

Investigasi Kemampuan Pembangkit Listrik Tenaga Ombak Laut Mikro Berbasis PVDF

Aditya Nugraha^{1✉}, Azhis Sholeh Buchori²

^{1,2} Pemeliharaan Mesin, Teknik Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Negeri Subang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 27-09-2022

Direvisi : 05-10-2022

Diterima : 09-10-2022

Kata Kunci:

PVDF, Pembangkit Listrik, Tenaga Ombak.

Keywords :

PVDF, Energy Harvesting, Microhydro

Corresponding Author :

Aditya Nugraha

Pemeliharaan Mesin, Teknik Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Negeri Subang

Blok Kalen Banteng, Kecamatan Cibogo Kabupaten, Subang

Email: aditya@polsub.ac.id

ABSTRAK

Energi Baru Terbarukan (EBT) sangat penting untuk terus dikembangkan dikala kebutuhan listrik terus meningkat. Oleh karena itu perlu terus dikembangkan berbagai metode yang dapat dilakukan untuk membangkitkan listrik. Salah satu metode yang bisa dilakukan untuk membangkitkan listrik adalah dengan menggunakan material *Polyvinylidene fluoride* (PVDF) yang memiliki sifat piezoelektrik. Dengan sifat piezoelektrik ini energi mekanik dapat dikonversi menjadi energi listrik. Energi mekanik yang dikonversi menjadi energi listrik dalam penelitian ini berasal dari ombak. Arus listrik yang dikeluarkan oleh PVDF disearahkan dengan penyearah arus. Nilai tegangan dan arus diukur dengan sensor arus dan tegangan yang diterjemahkan dengan Arduino. Hasil pengukuran tegangan dan arus disimpan dalam *micro SD*. Adapun hasil dari penelitian ini adalah PVDF dapat mengkonversi energi mekanik ombak ke energi listrik. Hal ini terlihat dari besar tegangan dan arus yang dihasilkan akan naik jika terjadi hempasan ombak. Daya rata-rata yang dihasilkan mencapai 2,29 mW.

ABSTRACT

Renewable energy is very important to continue to be developed when electricity demand continues to increase. Therefore, it is necessary to develop various methods that can be used to generate electricity. One of the methods that can be used to generate electricity is to use PVDF material which has piezoelectric properties. With this piezoelectric property, mechanical energy can be converted into electrical energy. Mechanical energy which is converted into electrical energy in this study comes from ocean waves. The electric current produced by the PVDF is rectified with a current rectifier. Voltage and current values are measured by current and voltage sensors which are then controlled by Arduino. The results of voltage and current measurements are stored in a micro SD. The result of this research is that PVDF can convert the mechanical energy of waves into electrical energy. This can be seen from the magnitude of the resulting voltage and current will rise if there is a crash of sea waves. The average power generated reaches 2.29 mW.

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Hampir seluruh aktivitas manusia saat ini membutuhkan energi listrik, apalagi di era

industri 4.0 dapat dikatakan seluruh perangkat pendukung untuk adanya internet membutuhkan energi listrik. Dengan demikian penggunaan listrik akan terus bertambah dan tentunya produksi energi listrik akan terus bertambah. Namun berdasarkan berita dari media masa *online* bisnis.com (Mudassir, 2021) pembangkit listrik dengan Energi Baru Terbarukan (EBT) baru mencapai porsi 12,77 persen. Sedangkan energi yang tidak terbarukan seperti batu bara, minyak bumi dan gas akan semakin menipis. (Murah & Soepomo, 2014)(Rahmatullah et al., 2022). Oleh karena itu penambahan persentase jumlah Pembangkit listrik dengan EBT harus terus digencarkan untuk ditambah jumlahnya.

