

ANALISA PENGARUH VARIASI RPM TERHADAP SUDU-SUDU PADA Trainer PLT MIKRO HIDRO

Wiji Lestariningsih¹, Moch. Choifin², Sholichin³

^{1,2,3} Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Maarif Hasyim Latif, Sidoarjo, Indonesia
e-mail :wiji_lestariningsih@dosen.umaha.ac.id, moch_choifin@dosen.umaha.ac.id

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui cara kerja alat pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) terhadap keluaran daya dengan variasi kecepatan putaran atau rpm. Pengujian ini dilaksanakan di technopark Universitas Maarif Hasyim Latif Sidoarjo dimana menggunakan variasi kecepatan putaran, yaitu 539 rpm dan 677 rpm. Metode yang digunakan di Tugas Akhir ini adalah kuantitatif. Cara kerja alat ini dimulai ketika aliran air masuk ke dalam alat PLTMH dan memutar turbin. Putaran turbin tersebut kemudian diubah menjadi keluaran daya listrik dan menghasilkan debit air. Variasi kecepatan putaran atau rpm ini berdampak signifikan pada besarnya daya dan debit air yang dihasilkan oleh alat. Berdasarkan hasil poengujian diketahui bahwa terdapat perbedaan daya sebesar 0,56 volt antara kecepatan putaran 539 rpm dan 677 rpm. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan putaran turbin dapat mempengaruhi efektivitas produksi daya listrik alat PLTMH.

Kata kunci: debit air, energi terbarukan, keluaran daya, PLTMH.

PENDAHULUAN

Energi memainkan peranan sentral dalam berbagai aspek kehidupan manusia, menjadi faktor krusial yang mendukung keberlangsungan dan kemajuan setiap aktivitas. Tanpa energi, proses pembangunan dan peningkatan kesejahteraan manusia akan mengalami hambatan yang signifikan, mengingat setiap aspek kehidupan kita sangat bergantung pada ketersediaan sumber daya energi yang memadai. Di antara berbagai tipe energi, energi listrik menonjol sebagai salah satu yang paling berpengaruh dan vital. Seiring dengan pertumbuhan populasi global dan kemajuan teknologi yang pesat, kebutuhan terhadap energi listrik semakin meningkat. Energi listrik dapat dianggap sebagai bentuk teknologi esensial, karena hampir setiap alat dan perangkat modern mulai dari peralatan rumah tangga hingga sistem industri memerlukan untuk berfungsi dengan optimal. Dalam konteks ini, sangat penting bagi manusia untuk terus mencari solusi yang efektif dan berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan energi ini. Salah satu solusi yang menjanjikan adalah pengembangan energi terbarukan, seperti pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH). Teknologi ini memanfaatkan aliran air sebagai sumber energi untuk menghasilkan listrik, menawarkan alternatif yang sangat bermanfaat, terutama di daerah pedesaan yang kaya akan sumber air. Namun, meskipun teknologi ini memiliki potensi besar, masih ada kendala signifikan dalam penyebaran informasi dan akses pendidikan terkait. Banyak potensi yang belum dimanfaatkan secara optimal karena keterbatasan dalam media dan akses informasi tentang teknologi ini. Untuk mengatasi masalah ini, peningkatan media dan akses informasi tentang teknologi energi terbarukan sangatlah penting. Dengan memperluas jangkauan informasi dan meningkatkan akses pendidikan mengenai teknologi seperti

PLTMH, lebih banyak individu dan komunitas dapat mempelajari, mengimplementasikan, dan memanfaatkan solusi energi terbarukan dalam kehidupan sehari-hari mereka. Ini tidak hanya akan membantu memenuhi kebutuhan energi yang berkembang tetapi juga mendukung upaya global dalam menuju keberlanjutan dan perlindungan lingkungan.

Saat ini, perhatian semakin tertuju pada pengembangan pembangkit listrik tenaga mikro hidro sebagai salah satu solusi alternatif yang sangat menjanjikan untuk memenuhi kebutuhan energi global. Pembangkit listrik mikrohidro adalah sistem yang memanfaatkan kekuatan aliran air sebagai sumber daya penggerak untuk menghasilkan energi listrik. Dengan memanfaatkan perbedaan ketinggian dan volume aliran air, sistem ini dapat mengubah energi potensial dan kinetik dari air menjadi energi listrik yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan, mulai dari penerangan hingga pengoperasian perangkat industri kecil. Sebagai bentuk inovasi dalam teknologi energi terbarukan, pembangkit listrik tenaga mikrohidro menawarkan solusi konkret di tengah semakin menipisnya cadangan minyak bumi dan meningkatnya kesadaran akan perlunya sumber energi yang lebih ramah lingkungan. Teknologi ini memiliki keunggulan dalam kemampuannya untuk beroperasi pada skala kecil namun dengan efisiensi yang tinggi, menjadikannya sangat cocok diterapkan di daerah pedesaan atau komunitas yang memiliki sumber air melimpah namun terisolasi dari jaringan listrik utama. Penerapan pembangkit listrik mikrohidro tidak hanya membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, tetapi juga memberikan kesempatan untuk meningkatkan akses energi secara berkelanjutan dan

