

PENGARUH BENTUK PENAMPANG *BLUFF BODY* PERSEGI, BELAH KETUPAT, DAN SEGITIGA TERHADAP TEGANGAN LISTRIK YANG DIHASILKAN OLEH *PIEZOELEKTRIK*

Asep Supriadi^{1*}, Adhes Gamayel², Murtalim³, Ujiburrohman⁴, Riyan Ariyansah⁵

^{1,2,4,5}Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta, Grand Depok City, Jl. Boulevard Raya No. 2, Depok, 16412. Jawa Barat, Indonesia

³Teknik Mesin, Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer, Universitas Buana Perjuangan Karawang, Jl. Ronggo Waluyo Sirnabaya, Puseurjaya, Kec. Telukjambe Timur, Kabupaten Karawang, Jawa Barat 41361

Email: asep.ujfc.com¹, adhes@jgu.ac.id², murtalim@ubpkarawang.ac.id³, ujiburrohman@jgu.ac.id⁴, riyanariyansah@jgu.ac.id⁵

ABSTRAK

Piezoelektrik adalah perangkat pemanen energi skala mikro yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Ketika terjadi tumbukan dengan bahan *piezoelektrik* akan menimbulkan getaran dan menghasilkan tegangan dan defleksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bentuk penampang *bluff body* terhadap tegangan listrik yang dihasilkan piezoelektrik. Metode penelitian ini adalah mengamati getaran *piezoelektrik* akibat aliran udara yang melewati penampang *bluff body* untuk menghasilkan tegangan listrik. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah bentuk badan tebing, dan kecepatan aliran angin. Dimana dimensi dan tinggi pada salah satu penampang badan bujur sangkar, belah ketupat, dan segitiga memiliki ukuran yang sama yaitu 7 cm. Kecepatan angin yang digunakan adalah 5 m/s, 7 m/s, dan 9m/s. Penelitian dilakukan di terowongan angin dan jarak penampang antara *bluff body* ke *piezoelektrik* adalah 80 cm. Hasil variabel bentuk penampang bodi tebing yang menghasilkan tegangan listrik tertinggi adalah penampang bodi tebing belah ketupat. Hasil variabel kecepatan yang menghasilkan tegangan listrik tertinggi yaitu pada kecepatan 9 m/s menghasilkan tegangan listrik sebesar 5,58 volt pada badan tebing yang dijaga. Hal ini dikarenakan osilasi, sirip bergerak ke atas dan ke bawah untuk memukul *piezoelektrik*.

Kata kunci: Piezoelektrik, Panen Energi, *Bluff Body*, Kecepatan, Olakan.

ABSTRACT

A *piezoelectric material* is a type of energy harvesting device that operates on a microscale and converts mechanical energy into electrical energy. If a collision with a *piezoelectric material*, it will produce vibration in addition to stress and deflection in the structure. The purpose of this investigation is to determine how the shape of the cross-section of the *bluff body* affects the amount of electric voltage produced by the *piezoelectric*. This research method consists of observing the *piezoelectric* vibrating due to the flow of air that passes through the cross-section of the *bluff body* to produce an electric voltage. The shape of the *bluff body* and the wind flow speed were the independent variables in this study, where the dimensions and height in one cross-section of the square, rhombus, and triangle *bluff bodies* all have the same size is 7 centimeters. Three wind speeds were used: 5, 7, and 9 meters per second. The investigation was carried out in a wind tunnel, and the distance in the cross-sectional direction between the *bluff body* and the *piezoelectric* was 80 centimeters. The rhombic *bluff body* cross-section is the result of the variable cross-sectional shape of the *bluff body*, and it is the cross-section that produces the highest electrical voltage. An electric voltage of 5.58 volts is produced across the body cliff due to the speed variable that produces the highest electrical voltage, which is 9 meters per second. Because of the oscillations, the fins move up and down to make contact with the *piezoelectric*.