Penggunaan EBT ini didominasi oleh penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Pembangkit listrik tenaga air yang ada di Indonesia sebagian besar menggunakan air yang mengalir deras dan kemudian disalurkan ke turbin dan generator. Hal ini tentunya sangat sulit diterapkan pada daerah dataran rendah. Padahal di daerah pantai yang cenderung dataran rendah terdapat sumber energi yang jarang terpikirkan, yaitu energi dari ombak. Padahal dengan luas laut di Indonesia yang lebih dari 3 juta m² bisa menjadi potensi untuk sumber energi yang berasal dari ombaknya. Ombak di laut memiliki kemampuan untuk menghasilkan gaya dorong ataupun tarik yang seharusnya dapat dikonversi menjadi energi listrik. (Prasetya Kurniawan et al., 2014)(Wintazon et al., 2019)

Salah satu metode untuk mengkonversi berbagai jenis gaya menjadi energi listrik adalah dengan menggunakan material *Polyvinylidene fluoride* (PVDF) yang memiliki sifat piezoelektrik. Material jenis ini dapat menghasilkan energi listrik jika material tersebut diberikan gaya dorong, tarik, puntir maupun hanya dari getaran. Ketahanannya pun cukup baik karena fleksibel, selain itu material ini tahan terhadap korosi karena merupakan material polimer. (Ting et al., 2016)(Sukumaran et al., 2021) Sehingga material piezoelektrik sangat berpotensi untuk menjadi salah satu pembangkit listrik dengan Energi Baru Terbarukan (EBT).

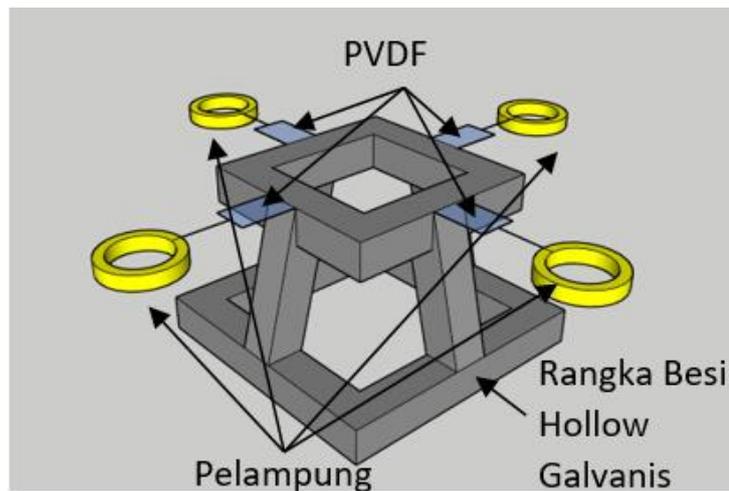
Kemampuan PVDF untuk menjadi pembangkit listrik telah diuji coba oleh Vatansever dkk (2011) yang menginvestigasi material *Lead zirconate titanate* (PZT) dan *Polyvinylidene fluoride* PVDF sebagai pembangkit listrik. Mereka menggunakan 2 jenis material PZT yaitu jenis satu layer dan *bimorph*, selain itu mereka juga menggunakan 2 jenis material PVDF dengan kapasitansi 1.38 nF dan 11 nF. Pengujian dilakukan dengan metode test dari dua fenomena alam yaitu tetesan air hujan dan angin. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa material PZT dapat menghasilkan energi listrik lebih besar dari pada PVDF. Namun material PVDF juga terbukti dapat menghasilkan listrik dari kedua fenomena alam tersebut.

Penelitian terkait penggunaan material *piezoelektrik* untuk membangkitkan listrik dengan energi ombak pun pernah dilakukan oleh Viet dkk (2017). Mereka membandingkan dengan pembangkit listrik jenis lainnya yang menggunakan tenaga ombak. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa pembangkit listrik menggunakan material PVDF tidak rumit serta biaya pembuatannya pun murah. Berdasarkan dengan adanya potensi yang baik tersebut maka dibuatlah penelitian "Investigasi Kemampuan Pembangkit Listrik Tenaga Ombak Laut Mikro Berbasis PVDF".

