



MENGERAKKAN DESA SUMBERDODOL KE ARUS ENERGI BERSIH MELALUI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK MIKRO HIDRO

Muhammad Ivan Fanani¹, Adi Winata¹, Maya Puspita Sari¹, Pratiwi Anjar Sari¹

¹Universitas Sebelas Maret

Corresponding author: ivanfanani@student.uns.ac.id

ABSTRAK

Desa Sumberdodol yang terletak di lereng Gunung Lawu merupakan desa dengan empat pedukuhan yaitu Blanten, Gelang, Mategal, dan Ngablak. Desa Sumberdodol memiliki sumber daya air yang sangat melimpah sehingga memiliki potensi yang cukup tinggi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk menggerakkan Desa Sumberdodol menuju arus energi bersih melalui perencanaan dan implementasi pembangkit listrik mikro hidro. Studi dengan melibatkan proses perencanaan yang komprehensif, termasuk analisis sumber daya air, pemilihan lokasi yang optimal, dan perhitungan teknis dilakukan untuk membangun pembangkit listrik mikro hidro yang efisien. Selain itu, pemahaman penduduk desa dalam seluruh proses perencanaan dimana pembangkit listrik mikro hidro tidak mengganggu aliran air pada irigasi menjadi fokus utama untuk memastikan penerimaan dan keberlanjutan proyek. Hasil dari penelitian ini didapatkan data potensi Umbul Dampit dengan luasan 1,168 m² yang menghasilkan debit luaran 0,03684 m³/s. Melalui potensi tersebut dilakukan analisis perhitungan sehingga diketahui 2,7 kW daya yang dapat dibangkitkan dengan memanfaatkan turbin pelton head 12 m. Penelitian ini merupakan langkah awal menuju arus energi bersih dan berkelanjutan, dan sebagai contoh nyata bagaimana masyarakat pedesaan dapat berkontribusi pada perubahan positif dalam menjaga lingkungan dan mencapai mandiri energi.

Kata kunci: Air, Desa, Energi, Mikro Hidro, Pelton

Pendahuluan

Kuliah Kerja Nyata dengan tema Membangun Desa merupakan salah satu program Universitas Sebelas Maret dalam rangka memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk menerapkan ilmu yang telah didapatkan di bangku kuliah ke lapangan secara langsung. Salah satu desa yang berkesempatan sebagai tempat kuliah kerja nyata ini adalah Desa Sumberdodol. Desa Sumberdodol merupakan desa yang terletak di lereng Gunung Lawu, tepatnya di tepi Kota Magetan. Terdapat empat dukuh di Desa Sumberdodol, diantaranya Blanten, Gelang, Mategal, dan Ngablak. Namun, kegiatan kuliah kerja nyata di Desa Sumberdodol berfokus di dukuh Blanten dan Gelang. Dengan tema yang diusung yaitu Perencanaan dan Perancangan Desa Wisata Berbasis Mandiri Energi.

Desa Mandiri Energi (DME) merupakan salah satu program Presiden RI pada tahun 2007 berupa upaya penggerakan desa untuk memenuhi kebutuhannya secara mandiri. Kriteria dari Desa mandiri energi adalah desa mampu memenuhi minimal 60% dari total



kebutuhan energinya dengan memberdayakan potensi sumber daya setempat serta tumbuhnya kegiatan produktif untuk meningkatkan perekonomian desa sebagai dampak dari ketersediaan energi lokal. Desa Sumberdodol memiliki potensi air yang sangat melimpah, terdapat beberapa sumber mata air yang memancar sepanjang tahun. Namun, kini sumber mata air tersebut hanya digunakan untuk keperluan irigasi, air minum, dan perikanan saja. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk memanfaatkan potensi air yang melimpah tersebut sebagai pembangkit listrik tenaga mikro hidro guna mewujudkan desa mandiri energi.

