

Pengembangan Sumber Daya Air untuk Energi Listrik

Sefira Husni Maulani¹, Atie Tri Juniati^{2*}, Joice Pebriyani Ndruru¹

¹ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

² Program Studi Magister Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

Abstrak. Energi merupakan konsep yang sangat abstrak, tidak dapat diamati, tidak memiliki massa, dan tidak bisa diukur langsung, tapi perubahannya dapat dirasakan. Ketersediaan energi listrik sudah merupakan keharusan bagi keberlanjutan pembangunan setiap negara. Pemanfaatan potensi energi air di Indonesia berdasarkan data Departemen ESDM Indonesia masih kurang lebih 6 % dari potensi yang ada. Makalah ini ditulis menggunakan metode kualitatif naratif dengan kajian teoritis, referensi serta studi literatur tentang PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) dan PSH (*Pumped Storage Hydroelectricity*). Dari kajian literatur disimpulkan bahwa PLTA dan PSH memiliki potensi besar untuk masyarakat Indonesia. PLTA dan PSH memiliki peran penting dalam penyediaan energi listrik yang berkelanjutan dan berdampak positif bagi perekonomian dan lingkungan di Indonesia. Meskipun masih dalam tahap pengembangan, upaya pengembangan PLTA dan PSH diharapkan dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi masyarakat Indonesia.

Kata kunci: Energi, pengembangan, sumber daya air, PLTA, PSH

1. PENDAHULUAN

Energi adalah suatu konsep yang sangat abstrak, tidak dapat diamati, tidak memiliki massa, dan tidak dapat diukur langsung, tapi perubahannya dapat dirasakan. Terdapat energi dalam berbagai bentuk seperti cahaya, listrik, kinetik, panas, kimia, potensial serta lain sebagainya. Energi menurut Eugene C Lister, adalah kemampuan untuk melakukan pekerjaan, hukum kekekalan tenaga menyatakan bahwa energi tidak bisa diciptakan maupun dimusnahkan, karena dapat mengganti energi dari satu bentuk ke bentuk lain [1]. Kebutuhan energi di Indonesia semakin meningkat sejalanannya perkembangan kebutuhan manusia, maka dilakukanlah berbagai macam pemanfaatan sumber energi, energi baru maupun energi terbarukan [2].

Energi listrik merupakan tenaga yang berasal dari muatan listrik yang menimbulkan medan listrik statis atau Bergeraknya elektron di konduktor (pengantar listrik) atau ion (positif atau negatif) pada zat cair atau gas. Energi listrik sangat dibutuhkan oleh masyarakat Indonesia untuk menghidupkan lampu penerangan, memanaskan, mendinginkan ataupun untuk menggerakkan kembali peralatan mekanik untuk menghasilkan bentuk energi yang lain. Ketersediaan energi listrik sudah merupakan keharusan bagi keberlanjutan pembangunan setiap negara [3]. Dikarenakan pemanfaatan potensi energi air di Indonesia berdasarkan data Departemen ESDM Indonesia masih kurang lebih 6 % dari potensi yang ada. Oleh karena itu, sudah selayaknya dikembangkan potensi sumber daya air untuk memenuhi kebutuhan energi listrik pada daerah terpencil [2].

Energi listrik dan energi air memiliki hubungan yang saling terkait. Salah satu hubungan yang terlihat adalah dalam Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan *Pumped Storage Hydroelectricity* (PSH), di mana air digunakan untuk menghasilkan energi listrik. PLTA mengandalkan energi potensial dan kinetik air untuk menghasilkan energi listrik [3]. Pembangkit listrik ini menggunakan tenaga air menjadi tenaga penggerak seperti, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) serta jumlah debit dan PSH yang dapat menyimpan tenaga menggunakan memompa air ke reservoir atas ketika tenaga berlebih, dan kemudian melepaskan air dari reservoir atas untuk menghasilkan listrik saat energi diperlukan [2]

* Corresponding author: atie.juniati@univpancasila.ac.id

Air merupakan substansi kimia dengan rumus kimia H_2O , satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa serta tidak berbau pada syarat standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan temperatur 273,15 K ($0^\circ C$). Molekul air dapat diuraikan menjadi unsur-unsur sumbernya menggunakan mengalirnya arus listrik [4]. Selain itu, peningkatan efisiensi energi juga dapat mengurangi konsumsi air, karena semakin banyak listrik yang dihasilkan, semakin tinggi penggunaan air yang beriklim tropis memiliki cadangan hutan yang berlimpah yang menyediakan mata air/sumber air yang membentuk danau, dan sungai yang mengalirkan air sepanjang tahun. Air yang mengalir tersebut merupakan sumber energi yang salah satu manfaatnya untuk memutar turbin air untuk menghasilkan tenaga listrik [3].