METODE PENELITIAN

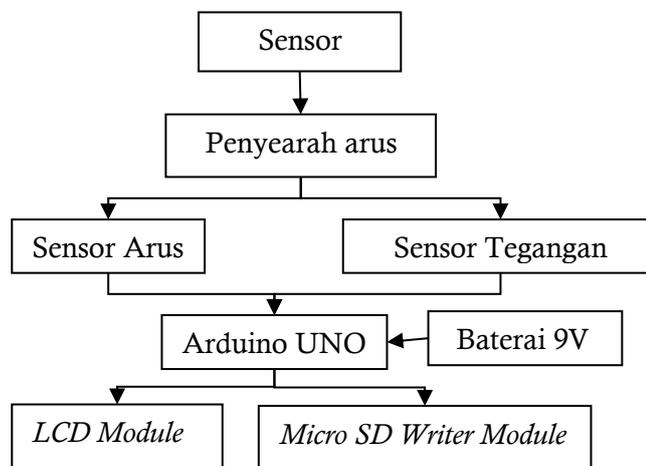
Desain alat

Gambar 1 merupakan desain yang akan dirancang berupa rangka besi *hollow galvanis* kemudian pada keempat sisinya direkatkan sensor PVDF. Perekatan PVDF ke rangka besi bertujuan agar material PVDF tidak terombang-ambing di lautan serta tidak terdorong dan tertarik oleh ombak. Pelampung pun diikatkan ke bagian paling luar PVDF. Dengan adanya pelampung tersebut diharapkan PVDF tetap dalam posisi tegak dan tetap mengikuti naik turunnya air.



Gambar 1. Desain rangka

Untuk mendukung pengambilan data, maka penelitian ini pun menggunakan sebuah sistem penyimpanan data yang berbasis Arduino. Sistem tersebut digambarkan diagramnya pada gambar 2. Tegangan yang dihasilkan oleh PVDF yang berarus bolak-balik (AC) dikonversi ke arus searah (DC) dengan menggunakan penyearah arus. Hasil konversi tersebut kemudian diukur arus dan tegangannya menggunakan sensor arus dan tegangan yang kemudian datanya diterjemahkan dulu oleh Arduino UNO sebelum disimpan ke *micro SD*.



Gambar 2. Skema rangkaian pembangkit

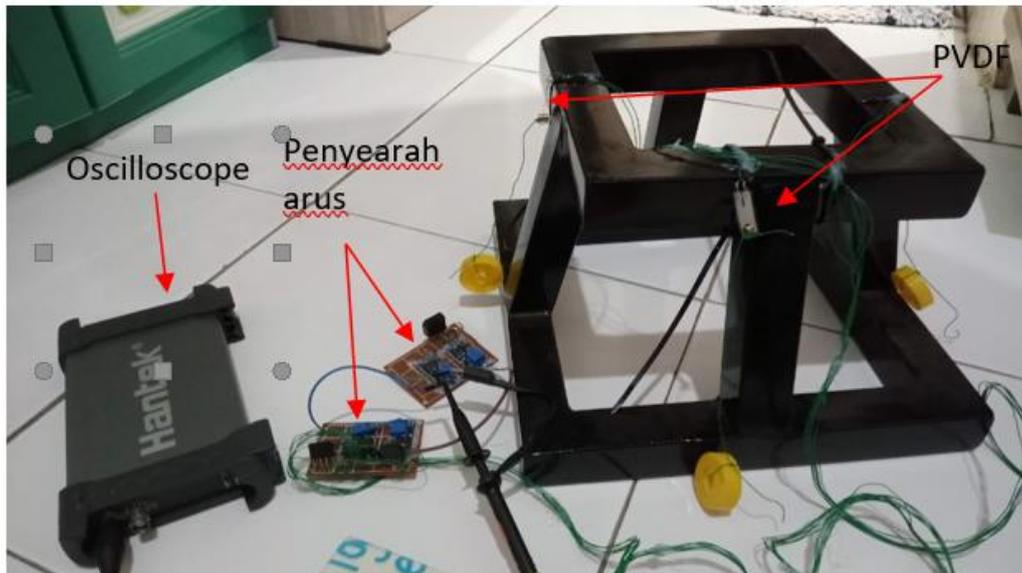
Penentuan Material dan Pembuatan Alat

Berdasarkan dari desain yang telah dibuat, maka bahan utama dalam penelitian ini adalah material PVDF. PVDF yang digunakan merupakan material PVDF yang diproduksi oleh MEAS yang berukuran 1,5x3 cm dan sudah memiliki sifat piezoelektrik. Alat pendukung lainnya juga dibutuhkan agar PVDF dapat bekerja sebagai pembangkit. Adapun alat pendukungnya yaitu, penyearah arus, sensor arus dan tegangan, Arduino UNO, *LCD module*, *Micro SD module*, baterai 9V, besi /, kawat las, cat, laptop dan *oscilloscope*.

