

Pengabdian Kepada Masyarakat Inovasi Turbin Vortex Solusi Energi Piko hidro Untuk Penerangan Mushola di Desa Pasar X, Kecamatan Kutalimbaru, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara

Idham Kamil¹,
Al Qadry²,
Hasanul Arifin Purba³,
Dine Noviadri Badriansyah⁴

Teknik Mesin,
Politeknik Negeri Medan,
Indonesia^{1,2}

Teknik Sipil,
Politeknik Negeri Medan,
Indonesia^{3,4}

alqadry@polmed.ac.id²

Abstrak

Desa Pasar X di Kecamatan Kutalimbaru, Kabupaten Deli Serdang, memiliki keterbatasan akses listrik untuk penerangan fasilitas umum. Solusi yang diusulkan adalah sistem piko hidro dengan Turbin Vortex, yang memanfaatkan aliran air sungai untuk menghasilkan listrik. Sistem ini terdiri dari basin berdiameter 100 cm dan tinggi 80 cm dengan impeller 9 sudu. Aliran air menciptakan pusaran yang memutar impeller, mengubah energi air menjadi listrik sebesar 35 watt, cukup untuk menerangi masjid. Sistem ini cocok untuk desa dengan debit air rendah, dan listrik disimpan dalam baterai untuk penggunaan malam hari. Proses implementasi meliputi survei, pemasangan turbin, integrasi dengan sistem lokal, serta uji performa. Inovasi ini mudah diterapkan, berpotensi menjadi model energi terbarukan, dan diharapkan meningkatkan kualitas hidup dengan penerangan yang ramah lingkungan.

Kata Kunci: piko hidro, turbin vortex, aliran sungai, energi terbarukan, ramah lingkungan

Abstract

Pasar X Village in Kutalimbaru Subdistrict, Deli Serdang Regency, faces limited access to electricity for public facilities. The proposed solution is a pico-hydro system with a Vortex Turbine, utilizing river flow to generate electricity. The system features a basin with a diameter of 100 cm and a height of 80 cm, equipped with a 9-blade impeller. The water flow creates a vortex that rotates the impeller, converting water energy into 35 watts of electricity, sufficient to illuminate the mosque. This system is suitable for villages with low water flow, and the electricity is stored in batteries for nighttime use. The implementation process includes surveys, turbine installation, integration with the local system, and performance testing. This innovation is easy to implement, has the potential to become a renewable energy model, and is expected to improve the quality of life with eco-friendly lighting.

Keywords: pico-hydro, vortex turbine, river flow, renewable energy environmentally

PENDAHULUAN

Pembangkit listrik pusaran air gravitasi merupakan teknologi pembangkit energi hidro skala mikro yang beroperasi pada aliran air dengan beda tinggi rendah (Rahman, dkk., 2017). Teknologi ini sangat sesuai untuk diterapkan pada aliran dengan energi potensial rendah, seperti pada sungai-sungai dengan debit rendah (Swami, 2019). Pembangkit jenis ini memiliki dampak lingkungan yang minimal, karena menghasilkan emisi gas rumah kaca nol, serta berpotensi meningkatkan kualitas ekosistem akuatik dengan menurunkan suhu air yang ada, yang pada gilirannya mendukung keberlanjutan kehidupan akuatik (Hong-xun C, dkk., 20018). Penerapan teknologi ini merupakan salah satu upaya strategis untuk mengoptimalkan pemanfaatan energi terbarukan dalam rangka mitigasi krisis energi global yang tengah dihadapi saat ini Shashidar P., dkk., 2021).

Turbin vortex merupakan jenis turbin yang memanfaatkan energi pusaran air untuk menggerakkan sudu turbin (Otutuama, O. M., 2020). Setiap aliran air mengandung energi potensial dan kinetik, yang kemudian dimanfaatkan oleh turbin vortex dalam bentuk energi pusaran air (Dhakal, S., dkk., 2014). Aliran air diarahkan menuju sebuah penampang silinder yang berfungsi untuk membentuk pusaran, yang dikenal dengan sebutan basin (Saleem, A.S., dkk., 2020). Pada dasar basin terdapat lubang keluar yang memungkinkan aliran air jatuh akibat gaya gravitasi. Pusaran air terbentuk akibat keseimbangan antara gaya tangensial dan gaya aksial dari aliran air yang melewati basin, sehingga menghasilkan permukaan bebas yang berpusat pada sumbu lubang outlet. Tinggi jatuh air menjadi variabel penting yang mempengaruhi energi yang dapat diekstraksi, dan tinggi ini biasanya diasumsikan sebagai tinggi basin (Ullah, R., dkk., 2019). Energi kinetik yang dihasilkan oleh pusaran air ini kemudian