PLTA merupakan suatu pembangkit listrik dengan media kerja air. Secara umum, PLTA adalah mesin konversi energi yang terdiri dari dam (bendungan), reservoir, *penstock* (pipa pesat), turbin, *draft tube*, *power house* serta *electricity* terminal dalam suatu sistem PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air), turbin merupakan suatu peralatan utama selain generator, hal ini mengakibatkan generator yang seporos dengan turbin dapat berputar, maka dengan proses yang terjadi pada induksi elektromagnetik untuk menghasilkan energi listrik. Jenis PLTA bermacam-macam, mulai yang berbentuk “mikro-hidro” dengan kemampuan mensuplai untuk beberapa rumah saja sampai berbentuk raksasa seperti Bendungan Karangates yang menyediakan listrik untuk berjuta - juta orang-orang. Beberapa keunggulan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah terjaminnya ketersediaan listrik tanpa batasan waktu selama intensitas aliran air dapat dipertahankan sesuai kebutuhan turbin/pembangkit, tidak menimbulkan polusi sehingga aman bagi lingkungan dan juga pengaturan air dari fasilitas pembangkit dapat digunakan sebagai sumber pengairan bagi lahan pertanian [5].

Turbin air merupakan turbin dengan air sebagai fluida kerjanya. Sifat air mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah yang membuatnya memiliki energi potensial. Dalam proses aliran di dalam pipa energi potensial tersebut berangsur-angsur berubah menjadi energi kinetik. Di dalam turbin energi kinetik air dirubah menjadi energi mekanis, di mana air memutar pada turbin. Secara umum turbin air dapat digolongkan dalam dua golongan utama, berdasarkan prinsip perubahan momentum fluida yaitu:

1. Turbin impuls, semua energi potensial air pada turbin ini dirubah menjadi menjadi energi kinetik sebelum air masuk/menyentuh sudut – sudut *runner* oleh alat pengubah yang disebut *nozel*. Yang termasuk jenis turbin ini antara lain: Turbin *Pelton* dan Turbin *Cross-Flow*
2. Turbin reaksi, seluruh energi potensial dari air dirubah menjadi energi kinetik pada saat air melewati lengkungan sudut – sudut pengarah, dengan demikian putaran *runner* disebabkan oleh perubahan momentum oleh air. Yang termasuk jenis turbin reaksi diantaranya: Turbin Francis, Turbin Kaplan dan Turbin *Propeller*.

Parameter yang umum digunakan dalam pemilihan turbin yang akan digunakan dalam desain pembangkit listrik tenaga air adalah kecepatan spesifik (n_s). Kecepatan spesifik adalah kecepatan turbin dimana dapat menghasilkan daya 1 hp untuk setiap *head* (h) = 1 ft [3].

Pumped Storage Hydroelectricity (PSH) adalah salah satu teknologi penyimpanan energi yang paling umum dan terkenal di dunia. Bentuk penyimpanan PSH merupakan energi bersih yang ideal untuk jaringan listrik yang bergantung pada tenaga surya dan angin. Ini melibatkan pemindahan air antara dua reservoir pada ketinggian berbeda untuk menyimpan dan menghasilkan listrik. Selama periode permintaan listrik rendah, seperti pada malam hari atau akhir pekan, kelebihan energi digunakan untuk memompa air ke reservoir atas. Ketika kebutuhan air tinggi, air yang tersimpan dilepaskan melalui turbin untuk menghasilkan listrik, yang berfungsi serupa dengan pembangkit listrik tenaga air konvensional. PSH sangat berharga untuk jaringan yang bergantung pada tenaga surya dan angin, karena dapat menyerap kelebihan energi pada saat permintaan rendah dan melepaskannya ketika permintaan tinggi. Ini dianggap sebagai salah satu opsi skala utilitas yang paling hemat biaya untuk penyimpanan energi jaringan dan merupakan penyedia utama layanan tambahan, termasuk kontrol frekuensi jaringan dan pembangkitan cadangan. Amerika Serikat memiliki kapasitas *pumped storage* lebih dari 20 GW, dengan tambahan kapasitas yang diusulkan untuk mendukung peningkatan jumlah pembangkit listrik variabel yang mulai online. PSH juga dikenal karena potensinya untuk meningkatkan kapasitas global, dengan berbagai penelitian yang mengidentifikasi potensi besar untuk lokasi penyimpanan yang dipompa di seluruh dunia [6].

