric, Locomotive, Train, Voltage.*

1 LATAR BELAKANG

Kereta api saat ini dianggap salah satu moda transportasi paling signifikan karena volume penumpang yang besar dan ketepatan waktu yang cukup baik. Permintaan penumpang kereta api mengalami peningatan dari tahun ke tahun. Peningkatan kebutuhan kereta untuk moda transportasi berbanding lurus dengan peningkatan energy. Saat ini, sektor transportrasi memiliki peran besar dalam konsumsi bahan bakar fosil yakni sekitar 20% [1]. Oleh karena itu kebutuhan akan energy terbarukan pada kereta menjadi menarik untuk di bahas.

Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa “energy tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan”, Energi hanya berubah bentuk. Dengan hukum tersebut, pada dasarnya energy suara dapat berubah bentuk menjadi energy listrik yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan pada kereta api. Hal tersebut diharapkan dapat mengurangi beban generator, yang berakibat menurunnya konsumsi bahan bakar. Kereta rel diesel elektrik pada pengukuran kebisingan menghasilkan kebisingan diantaranya pada knalpot *engine*, *engine*, generator, kipas pendingin radiator, kipas rem dinamis, blower, motor traksi, dan kompresor penampung debu. [2].

Banyak upaya penelitian telah dikhususkan untuk teknologi yang berfokus pada pemanenan energi alternatif atau konversi energi. Zhang et al. merancang system pemanenan energi kinetik untuk memanen daya yang terbuang dari kendaraan yang melewati terowongan jalan [3]. Untuk digunakan dalam kendaraan listrik jarak jauh, Zhang et al. membuat sebuah peredam kejut untuk mengumpulkan energi suspensi yang terbuang dari kendaraan yang bergerak secara dinamis

[4]. Teknologi pemanenan energy menjadi alternative baru untuk memenuhi kebutuhan energy [5]. Zhang et al. mengembangkan desain pemanenan energi *elektro-magnetik* portabel yang mengubah getaran jalur kereta api menjadi listrik melalui transmisi mekanis, dan pemanen energi yang diteliti terbukti efektif dengan menghasilkan efisiensi 55,5% [6]. Guan et al. meneliti sistem *piezoelektrik* untuk memanen energi dari gerakan rotasi, seperti generator yang terintegrasi ke permukaan. Selama rotasi pemanen energi, deformasi berulang, elemen *piezoelektrik* akan dirubah menjadi listrik, dan energi output yang dihasilkan 83,5-825 μW diperoleh pada frekuensi rotasi 7-13,5 Hz. [7].

Meskipun berbagai teknologi pemanenan sumber daya energi telah ditelitii secara luas, ada energi yang terbengkalai dan terbuang di sekitar kita. Sebagai contoh, energi akustik adalah sumber energi yang signifikan yang dihasilkan terus-menerus tetapi tidak digunakan [8]. Dengan kebisingan yang dihasilkan oleh lokomotif penelitian ini meneliti pemanenan energy suara yang dihasilkan oleh lokomotif sebagai penggerak kereta.

2 METODE PENELITIAN

2.1 Data Kebisingan

Data kebisingan kereta pada lokomotif didapat dari lokomotif Prambanan *Expres* (Paramex). Pada penelitian Fayyadl [9] didapat kebisingan pada lokomotif pada *engine room* adalah 95,4 dB-99,2 dB. Berdasar data sekunder penelitian tersebut maka pada penelitian ini menggunakan rentang variasi 93, 96, 98, 100 (dB). Dari kebisingan tersebut kemudian di konversi menjadi tekanan(Pa) dengan menggunakan formulasi. Formulasi yang digunakan adalah dengan menggunakan formula di bawah ini

$$L_p = 10 Log_{10} \frac{P_{rms}^2}{P_o^2}$$

Dari Formula rumus tersebut maka didapatkan hasil pada tabel 1

Tabel 1 Konversi Tingkat Kebisingan (dB) ke Tingkat Tekanan Bunyi (Pa)

No	Tingkat Kebisingan (dB)	Tingkat Tekanan Bunyi (Pa)
1	93	0.89
2	96	1.26
3	98	1.58
4	100	2