dimanfaatkan untuk menggerakkan sudu turbin yang diletakkan di pusat pusaran (Ullah, R., dkk., 2020). Karena aliran air bergerak secara radial, turbin dirancang untuk berputar di sekitar sumbu vertikal. Energi mekanik yang dihasilkan berupa putaran poros turbin selanjutnya dikonversi menjadi energi listrik melalui generator (Sritram, P., dkk., 2015). Energi yang masuk ke sistem berupa energi hidrolik dari air memiliki nilai yang berbeda dengan daya keluaran generator, yang dipengaruhi oleh efisiensi sistem, termasuk efisiensi turbin dan generator. Berdasarkan studi-studi terdahulu, efisiensi turbin vortex ini berkisar antara 35 hingga 40% (Sritram, P., dkk., 2017).

Teknologi pembangkit turbin pusaran air gravitasi ini pertama kali dipatenkan oleh *Franz Zotloterer* (Alzamora Guzmán, V. J., & Glasscock, J. A., 2021), seorang ilmuwan asal Austria yang meneliti fenomena pusaran yang terjadi tanpa pengaruh gaya eksternal. Dengan kata lain, pusaran yang muncul secara alami (Tayyab, M., dkk., 2020). Penelitian ini menghasilkan sebuah konsep untuk menciptakan pusaran di dalam wadah berbentuk silinder dengan lubang keluar di bagian bawahnya (Nishi, Y., dkk., 2020). Sejak saat itu, turbin vortex sebagai pembangkit energi telah menarik perhatian para ilmuwan untuk dikembangkan dan ditingkatkan efisiensinya.

(Saleem, A.S., dkk., 2020) Saleem et al. melakukan analisis kinerja pembangkit listrik pusaran air gravitasi satu tingkat dengan tipe basin silinder. Melalui perhitungan matematis dan eksperimen, analisis ini mengkaji pengaruh tinggi pusaran, posisi sudu, persentase sudu yang terendam, sudut kemiringan sudu, serta bentuk ujung sudu (lurus atau kerucut) terhadap kinerja turbin vortex tersebut. Berdasarkan hasil analisis, ditemukan bahwa semakin tinggi debit air yang masuk ke dalam basin, semakin tinggi pula vortex yang terbentuk (Hidayat, M. N., dkk., 2020).

Desa Pasar X memiliki potensi besar untuk pengembangan energi terbarukan melalui teknologi pikohidro, mengingat adanya aliran sungai yang melintasi wilayah ini. Aliran sungai yang konstan sepanjang tahun menyediakan sumber daya air yang cukup untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik skala kecil. Teknologi pikohidro sangat ideal untuk daerah pedesaan dengan aliran air yang stabil namun tidak besar, karena dapat menghasilkan listrik dengan skala yang cukup untuk kebutuhan penerangan, seperti yang dibutuhkan di Mushola desa. Saat ini, Mushola di Desa Pasar 10 hanya mengandalkan jaringan listrik konvensional yang sering kali tidak stabil. Bahkan ketika listrik tersedia, biaya yang harus dikeluarkan oleh masyarakat untuk menjaga penerangan tetap menyala cukup tinggi, mengingat penggunaan listrik yang harus dibatasi agar tidak membebani keuangan Mushola. Kondisi ini menghambat masyarakat untuk memanfaatkan Mushola dengan maksimal, terutama pada malam hari, sehingga muncul kebutuhan mendesak untuk menemukan alternatif solusi energi yang lebih berkelanjutan dan hemat biaya.

Untuk menjawab permasalahan ini, salah satu solusi yang diusulkan adalah memanfaatkan teknologi Turbin Vortex sebagai sistem pembangkit listrik pikohidro (Nishi, Y., dkk., 2019). Desa Pasar X dilintasi oleh sungai kecil dengan aliran yang stabil sepanjang tahun, yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan. Teknologi Turbin Vortex bekerja dengan memanfaatkan aliran air sungai yang dialirkan melalui mekanisme pusaran (vortex) untuk menggerakkan turbin dan menghasilkan listrik (Dhakal, R., dkk.). Energi listrik yang dihasilkan dapat disalurkan langsung untuk keperluan penerangan Mushola, sehingga memberikan solusi berkelanjutan dan mandiri untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat setempat.