Keywords: Piezoelectricity, Energy harvest, *Bluff body*, Speed, Repulsion.

PENDAHULUAN

Piezoelektrik adalah perangkat pemanen energi skala mikro yang mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik. Ketika ada tumbukan pada material piezoelektrik maka akan menyebabkan terjadinya getaran serta menghasilkan tegangan dan defleksi [1]. Pada perangkat pemanen energi yang dihasilkan yaitu energi listrik berskala mikro, sehingga tidak dapat disalurkan secara langsung [2]. Salah satunya adalah pemasangan piezoelektrik dengan mekanisme kantilever yang defleksi berulang, dan menghasilkan getaran sehingga timbul tegangan listrik. Metode galloping yang didefinisikan sebagai ketidakstabilan dinamis, akibat aliran turbulen mempengaruhi struktur elastis [3].

Ada beberapa peneliti yang menggunakan mekanisme kantilever dan metode galloping seperti, menggunakan *gallop* bentuk prisma yang hasilnya 50 mW dengan menggunakan kecepatan aliran udara 11 mph [4], menggunakan balok dengan weak galloping energi yang diperoleh 1,7 Watt pada aliran angin 15 m/s [2], pada kecepatan aliran angin 2,5 m/s dengan menggunakan silinder hasil yang diperoleh 100 sampai 3000 mikrowatt [5], piezoelektrik pada sistem kantilever dengan penambahan *bluff body* diperoleh energi listrik yang terbesar 0,034 mV dengan kecepatan aliran udara 2 m/s [6], dan piezoelektrik sistem kantilever dengan *bluff body* penampang segitiga menghasilkan energi listrik maksimal $5,21 \times 10^{-3}$ volt pada kecepatan angina 3 m/s [7]. Pada *bluff body* ujungnya diruncingkan bertujuan untuk meningkatkan kecepatan saat melewati penampang, maka ketika *bluff body* ujungnya runcing yang telah dilintasi aliran angin akan terjadi pusaran aliran angin pembalikan [8].

Gheibi dkk, melakukan penelitian piezoelectric dengan memanfaatkan membran nanofiber piezoelektrik electrospun untuk mengoptimalkan parameter electrospinning yang menghasilkan listrik. Penelitian menggunakan parameter electrospinning yang dioptimalkan untuk menghasilkan lembaran nanofiber PVDF yang berorientasi acak, bebas cacat, dan seragam. Membran nanofiber yang dioptimalkan dengan ketebalan yang bervariasi yaitu 110, 220, dan 310 mikron, dan tegangan keluarannya sebagai faktor kinerja nanogenerator diukur. Hasil menunjukkan bahwa nanogenerator terdiri dari nanofibers piezoelektrik dapat menghasilkan tegangan setinggi beberapa volt ketika mendapatkan mechanical impact [9].

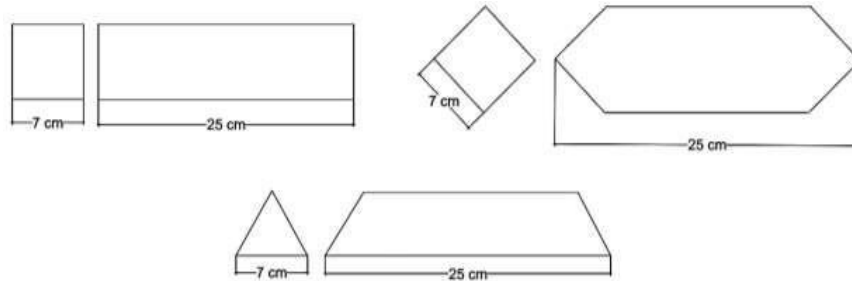
Penelitian juga dilakukan oleh Chen dkk. dengan merancang pemanen energi pelat kantilever. Dua kotak ditambahkan di dua tepi bebas di sepanjang arah tetap bebas, dan bola bergulir ditempatkan di setiap kotak. Pusat massa struktur diubah oleh bola yang menggelinding di dalam kotak untuk menyesuaikan frekuensi alami struktur. Tuning PEH ini dapat mengumpulkan daya pada pita frekuensi dari 16 Hz sampai 25 Hz [10]. Shi dkk. mengusulkan pemanen energi piezoelektrik broadband dengan frekuensi self-tuning aktif. Ini dapat secara aktif menyetel frekuensi resonansi dengan mengubah posisi massa bagian berbentuk T agar sesuai dengan frekuensi eksitasi eksternal. Lendutan statis dan volume keseluruhan akan meningkat karena perubahan kekakuan sistem dan massa sistem. Skema ini rumit dalam desain dan unggul dalam kerugian mekanis [11].