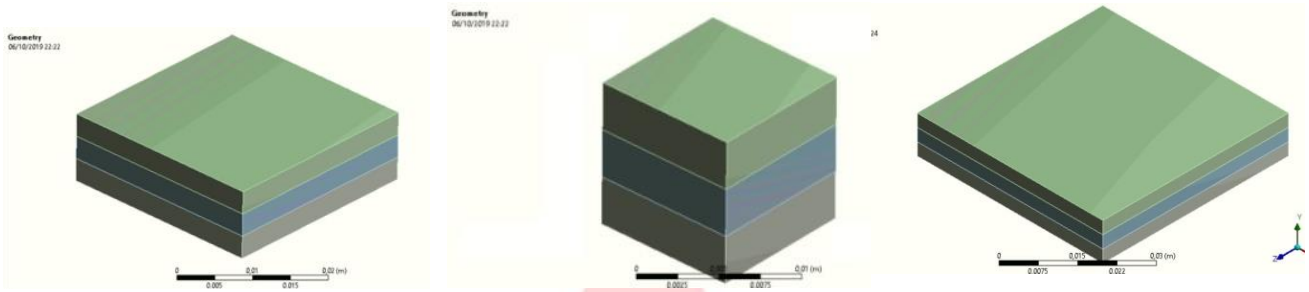
Selain menggunakan variasi dengan kebisingan penelitian ini juga menggunakan variasi ukuran *piezoelektrik*. Variasi ukuran *piezoelektrik* ini digunakan untuk mengetahui karakteristik *piezoelektrik* pada setiap ukuran. Selain hal tersebut juga untuk mengetahui besaran voltase setiap variasi yang digunakan tersebut. Variasi ukuran *Piezoelektrik* pada penelitian ini adalah 1x1 (cm), 3x3 (cm), dan 5x5 (cm).

Berdasarkan rancangan variasi tersebut maka penelitian ini akan diselesaikan dengan menggunakan simulasi ANSYS. Secara umum proses simulasi CFD dibagi menjadi 3 yaitu *Pre Prosesing, Prosesing, dan Pos-Processing.*

2.2 Geometri

Geometri yang digunakan dalam simulasi ini dimodelkan sebagai domain padat kontinu, terdiri dari 3 bagian yang terpisah, tetapi dihubungkan oleh daerah kontaknya untuk mentransfer data (tegangan, defleksi, tegangan, dll.). Setiap bagian didefinisikan oleh bahan yang berbeda, ada (1) Steel atau Brass, (2) keramik dan (3) karbon aktif. Ini adalah model-model berikut :