Pembangkit listrik tenaga mikro hidro merupakan suatu pembangkit listrik dengan skala kecil yang memanfaatkan air sebagai penggeraknya dengan memanfaatkan tinggi jatuhnya air (*head*) dan debit air. PLTMH ini menggunakan aliran dari Umbul Dampit sebagai penggerak turbin. Dengan *head* dan debit air yang terbatas, rancangan PLTMH di Desa Sumberdodol ini didesain sedemikian rupa untuk memanfaatkan potensi yang ada. Sistem perencanaan PLTMH ini direncanakan akan dibangun di atas tanah bengkok milik desa dan berada satu kompleks dengan rencana pembangunan desa wisata.

Metode

Dalam perencanaan pembangkit listrik mikro hidro ini perhitungan dilakukan berdasarkan parameter potensi yang telah ditentukan yaitu berupa debit total dari Umbul Dampit ($Q_t = 0,052624 \text{ m}^3/\text{s}$), *head* ($H = 12$ meter), gravitasi ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$), dan nilai $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.

Berdasarkan parameter tersebut digunakan beberapa formulasi perhitungan meliputi daya potensi dan daya efektif teoretis PLTMH, perhitungan debit PLTMH dan irigasi, luas pipa PLTMH dan irigasi, diameter pipa PLTMH dan irigasi, volume bak penenang, kecepatan aliran *penstock*, rugi gesekan dinding *penstock*, rugi turbulensi *penstock*, rugi *friction penstock*, *head net*, *pressure wave velocity*, *surge pressure*, rugi-rugi total *penstock*, *safety factor*, kecepatan *output nozzle*, kecepatan tangensial *nozzle*, diameter ujung *nozzle*, sudu turbin, jumlah sudu turbin, kecepatan keliling optimal turbin, putaran mesin yang digerakkan turbin, daya aktual turbin, kecepatan spesifik turbin, dan torsi. Formula tersebut ditabulasikan pada Tabel 1. Setelah proses analisis matematis kemudian dilanjutkan desain 3D melalui perangkat lunak Autodesk Fusion 360.

Tabel 1. Formulasi Perhitungan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

No	Perhitungan	Formula
1	Daya potensi PLTMH	$P_{\text{potensi}} = \rho \times Q_1 \times g \times H$
2	Daya efektif teoritis PLTMH	$P_{\text{efektif}} = P_{\text{potensi}} \times \text{eff}_{\text{turbin}} \times \text{eff}_{\text{generator}}$
3	Debit PLTMH	$Q_1 = 70\% Q_t$
4	Debit irigasi	$Q_2 = 30\% Q_t$
5	Luas pipa PLTMH	$A_1 = Q_1/v$
6	Luas pipa irigasi	$A_2 = Q_2/v$



7	Diameter pipa PLTMH	$D_1 = \sqrt{((4A_1)/\pi)}$
8	Diameter pipa irigasi	$D_2 = \sqrt{((4A_2)/\pi)}$
9	Volume bak penenang	$V = P.l.t$
10	Kecepatan aliran <i>penstock</i>	$v = (4Q)/(\pi.d^2)$
11	Rugi gesekan dinding <i>penstock</i>	$h_{wall\ loss} = (f.L.0,08.Q^2)/d^5$
12	Rugi turbulensi <i>penstock</i>	$h_{tub\ loss} = v^2/(2g)(K)$
13	Rugi <i>friction penstock</i>	$h_{friction} = h_{wall\ loss} + h_{tube\ loss}$
14	<i>Head_{net}</i>	$H_{net} = H_{gross} - H_{friction}$
15	<i>Pressure wave velocity</i>	$a = \frac{1400}{\sqrt{(1 + ((2,1 \times 10^9 \times d)/(E \times t)))}}$
16	<i>Surge pressure</i>	$h_{surge} = (a \cdot v)/g$
17	Rugi-rugi total <i>penstock</i>	$h_{total} = H_{gross} + h_{surge}$
18	<i>Safety factor</i>	$SF = (t \times s)/(5 \times h_{total} \times 10^3 \times d)$
19	Kecepatan <i>output nozzle</i>	$C_1 = K_c \cdot \sqrt{(2 \cdot g \cdot H)}$
20	Kecepatan tangensial <i>nozzle</i>	$u = C_1/2$
21	Diameter ujung <i>nozzle</i>	$d = 0,54 \cdot \sqrt{(Q/vH)}$
22	Sudu turbin	$l = 2,5 \times d$ $t = (12 \times L)/38$ $p = (34 \times l)/38$ $T = (2 \times l)/38$
23	Jumlah sudu turbin	$z = 5,4 \times \sqrt{(D_{disk}/d)}$
24	Kecepatan keliling optimal turbin	$U_1 = k_u(2 \cdot g \cdot H_n)^{1/2}$
25	Putaran mesin yang digerakkan turbin	$n = (60 \cdot U_1 \cdot i)/(\pi \cdot D)$
26	Daya aktual turbin	$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta$
27	Kecepatan spesifik turbin	$N_s = n(P^{1/2}/H^{5/4})$
28	Torsi	$T = (60 \cdot P)/(2 \cdot \pi \cdot n)$