Wang dkk., melakukan penelitian lanjutan dengan tema piezoelectric. Penelitian difokuskan pada pemanen energi piezoelektrik dengan menggunakan metode *rotating magnetic excitation*. Metode penelitian menggunakan perangkat yang berputar. Gaya magnet intermiten antara magnet penggerak dan massa magnet ujung menggerakkan elemen piezoelektrik untuk bergetar secara nonlinier untuk menghasilkan energi listrik. Dengan dua magnet penggerak, massa magnet ujung 5 g, dan jarak eksitasi radial 8 mm, pemanen energi piezoelektrik menangkap energi secara efisien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanen energi piezoelektrik menghasilkan tiga frekuensi resonansi yaitu 5 Hz, 8 Hz, dan 10 Hz. Ketika frekuensi rotasi adalah 8 Hz, tegangan rangkaian terbuka maksimum dari balok piezoelektrik primer dan tambahan adalah 63,24 V dan 30,38 V, masing-masing. Balok piezoelektrik primer dan bantu mendapat daya rata-rata maksimum dengan hambatan luar masing-masing 125 K Ω dan 75 K Ω . Daya rata-rata maksimum balok piezoelektrik primer dan tambahan masing-masing adalah 12,24 mW dan 3,92 mW. Pada daya maksimum balok piezoelektrik primer dan tambahan, tegangan melintasi resistansi masing-masing adalah 39,12 V dan 17,12 V [10].

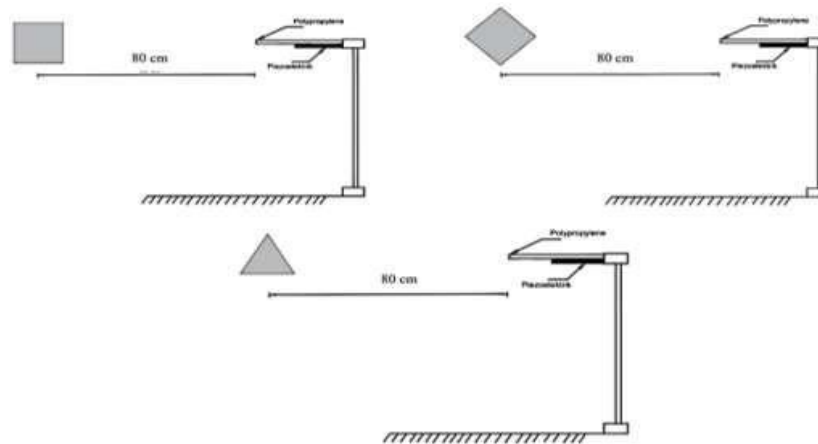
Berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini mengambil tema mengenai pemasangan *bluff body* yang menimbulkan pola aliran fluida, untuk penumbukan piezoelektrik masih jarang diteliti. Peneliti memicu pada penelitian mengenai piezoelektrik pada sistem kantilever dengan penambahan *bluff body*, dan mengenai piezoelektrik sistem kantilever dengan *bluff body* penampang segitiga. Peneliti ingin mengkaji penggunaan bentuk *bluff body* yang menimbulkan pola aliran fluida, untuk menghasilkan tegangan listrik yang dihasilkan oleh *piezoelektrik*, peneliti ingin mendapatkan hasil voltase yang lebih tinggi dari peneliti sebelumnya. *Piezoelektrik* dipasang pada daerah yang memiliki kecepatan aliran fluida tertinggi, agar dapat menghasilkan tegangan listrik yang maksimal.