POLITEKNIK PERKERETAAPIAN INDONESIA



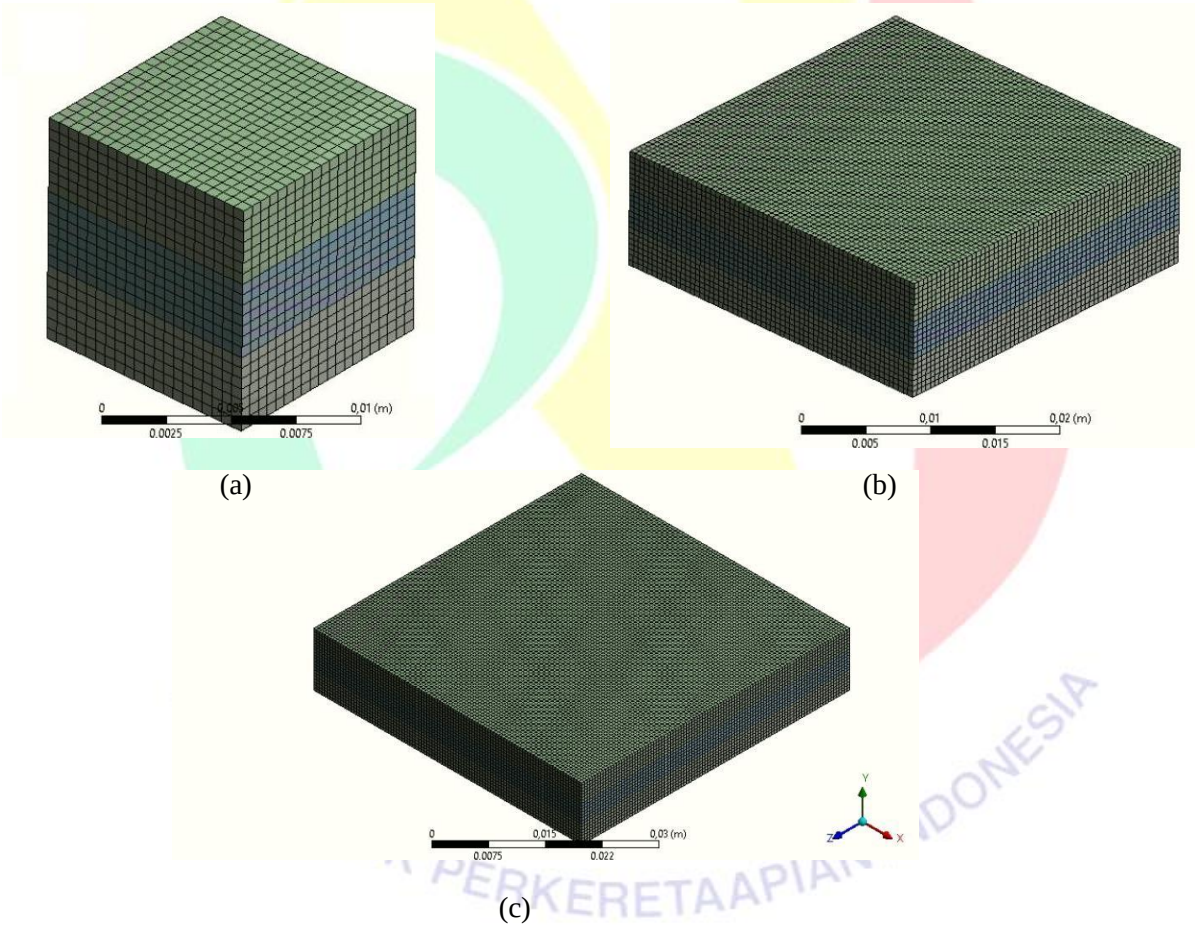
(a) (b) (c)

Gambar 1 Geometri *Piezoelektrik* (a) 1x1 (b) 3x3 (c) 5x5 (cm)

2.3 Meshing

Meshing atau diskretisasi adalah proses mengubah domain padat kontinu menjadi domain komputasi diskrit, sehingga solusinya dapat diselesaikan dengan metode numerik; dalam hal ini *Finite Element Analysis* (FEA) dengan bantuan program struktural Statis ANSYS.

Pengaturan mesh yang digunakan adalah (1) *body sizing*: untuk memastikan ukuran elemen minimum tidak melebihi ukuran minimum yang ditentukan, dalam hal ini 0,5 mm, sehingga hasil yang akurat dapat diperoleh, dan (2) *mesh hexahedral*: untuk menghasilkan hexahedral, yang merupakan tipe mesh paling ringkas dalam hal efisiensi dan kecepatan komputasi, bahkan mesh *heksahedral* yang lebih banyak adalah pilihan terbaik untuk mendapatkan resolusi hasil terbaik



(a) (b)

(c)

Gambar 2 *Meshing* (a) 1x1 (b) 3x3 (c) 5x5 (cm).

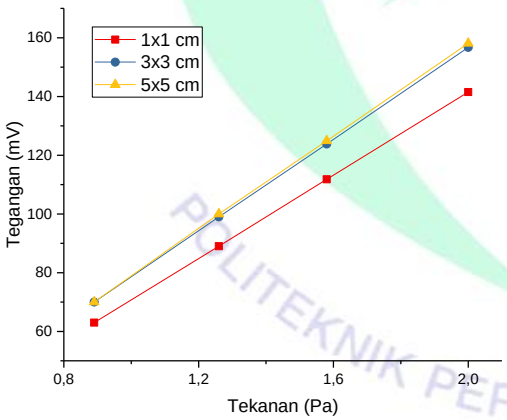
3 ANALISIS HASIL

Permodelan *piezoelektrik* dilakukan dengan cara memvariasikan ukuran *piezoelektrik* diantaranya 1x1, 3x3, dan 5x5 (cm). Setiap variasi diteliti pada nilai tekanan 0.89, 1,26, 1,58 dan 2 (Pa).