Pembuatan alat dimulai dengan membuat rangka terlebih dahulu dengan besi hollow galvanis. Material besi dipotong kemudian dilas menggunakan las SMAW. Setelah rangka selesai dibuat maka dibuatlah rangkaian kelistrikan yang terdiri dari PVDF, penyearah arus, sensor arus dan tegangan, Arduino UNO, *LCD module*, dan *micro SD module*.

Pengecekan Alat

Setelah alat selesai, maka dilakukan pengecekan alat. Pengecekan ini bertujuan agar dapat mengetahui apakah alat yang dibuat telah berfungsi sesuai yang diharapkan. Pengecekan yang dilakukan adalah mengetes keberfungsian rangkaian dengan cara mengkalibrasi hasil keluaran yang nantinya tersimpan di *micro SD*. Proses kalibrasi ini dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dari perangkat sistem dengan *oscilloscope* dan juga multimeter. Apabila terjadi perbedaan antara alat ukur dengan data yang dihasilkan, maka program pada arduino disesuaikan hingga perbedaannya hanya terpaut 0,5%.



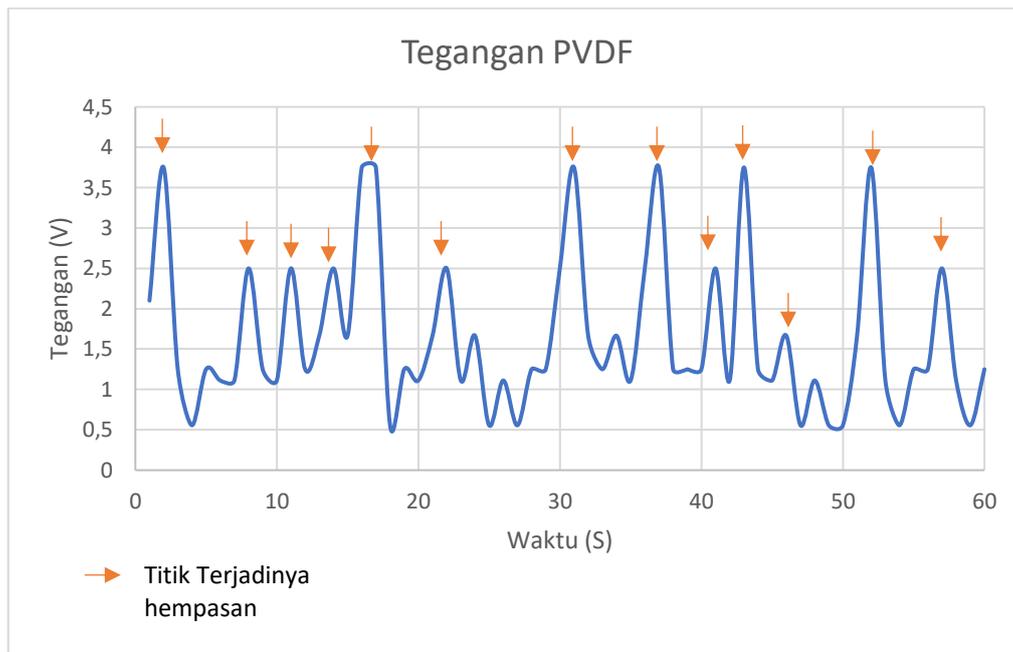
Gambar 3. Kalibrasi alat menggunakan *oscilloscope*

Pengujian dan Pengambilan Data

Pengujian alat ini dilakukan di pantai adem, Kecamatan Cinangka, Kabupaten Serang, Banten. Penelitian ini dilaksanakan pada 17 September 2022 pada pukul 09.00-16.00. Data yang diambil berupa tegangan dan arus yang dihasilkan dari PVDF berdasarkan dari ketinggian ombak saat diletakkan di pinggir pantai. Arus yang keluar dari PVDF kemudian disearahkan dengan penyearah arus listrik yang kemudian tegangan dan arusnya diukur melalui sensor arus dan tegangan. Data dari sensor arus dan tegangan kemudian dikonversi oleh Arduino untuk ditampilkan di LCD dan disimpan datanya di dalam *micro SD*. Kemudian tiap 2 jam diambil data grafik tegangan menggunakan *oscilloscope*.