Turbin Vortex yang merupakan salah satu teknologi terbaru dalam sistem pikohidro, menawarkan solusi efektif untuk pemanfaatan aliran sungai tersebut. Turbin ini bekerja dengan memanfaatkan pergerakan air sungai yang diarahkan ke dalam sistem pusaran (vortex) sehingga dapat menggerakkan bilah-bilah turbin dan menghasilkan energi listrik (Sreerag, K, R, C., & S, J. B., 2016)

Keunggulan Turbin Vortex adalah kemampuannya untuk menghasilkan listrik dari aliran air dengan debit rendah, yang sesuai dengan karakteristik sungai di desa tersebut (Hidayat, N., dkk., 2020). Selain itu, teknologi ini memiliki biaya operasional dan pemeliharaan yang rendah, sehingga cocok diterapkan di daerah pedesaan dengan sumber daya terbatas (M.M Dandekar dan K.N. Sharman, 1991). Dengan pemanfaatan Turbin Vortex, Mushola dapat memiliki pasokan listrik yang stabil, sehingga kegiatan ibadah dan sosial dapat berjalan lancar tanpa terganggu masalah penerangan.

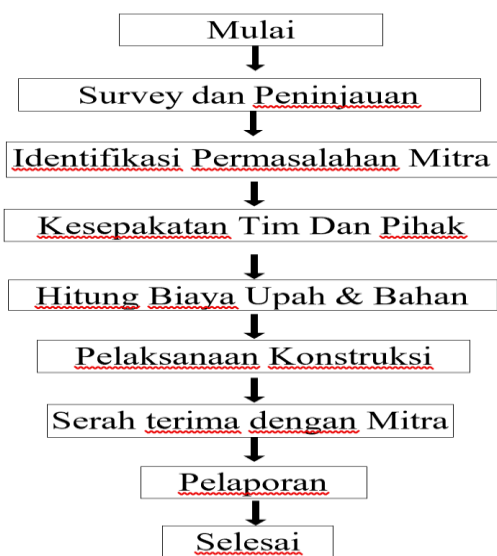
Implementasi teknologi ini diharapkan tidak hanya memberikan solusi jangka panjang untuk masalah penerangan di Mushola, tetapi juga menginspirasi masyarakat untuk lebih memanfaatkan potensi energi terbarukan di wilayah mereka. Program ini akan meningkatkan kemandirian energi masyarakat, mengurangi biaya operasional Mushola, serta menciptakan model inovatif dalam pemanfaatan energi ramah lingkungan.

METODE PELAKSANAAN

Program Kegiatan Masyarakat (PKM) dilaksanakan di Kutalimbaru, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Dilaksanakan dari bulan Agustus sampai Oktober tahun 2024.

Mitra yang terlibat adalah masyarakat Kutalimbaru sebagai sumber informasi material konstruksi, koordinasi dengan masyarakat sekitar, manajemen pelaksanaan saat pekerjaan berlangsung,

dan membantu pengawasan lapangan proses penyediaan turbin.



Gambar 1. Diagram alir langkah pengerjaan

Untuk melaksanakan Program Kegiatan Masyarakat (PKM) ini, diperlukan tahapan-tahapan kegiatan yang akan dikerjakan meliputi peninjauan lapangan, identifikasi masalah, perhitungan biaya, pelaksanaan sampai dengan pelaporan.

Deskripsi langkah pengerjaan:

1. Survey dan Peninjauan Lapangan
Kegiatan ini dalam rangka mengidentifikasi masalah-masalah yang dihadapi mitra dan menentukan masalah prioritas yang akan dicarikan solusinya.
2. Identifikasi Permasalahan Mitra
Permasalahan pihak mitra ialah sulitnya mengakses listrik pada Desa MITRA Kutalimbaru, terutama dalam hal penerangan.
3. Kesepakatan Tim Dan Pihak Mitra
Dari tabulasi permasalahan yang dihadapi, kesepakatan tim pengabdian dengan mitra kerjasama untuk menyelesaikan permasalahan dengan pembangunan PLTMH di sungai Kutalimbaru.