ramah lingkungan. Ini mendukung upaya global untuk beralih ke sistem energi yang lebih berkelanjutan, dengan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan meningkatkan kemandirian energi lokal. Oleh karena itu, pengembangan dan penyebaran teknologi mikrohidro memainkan peran penting dalam transisi menuju sistem energi yang lebih berkelanjutan, mengatasi tantangan energi dengan cara yang inovatif dan efisien.

Untuk mencapai performa optimal dari turbin Pelton, sangat penting untuk melakukan penyesuaian pada kecepatan operasionalnya. Salah satu metode yang umum digunakan untuk mencapai penyesuaian ini adalah dengan mengatur variasi kecepatan putaran turbin, yang biasanya dilakukan melalui perubahan RPM menggunakan alat dimmer. Variasi ini memungkinkan penyesuaian kinerja turbin agar sesuai dengan kondisi operasional yang ada serta karakteristik aliran air yang tersedia, yang dapat bervariasi secara signifikan. Mengingat pentingnya pemahaman mendalam mengenai bagaimana perubahan RPM dapat mempengaruhi efisiensi turbin Pelton. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki secara mendetail bagaimana perubahan kecepatan putaran mempengaruhi kinerja sudu-sudu turbin Pelton dalam konteks pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Dengan menganalisis dampak variasi RPM terhadap sudu-sudu turbin, penelitian ini diharapkan dapat mengungkap data yang relevan yang akan membantu dalam mengoptimalkan desain dan operasi turbin. Tujuan akhirnya adalah untuk meningkatkan efisiensi sistem pembangkit listrik mikro hidro secara keseluruhan, dengan menghasilkan wawasan yang dapat diterapkan untuk memperbaiki performa dan keberlanjutan operasional turbin Pelton. Informasi yang diperoleh dari studi ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pengembangan teknologi energi terbarukan dan meningkatkan efektivitas penggunaan sumber daya air untuk pembangkit listrik.

METODE PENELITIAN

Pada tahap awal penelitian ini, perhatian utama tertuju pada eksplorasi proses pemanfaatan air dari pompa untuk menghasilkan energi listrik secara efisien. Penelitian ini berfokus pada bagaimana air yang dipompa dapat dimanfaatkan secara optimal dengan menggunakan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Dalam sistem PLTMH ini, energi mekanik yang dihasilkan dari aliran air yang dipompa digunakan untuk memutar turbin. Turbin ini, pada gilirannya, terhubung dengan generator yang berfungsi untuk mengubah energi kinetik dari putaran turbin menjadi energi listrik yang dapat digunakan.

Proses ini memerlukan pemahaman mendalam tentang bagaimana aliran air yang dikendalikan oleh pompa dapat dioptimalkan untuk meningkatkan rotasi turbin dan efisiensi konversi energi secara keseluruhan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis berbagai faktor yang mempengaruhi efektivitas konversi energi dalam sistem PLTMH, termasuk pengaruh aliran air, desain turbin, dan kinerja generator. Selain itu, penelitian ini juga berfokus pada

pengembangan metode yang lebih efisien dalam memanfaatkan sumber daya air untuk pembangkitan listrik, dengan harapan dapat menghasilkan solusi yang lebih baik untuk kebutuhan energi berkelanjutan. Turbin Pelton beroperasi dengan prinsip yang sederhana namun sangat efektif, yaitu dengan memanfaatkan semburan air yang diarahkan melalui satu atau lebih nozzle. Aliran fluida dalam pipa, yang disebabkan oleh perbedaan head atau ketinggian, mengalir dengan kecepatan tinggi melalui nozzle, menghasilkan tekanan yang signifikan. Desain sudu turbin Pelton, yang terdiri dari dua bagian simetris, menciptakan struktur yang sangat optimal untuk konversi energi dari aliran air. Ketika tekanan air diubah menjadi kecepatan, pancaran air dengan daya impuls tinggi mengenai bagian tengah sudu turbin.

