

Penerapan Teknologi Mikrohidro Berbasis Turbin Vortex untuk Kemandirian Energi Pedesaan di Tanduk Benua, Kutalimbaru, Kabupaten Deli Serdang, Sumatra Utara.

Hal. 111

Idham Kamil¹, Al Qadry², Darwis A.R³, Dikki Miswanda⁴, Bagus Sidik W.H⁵, Muhammad Khairil Amri⁶

1,2,3,4,5,6 Politeknik Negeri Medan
Email korespondensi: idhamkamil@polmed.ac.id

ABSTRAK

Masyarakat di Tanduk Benua, Desa Suka Makmur, Kutalimbaru, Kabupaten Deli Serdang menghadapi permasalahan serius terkait keterbatasan akses listrik yang berdampak pada rendahnya kualitas pelayanan fasilitas umum seperti musholla. Untuk mengatasi hal tersebut, kegiatan Pengabdian Penerapan Teknologi Tepat Guna (PPTTG) dilaksanakan dengan menerapkan sistem pembangkit listrik pikohidro berbasis turbin vortex. Program ini memanfaatkan aliran sungai dengan debit kecil dan kondisi aliran stabil untuk menghasilkan energi listrik secara mandiri. Melalui tahapan survei, perancangan, pembangunan, instalasi, pengujian, hingga serah terima, tim berhasil membangun satu unit turbin vortex yang dapat memenuhi kebutuhan penerangan malam hari di musholla. Teknologi ini mudah dioperasikan, ramah lingkungan, dan biaya operasional sangat rendah. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan kualitas pelayanan fasilitas ibadah dan meningkatnya aktivitas malam hari masyarakat.

Kata Kunci: Turbin Vortex, Mikrohidro, Energi Terbarukan, Pikohidro, Tanduk Benua

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan fundamental dalam mendukung aktivitas sosial, ekonomi, pendidikan, dan keagamaan masyarakat. Ketersediaan energi yang stabil sangat menentukan kualitas hidup suatu komunitas, terutama di daerah pedesaan. Namun, hingga saat ini, Indonesia masih menghadapi tantangan distribusi energi yang tidak merata. Berdasarkan data Kementerian

ESDM, sekitar 2–5% desa di berbagai provinsi masih memiliki tingkat elektrifikasi yang rendah, terutama wilayah terpencil dan daerah pinggiran sungai yang tidak terjangkau jaringan listrik berdaya besar. Meskipun angka rasio elektrifikasi nasional telah meningkat, masalah utama bukan hanya akses, tetapi juga kestabilan pasokan yang seringkali terganggu oleh kondisi alam, infrastruktur lama, dan keterbatasan jaringan distribusi PLN.

Desa Suka Makmur, Kecamatan Kutalimbaru, Kabupaten Deli Serdang merupakan salah satu wilayah yang mengalami permasalahan tersebut. Meskipun secara administratif masuk dalam kawasan yang tidak terlalu jauh dari pusat kota, kondisi geografisnya yang berbukit dan dilewati aliran sungai kecil menyebabkan jaringan listrik tidak selalu stabil. Pemadaman listrik berlangsung cukup sering dan berdampak langsung pada fasilitas umum seperti musholla dan ruang pembelajaran informal masyarakat. Minimnya penerangan mengganggu aktivitas ibadah malam, kegiatan belajar mengaji anak-anak, serta kegiatan sosial lainnya yang biasanya berlangsung setelah waktu maghrib.

Di sisi lain, Desa Suka Makmur memiliki potensi sumber daya alam berupa aliran sungai yang mengalir sepanjang tahun dengan debit yang relatif stabil. Potensi ini sangat memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif berbasis air. Namun, pemanfaatan energi air skala kecil di daerah mitra sebelumnya belum pernah dilakukan karena keterbatasan pengetahuan teknis dan minimnya pendampingan dari pihak akademisi atau lembaga teknis. Kondisi ini membuka peluang penerapan teknologi energi terbarukan yang sesuai dengan karakteristik desa, mudah dirawat, dan memiliki biaya operasional rendah.