4. Hitung Biaya Upah & Bahan
Setelah dibuat gambar desain, dapat diperoleh biaya upah dan bahan yang diperlukan.
5. Pelaksanaan Konstruksi
Dalam proses pelaksanaan tim PKM akan secara rutin mengawasi proses pelaksanaan konstruksi. Di sisi lain pihak mitra bekerjasama dengan tim pengabdian dalam membantu pengadaan material dan pengerjaan PLTMH.
6. Serah Terima dengan Mitra
Setelah keseluruhan pekerjaan konstruksi selesai dilakukan dan dievaluasi kelayakannya, dilakukan serah terima dengan mitra. Mitra akan mengumpulkan masyarakat MITRA. Tim pengabdian akan memaparkan produk pengabdian, sumber dana, cara perawatan dan mempromosikan Politeknik Negeri Medan kepada masyarakat sekitar mushola.
7. Pelaporan
Pada tahap ini tim pengabdian akan membuat laporan akhir pengabdian, membuat publikasi dan luaran wajib lainnya serta melaporkannya ke P3M Politeknik Negeri Medan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Turbin Vortex ini dibuat guna menyediakan sistem pembangkit listrik Piko hidro yang lebih efisien dan berkelanjutan sehingga daerah lokasi pengabdian mendapatkan akses terhadap listrik yang stabil dan ramah lingkungan.

Langkah-langkah pengerjaan Turbin vortex dimulai dari proses pembuatan kerangka saluran turbin hingga pemasangan lampu mushola. Dokumentasi proses pengerjaan seperti pada gambar berikut ini.

1. Proses Pembuatan Kerangka Saluran Turbin



Gambar 2. Survey lokasi



Gambar 6. Basin

2. Proses Pembuatan Kerangka Basin



Gambar 3. Pembuatan kerangka Basin

6. Pemasangan Generator DC



Gambar 7. Generator DC

3. Proses Pembuatan Kerangka Basin



Gambar 4. Kerangka Basin

7. Turbin Vortex beroperasi



Gambar 8. Vortex beroperasi

4. Proses Pemasangan



Gambar 5. Pemasangan Basin

8. Pemasangan Panel listrik



Gambar 9. Panel listrik

5. Basin Terpasang

9. Pemasangan Lampu



Gambar 10. Penerangan lampu

10. Serah Terima



Gambar 11. Serah terima

Daya yang dihasilkan dari generator adalah 35 watt dan akan disimpan dalam baterai berkapasitas 100 Ah (*Ampere-hour*), dengan pengisian baterai penuh, lampu mushola berdaya 20 watt, maka lampu yang ada di mushollah dapat menyala selama lebih dari 2 hari tanpa perlu pengisian ulang, bergantung pada efisiensi dan kondisi sistem kita perlu menghitung berapa lama waktu yang diperlukan untuk mengisi baterai, serta bagaimana efisiensi penyimpanan daya tersebut.



Gambar 12. Plang kegiatan

Secara sederhana, turbin adalah penghasil energi mekanik yang ditransmisikan ke generator untuk diubah menjadi energi listrik. Dalam konteks turbin vortex untuk pikohidro, energi dari aliran air yang bergerak dengan kecepatan rendah digunakan untuk memutar turbin, yang pada gilirannya menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik skala kecil (piko).

KESIMPULAN

Penggunaan turbin vortex sebagai solusi energi pikohidro dalam pengabdian masyarakat untuk menerangi lampu mushola merupakan inovasi yang tepat guna. Turbin vortex mampu memanfaatkan aliran air berkecepatan rendah, seperti sungai kecil atau saluran irigasi, untuk menghasilkan energi listrik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Dengan daya yang dihasilkan oleh turbin, meskipun kecil (seperti 35 watt), energi ini dapat disimpan dalam baterai berkapasitas tertentu (misalnya 100 Ah) dan digunakan untuk kebutuhan penerangan mushola di Desir pasar 10 Kutalimbaru, Deli serdang, sehingg kedepanya penerapan turbin vortex dalam pengabdian masyarakat ini dapat meningkatkan kualitas hidup warga dengan menyediakan akses listrik yang murah, efisien, dan ramah lingkungan untuk kebutuhan penerangan tempat ibadah, seperti mushola.

DAFTAR PUSTAKA

- Alzamora Guzmán, V. J., & Glasscock, J. A. (2021). Analytical solution for a strong free- surface water vortex describing flow in a full-scale gravitational vortex hydropower system. *Water Science and Engineering*.
<https://doi.org/10.1016/j.wse.2021.03.004>
- Dhakal, R., Bajracharya, T. R., Shakya, S. R., Kumal, B., Khanal, K., Williamson, S. J., Gautam, S., & Ghale, D. P. (n.d.).