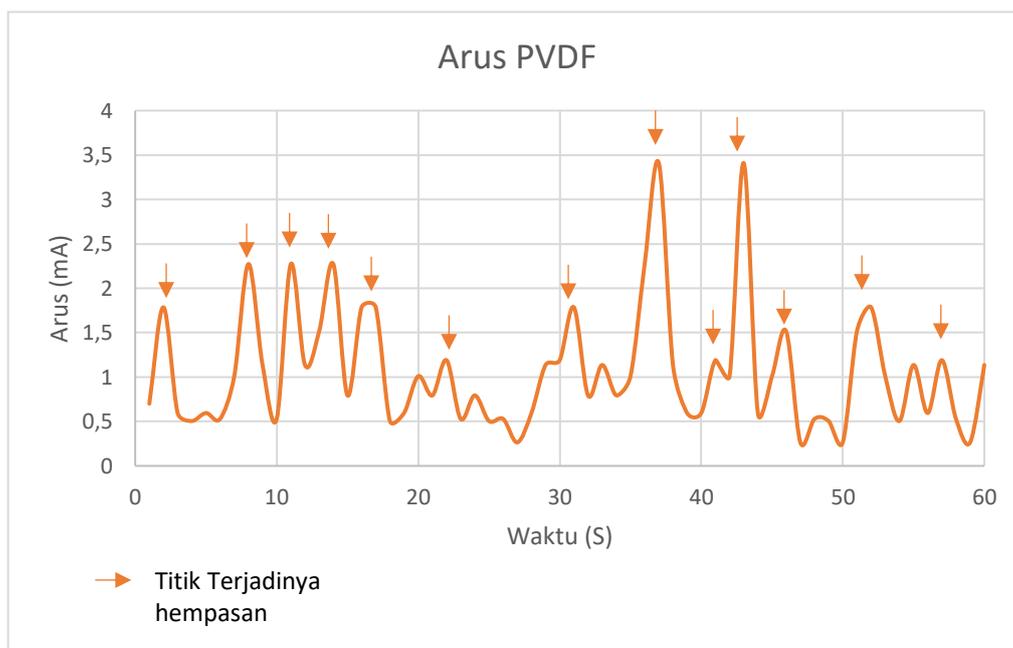
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 4, 5, dan 6 merupakan hasil pengukuran tegangan, arus dan daya yang dihasilkan dari satu lembar PVDF berdimensi 1,5x 3 cm yang diukur selama 60 detik. Pengukuran ini dilakukan pada pukul 08.30 dengan ketinggian ombak rata-rata 0,27 meter. Berdasarkan ketiga gambar grafik tersebut, dapat dilihat bahwa PVDF dapat menghasilkan daya listrik ketika terkena ombak di laut. Namun secara keseluruhan hasil keluaran dari PVDF tidak konstan, daya yang dihasilkan naik turun.