Proses ini menyebabkan pancaran air dibelokkan kedua arah, yang memungkinkan turbin memanfaatkan energi secara efisien melalui perubahan arah pancaran. Dalam hal ini, cara kerja turbin Pelton sangat bergantung pada transformasi gaya potensial air menjadi gaya mekanis melalui reaksi impuls pada runner turbin. *Runner* turbin berputar secara efektif ketika semburan air dari *nozzle* mengenai sudu-sudu, menggerakkan turbin dan menghasilkan energi mekanis. Desain dan mekanisme ini memastikan bahwa energi yang terkandung dalam aliran air diubah secara efisien menjadi energi mekanik yang dapat digunakan untuk pembangkitan listrik atau aplikasi lainnya.

Selain dikenal karena efisiensinya dalam konversi energi, turbin Pelton juga memiliki beberapa keunggulan tambahan. Turbin ini termasuk ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi berbahaya dan memanfaatkan sumber daya air yang dapat diperbarui. Fleksibilitas tinggi juga menjadi salah satu kelebihan turbin Pelton, yang dapat disesuaikan untuk berbagai aplikasi dan kondisi aliran air. Selain itu, turbin ini relatif mudah dalam hal pengelolaan dan perbaikan, berkat desainnya yang sederhana dan komponen yang tidak memerlukan perawatan yang rumit. Namun, di balik berbagai keunggulannya, turbin Pelton juga memiliki beberapa kekurangan. Turbin ini sangat sensitif terhadap fluktuasi dalam aliran air, yang dapat mempengaruhi kinerjanya secara signifikan. Selain itu, biaya awal untuk pemasangan turbin Pelton cenderung relatif tinggi, yang dapat menjadi kendala dalam proyek-proyek kecil atau skala rumah tangga. Turbin Pelton juga kurang efisien pada beban rendah, di mana output daya yang dihasilkan mungkin tidak seoptimal pada beban yang lebih tinggi. Dalam penelitian ini, turbin Pelton yang digunakan memiliki konfigurasi vertikal dengan jumlah sudu sebanyak 12 buah, masing-masing berukuran 6 cm. Ukuran keseluruhan turbin Pelton dalam penelitian ini adalah 24 cm. Konfigurasi ini dirancang secara khusus untuk mengoptimalkan konversi energi dari aliran air menjadi energi mekanis, dengan harapan dapat meningkatkan efisiensi sistem pembangkit listrik tenaga mikro hidro yang diteliti.

Putaran turbin yang berkelanjutan dihasilkan oleh aliran air yang secara konsisten mengalir melalui

setiap *bucket* pada turbin. Aliran air ini menyebabkan *bucket-bucket* turbin berputar secara teratur, yang kemudian memutar gear dan rantai yang terhubung dengan generator. Generator ini berfungsi untuk mengubah energi mekanik dari putaran turbin menjadi energi listrik yang dapat digunakan. Arus listrik yang dihasilkan oleh generator disalurkan ke aki, yang berperan sebagai alat penampung atau pengganti baterai untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan, memastikan pasokan listrik yang stabil untuk penggunaan lebih lanjut. Untuk memantau dan mengukur arus listrik yang dihasilkan oleh generator, digunakan voltmeter, alat yang mengukur tegangan dan memberikan informasi tentang arus listrik yang tersedia dari sistem. Sementara itu, tachometer digunakan untuk mengukur kecepatan putaran poros generator, menampilkan kecepatan rotasi dalam satuan yang sesuai. Dengan memanfaatkan kedua alat ini, voltmeter dan tachometer, kinerja sistem pembangkit listrik dapat dipantau secara akurat. Pengukuran ini sangat penting untuk memastikan bahwa turbin beroperasi dengan efisien dan menghasilkan energi listrik yang optimal, serta untuk melakukan penyesuaian yang diperlukan agar sistem berfungsi pada tingkat performa terbaiknya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

$$V = 40.20.80 = 64000 \text{ m}^3$$

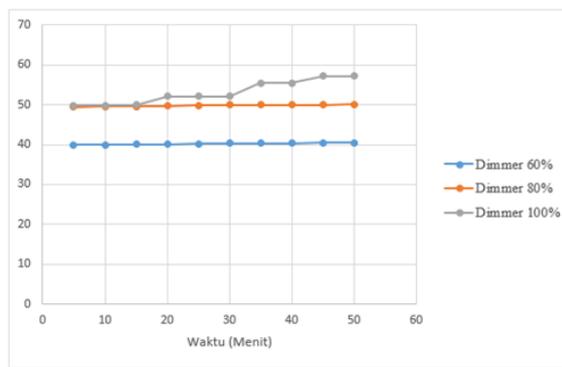
- Variasi dimmer 60% (539 rpm)

$$D = \frac{v}{t} = \frac{64000 \text{ m}^3}{21,29 \text{ s}} = 3,006,11 \text{ L}$$