- Computational and Experimental Investigation of Runner for Gravitational Water Vortex Power Plant.
- Dhakal, S., Timilsina, A. B., Dhakal, R., Timilsina, A. B., Dhakal, R., Fuyal, D., Ratna Bajracharya, T., & Pandit, H. P. (2014). Effect of Dominant Parameters for Conical Basin: Gravitational Water Vortex Power Plant. *Proceedings of IOE Graduate Conference*.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1455.7843>
- Hidayat, M. N., Ronilaya, F., Eryk, I. H., & Joelianto, G. (2020). Design and analysis of a portable spiral vortex hydro turbine for a Pico Hydro Power Plant. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 732(1).
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/732/1/012051>
- Hong-xun C, Zheng M A, Zhou Y, Hai-feng L, Experimental and numerical investigation of free surface vortex, *J Hydrodyn*, 20, 2008, 485-491.
- M.M Dandekar dan K.N. Sharman. *Pembangkit Listrik Tenaga Air*. UI-Press, Jakarta. 1991.
- Nishi, Y., Sato, G., Shiohara, D., Inagaki, T., & Kikuchi, N. (2019). A study of the flow field of an axial flow hydraulic turbine with a collection device in an open channel. *Renewable Energy*, 130, 1036–1048.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.06.114>
- Nishi, Y., Suzuo, R., Sukemori, D., & Inagaki, T. (2020). *Loss analysis of gravitation vortex type water turbine and influence of flow rate on the turbine's performance*. *Renewable Energy*, 155, 1103–1117.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.03.186>
- Otutuama, O. M. (2020). DESIGN AND FABRICATIONS OF A GRAVITATIONAL VORTEX HYDRAULIC TURBINE Design and fabrication of gravitational vortex hydraulic turbine View project.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11358.66880>
- Rahman, M. M., Tan, J. H., Fadzrita, M. T., & Wan Khairul Muzammil, A. R. (2017). A Review on the Development of Gravitational Water Vortex Power Plant as Alternative Renewable Energy Resources. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 217(1).
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/217/1/012007>
- Saleem, A. S., Cheema, T. A., Ullah, R., Ahmad, S. M., Chattha, J. A., Akbar, B., & Park, C. W. (2020). Parametric study of single-stage gravitational water vortex turbine with cylindrical basin. *Energy*, 200.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117464>
- Shashidar, P., Santosh Kumar, K., Reddy, G. S., Santosh, K. S., & Hemanth, N. (2021). DESIGN AND DEVELOPMENT OF GRAVITATIONAL VORTEX HYDRAULIC POWER PLANT (Vol. 8). *JETIR*. www.jetir.org
- Sreerag, K, R. C., & S, J. B. (2016). Effect Of Outlet Diameter On The Performance Of Gravitational Vortex Turbine With Conical Basin. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 7, Issue 4.
<http://www.ijser.org>
- Sritram, P., Treedet, W., & Suntivarakorn, R. (2015). Effect of turbine materials on power generation efficiency from free water vortex hydro power plant. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 103(1).
<https://doi.org/10.1088/1757899X/103/1/012018>

- Sritram, P., & Suntivarakorn, R. (2017). Comparative Study of Small Hydropower Turbine Efficiency at Low Head Water. *Energy Procedia*, 138, 646–650.
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.181>
- Swami, V. V. (2019). Design and Fabrication of Gravitational Vortex Water Turbine. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 7(4), 331–342.
<https://doi.org/10.22214/ijraset.2019.4059>
- Tayyab, M., Cheema, T. A., Malik, M. S., Muzaffar, A., Sajid, M. B., & Park, C. W. (2020). Investigation of thermal energy exchange potential of a gravitational water vortex. *Renewable Energy*, 162, 1380–1398.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.08.097>
- Ullah, R., Cheema, T. A., Saleem, A. S., Ahmad, S. M., Chattha, J. A., & Park, C. W. (2019). Performance analysis of multi-stage gravitational water vortex turbine. *Energy Conversion and Management*, 198.
<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.111788>
- Ullah, R., Cheema, T. A., Saleem, A. S., Ahmad, S. M., Chattha, J. A., & Park, C. W. (2020). Preliminary experimental study on multi-stage gravitational water vortex turbine in a conical basin. *Renewable Energy*, 145, 2516–2529.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.07.128>