Tabel 2 Hasil Simulasi *Piezoelektrik* pada berbagai ukuran.

Ukuran	Tekanan (Pa)	Tegangan output (mV)
1x1 cm	0.89	63
	1.26	89
	1.58	111.8
	2	141.51
3x3 cm	0.89	70
	1.26	99
	1.58	123.82
	2	156.74
5x5 cm	0.89	70
	1.26	100
	1.58	124.91
	2	158.12

Tabel 2 menunjukkan nilai tegangan yang dihasilkan oleh *piezoelektrik* pada variasi ukuran dan variasi nilai tekanan. Pada variasi ukuran *piezoelektrik* 1x1 cm tegangan maksimal didapatkan dari variasi tekanan 2 Pa yaitu sebesar 141.51 mV. Pada variasi ukuran 3x3 cm tegangan maksimal didapatkan pada variasi 2 Pa yaitu sebesar 156.74 mV. Pada variasi ukuran 5x5 cm tegangan maksimal didapatkan pada variasi 2 Pa yaitu sebesar 158.12 mV.



Gambar 3 Hubungan Tekanan dengan Tegangan pada variasi ukuran.

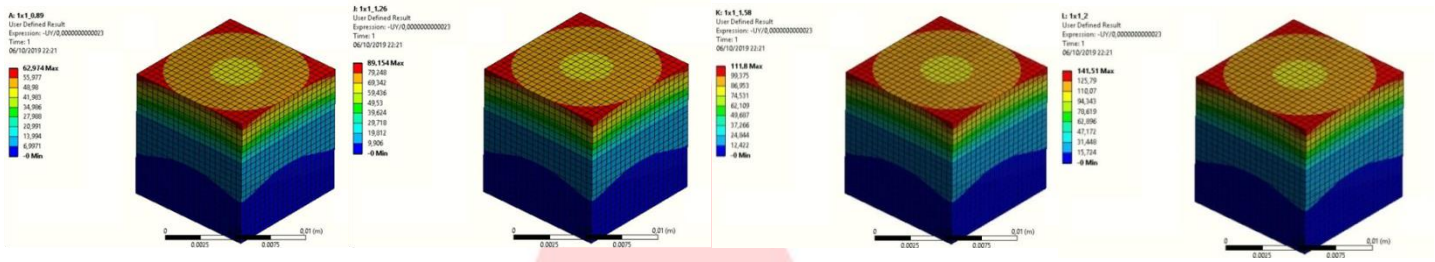
Gambar 3 menunjukkan hubungan antara tekanan dengan tegangan. Grafik tersebut menunjukkan nilai tegangan yang naik seiring dengan kenaikan tekanan dan ukuran *piezoelektrik* ukuran 1x1 (cm) mendapatkan nilai tertinggi pada tekanan 2 Pa yaitu sebesar 141,51 mV. Sedangkan pada tekanan 0.89 Pa memiliki nilai tegangan yaitu sebesar 63 mV. Nilai tegangan pada tekanan 1.26 Pa dan 1.58 Pa berturut-turut adalah 89 mV dan 111,8 mV. Untuk gambar distribusi tegangan (mV) bisa dilihat pada gambar 4.

Piezoelektrik dengan ukuran 3x3 cm mendapatkan nilai tertinggi pada tekana 2 Pa yaitu sebesar 156,7 mV. Sedangkan mendapat tegangan terkecil pada tekanan 0.89 Pa yaitu sebesar 70 mV. Nilai tegangan pada tekanan 1.26 Pa dan 1.58 Pa berturut turut adalah 99 mV dan 123.8 mV. *Piezoelektrik* dengan dimensi ukuran 3x3 cm mengalami kenaikan tegangan rata-rata sebesar 11.18 % jika dibandingkan dengan ukuran 1x1 cm. Hal ini disebabkan pertambahan dimensi merupakan satu hal yang bisa menyebabkan efek piezo. Untuk gambar distribusi tegangan (mV) bisa dilihat pada gambar 5.