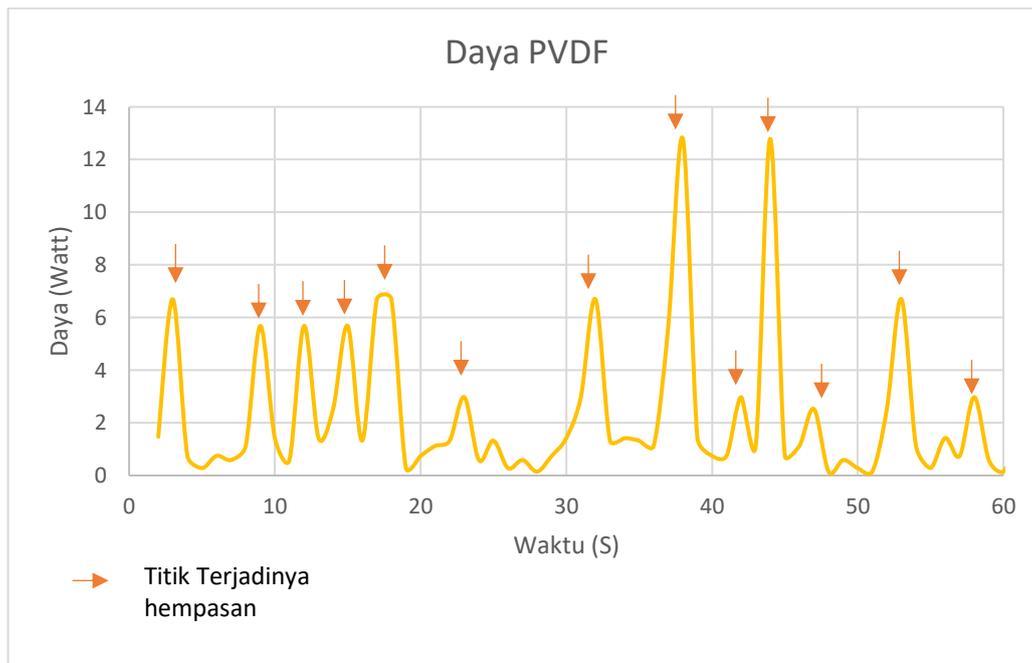
Gambar 4. Hasil pengukuran tegangan dari PVDF selama 60 detik

Berdasarkan dari gambar 4, tegangan rata-rata yang dihasilkan PVDF selama 60 detik adalah 1,65V. Adapun tegangan maksimal yang dihasilkan adalah 3,75V. Kenaikan tegangan keluaran dari PVDF Sebagian besar terjadi Ketika terjadi hempasan ombak. Begitu juga dengan kenaikan arus, arus akan naik secara signifikan Ketika terjadi hempasan ombak. Hal ini dapat terlihat dari gambar 5. Dari hasil pengujian arus PVDF selama 60 detik, arus terbesarnya adalah 3,4 mA. Sedangkan rata-rata arus yang dikeluarkan oleh PVDF selama 60 detik adalah 1,07 mA.



Gambar 5. Hasil pengukuran arus dari PVDF selama 60 detik

Dengan menggunakan rumus $P=V.I$, di mana P adalah daya, V adalah tegangan dan I adalah arus listrik maka dengan adanya data tegangan dan arus bisa dihitung besarnya daya yang dihasilkan dari PVDF. (Vatansever et al., 2011) Hasil perhitungan daya disajikan dalam gambar 7. Berdasarkan hasil perhitungan daya, rata-rata daya yang dihasilkan oleh PVDF adalah 2,29 mW. Adapun daya maksimal yang dihasilkan adalah 12,8 mW.



Gambar 7. Hasil pengukuran daya dari PVDF selama 60 detik

Pengukuran tegangan, arus dan daya tidak hanya melalui pengukuran selama 60 detik saja, tapi juga diukur juga tegangan rata-rata tiap 30 menit dari pukul 08.30 s.d 15.30. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, dapat terlihat bahwa secara tegangan rata-rata yang tertinggi yaitu 2,25V sedangkan arus rata-rata tertinggi yaitu 1,27 mA dan daya rata-rata tertinggi yaitu 2,86 mW. Secara keseluruhan rata-rata daya yang dikur dari pukul 08.30-15.30 adalah 2,26 mW.

Tabel 1. Pengukuran Tegangan, Arus, dan Daya tiap 30 Menit

Jam	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)
08.30	2,05	1,09	2,24
09.00	2,25	1,27	2,86
09.30	2,05	1,07	2,19
10.00	1,96	1,12	2,21
10.30	1,95	1,03	2,01
11.00	1,85	1,32	2,45
11.30	2,15	1,00	2,15
12.00	1,85	1,17	2,16
12.30	2,05	1,17	2,40
13.00	2,15	0,92	1,98
13.30	2,25	0,87	1,96
14.00	2,05	1,02	2,10
14.30	2,07	1,07	2,22
15.00	2,15	1,05	2,26
15.30	2,12	1,27	2,69
Rata-rata	2,06	1,10	2,26