METODE PENELITIAN

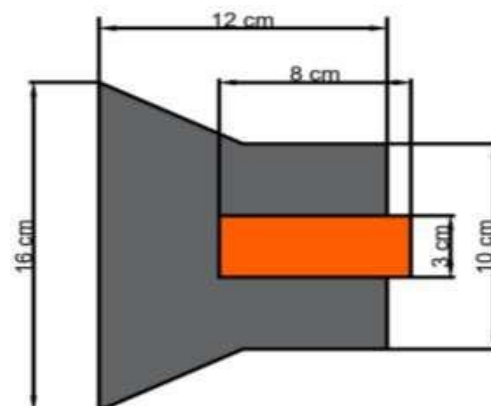
Untuk bentuk *bluff body* yang dipakai yaitu *bluff body* persegi, belah ketupat, dan segitiga. Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu tegangan listrik. Bahan piezoelektrik yang digunakan berbahan keramik berukuran 80 x 30 mm dan tebal 0,5 mm, dibagian atas piezoelektrik ditambahkan sirip jenis *polypropylene* dari bahan plastik dengan sistem kantilevertujuan agar lebih yang menumbuk pada area piezoelektrik, bahan pembuatan terowongan angin yang digunakan berbahan kayu, dan akrilik. Piezoelektrik yang digunakan berbahan keramik berukuran 8 x 3 cm dan ukuran sirip panjang 12 cm, lebar 10, dan lebar ujung 16 cm. **Gambar 1** menunjukan ukuran bentuk penampang *bluff body* persegi, belah ketupat, dan segitiga. **Gambar 2** jarak pengujian *bluff body* pada piezoelektrik, dan **Gambar 3** menunjukan detail piezoelektrik dengan sirip.



Gambar 1 Ukuran penampang bluff body persegi, belah ketupat, dan segitiga

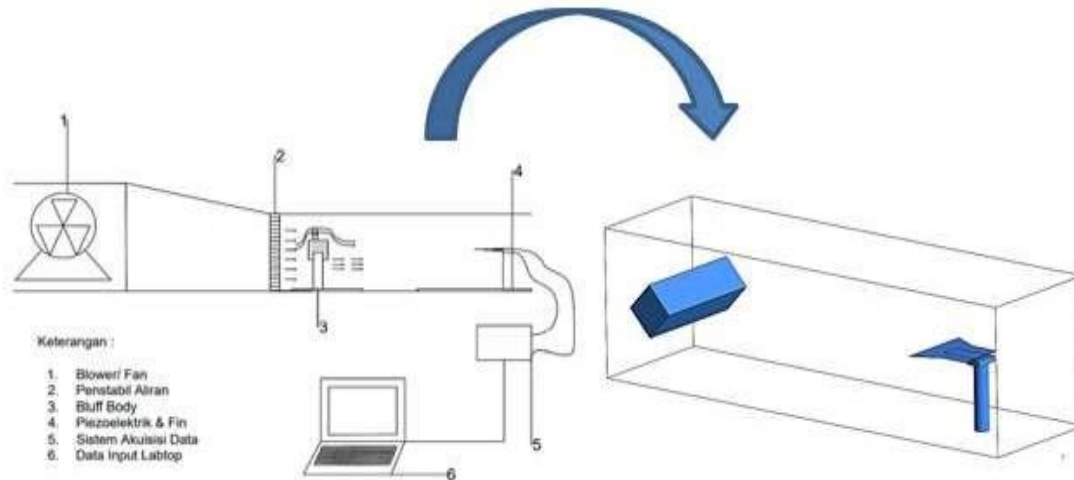


Gambar 2. Jarak pengujian antara *bluff body* dengan *piezoelectric*



Gambar 3. Detail ukuran *piezoelectric* dan sirip (pin)