Hasil, Pembahasan, dan Dampak

Perhitungan pembangkit listrik tenaga mikro hidro yang telah dilaksanakan menghasilkan data-data seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Berikut juga dilengkapi desain 3D instalasi turbin dan generator yang dirancang untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro di Desa Sumberdodol seperti digambarkan pada Gambar 1-5. Desain tersebut disesuaikan dengan hasil perhitungan yang sebelumnya telah perhitungkan. Memanfaatkan turbin jenis pelton dengan jumlah sudu sebanyak 7 buah dan dengan diameter ujung *nozzle* 5,5 cm. Desain tersebut potensial dengan membangkitkan daya sebesar 2,7 kW untuk membantu elektrifikasi mandiri di Desa Sumberdodol.

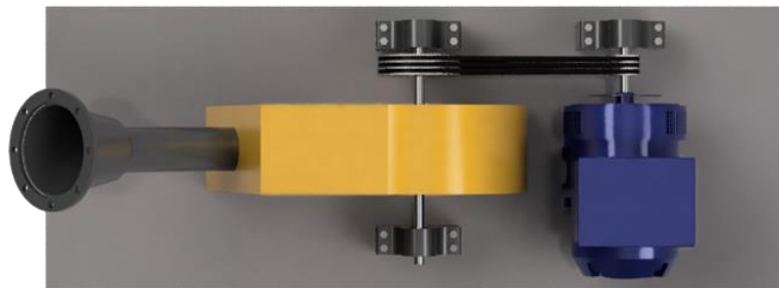
Tabel 2. Hasil Perhitungan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

No	Perhitungan	Hasil
1	Daya potensi PLTMH	$P_{potensi} = 4,3 \text{ kW}$
2	Daya efektif teoritis PLTMH	$P_{efektif} = 2,7 \text{ kW}$
3	Debit PLTMH	$Q_1 = 0,03684 \text{ m}^3/\text{s}$
4	Debit irigasi	$Q_2 = 0,015787 \text{ m}^3/\text{s}$
5	Luas pipa PLTMH	$A_1 = 0,045605 \text{ m}^2$
6	Luas pipa irigasi	$A_2 = 0,019544 \text{ m}^2$
7	Diameter pipa PLTMH	$D_1 = 9,48941 \text{ inch}$
8	Diameter pipa irigasi	$D_2 = 6,212 \text{ inch}$
9	Volume bak penenang	$V = 3,0625 \text{ m}^3$
10	Kecepatan aliran <i>penstock</i>	$v = 0,75 \text{ m/s}$
11	Rugi gesekan dinding <i>penstock</i>	$h_{wall \text{ loss}} = 0,35 \text{ m}$
12	Rugi turbulensi <i>penstock</i>	$h_{tub \text{ loss}} = 0,023 \text{ m}$
13	Rugi <i>friction penstock</i>	$h_{friction} = 0,373 \text{ m}$
14	$Head_{net}$	$H_{net} = 12 \text{ m}$
15	<i>Pressure wave velocity</i>	$a = 1398,47126 \text{ m/s}$
16	<i>Surge pressure</i>	$h_{surge} = 107,026 \text{ m}$
17	Rugi-rugi total <i>penstock</i>	$h_{total} = 119,026 \text{ m}$
18	<i>Safety factor</i>	$SF = 3$
19	Kecepatan <i>output nozzle</i>	$C_1 = 14,88 \text{ m/s}$
20	Kecepatan tangensial <i>nozzle</i>	$u = 7,44 \text{ m/s}$