Hasil pengujian menggunakan ombak menunjukkan bahwa hasil keluarannya cukup baik. Hal ini dibandingkan dengan beberapa penelitian yang menggunakan PVDF dari tetesan hujan dan angin yang hanya menghasilkan daya di bawah 2 mW. (Vatansever et al., 2011) (Wong & Dahari, 2017) Tentunya potensi ini sangat baik untuk dikembangkan lagi sehingga hasil keluaran dayanya bisa mendekati panel surya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini menguji PVDF untuk menjadi pembangkit listrik dari energi ombak. PVDF diikatkan pada rangka kemudian dihubungkan dengan penyearah arus, sensor, Arduino dan penyimpan data. Pengujian dilakukan di pantai sehingga PVDF akan mendapatkan hempasan ombak. Dari hempasan ombak tersebut PVDF dapat menghasilkan tegangan dan arus listrik yang kemudian dihitung dayanya. Keluaran tegangan, arus dan daya listrik dari PVDF akan naik secara signifikan jika terjadi hempasan ombak. Hasil daya keluaran rata-rata pun diukur selama 7 jam yang menghasilkan angka sebesar 2,26 mW. Angka ini tentunya lebih baik jika dibandingkan dengan pembangkit listrik PVDF dengan metode tetesan air hujan dan angin.

Saran

Alat ini dapat dikembangkan kembali dengan menggunakan lebih banyak PVDF, sehingga daya yang dihasilkan akan lebih besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi yang telah membiayai penelitian ini.

REFERENSI

- Mudassar, R. (2021). *Bauran Energi, Porsi Pembangkit EBT Tembus 12,77 Persen*. <https://ekonomi.bisnis.com/read/20211021/44/1456788/bauran-energi-porsi-pembangkit-ebt-tembus-1277-persen>
- Murah, D. A. N., & Soepomo, J. P. (2014). "SAW-GEN" Sebagai Sumber Energi Listrik Ramah Lingkungan Dan Murah. *Prosiding SNST Ke-5*, 13–17.
- Prasetya Kurniawan, L., Sarwito, S., & Ranu Kusuma, I. (2014). Studi Perancangan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Tipe Salter Duck. *Jurnal Teknik Pomits*, 3(1), 76–79.
- Rahmatullah, R., Muhammadiyah, U., Utara, S., Umurani, K., Muhammadiyah, U., Utara, S., Nasution, A. R., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2022). Alternatif Energi Baru Terbarukan (EBT) Dalam Peningkatan Kota Medan Menjadi Kota Terang. *Jurnal Pembangunan Perkotaan p-ISSN, 2338, 6754*.
- Sukumaran, S., Chatbouri, S., Rouxel, D., Tisserand, E., Thiebaud, F., & Ben Zineb, T. (2021). Recent advances in flexible PVDF based piezoelectric polymer devices for energy harvesting applications. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 32(7), 746–780. <https://doi.org/10.1177/1045389X20966058>
- Ting, Y., Suprpto, Nugraha, A., Chiu, C. W., & Gunawan, H. (2016). Design and characterization of one-layer PVDF thin film for a 3D force sensor. *Sensors and Actuators, A: Physical*, 250, 129–137. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2016.09.025>
- Vatansever, D., Hadimani, R. L., Shah, T., & Siores, E. (2011). An investigation of energy harvesting from renewable sources with PVDF and PZT. *Smart Materials and Structures*, 20(5). <https://doi.org/10.1088/0964-1726/20/5/055019>

- Viet, N. V, Wu, N., & Wang, Q. (2017). A review on energy harvesting from ocean waves by piezoelectric technology. *Journal of Modeling in Mechanics and Materials*, 1(2). <https://doi.org/10.1515/jmmm-2016-0161>
- Wintazon, Setyo Pramudiyanto, A., & Nur Hidayat, E. (2019). Pembangkit Listrik Tenaga Ombak Laut Atau Angin Laut dengan Pengendali Gravitasi Bumi. *Majalah Ilmiah Gema Maritim*, 21(1), 1–8. <https://doi.org/10.37612/gema-maritim.v21i1.1>
- Wong, C. H., & Dahari, Z. (2017). Development of Vibration-Based Piezoelectric Raindrop Energy Harvesting System. *Journal of Electronic Materials*, 46(3), 1869–1882. <https://doi.org/10.1007/s11664-016-5252-4>