

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK *TURBINE MINI HYDRO* SEBAGAI SUMBER ENERGI RAMAH LINGKUNGAN

Khakam Ma'ruf¹, Surono², Darmono³, Yanuar Agung Fadlullah⁴, Bagus Putra Setiyawan⁵
Universitas Negeri Yogyakarta dan hakamaruf70@gmail.com

ABSTRAK

Sebagai negara kepulauan terbesar Indonesia memiliki luas wilayah 7,81 juta km², luasnya wilayah tersebut berpengaruh terhadap populasi penduduk yang tinggi serta berdampak pada penggunaan kebutuhan energi, salah satunya yaitu sumber energi listrik. Kondisi saat ini penggunaan pembangkit tenaga listrik masih menggunakan energi fosil sebagai sumber energi, yakni batu bara sebesar 63,92% dan gas sebesar 18,08%. Hal ini berdampak pada naiknya kebutuhan energi Indonesia, bahkan saat ini kebutuhan energi masih mencapai 44% dari keseluruhan konsumsi energi di Asia Tenggara.. Apabila hal tersebut dibiarkan dikhawatirkan Indonesia akan mengalami krisis energi, sebab energi fosil tidak dapat diperbarui dan akan habis. Kebutuhan energi berkelanjutan merupakan point ke 7 dari tujuan *Sustainable Development Goals* (SDGs) sehingga diperlukan upaya agar dapat tercapai ketahanan energi khususnya energi listrik. Dalam upaya mewujudkan SDGs optimalisasi pemanfaatan energi terbarukan perlu ditingkatkan sebagai solusi pengganti pembangkit listrik berbahan bakar fosil menjadi energi lebih ramah lingkungan serta mengurangi pemanasan global. Salah satu sumber energi terbarukan yang melimpah serta sangat berpotensi untuk dikembangkan, yakni sumber daya air. Akan tetapi, kondisi saat ini pembangkit listrik tenaga air yang digunakan mengalami beberapa kekurangan di antaranya ukuran yang besar, tidak praktis, dan sulit dalam perawatan. Berdasarkan permasalahan tersebut, peneliti menawarkan sebuah inovasi pada pembangkit listrik berupa turbin air yang lebih portabel, mudah digunakan serta, efektivitas daya yang lebih besar. Menggabungkan potensi sumber energi air dan inovasi *Turbine Mini Hydro* diharapkan dapat menjadi solusi pengganti sumber energi listrik berbahan bakar fosil sehingga dapat memenuhi kebutuhan energi listrik guna *Sustainable Development Goals* (SDGs) 2030 dalam ketahanan energi.

Kata Kunci: Air, Energi, Turbine Mini Hydro

ABSTRACT

As the largest archipelago country, Indonesia has an area of 7.81 million km², the size of the area affects the high population and has an impact on the use of energy needs, one of which is the source of electrical energy. The current condition of the use of power plants still uses fossil energy as an energy source, namely coal by 63.92% and gas by 18.08%. This has an impact on increasing Indonesia's energy needs, even now the energy needs reach 44% of the total energy needs in the Southeast Asia region. If this is allowed, it is feared that Indonesia will experience an energy crisis, because fossil energy is non-renewable and will run out. Sustainable energy needs are point 7 of the Sustainable Development Goals (SDGs) so that efforts are needed to achieve energy security, especially electrical energy. In an effort to realize the SDGs, optimizing the use of renewable energy needs to be improved as a solution to replace fossil fuel power plants to become more environmentally friendly energy and reduce global warming. One source of renewable energy that is abundant and has the potential to be developed is water resources. However, the current condition of the hydroelectric power plant used experiences several shortcomings including large size, impracticality, and difficulty in maintenance. Based on these problems, researchers offer an innovation in power plants in the form of water turbines that are more portable, easy to use and, greater power effectiveness. Combining the potential of water energy sources and Mini Hydro Turbine innovation is expected to be a solution to replace fossil fuel-based electrical energy sources so that it can meet the need for electrical energy for the 2030 Sustainable Development Goals (SDGs) in energy security.

Keywords: Water, Energy, Mini Hydro Turbine

PENDAHULUAN

Sebagai negara kepulauan dengan letak geografis yang strategis Indonesia memiliki luas 7,81 juta km². Luasnya wilayah tersebut juga berpengaruh terhadap populasi penduduk yang tinggi dan berdampak kepada penggunaan kebutuhan energi salah satunya, yaitu sumber energi listrik.