Salah satu teknologi yang relevan untuk kondisi geografis tersebut adalah Gravitational Water Vortex Turbine (GWVT) atau turbin vortex gravitasi. Teknologi ini memanfaatkan pusaran air yang terbentuk secara alami pada saluran air vertikal untuk menggerakkan impeller. Berbeda dengan PLTMH konvensional yang membutuhkan head (ketinggian jatuh air) minimal 3–10 meter, turbin vortex mampu beroperasi pada head sangat rendah yaitu 0,2–1 meter dengan debit kecil. Hal ini menjadikannya solusi ideal untuk wilayah sungai kecil yang tidak memiliki bendungan atau terjunan air.

Turbin vortex memiliki sejumlah keunggulan, antara lain:

1. konstruksi sederhana dan dapat dibuat menggunakan material lokal,
2. efisiensi cukup tinggi (30–60%) pada debit kecil,
3. tidak memerlukan perubahan besar pada ekosistem sungai,

Hal. 112

4. hampir tidak menimbulkan dampak lingkungan,
5. aman untuk ikan dan biota sungai,
6. cocok untuk pemberdayaan masyarakat karena mudah dioperasikan.

Berbagai penelitian telah membuktikan bahwa turbin vortex merupakan teknologi *low-head hydropower* yang paling sesuai untuk daerah pedesaan yang memiliki aliran sungai sepanjang tahun tetapi tidak memiliki kontur terjal.

Hal. 113

Permasalahan utama yang dihadapi mitra adalah ketidakstabilan penerangan musholla, yang merupakan pusat kegiatan masyarakat. Musholla tidak hanya berfungsi sebagai tempat ibadah, tetapi juga sebagai pusat pembinaan karakter dan pendidikan agama. Ketika listrik padam di malam hari, aktivitas seperti shalat berjamaah, mengaji anak-anak, dan rapat pemuda menjadi terganggu. Selain itu, kondisi gelap meningkatkan risiko kecelakaan dan menurunkan rasa aman masyarakat.

Berdasarkan analisis situasi tersebut, terdapat kesenjangan antara potensi energi lokal yang melimpah dan pemanfaatannya untuk kebutuhan masyarakat. Program Pengabdian Penerapan Teknologi Tepat Guna (PPTG) ini hadir untuk menjembatani kesenjangan tersebut melalui implementasi teknologi vortex sebagai energi alternatif yang mandiri, berkelanjutan, dan sesuai dengan kapasitas masyarakat setempat. Selain menyediakan teknologi, program ini juga dirancang untuk memberikan edukasi, pelatihan operasional, dan memastikan keberlanjutan jangka panjang melalui pemberdayaan masyarakat lokal.

Dengan demikian, program PPTG ini tidak hanya berfokus pada pemasangan perangkat teknologi, tetapi juga pada penguatan kapasitas masyarakat melalui transfer pengetahuan, pelibatan komunitas, dan pembangunan sistem energi yang dapat dirawat secara mandiri. Hal ini sejalan dengan prinsip pengabdian masyarakat yang menekankan keberlanjutan, kemanfaatan langsung, dan keterlibatan aktif masyarakat sebagai penerima manfaat.

METODE

Pelaksanaan program dibagi dalam beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Survei Lapangan dan Pengumpulan Data Hidrologi

Survei dilakukan untuk:

- mengukur kecepatan aliran sungai,
- mengetahui lebar dan kedalaman alur sungai,
- mengidentifikasi kemungkinan lokasi pemasangan basin,
- mengevaluasi kondisi lingkungan sekitar.

Nilai debit sungai diperoleh dengan metode sederhana menggunakan

pelampung dan pengukuran penampang aliran. Debit rata-rata berkisar 15–25 L/s, yang cukup ideal untuk turbin vortex skala pikohidro.