PSH memiliki beberapa keuntungan, seperti mampu mengatasi karakteristik intermiten dari sumber energi terbarukan, seperti listrik dan gas, dan membantu mengintegrasikan sumber energi terbarukan lain, seperti listrik dan gas, dengan sistem listrik. Selain itu, PSH memiliki kapasitas penyimpanan energi terbesar di antara semua opsi penyimpanan energi skala besar memiliki harga yang murah, dan merupakan teknologi penyimpanan energi yang paling besar di dunia, dengan kapasitas yang diperkirakan mencapai 94% dari kapasitas penyimpanan energi global [7].

Terdapat beberapa kebijakan yang mengatur Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan *Pumped Storage Hydroelectricity* (PSH) di Indonesia, yaitu:

- Peraturan Menteri Nomor 19 Tahun 2015 tentang Pembelian Tenaga Listrik dari Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Peraturan ini menyatakan kapasitas pembangkit listrik tenaga air di 10 MW[7].
- Kebijakan Energi Nasional: Kebijakan ini mengatur pengembangan dan penggunaan energi di Indonesia, termasuk energi listrik yang dihasilkan oleh PLTA dan PSH.
- Kebijakan Energi Hijau di Indonesia: Kebijakan ini menetapkan target penggunaan energi hijau di Indonesia, termasuk energi listrik yang dihasilkan oleh PLTA dan PSH.
- PLTA Asahan III Ditargetkan Beroperasi pada 2022: Kebijakan ini menetapkan target operasi pembangkit listrik tenaga air di Indonesia, termasuk PLTA Asahan III, yang beroperasi pada 2024.
- PLTS Terapung Cirata: Kebijakan ini menyatakan kapasitas pembangkit listrik tenaga air di Indonesia, termasuk PLTS Terapung Cirata, yang mencapai 1.008 MW.

Pemerintah Indonesia memiliki kebijakan yang mengatur pembangkit listrik tenaga air, termasuk PLTA dan PSH. Kebijakan-kebijakan ini yang akan menjadi dasar dalam upaya Indonesia mengembangkan sumber energi terbarukan dan menjaga keberlanjutan lingkungan.

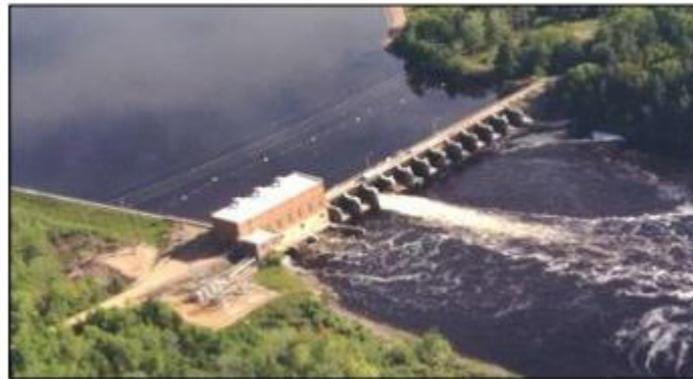
2. METODE

Dalam membuat tulisan ini, penulis mengumpulkan data dengan studi pustaka. Studi pustaka merupakan pengumpulan bahan-bahan seperti buku, majalah, jurnal, dan artikel yang berkaitan dengan tema penulisan. Data yang didapatkan akan diolah lalu kemudian dianalisis. Perolehan data bersifat teoritis yang didapatkan dari jurnal hingga artikel berita yang terdapat di internet. Makalah ini menggunakan buku dan literatur sebagai objek ini merupakan penulisan kualitatif yang bersifat studi pustaka atau *library research*. Hasil dari penulisan makalah ini merupakan penulisan yang menghasilkan informasi deskriptif [8].