Pengukuran tegangan listrik menggunakan sistem akuisisi data yaitu DATA-Q. Detail instalasi penelitian terowongan angin, *bluff body*, dan unit piezoelektrik ditampilkan pada **Gambar 4**,



Gambar 4. Instalasi penelitian dan terowongan angin, *bluff body*, dan unit *piezoelectric*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil percobaan untuk penampang *bluff body* persegi dengan kecepatan 5 m/s menghasilkan tegangan listrik maksimal 2,26 volt, kecepatan 7 m/s menghasilkan tegangan listrik maksimal 3,98 volt, dan kecepatan 9 m/s menghasilkan tegangan listrik maksimal 4,55. Hasil analisis hubungan antara kecepatan dengan tegangan listrik penampang *bluff body* persegi disajikan pada **Gambar 5**.



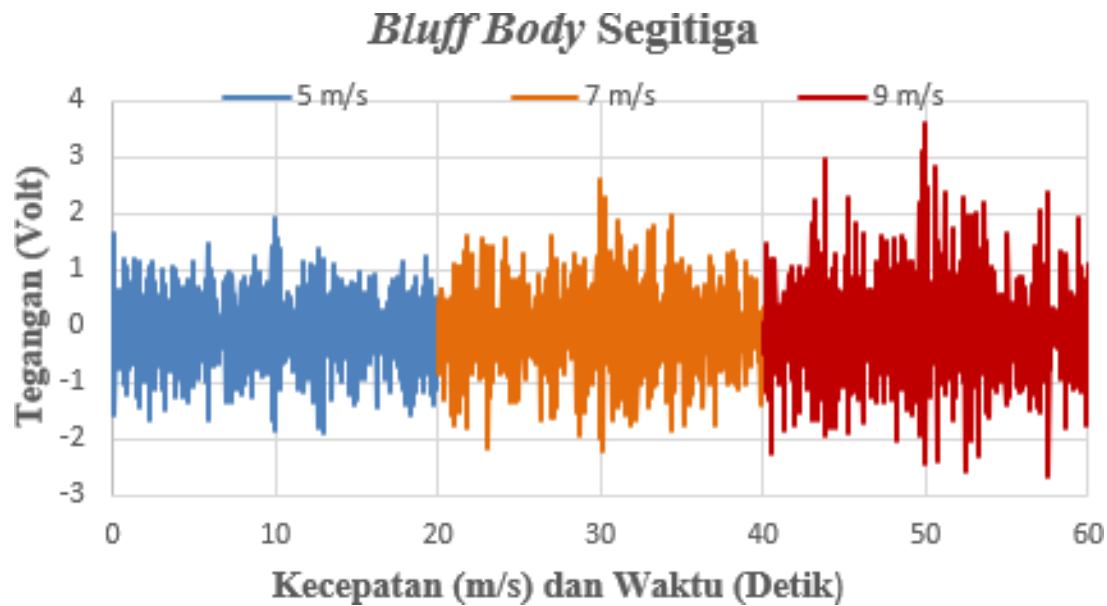
Gambar 5. Hubungan antara kecepatan dan tegangan listrik penampang *bluff body* persegi

Dengan kecepatan besar, maka saat terjadi olakan pada *bluff body* belah ketupat, hasil olakan tersebut sirip menumbuk mengenai piezoelektrik lebih besar. Hasil analisis mengenai hubungan antara kecepatan dengan tegangan listrik penampang *bluff body* belah ketupat disajikan pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Grafik hubungan antara kecepatan dengan tegangan listrik penampang *bluff body* persegi

Hasil percobaan untuk penampang *bluff body* segi tiga dengan kecepatan 5 m/s menghasilkan tegangan listrik maksimal 1,95 volt, kecepatan 7 m/s menghasilkan tegangan listrik maksimal 2,60 volt, dan kecepatan 9 m/s menghasilkan tegangan listrik maksimal 3,59. Dengan kecepatan besar, maka saat terjadi olakan pada *bluff body* segi tiga, hasil olakan tersebut sirip menumbuk mengenai *piezoelektrik* lebih besar. Gambar 7 grafik hubungan antara kecepatan dengan tegangan listrik penampang *bluff body* segitiga dibawah ini.