Meningkatnya kebutuhan energi listrik merupakan hal yang tidak bisa dihindari. Dampak krisis energi akan berpengaruh besar di masa mendatang. Indonesia menjadi negara yang mengonsumsi daya listrik dengan jumlah terbesar dengan konsumsi listrik naik 16,6% secara tahunan pada Mei 2021 (Dany Saputra, 2021).

Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*SDG*) ketujuh membahas kebutuhan akan energi yang berkelanjutan, yang semakin meningkat namun tidak selalu berbanding lurus dengan pasokan sumber energi yang tersedia. Untuk menghasilkan listrik, Indonesia masih mengandalkan bahan bakar fosil yang tidak terbarukan, khususnya batu bara (63,92%) dan gas (18,08%). Selain itu, hal ini meningkatkan kebutuhan energi Indonesia menjadi 44% dari keseluruhan kebutuhan energi di Asia Tenggara (Biantoro, 2017). Fasilitas pembangkit listrik berbahan bakar fosil akan menghasilkan limbah gas CO₂ yang dapat mengakibatkan pemanasan dunia.

Menurut Fabby Tumiwa, Direktur Eksekutif Institute for Essential Services Reform (2020), Indonesia mempunyai potensi energi terbarukan dengan 442,4 GW, tetapi hanya 11,31% yang digunakan untuk pembangkit listrik (Dimas, A., 2021). Hal ini menunjukkan bahwa untuk mengatasi ketahanan energi di masa depan, harus ada upaya untuk memperluas dan mengembangkan penggunaan energi baru terbarukan.

Sumber energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber tenaga listrik yang murah dan ramah lingkungan adalah sumber daya air. Sejalan dengan pendapat (Asri & Niwes, 2016) mengatakan Indonesia berpotensi untuk memanfaatkan sumber daya air yang melimpah sebagai sumber energi listrik. Menurut data Kementerian ESDM pada tahun 2020, potensi energi terbarukan untuk tenaga air 75 GW berasal dari sungai yang mengalir secara terus-menerus karena air akan mengalami siklus hidrologi sehingga menghasilkan tenaga non-stop.

Sistem operasi PLTA yaitu dengan menggunakan energi potensial air, yang kemudian diubah menjadi energi listrik oleh turbin penggerak dan disimpan dalam dinamo atau generator dengan memanfaatkan aliran dan kecepatan air (Heliani et al., 2021). Namun, masih ada beberapa masalah dengan sistem yang berfungsi, termasuk: 1) Membutuhkan dana yang cukup besar untuk pengembangan PLTA di Indonesia. 2) Ekosistem sungai dapat dirusak oleh pembangunan bendungan air yang ekstensif untuk PLTA. 3) Sebidang tanah dengan ruang yang cukup untuk pembangkit listrik besar. Oleh karena itu, isu-isu ini menunjukkan bahwa pembangkit listrik yang ada tidak dapat digunakan secara efektif dan efisien.

Kemudian didasarkan permasalahan di atas, peneliti menawarkan suatu inovasi untuk mengatasi permasalahan PLTA melalui Rancang Bangun Pembangkit Listrik *Turbine Mini Hydro* (Heliani & K Fadhillah, 2022). Inovasi ini berupa turbin air yang lebih mudah ditempatkan di manapun, mudah dalam penggunaannya, serta efektivitas daya yang lebih besar. Menggabungkan potensi sumber energi air dan inovasi *Turbine Mini Hydro* diharapkan dapat menjadi solusi pengganti sumber energi listrik berbahan bakar fosil sehingga dapat memenuhi kebutuhan energi listrik guna terwujudnya *SDGs* dalam ketahanan energi. Inovasi *Turbine Mini Hydro* diharapkan mampu menjawab tantangan krisis energi listrik di Indonesia.

LANDASAN TEORI

Energi Terbarukan

Menurut (Cooperation, 2010), energi terbarukan adalah energi prospektif yang dapat diproduksi secara berkelanjutan dalam jangka waktu yang lama, seperti tenaga surya, hidro/air,

angin, atau biomassa. Indonesia memiliki potensi energi terbarukan hingga 417,8 gigawatt (GW) pada tahun 2021, berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). Potensi tersebut terdiri dari 17,9 GigaWatt arus laut, 23,9 GigaWatt energi panas bumi, 32,6 GigaWatt bioenergi, 60,6 GigaWatt energi angin, 75 GigaWatt air, dan 207,8 GigaWatt energi surya. Besarnya potensi ini membuat energi terbarukan menjadi jawaban yang layak untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat di masa depan untuk mendukung kehidupan manusia (Priyono Soetikno, 2018).