2. Analisis Kebutuhan Energi Mitra

Mitra membutuhkan penerangan musholla dengan:

- 3–4 lampu LED (5–7 watt per unit),
- durasi operasi 5–6 jam per malam,
- sistem backup minimal 1 aki kecil untuk stabilisasi tegangan.

Hal. 114

Kebutuhan ini kemudian digunakan untuk menentukan:

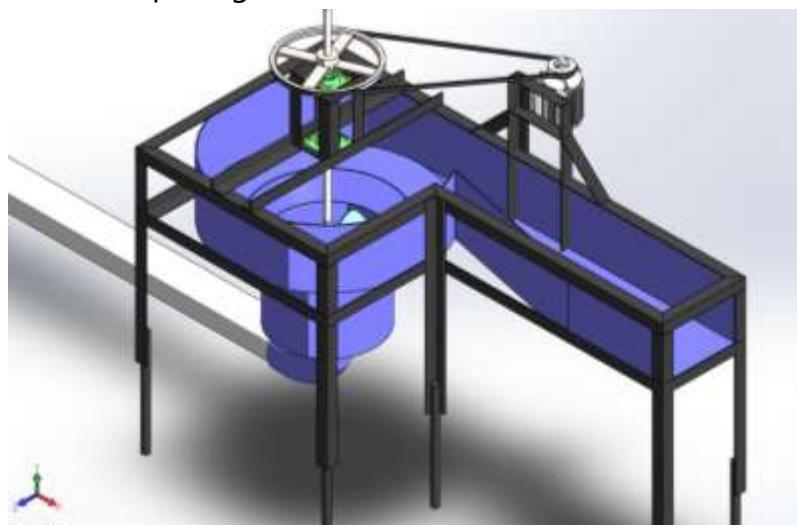
- kapasitas turbin,
- kapasitas generator,
- kapasitas battery storage,
- regulator dan panel kontrol.

3. Perancangan Teknis Turbin Vortex

Rancangan teknis mencakup:

- Basin: diameter 75 cm, tinggi 57 cm, disesuaikan debit sungai,
- Impeller: 4 sudu, diameter 33 cm,
- Nozzle inlet: sudut 20–30° untuk memaksimalkan pusaran,
- Outlet: bentuk slinder memanjang untuk menjaga kestabilan vortex,
- Generator: tipe dinamo sepeda/motor DC 12V atau BLDC mini.

Selain itu, digunakan sistem *belt-pulley* untuk mencapai RPM optimal. Gambar rancangan bisa dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Turbine Vortex

4. Pembangunan dan Instalasi Unit di Lokasi

Kegiatan dilakukan melibatkan masyarakat, meliputi:

- pembuatan pondasi dan dudukan basin,
- pemasangan basin vortex,
- pemasangan impeller,
- instalasi generator dan box panel,
- penyambungan ke sistem kelistrikan musholla dan tempat lainnya.

Material utama menggunakan plat besi, Resin, Serat Fiber glass, dan pipa PVC untuk memastikan kekuatan struktur. proses pembangunan dan fabrikasi dapat dilihat pada gambar 2.

Hal. 115



Gambar 2. Proses Fabrikasi Turbine Vortex

5. Pelatihan Operasional untuk Masyarakat

Pelatihan diberikan mengenai:

- cara membersihkan sampah yang masuk basin,
- cara mengecek tegangan dan arus keluaran,
- penanganan gangguan sederhana,
- perawatan berkala generator dan bearing.