3. HASIL

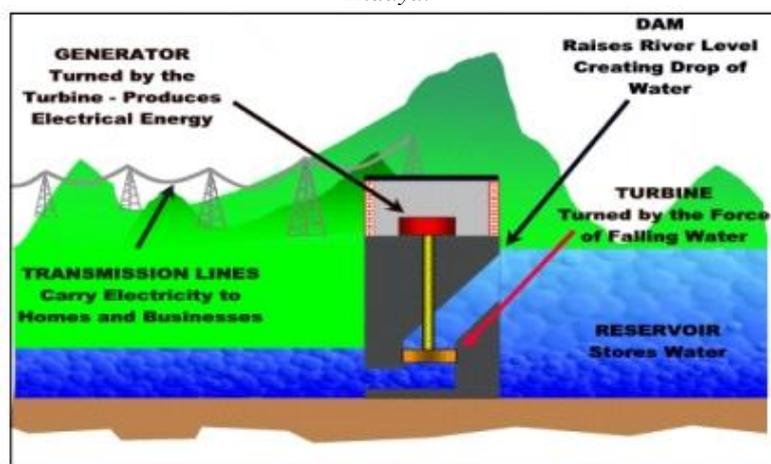
Prinsip kerja PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air)

Kapasitas daya yang dihasilkan PLTA diseluruh dunia ada sekitar 675.000 MW atau setara dengan 3,6 milyar barrel minyak atau sama dengan 24 % kebutuhan listrik dunia yang digunakan oleh lebih 1 milyar orang. Sistem kerjanya adalah dengan memanfaatkan arus sirkulasi air berasal sungai yang kemudian di tampung pada sebuah dam (bendungan), kemudian dialirkan pada suatu rangkaian pipa agar tenaga potensial air bisa diubah menjadi energi kinetik, sebagai akibatnya di akhirnya diubah balik sebagai energi mekanis untuk menggerakkan atau memutarakan turbin. PLTA merubah energi yang disebabkan gaya jatuh air untuk menghasilkan energi listrik. Turbin mengkonversi tenaga gerak jatuh air ke dalam daya mekanik. Kemudian generator mengkonversikan daya mekanik tersebut dari turbin ke dalam tenaga elektrik. Gambar dibawah ini menunjukkan PLTA di Sungai Wisconsin, merupakan jenis PLTA menengah yang mampu mensuplai listrik untuk 8.000 orang [5].



Gambar 1. Aliran pada PLTA

Sumber: W. Hidayat, "Prinsip Kerja dan Komponen - Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Wahyu Hidayat"



Gambar 2. Instalasi PLTA

Sumber: W. Hidayat, "Prinsip Kerja dan Komponen - Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Wahyu Hidayat"

Prinsip Kerja Pumped Storage Hydroelectricity (PSH)

Prinsip kerja PSH adalah dengan memompa air dari waduk rendah ke waduk tinggi saat permintaan listrik rendah, dan kemudian melepaskan air dari waduk tinggi ke waduk rendah saat permintaan listrik tinggi. Saat air mengalir dari waduk tinggi ke waduk rendah, turbin akan berputar dan menghasilkan listrik. Saat air dipompa dari waduk rendah ke waduk tinggi, listrik akan digunakan untuk menggerakkan pompa. PSH dapat membantu mengatasi fluktuasi permintaan listrik dan meningkatkan efisiensi sistem kelistrikan.