Piezoelektrik dengan ukuran 5x5 cm mendapatkan nilai tertingi pada tekanan 2 Pa yaitu sebesar 158.12 mV. Sedangkan mendapat tegangan terkecil pada 0.89 Pa yaitu sebesar 70 mV. Nilai tegangan pada tekanan 1.26 Pa dan 1.58 Pa berturut turut adalah 100 mV dan 124.91 mV. *Piezoelektrik* dengan dimensi ukuran 5x5 cm mengalami kenaikan yang tidak signifikan jika dibandingkan dengan 3x3 cm. Padahal dengan pertambahan dimensi 2 cm, namun mengalami kenaikan yang berbeda jika dibandingkan dengan ukuran *piezoelektrik* ukuran 3x3 cm dengan 1x1 cm. Hal itu terjadi karena efek luasan piezolektrik hampir mengalami tegangan maksimal, sehingga tidak terjadi kenaikan seperti pada ukuran 3x3 cm . Untuk gambar distribusi tegangan (mV) bisa dilihat pada gambar 6.

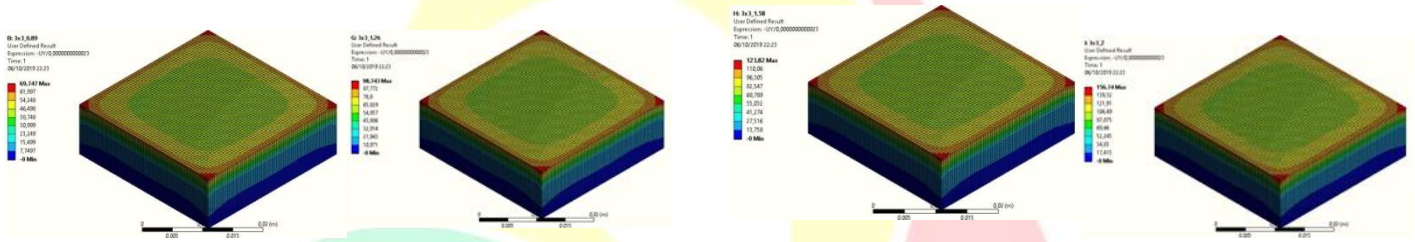
Tegangan output yang dihasilkan oleh *piezoelektrik* ini terjadi karena *efek piezo*. Hal itu terjadi karena saat terjadi tegangan (Pa) maka susunan kristal *non-centrosmyteric* tidak dapat

mempertahankan posisi atom pusat saat dikenanakan gaya eksternal atau seperti halnya tekanan yang mengenai permukaan *piezoelektrik*.

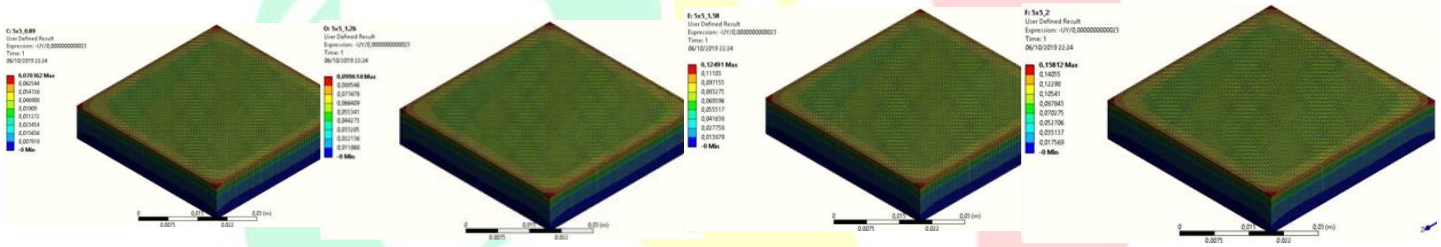


(a) **(b)** **(c)** **(d)**

Gambar 4 Distribusi Tegangan *Piezoelektrik* Pada Variasi ukuran 1x1 cm (a) 0.89 Pa (b) 1,26 Pa (b) 1.58 Pa (d) 2 Pa



Gambar 5 Distribusi Tegangan *Piezoelektrik* Pada Variasi ukuran 3x3 cm (a) 0.89 Pa (b) 1,26 Pa 1.58 Pa (d) 2 Pa



Gambar 6 Distribusi Tegangan *Piezoelektrik* Pada Variasi ukuran 5x5 cm (a) 0.89 Pa (b) 1,26 Pa 1.58 Pa (d) 2 Pa