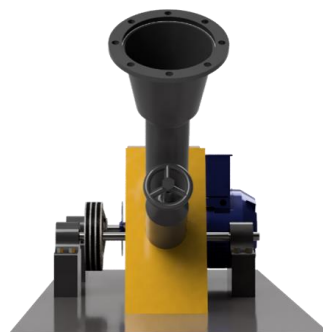
21	Diameter ujung <i>nozzle</i>	$d = 5,5 \text{ cm}$
22	Sudu turbin	$l = 13,75 \text{ cm}$ $t = 4,34 \text{ cm}$ $p = 12,3 \text{ cm}$ $T = 0,72 \text{ cm}$
23	Jumlah sudu turbin	$z = 7 \text{ sudu}$
24	Kecepatan keliling optimal turbin	$U_1 = 7,52 \text{ m/s}$
25	Putaran mesin yang digerakkan turbin	$n = 428,72 \text{ rpm}$
26	Daya aktual turbin	$P = 3463,79 \text{ W} = 4,64 \text{ HP}$
27	Kecepatan spesifik turbin	$N_s = 41,34 \text{ rpm}$
28	Torsi	$T = 0,0770 \text{ Nm}$

Sumber: Dokumen Pribadi



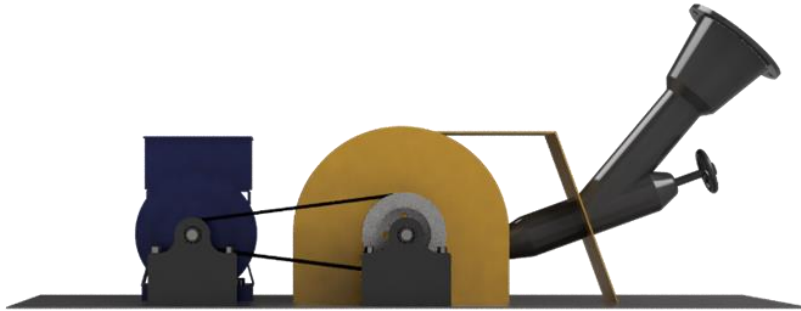
Gambar 1. *Assembly* Turbin & Generator Tampak Atas

Sumber: Dokumen Pribadi



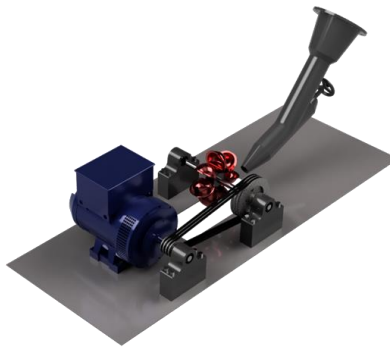
Gambar 2. *Assembly* Turbin & Generator Tampak Depan

Sumber: Dokumen Pribadi



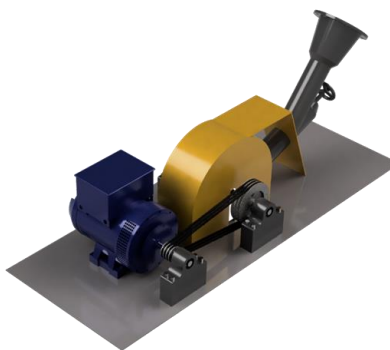
Gambar 3. *Assembly Turbin & Generator Tampak Samping*