Gambar 3. Prinsip kerja PSH

Sumber: W. Hidayat, "Prinsip Kerja dan Komponen - Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Wahyu Hidayat"

PLTA Dan PSH Berkelanjutan Untuk Masyarakat Indonesia

Indonesia memiliki potensi besar dalam pengembangan energi terbarukan, termasuk energi listrik yang dihasilkan oleh PLTA dan PSH. Pemerintah Indonesia telah menetapkan kebijakan untuk meningkatkan penggunaan energi terbarukan, termasuk PLTA dan PSH, dalam upaya menjaga keberlanjutan lingkungan dan mengurangi ketergantungan pada energi fosil. Pembangkit listrik tenaga air, termasuk PLTA dan PSH, dapat membantu mengatasi fluktuasi permintaan listrik dan meningkatkan efisiensi sistem kelistrikan. Selain itu, pengembangan energi terbarukan juga dapat membuka peluang baru dalam industri energi terbarukan, menciptakan lapangan kerja, dan mendukung pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan.

PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) dan PSH (*Pumped Storage Hydroelectricity*) memiliki potensi besar untuk masyarakat Indonesia. PLTA Upper Cisokan *Pumped Storage* merupakan fasilitas PSH pertama dan satu-satunya di Indonesia, dengan kapasitas yang diharapkan dapat menyediakan lebih dari 1.000 MW listrik pada waktu beban puncak di jaringan Jawa-Bali. Selain itu, sebuah studi telah dilakukan untuk memetakan potensi PSH di Indonesia dan teknologinya. Hasilnya menunjukkan bahwa lokasi dengan nilai *Head* (ketinggian) lebih dari 200 m tersebar luas di Papua, Sulawesi Tengah, dan Nangroe Aceh Darussalam. Hal ini menunjukkan bahwa Indonesia memiliki potensi besar untuk mengembangkan PSH sebagai bagian dari upaya meningkatkan kapasitas energi terbarukan dan menjaga kestabilan sistem kelistrikan yang besar.

Di Indonesia, PSH belum banyak digunakan sebagai sumber energi listrik. Namun, pemerintah Indonesia telah menetapkan target untuk meningkatkan penggunaan energi terbarukan, termasuk PSH, dalam upaya menjaga keberlanjutan lingkungan [9]. *Pumped storage hydroelectricity* (PSH) dapat digunakan untuk menstabilkan sistem kelistrikan sehingga dapat dimanfaatkan energi terbarukan dalam skala besar. PSH menawarkan biaya yang ekonomis. Ketika permintaan listrik rendah, kelebihan kapasitas pembangkit digunakan untuk memompa air ke reservoir yang lebih tinggi. Ketika ada permintaan yang lebih tinggi, air dilepaskan kembali ke reservoir yang lebih rendah melalui turbin untuk menghasilkan listrik di elektrik generator. PSH tidak hanya merupakan sumber energi terbarukan dan berkelanjutan tetapi juga memiliki fleksibilitas dan kapasitas penyimpanan yang memungkinkan peningkatan stabilitas jaringan dan mendukung pengembangan sumber energi terbarukan yang terputus-putus [10]. PSH dapat membantu mengatasi karakteristik intermiten dari sumber energi terbarukan, seperti tenaga surya dan angin, serta menyumbang pada penyimpanan energi skala besar. Fasilitas PSH bertindak sebagai "baterai air" yang fleksibel untuk menyimpan kelebihan energi yang dihasilkan oleh energi terbarukan, yang dapat membantu menjaga keandalan pasokan listrik. Dengan pertumbuhan penggunaan energi yang terus meningkat, PSH dapat menjadi solusi yang efisien dan ramah lingkungan untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat Indonesia [10].

Dengan demikian, pengembangan PLTA dan PSH di Indonesia memiliki potensi besar untuk memberikan pasokan listrik yang stabil, terjangkau, dan ramah lingkungan, serta dapat membantu negara ini dalam memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat.