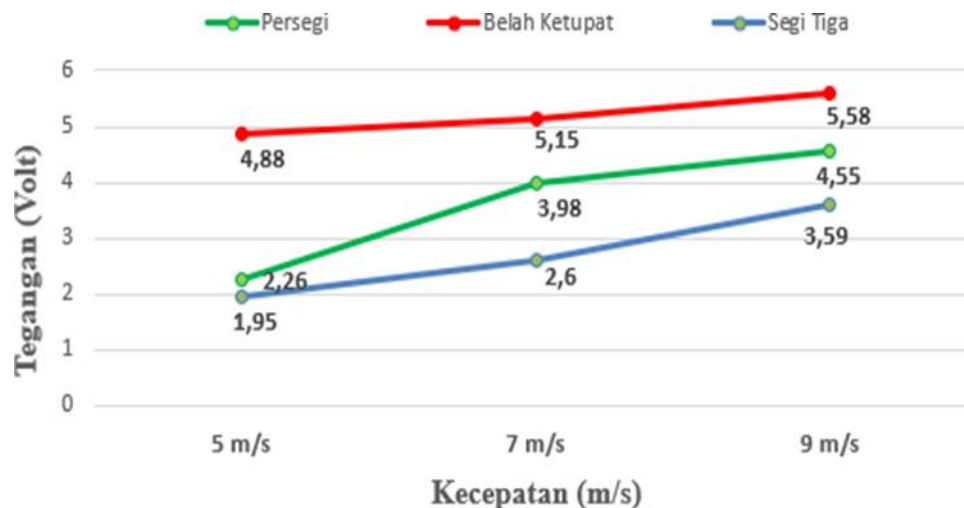
Gambar 7. Hubungan antara kecepatan dan tegangan listrik penampang *bluff body* segitiga.

Data analisis tegangan maksimum dengan kecepatan pada tiap geometri dilakukan untuk mengetahui fenomena hubungan kedua variable. Berdasarkan hasil dari pengujian bentuk penampang *bluff body* persegi, belah ketupat, dan segitiga, didapatkan data tegangan maksimum setiap *bluff body* yang datanya ditampilkan tabel. Sedangkan bentuk grafik seperti pada Gambar 8. Gambar 8 menunjukkan hasil pengujian dari semua bentuk penampang *bluff body*, hasil tegangan listrik yang paling terbesar yaitu penampang *bluff body* belah ketupat. Penampang *bluff body* belah ketupat hasil tegangan listriknya lebih besar dari *bluff body* yang lainnya, hal

ini disebabkan karena permukaan *bluff body* belah ketupat atas dan bawahnya runcing, maka ketika *bluff body* ujungnya runcing yang telah dilintasi aliran angin akan terjadi pusaran aliran angin pembalikan, kemudian setelah terjadinya pembalikan aliran angin itu lebih banyak olakan angin yang mengangkat sirip lebih tinggi dan menumbuk permukaan piezoelektrik [12].

Tabel 1. Hasil pengujian bluff body persegi, belah ketupat, dan segitiga

Bentuk <i>Bluff Body</i>	Kecepatan (m/s)	Hasil Tegangan Maksimal (volt)
<i>Bluff Body</i> Persegi	5	2,26
	7	3,98
	9	4,55
<i>Bluff Body</i> Belah Kteupat	5	4,88
	7	5,15
	9	5,58
<i>Bluff Body</i> Segitiga	5	1,95
	7	2,60
	9	3,59