Sumber: Dokumen Pribadi



Gambar 4. *Assembly Turbin & Generator Tampak ISO (Tanpa Casing)*

Sumber: Dokumen Pribadi



Gambar 5. *Assembly Turbin & Generator Tampak ISO*

Sumber: Dokumen Pribadi

Hasil perancangan pembangkit listrik tenaga mikro hidro di Desa Sumberdodol selanjutnya diseminarkan sebagai kelanjutan dari perencanaan potensi desa mandiri energi. Seminar perancangan potensi tersebut disaksikan langsung oleh Sekretaris Daerah Kabupaten Magetan, Kepala Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Magetan, Kepala Dinas Pariwisata Kabupaten Magetan, Camat Panekan, dan Perangkat Desa Sumberdodol beserta perwakilan beberapa kelompok masyarakat. Beberapa hal yang disampaikan dalam seminar ini



seperti perhitungan data potensi energi listrik dari aliran Umbul Dampit, detail *engineering design* instalasi mikro hidro, dan rancangan anggaran biaya (RAB) pembuatan PLTMH di Umbul Dampit, Desa Sumberdodol.

Penutup

1. Setelah melakukan survey dan analisis, turbin jenis pelton dipilih sebagai penggerak karena dinilai lebih efisien digunakan pada *head* yang rendah dan debit air yang kecil. Ketinggian aliran air dari bak penenang ke turbin sebesar 12 meter dan debit air yang dihasilkan sebesar 0,03684 m³/s.
2. Daya teoritis yang dihasilkan oleh turbin hasil perencanaan adalah sebesar 2.7 kW.
3. Perencanaan ini menjadi dasar atau tolok ukur untuk merealisasikan pembangunan PLTMH di Desa Sumberdodol. Tindak lanjut yang perlu dilakukan oleh Pemerintah Desa adalah melakukan diskusi lanjutan dengan instansi pemerintah terkait seperti Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang serta BUMN yang berkaitan dengan sumber energi seperti PLN dan Indonesia Power untuk mendukung potensi desa menjadi desa mandiri energi.

Ucapan Terima Kasih

1. UPKKN LPPM Universitas Sebelas Maret (UNS) yang telah memfasilitasi pelaksanaan kegiatan KKN periode Juli-Agustus 2023.
2. Segenap mahasiswa KKN Kelompok 177: Lintang Rizki Pinasti, Affan Maulana Yasin, Balaa Syahidna Cahya Yudhistira, Dipta Duhita Ahimsa, Iyad Allaam Prayogo, Farrel Julio Regannanta, dan Rizky Cahyo Setiawan.

Referensi

- A. Rohermanto, "Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)," *Jurnal Vokasi*, vol. 4, no. 1, pp. 28–36, 2007.
- B. S. Wiranto, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro," Universitas Negeri Jakarta, Jakarta, 2018.
- Devarinda and Y. A. Prabowo, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan Turbin Crossflow Di Lampung Selatan," *SNESTIK*, 2022, doi: 10.31284/p.snestik.2022.2830.
- Juwito Arief Febriansyah, Sasongko P, dan T. Haryono. 2012. Optimalisasi Energi Terbarukan pada Pembangkit Tenaga Listrik dalam Menghadapi Desa Mandiri Energi di Margajaya. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*. Vol 15(1): 22-34.
- M. D. T. Sogen and V. N. Van Harling, "Studi Perencanaan Pembangunan PLTMH Di Kampung Sasnek Distrik Sawiat Kabupaten Sorong Selatan Provinsi Papua Barat," *Electro Luceat*, vol. 3, no. 1, pp. 1–13, 2017, doi: 10.32531/jelekn.v3i1.63.
- R. A. Suatan, I. A. D. Giriantari, and I. W. Sukerayasa, "Kajian Ekonomi Rencana PLTMH di Desa Panji," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 19, no. 2, p. 263, Dec. 2020, doi: 10.24843/mite.2020.v19i02.p20.