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air memutar turbin dengan menggunakan energi potensial dan kinetik air. Dengan atau tanpa bendungan, pada dasarnya ada dua jenis PLTA (Kementerian ESDM, 2021). Meskipun murah dan mudah untuk mendapatkan energi air, potensinya belum sepenuhnya direalisasikan. Meskipun total potensi PLTA di Indonesia mencapai 75.000 MW, saat ini hanya kurang dari 7% yang dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik (Ullmer, 2019). Di Indonesia, terutama di daerah pedesaan, belum semua potensi energi air digunakan sebagai energi alternatif pengganti pasokan energi listrik. Di daerah pedalaman, masih ada beberapa pemukiman yang belum teraliri listrik (Juwito et al., 2012).

Menurut informasi yang dikumpulkan, Indonesia merupakan rumah bagi 65.017 anak sungai dan 5.590 sungai utama. Sebanyak 1.512.466 kilometer persegi tercakup dalam daerah aliran sungai (DAS) sungai-sungai utama tersebut (Hari, 2017). Melimpahnya aliran sungai menunjukkan bahwa potensi energi secara signifikan lebih besar daripada energi angin, sehingga menghasilkan dimensi yang jauh lebih kecil untuk turbin arus dengan kapasitas yang setara dan biaya operasional yang lebih rendah, sehingga ideal untuk lokasi yang jauh (Doda & Mohammad, 2018).

Turbine Mini Hydro

Turbine Mini Hidro adalah varian turbin Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) berbilah heliks. Head dan debit air yang rendah tidak menjadi masalah bagi turbin hidro koil (Luthfie, 2017). Konsep operasi turbin koil hidro memanfaatkan laju debit air untuk menggerakkan sudu dan menghasilkan energi mekanik, yang menggerakkan turbin dan selanjutnya disimpan dalam generator listrik. Pembangkit listrik tenaga Mini Hidro Turbin berpotensi menjadi sumber energi yang handal dan terjangkau. Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, efisiensi turbin dapat mencapai 92,93% dan dapat menghasilkan energi sebesar 193,45 Watt pada kondisi head konstan 4,2 meter dan debit sebesar 0,0035 m³/s (Luthfie, 2017).

Generator

Menurut (Perawati, 2017), generator merupakan alat listrik yang dapat mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik dengan medan magnet yang ada dalam generator. Gaya gerak listrik diinduksikan pada kumparan ketika jumlah garis gaya yang melalui kumparan divariasikan, sesuai dengan hukum induksi Faraday, yang menjadi dasar operasi generator. Laju perubahan jumlah garis gaya yang melewati kumparan, yang menciptakan Gaya Gerak Listrik (GGL), persis sebanding dengan jumlah gaya gerak listrik yang tercipta.

Pengatur Listrik (*Controller*)

Pengontrol adalah perangkat yang mengontrol bagaimana energi listrik diisi dan dilepaskan untuk mencegah pengisian yang berlebihan (*overcharging*) dan penggunaan yang berlebihan (*over discharging*) (Alifyanti, 2018). Kontroler juga digunakan untuk memodifikasi daya yang dikirim ke beban tegangan AC menggunakan tegangan DC yang dihasilkan generator.

Mikrokontroler ESP 32

ESP 32 adalah mikrokontroler generasi penerus dari mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ESP 32 telah dilengkapi dengan modul yang dapat tersambung dengan WiFi dalam chip sehingga memungkinkan dalam penggunaan pada suatu sistem aplikasi *Internet of Things (IoT)* (Muliadi et al., 2020).

Sensor Water level

Menggunakan output analog dan mikroprosesor, sensor ketinggian air adalah komponen listrik yang mengukur ketinggian air. Sensor ketinggian air beroperasi berdasarkan pendeteksian hambatan yang dibuat ketika air menyentuh garis lempengan sensor (Adjie, 2019). Dengan pemrograman pada mikrokontroler, Penelitian Turbin Mini Hidro menggunakan sensor ketinggian air untuk melacak ketinggian air sekaligus mengatur ketinggian sudu turbin sesuai dengan ketinggian aliran air.