6. Uji Coba Operasional

Uji coba dilakukan untuk memastikan:

- kestabilan pusaran (vortex depth),
- RPM impeller,
- daya keluaran (*output watt*),
- kemampuan baterai menyimpan energi,
- kestabilan penerangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Kegiatan

Hasil kegiatan Pengabdian Penerapan Teknologi Tepat Guna (PPTTG) menunjukkan bahwa satu unit turbin vortex skala pikohidro berhasil dibangun dan dioperasikan di Desa Suka Makmur, Kecamatan Kutalimbaru. Kegiatan dimulai dari survei kondisi hidrologi, pengukuran debit, analisis kebutuhan energi, hingga perancangan dan instalasi perangkat. Informasi kegiatan disajikan berdasarkan pelaksanaan lapangan yang meliputi pembangunan pondasi basin, pemasangan *inlet*, instalasi impeller, pemasangan generator, dan penyambungan sistem kelistrikan ke musholla sebagai mitra utama. Hasil pelaksanaan Kegiatan di lokasi dapat dilihat pada gambar 3.

Hal. 116



Gambar 3. Hasil Pelaksanaan Kegiatan

Debit aliran sungai rata-rata berada pada kisaran 15–25 L/s dengan kecepatan 0,3–0,6 m/s. Debit tersebut memenuhi syarat minimal untuk menghasilkan pusaran yang stabil. Turbin yang dibangun memiliki basin berdiameter 75 cm dengan impeller 4 sudut dan generator DC 12V. Hasil pengukuran menunjukkan terbentuknya pusaran air (*vortex*) dengan kedalaman 30–45 cm yang menandakan bahwa aliran masuk (*inlet flow*) telah bekerja optimal. Daya keluaran berkisar 35–60 watt, cukup untuk menyalaikan tiga hingga empat lampu LED (5–7 watt) dan melakukan pengisian baterai.

Data hasil uji coba juga dapat ditampilkan dalam bentuk table 1. berikut sebagai interpretasi performa turbin:

Table 1. Data hasil uji coba

Debit (L/s)	RPM Impeller	Daya Keluaran (Watt)	Stabilitas Pusaran
< 15	170	28–35	Cukup

Debit (L/s)	RPM Impeller	Daya Keluaran (Watt)	Stabilitas Pusaran
15–20	210	40–55	Stabil
> 20	250–300	55–60	Sangat Stabil

Tabel tersebut menunjukkan adanya hubungan linier antara debit aliran dan peningkatan daya keluaran.

Hal. 117

Pembahasan

Hasil kegiatan menunjukkan bahwa penerapan teknologi turbin vortex memberikan solusi yang efektif pada daerah dengan *low head* dan debit kecil. Sistem ini terbukti dapat menghasilkan daya listrik secara berkelanjutan tanpa memerlukan bendungan besar. Analisis strategi yang digunakan meliputi penyesuaian desain basin, pemilihan sudut *inlet* 20–30°, dan penggunaan sistem *belt-pulley* untuk mencapai RPM optimal pada generator.

Dari aspek teknis, efisiensi turbin berada pada kisaran 35–45% dari daya teoritis. Hal ini sesuai dengan karakteristik turbin vortex skala kecil yang sangat dipengaruhi oleh kondisi pusaran dan masuknya aliran secara tangensial. Evaluasi lapangan juga menunjukkan bahwa perubahan debit harian tidak mengganggu operasi turbin secara signifikan karena bentuk pusaran tetap stabil pada 15–25 L/s.

Dari aspek sosial, pemasangan turbin memberikan dampak langsung berupa peningkatan kualitas penerangan musholla. Sebelumnya, gangguan listrik dari PLN menyebabkan aktivitas malam seperti shalat berjamaah, belajar mengaji, dan kegiatan pemuda sering terhenti. Dengan adanya penerangan mandiri, kegiatan tersebut kini dapat berlangsung lebih konsisten.

Masyarakat juga memperoleh pengetahuan baru tentang teknologi energi terbarukan melalui pelatihan perawatan, pembersihan *inlet*, pengecekan tegangan, dan pemahaman dasar sistem DC. Peningkatan literasi teknologi ini menjadi indikator bahwa pemberdayaan berjalan efektif.

Secara keseluruhan, implementasi turbin vortex relevan dengan kebutuhan energi desa dan merupakan pilihan yang lebih ekonomis dibandingkan PLTS atau genset. Hal ini selaras dengan kebijakan pemerintah terkait energi terbarukan dan pemberdayaan masyarakat melalui teknologi tepat guna.