Gambar 8. Grafik hasil pengujian semua bentuk penampang bluff body

KESIMPULAN

Makalah ini pengaruh bentuk penampang bluff body persegi, belah ketupat, dan segitiga terhadap tegangan listrik yang dihasilkan oleh *piezoelektrik*. Prinsip kerja prototipe dan model dinamis sistem *piezoelektrik* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

- Hasil dari variabel bentuk penampang *bluff body* yang menghasilkan tegangan listrik tertinggi yaitu padapenampang *bluff body* belah ketupat.
- Hasil dari variabel kecepatan yang menghasilkan tegangan listrik tertinggi yaitu pada kecepatan 9 m/s menghasilkan tegangan listrik 5,58 volt penampang *bluff body* belah ketupat

UCAPAN TERIMA KASIH

Author mengucapkan terima kasih kepada tim di laboratorium Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta. Tim juga mengucapkan terima kasih kepada Universitas Buana Perjuangan Karawang yang telah luar biasa memberikan kami kesempatan dalam berkarya.

REFERENSI

- [1] A. Abdelkefi, M. R. Hajj, and A. H. Nayfeh, "Power harvesting from transverse galloping of square cylinder," *Nonlinear Dyn.*, vol. 70, no. 2, pp. 1355–1363, 2012.
- [2] J. Lian, X. Yan, F. Liu, and J. Zhang, "Analysis on Flow Induced Motion of Cylinders with Different Cross Sections and the Potential Capacity of Energy Transference from the Flow," *Shock Vib.*, vol. 2017, 2017.
- [3] A. Gamayel, "Panen Energi Menggunakan Piezoelektrik Sistem Kantilever Dengan Penambahan Bluff Body," *J. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 4, p. 273, 2017.
- [4] K. Kasum, F. Mulyana, and A. Gamayel, "Piezoelektrik Sebagai Pemanen Energi Dengan Penambahan Bluff Body Segitiga," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 2, pp. 747–752, 2018.
- [5] J. Sirohi and R. Mahadik, "Harvesting wind energy using a galloping piezoelectric beam," *J. Vib. Acoust. Trans. ASME*, vol. 134, no. 1, pp. 1–8, 2012.
- [6] V. Sivadas and A. M. Wickenheiser, "A study of several vortex-induced vibration techniques for piezoelectric wind energy harvesting," *Act. Passiv. Smart Struct. Integr. Syst. 2011*, vol. 7977, p. 79770F, 2011.
- [7] A. Sunard and A. Gamayel, "Pemanfaatan Pantulan Bola Karet sebagai Pemanen Energi pada Piezoelektrik," *Pros. Semin. Nas. Teknoka*, vol. 3, no. 2502, p. 49, 2019.
- [8] L. A. Weinstein, M. R. Cacan, P. M. So, and P. K. Wright, "Vortex shedding induced energy harvesting from piezoelectric materials in heating, ventilation and air conditioning flows," *Smart Mater. Struct.*, vol. 21, no. 4, 2012.
- [9] A. Gheibi, R. Bagherzadeh, A. A. Merati, and M. Latifi, "Electrical power generation from piezoelectric electrospun nanofibers membranes: electrospinning parameters optimization and effect of membranes thickness on output electrical voltage," *J. Polym. Res.*, vol. 21, no. 11, 2014.
- [10] Z. Wang, L. He, Z. Zhang, Z. Zhou, J. Zhou, and G. Cheng, "Research on a Piezoelectric Energy Harvester with Rotating Magnetic Excitation," *J. Electron. Mater.*, vol. 50, no. 6, pp. 3228–3240, 2021.
- [11] C. G. Gregg, P. Pillatsch, and P. K. Wright, "Passively self-tuning piezoelectric energy harvesting system," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 557, no. 1, 2014.
- [12] U. Latif *et al.*, "Experimental investigation of energy harvesting eel in the wake of bluff body under ocean waves," *Proc. Inst. Mech. Eng. Part M J. Eng. Marit. Environ.*, vol. 235, no. 1, pp. 81–92, 2021.