METODE PENELITIAN

Sumber Literatur dan Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur, yaitu penelitian yang didasarkan pada pengumpulan data dari sumber-sumber seperti artikel, karya ilmiah, atau sumber-sumber lain yang relevan dengan topik penelitian atau pengumpulan data dari sumber-sumber yang merupakan literatur untuk membahas suatu masalah. Sumber informasi yang digunakan untuk membuat penulisan studi ini adalah:

a. Sumber Utama

Sumber Utama adalah kumpulan informasi yang berasal langsung dari tangan pertama atau sumber informasi otentik. Jurnal, makalah, buku, dan sumber-sumber lain yang berkaitan dengan masalah studi penulisan, semuanya dapat digunakan sebagai media cetak dan elektronik yang dapat diterima di perpustakaan.

b. Sumber Dukungan

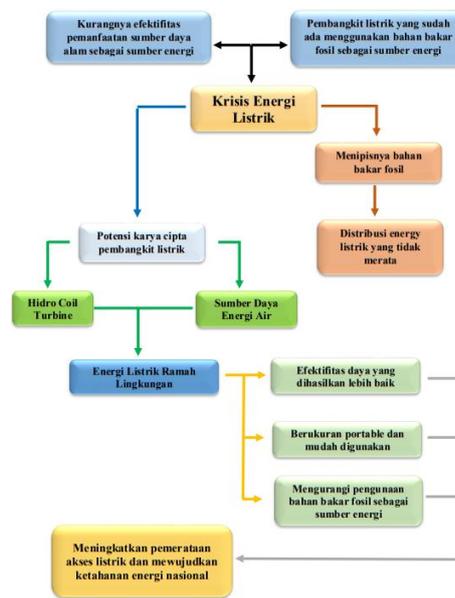
Sumber pendukung adalah sumber informasi atau teori yang berasal dari sumber selain sumber utama. Penelitian ini menggunakan jenis data sekunder kuantitatif dan kualitatif dalam penulisannya.

Teknik Analisis dan Pengolahan Data

Proses pengolahan data dilakukan dengan menyusun data yang diperlukan secara logis dan sistematis setelah data-data penting terkumpul. Dengan sumber data yang diperoleh melalui studi literatur, data yang terkumpul ditelaah secara kualitatif, eksploratif, dan deskriptif. Tiga langkah analisis data adalah pengumpulan, reduksi, penggabungan, dan kesimpulan.

- a. *Penyeleksian Data (Data Reduction)*
 Penyeleksian data adalah proses pemilihan, pengabstrakan, dan perubahan informasi yang diperoleh dari data penelitian sebelumnya yang dikumpulkan dalam bentuk catatan lapangan.
- b. *Pemaparan Data (Data Display)*
 Pada proses ini, penulis menyampaikan data dalam penjelasan materi berdasarkan topik kajian yang diteliti sesuai dengan rumusan masalah..
- c. *Penarikan Kesimpulan/Verifikasi (Conclusion/Verification)*
 Secara bertahap, kesimpulan ditarik dengan menelaah informasi yang tersedia. Peneliti juga meminta bantuan dari pihak-pihak yang terkait dengan penelitian ini sebagai validasi data untuk memperkuat argumen yang dibuat.

Kerangka Berpikir dan Pengambilan Kesimpulan

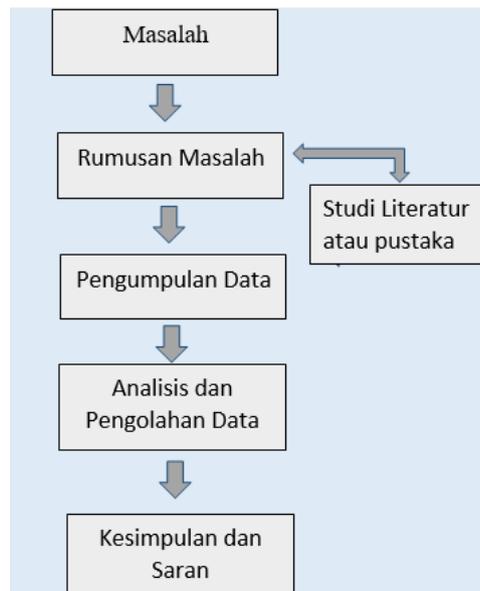


Gambar 1. Kerangka Berfikir Inovasi Turbin *Micro Hydro*
 (Sumber: analisis pribadi)