PENUTUP

Kesimpulan

Program Pengabdian Penerapan Teknologi Tepat Guna (PPTTG) melalui penerapan turbin vortex di Desa Suka Makmur telah berhasil memberikan solusi

energi alternatif yang stabil dan ramah lingkungan. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa turbin mampu beroperasi secara optimal pada debit sungai rendah, menghasilkan daya 35–60 watt yang cukup untuk memenuhi kebutuhan penerangan musholla. Implementasi teknologi ini tidak hanya meningkatkan kualitas penerangan dan kenyamanan aktivitas ibadah masyarakat, tetapi juga meningkatkan kapasitas pengetahuan masyarakat melalui pelatihan operasional dan perawatan sistem. Keberhasilan program ini mencerminkan bahwa teknologi vortex sangat relevan untuk daerah berdebit kecil dan dapat dioperasikan secara mandiri oleh masyarakat setempat.

Hal. 118

Saran

Ke depan, pemanfaatan sistem turbin vortex diharapkan dapat diperluas melalui peningkatan kapasitas daya dengan menambah unit kedua atau mengintegrasikan sistem dengan panel surya sebagai sumber energi hybrid. Perawatan berkala seperti pembersihan *inlet* dan pengecekan generator perlu terus dilakukan agar kinerja sistem tetap optimal. Selain itu, diperlukan pendampingan lanjutan dalam jangka panjang untuk memastikan keberlanjutan teknologi serta mendorong masyarakat agar mampu melakukan pengembangan dan inovasi sederhana secara mandiri. Program seperti ini juga berpotensi dijadikan model penerapan energi terbarukan bagi desa-desa lain dengan kondisi hidrologi serupa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis menyampaikan terima kasih atas dukungan finansial dari dana DIPA Politeknik Negeri Medan tahun 2025 serta seluruh pihak masyarakat Desa Suka Makmur yang telah berpartisipasi aktif dalam setiap tahap kegiatan.

DAFTAR PUSTAKA

Agustina, D., Nasution, A., & Siregar, R. (2021). Penerapan teknologi tepat guna untuk pemberdayaan masyarakat desa. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(2), 112–119. <https://doi.org/10.31932/jpm.v5i2.2143>

Ardiansyah, R., & Putra, H. (2020). Analisis performa turbin vortex untuk pembangkit listrik skala kecil. *Jurnal Energi Terbarukan*, 9(1), 45–53. <https://doi.org/10.32734/jet.v9i1.3315>

Handoko, D., & Salim, M. (2018). Studi potensi energi air pada aliran sungai berdebit rendah. *Journal of Mechanical Engineering Research*, 7(3), 121–130. <https://doi.org/10.24036/jmer.v7i3.10234>

Ilyas, M. (2017). Profesionalisme nazhir wakaf dalam pemberdayaan ekonomi. *Jurnal Al-Qadau: Peradilan dan Hukum Keluarga Islam*, 4(1), 71–94. <https://doi.org/10.24252/al-qadau.v4i1.5719>

Hal. 119

Khan, M., & Mohammed, A. (2019). Design and performance analysis of gravitational vortex turbine for low head hydropower applications. *Renewable Energy Research Journal*, 14(2), 88–97. <https://doi.org/10.1016/rerj.2019.06.004>

Prasetyo, W., & Hadi, S. (2022). Pemberdayaan masyarakat berbasis teknologi energi terbarukan di daerah pedesaan. *Jurnal Pemberdayaan dan Energi Terbarukan*, 3(1), 33–41. <https://doi.org/10.21009/jpet.v3i1.2891>

Sopian, A., & Yuliana, T. (2020). Gravitational vortex turbine as a micro-hydro power generation solution for rural communities. *International Journal of Renewable Energy Development*, 9(3), 401–408. <https://doi.org/10.14710/ijred.9.3.401-408>