Merujuk hasil simulasi penelitian yang dilakuakan oleh Yuan Wang [5]. Yuan wang meneliti tentang pengaruh kebisingan pada *High Speed Train* pada *piezoelektrik* dengan menggunakan *Helmholtz resonator* terhadap tegangan yang dihasilkan baik secara simulasi dan eksperimen. Hasil yang diperoleh pada penelitian tersebut adalah pada kebisigan 110 dB *piezoelektrik* mampu menghasilkan tegangan maksimal sebesar 74.6 mV. Sehingga dari penelitian ini membuktikan bahwa energi bunyi mampu menghasilkan tegangan yang bisa diaplikisan untuk kebutuhan listrik pada kereta

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi serta analisa data bagimana pengaruh variasi ukuran *piezoelektrik* serta kebisingan yang dihasilkan oleh kereta dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

a. Nilai tegangan mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan kebisingan dan

ukuran *piezoelektrik*. Namun pada penamabahan ukuran *piezoelektrik* dengan dimensi 5x5 cm mengalami kenaikan yang tidak signifikan jika dibandingkan dengan 3x3 cm. Ukuran Pirzoelektrik 3x3 cm mengalami kenaikan 11% jika dibandingkan dengan ukuran 1x1 cm.

b. Hasil simulasi menunjukkan nilai tegangan maksimal yang dihasilkan pada penelitian ini adalah 158.12 mV pada kebisinga 100 dB dan ukuran 5x5 cm.

Saran

Simulasi dengan menggunakan *piezoelektrik* dengan variasi nilai kebisingan dan ukuran *piezoelektrik* ini merupakan bahasan penelitian yang cukup menarik, karena voltase yang dihasilkan masih sangat kecil. Penelitian selanjutnya juga dapat dilakukan dengan variasi beberapa material *piezoelektrik* dan penambahan *honeycomb* untuk memperbesar tekanan yang mengenai *piezoelektrik*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada p3m PPI Madiun yang telah memberikan hibah penelitian seingga dapat terselesaikannya penelitian ini.

REFERENSI

K. Riahi, V. Krey, D. McCollum, P. Kolp, and Y. Nagai, “Transport electrification: A key element for energy system transformation and climate stabilization,” *Clim. Change*, vol. 123, no. 3–4, pp. 651–664, 2013.

P. J. Remington and M. J. Rudd, “Measurement and diagnosis of locomotive noise,” *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 59, no. S1, pp. S80–S81, 2005.

Y. Yuan, B. Du, Y. Rasim, X. Zhang, C. Wang, and Z. Zhang, “Design, modelling and practical tests on a high-voltage kinetic energy harvesting (EH) system for a renewable road tunnel based on linear alternators,” *Appl. Energy*, vol. 164, no. October 2015, pp. 152–161, 2015.

Z. Zhang *et al.*, “A high-efficiency energy regenerative shock absorber using supercapacitors for renewable energy applications in range extended electric vehicle,” *Appl. Energy*, vol. 178, pp. 177–188, 2016.

Y. Wang *et al.*, “A renewable low-frequency acoustic energy harvesting noise barrier for high-speed railways using a Helmholtz resonator and a PVDF film,” *Appl. Energy*, vol. 230, no. July, pp. 52–61, 2018.

X. Zhang, Z. Zhang, H. Pan, W. Salman, Y. Yuan, and Y. Liu, “A portable high-efficiency electromagnetic energy harvesting system using supercapacitors for renewable energy applications in railroads,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 118, pp. 287–294, 2016.

M. Guan and W. H. Liao, “Design and analysis of a piezoelectric energy harvester for rotational motion system,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 111, pp. 239–244, 2016.

B. Li, A. J. Laviage, J. H. You, and Y. J. Kim, “Harvesting low-frequency acoustic energy using multiple PVDF beam arrays in quarter-wavelength acoustic resonator,” *Appl. Acoust.*, vol. 74, no. 11, pp. 1271–1278, 2013.

M. Fayyadl, J. Fisika, and F. Uns, “Sound Level Meter Extech RS-232 .”

POLITEKNIK PERKERETAAPIAN INDONESIA