Metode induksi digunakan oleh para peneliti ketika mereka mengembangkan kesimpulan dan rekomendasi. Penarikan kesimpulan dan pembuatan rekomendasi dilakukan secara metodis sehingga hasil penelitian yang menyeluruh dan terorganisir dapat dihasilkan untuk menyempurnakan konsep. Selanjutnya langkah-langkah yang dilakukan dalam penarikan simpulan dan saran ini yaitu:

- a. Mencari serta menformulasikan solusi permasalahan;
- b. Mengumpulkan dan memilah informasi yang relevan;
- c. Melakukan analisa data-data untuk menangani kendala;
- d. Menformulasikan solusi untuk menangani kendala;
- e. Penyusunan karya tulis ilmiah;
- f. Menyimpulkan serta pemberian masukan guna pengembangan lebih lanjut.

Selanjutnya alur kepenulisan karya tulis ilmiah yang dipakai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

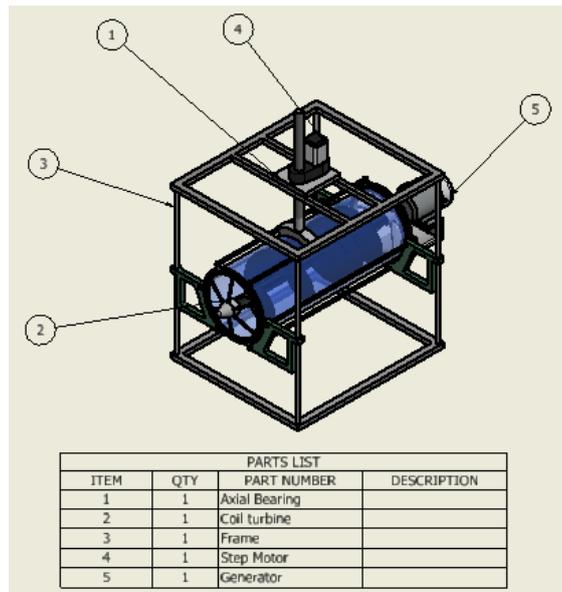


Gambar 2. Skema Penulisan Karya Tulis Ilmiah
(Sumber: analisis pribadi)

HASIL DAN PEMBAHASAN

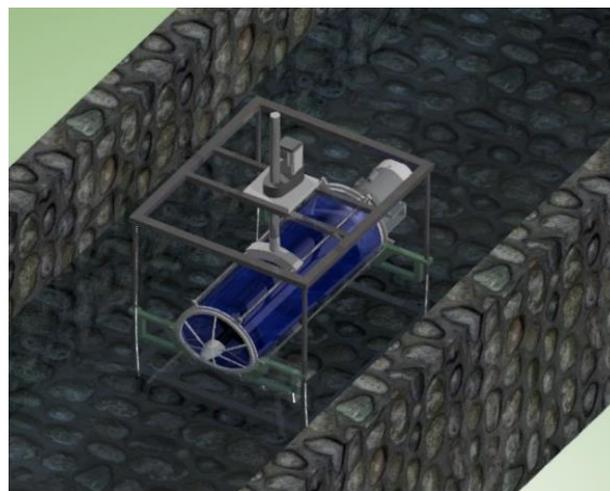
Konsep Pembangkit Listrik *Turbine Mini Hydro*

Instalasi pembangkit listrik tenaga air (PLTA) umumnya terhambat oleh beberapa masalah, termasuk ukuran, kepraktisan, kesulitan pemeliharaan, daya yang dihasilkan di bawah standar, dan kebutuhan aliran air yang tinggi. Dengan mengubah desain dan ukuran turbin, berbagai metode kerja dan sistem pembangkit listrik telah diimplementasikan, namun daya yang dihasilkan tidak maksimal dan perawatan turbin sulit dilakukan karena ukuran turbin yang besar. Dalam penelitian ilmiah ini, konsep turbin mini hidro digunakan untuk mendesain sistem turbin mikrohidro. Turbin ini berfungsi dengan mengubah energi potensial dari arus air yang lemah menjadi energi kinetik, yang menggerakkan generator. Prinsip pompa Archimedes digunakan dalam geometri desain sudu turbin kincir air.