4. KESIMPULAN

Kapasitas daya yang dihasilkan PLTA diseluruh dunia ada sekitar 675.000 MW atau setara dengan 3,6 milyar barrel minyak atau sama dengan 24 % kebutuhan listrik dunia yang digunakan oleh lebih 1 milyar orang. PLTA merubah energi yang disebabkan gaya jatuh air untuk menghasilkan energi listrik. *Pumped Storage Hydroelectricity* (PSH) adalah teknologi penyimpanan energi yang menggunakan air untuk menyimpan dan melepaskan energi listrik. PLTA dan PSH memiliki peran penting dalam penyediaan energi listrik yang berkelanjutan dan berdampak positif bagi perekonomian dan lingkungan di Indonesia. Meskipun masih dalam tahap pengembangan, upaya pengembangan PLTA dan PSH diharapkan dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi masyarakat Indonesia. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) memiliki keunggulan yaitu terjaminnya ketersediaan listrik tanpa batasan waktu selama intensitas aliran air dapat dipertahankan sesuai kebutuhan turbin/pembangkit, tidak menimbulkan polusi sehingga aman bagi lingkungan dan juga pengaturan air dari fasilitas pembangkit dapat digunakan sebagai sumber pengairan bagi lahan pertanian. Namun, pemerintah Indonesia telah menetapkan target untuk meningkatkan penggunaan energi terbarukan, termasuk PSH, dalam upaya menjaga keberlanjutan lingkungan. PSH menawarkan biaya yang ekonomis. Hal ini menunjukkan bahwa Indonesia memiliki potensi besar untuk mengembangkan PSH sebagai bagian dari upaya meningkatkan kapasitas energi terbarukan dan menjaga kestabilan sistem kelistrikan yang besar. PSH dapat membantu mengatasi karakteristik intermiten dari sumber energi

terbarukan, seperti tenaga surya dan angin, serta menyumbang pada penyimpanan energi skala besar. Fasilitas PSH bertindak sebagai "baterai air" yang fleksibel untuk menyimpan kelebihan energi yang dihasilkan oleh energi terbarukan, yang dapat membantu menjaga keandalan pasokan listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Ardiansyah *et al.*, "Pemanfaatan Daya Listrik Bagi Pelanggan Tegangan Menengah," *Sains Teknol.*, vol. XII, no. 1, pp. 19–27, 2022.
- [2] W. C. Rompies, "Analisis Potensi Sumber Daya Air Sungai Kayuwatu Wangko untuk Perencanaan PLT di Desa Karur Kecamatan Lembean Timur Kabupaten Minahasa," vol. 1, no. 10, pp. 664–670, 2013.
- [3] A. Muis, "Turbin Air Pada PLTA Larona," *J. Ilm. Mat. dan Terap.*, vol. 7, pp. 61–69, 2010.
- [4] O. P. Prastuti, "Pengaruh Komposisi Air Laut dan Pasir Laut Sebagai Sumber Energi Listrik," *J. Tek. Kim. dan Lingkungan.*, vol. 1, no. 1, pp. 35–41, 2017, doi: 10.33795/jtkl.v1i1.13.
- [5] W. Hidayat, "Prinsip Kerja dan Komponen - Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Wahyu Hidayat".
- [6] J. Menéndez, J. M. Fernández-Oro, M. Galdo, and J. Loredó, "Efficiency analysis of underground pumped storage hydropower plants," *J. Energy Storage*, vol. 28, no. January, p. 101234, 2020, doi: 10.1016/j.est.2020.101234.
- [7] L. N. Rahayu and J. Windarta, "Tinjauan Potensi dan Kebijakan Pengembangan PLTA dan PLTMH di Indonesia," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 3, no. 2, pp. 88–98, 2022, doi: 10.14710/jebt.2022.13327.
- [8] S. A. Arsita, G. E. Saputro, and Susanto, "PERKEMBANGAN KEBIJAKAN ENERGI NASIONAL DAN ENERGI BARU TERBARUKAN INDONESIA Savira Ayu Arsita , Guntur Eko Saputro , Susanto Kebijakan terkait energi di Indonesia kian mengalami dinamika namun secara garis besar mulai mengarah ke transisi energi terbaruka," *J. Syntax Transform.*, vol. 2, no. 12, pp. 1779–1788, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.syntaxtransformation.co.id/index.php/jst/article/view/473>
- [9] D. Aribowo, R. Pratama, and Desmira, "PENERAPAN SENSOR pH PADA AREA ELEKTROLIZER DI PT. SULFINDO ADIUSAHA," *J. PROSISKO*, vol. 5, no. 1, pp. 1–4, 2018.
- [10] Mujammil Asdhiyoga Rahmanta and Agus Salim Samsudin, "Jurnal Offshore: Oil, Production Facilities and Renewable Energy," vol. 6, no. 1, pp. 1–13, 2022.