Gambar 3. Rancangan dan Komponen *Hydro Coil Turbin*

Sumber: Desain pribadi



Gambar 4. Gambar Penerapan *Hidro Coil Turbin*

Sumber: Desain pribadi

Bagian-Bagian dan Prinsip kerja *Hidro Coil Turbin*

Dalam Perancangan turbin ini memiliki beberapa komponen yang digunakan, adapun berikut adalah komponen yang digunakan serta cara kerjanya:

1. *Coil turbin/ Sudu turbin*

Coil Turbin atau bagian sudu turbin fungsi sebagai penggerak generator dengan cara menerima energi dari air dan mengubahnya menjadi energi kinetic. Penerapan tipe *Coil Turbin* sebagai sudu turbin ini memiliki efisiensi mencapai 92,93% daya daripada menggunakan tipe lainnya.

2. Generator

Energi gerak bilah turbin diubah menjadi energi listrik oleh generator listrik pada turbin koil hidro. Energi kinetik kumparan turbin diubah menjadi energi listrik dengan prinsip operasi generator. Listrik yang dihasilkan oleh generator dapat langsung digunakan atau digunakan sebagai energi cadangan dengan disimpan dalam baterai.

3. Bearing Axial

Komponen yang bergerak ditahan atau didukung oleh bantalan aksial. Bantalan aksial juga berfungsi untuk mendukung rotasi pada poros yang sangat bergesekan sehingga poros selalu berputar pada porosnya. Putaran sudu turbin dapat ditingkatkan dengan penggunaan bearing.

4. Motor Stepper

Motor yang berputar dalam kenaikan diskrit dikenal sebagai motor stepper. Pulsa digital berfungsi sebagai input motor stepper. Ketika diberi energi secara teratur dalam fase, motor akan berputar. Lokasi kumparan turbin yang bergerak untuk menyesuaikan dengan ketinggian air dikendalikan oleh motor stepper pada turbin kumparan hidro. Pemrograman otomatis motor stepper dapat dilakukan dengan bantuan mikrokontroler atau sirkuit digital.

5. Prinsip Kerja Hidro Coil Turbin

Air yang mengalir melalui penutup silinder akan menabrak bilah koil, dan karena geometri bilah koil, tabrakan tersebut akan diterjemahkan menjadi gerakan poros yang berputar, yang merupakan cara kerja Hydro Coil Turbine untuk memutar generator. Agar generator dapat menghasilkan energi listrik, maka generator tersebut dipasang pada poros yang berputar dengan kumparan sudu. Ukuran turbin yang portabel membuatnya lebih mudah digunakan, mampu menghasilkan efisiensi daya yang tinggi, dan mudah dirawat. Selain itu, jaringan irigasi dan saluran pembuangan yang umumnya dibangun di daerah pedesaan dapat menggunakan turbin ini.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penulisan karya tulis ilmiah ini dapat disimpulkan bahwa:

- a. *Turbine Mini Hydro* bekerja dengan memutar generator dengan mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik. Bilah kumparan akan ditabrak oleh air yang mengalir melalui penutup silinder, dan karena geometri bilah kumparan, tumbukan tersebut akan menghasilkan gerakan melingkar pada poros. Poros generator disambungkan dengan poros putar dan sudu turbin sehingga generator dapat bergerak dan menghasilkan energi listrik.
- b. *Turbine Mini Hydro* memanfaatkan arus air pada sungai sebagai energi potensial dan diubah menjadi energi listrik. Pembangkit listrik *Turbine Mini Hydro* dapat dimanfaatkan masyarakat Indonesia sebagai sumber alternatif energi listrik yang ramah lingkungan, bersifat portable, dapat digunakan pada head aliran air yang rendah karena memiliki kendali otomatis yang menyesuaikan keadaan arus air.
- c. Desain *Turbine Mini Hydro* memiliki 3 bagian kurva sudu coil yang berbeda (frekuensi rendah, sedang, dan tinggi) sehingga mampu bekerja pada head aliran yang rendah, sedang dan tinggi dengan lebih efisien. *Turbine Mini Hydro* sudah dilengkapi kendali otomatis sehingga mampu menyesuaikan ketinggian air, hal ini mampu mengoptimalkan energi yang dihasilkan.

Saran

- a. Masyarakat Indonesia yang berada di daerah langka listrik dapat memanfaatkan *Turbine Mini Hydro* untuk alternatif sumber energi listrik dan memanfaatkan keberadaan sungai menjadi lebih bermanfaat sebagai energi terbarukan.
- b. Pemerintah meningkatkan kinerjanya dalam menciptakan teknologi alternatif energi listrik dan mengatasi krisis energi.
- c. Peneliti dapat melakukan penelitian lanjutan supaya ide yang dibuat dapat direalisasikan dan memberikan manfaat bagi masyarakat Indonesia.

REFERENSI

- Adjie. (2019). *Mengukur Ketinggian Air Menggunakan Water Level dan Arduino*. <http://indomaker.com/index.php/2019/01/12/mengukur-ketinggian-air-menggunakan-water-level-dan-arduino>
- Alifyanti, D. F. (2018). Dian Furqani Alifyanti. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 1(1), 79–95.
- Asri, Y., & Niwes, A. K. (2016). Modul Pembelajaran Plta Berbasis Augmented Reality. *Kilat*, 5(2), 150–155.
- Biantoro, A. W. (2017). Analisis perbandingan efisiensi energi pada gedung P Kabupaten Tangerang dan gedung tower UMB Jakarta. *Jurnal Teknik Mesin Mercuri Buana*, 6(3), 164–173.
- Cooperation, E. (2010). Energy supply and demand: trends and prospects. *Fuel*, 5–20.
- Dany Saputra. (2021). *Konsumsi Listrik Naik, Sri Mulyani: Tanda Pemulihan Kegiatan Ekonomi Masyarakat*. <https://ekonomi.bisnis.com/read/20210622/9/1408598/konsumsi-listrik-naik-sri-mulyani-tanda-pemulihan-kegiatan-ekonomi-masyarakat>
- Dimas, A., H. K. (2021). *Realisasi bauran EBT baru 11,31% di tahun 2020, ini upaya dari Kementerian ESDM*. <https://industri.kontan.co.id/news/realisasi-bauran-ebt-baru-1131-di-tahun-2020-ini-upaya-dari-kementerian-esdm>
- Doda, N., & Mohammad, H. (2018). Analisis potensi pengembangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro di Kabupaten Bone Bolango. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 1(1), 1–10.
- Hari. (2017). *Kondisi Sungai di Indonesia Memprihatinkan*. <https://nasional.okezone.com/read/2017/03/22/337/1648855/hari-air-sedunia-kondisi-sungai>.
- Heliani, H., Mareta, F., Rina, E., Rahayu, M. S., & Ramdaniansyah, M. R. (2021). Liquidity, Profitability and Asset Growth towards the Dividend Payout Ratio. *AFRE (Accounting and Financial Review)*, 4(2), 225–232. <https://doi.org/10.26905/afr.v4i2.6324>
- Heliani, & K Fadhilah, N. H. (2022). Effect of Asset Structure, Company Size, Liquidity, Profitability, and Sales Growth on Capital Structure. *Jurnal Bisnisan : Riset Bisnis Dan Manajemen*, 4(1), 80–92. <https://doi.org/10.52005/bisnisan.v4i1.120>
- Juwito, A. F., Pramonohadi, S., & Haryono, T. (2012). Optimalisasi energi terbarukan pada pembangkit tenaga listrik dalam menghadapi desa mandiri energi di Margajaya. *Semesta Teknika*, 15(1).
- Kementerian ESDM. (2021). *Potensi Energi Terbarukan di Indonesia*. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/03/09/berapa-potensi-energi-terbarukan-di-indonesia>
- Luthfie, A. A. (2017). Analisis Pengaruh Perubahan Sudut Pipa Siphon Terhadap Performasi Turbin

- Hydrocoil Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic (Cfd). *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 6(1).
- Muliadi, M., Imran, A., & Rasul, M. (2020). Pengembangan tempat sampah pintar menggunakan ESP32. *Jurnal Media Elektrik*, 17(2), 73–79.
- Perawati, P. (2017). Karakteristik Generator Sinkron yang Berbeban Berat dan Tidak Konstan. *Jurnal Ampere*, 2(2), 115–120.
- Priyono Soetikno. (2018). *Indonesia Mempunyai Potensi Energi Baru dan Terbarukan yang Melimpah*. <https://www.itb.ac.id/berita/prof-priyono-soetikno-indonesia-mempunyai-potensi-energi-baru-dan-terbarukan-yang-melimpah/56825>
- Ullmer, J. M. (2019). Hydro pumped storage way forward. *IASH Journal-International Association for Small Hydro*, 9(1), 34–36.