- Variasi dimmer 80% (677 rpm)

$$D = \frac{v}{t} = \frac{64000 \text{ m}^3}{16,16 \text{ s}} = 3,960,4 \text{ L}$$

Maka debit yang dihasilkan dengan dimmer 60% (539 rpm) adalah 3,006,11 L, dan dengan dimmer 80% (677 rpm) adalah 3,960,4 L



Gambar 1. Grafik tegangan yang dihasilkan dengan dimmer 60%, 80%, dan 100%

Pada setiap pengujian yang dilakukan untuk variasi RPM dengan menggunakan dimmer, ditemukan bahwa pengaturan pada 60% menghasilkan tegangan sebesar 0,6 V, sementara pada pengaturan 80% menghasilkan tegangan 0,7 V. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa grafik tegangan pada setiap turbin mengalami peningkatan secara

signifikan setiap 5 menit. Peningkatan ini disebabkan oleh putaran turbin yang semakin cepat akibat gaya berat air dan tekanan yang bekerja terus-menerus selama periode pengujian. Selama 50 menit pengujian, turbin terus beroperasi di bawah kondisi tersebut, yang menghasilkan rata-rata tegangan masing-masing sebesar 40,24 volt pada pengaturan 60% dan 49,8 volt pada pengaturan 80%. Grafik ini menunjukkan bahwa seiring dengan waktu dan meningkatnya kecepatan putaran turbin, tegangan yang dihasilkan juga mengalami kenaikan. Hal ini mengindikasikan bahwa perubahan kecepatan turbin secara langsung mempengaruhi output tegangan, dengan pengaturan RPM yang lebih tinggi menghasilkan tegangan yang lebih besar.

Tabel 1. Tabel tegangan yang dihasilkan dengan dimmer 60%, 80%, 100%

Menit	Tegangan dimmer 60 % (Volt)	Tegangan dimmer 80 % (Volt)	Tegangan dimmer 100% (Volt)
5	39,9	49,4	49,8
10	40	49,5	49,8
15	40,1	49,6	50
20	40,1	49,7	52,1
25	40,2	49,8	52,1
30	40,3	49,9	52,1
35	40,4	50	55,4
40	40,4	50	55,4
45	40,5	50	57,2
50	40,5	50,1	57,2
Rata-rata	40,24 Volt	49,8 Volt	53,11 Volt

PENUTUP

Berdasarkan teknik pengumpulan data dan pembahasan penulis dapat menyimpulkan dengan variasi kecepatan 639 rpm dan 677 rpm menghasilkan perbedaan tegangan sebesar 9,56 volt dan debit yang dihasilkan paling banyak adalah dengan variasi 677 rpm yang menghasilkan debit sebesar 9,960,4 L

UCAPAN TERIMA KASIH

Syukur alhamdulillah saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-

Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan jurnal ini. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aswan, D., Ritonga, A., Mesin, T., Medan, U. H., Mesin, T., Medan, U. H., Gunawan, R., Mesin, T., Medan, U. H., Bucket, J., Turbin, M. B., & Pleton, T. (2020). Optimasi kinerja turbin pelton respon kemiringan bucket. 5035, 167–174.
- Aswan, D., Ritonga, A., Mesin, T., Medan, U. H., Mesin, T., Medan, U. H., Gunawan, R., Mesin, T., Medan, U. H., Bucket, J., Turbin, M. B., & Pleton, T. (2020). Optimasi kinerja turbin pelton respon kemiringan bucket. 5035, 167–174.
- Auzan, L. (2021). Pengaruh Tinggi Jatuh Air (Head) Terhadap Unjuk Kerja Turbin Pelton Skala Mikro. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik*, 1(4), 1–13.
- Cakrawala⁹⁶. (2021a). Turbin Kaplan: Pengertian dan Cara Kerjanya. Turbin Kaplan.
- Cakrawala⁹⁶. (2021b). Turbin Pelton: Pengertian, Bagian-bagian, dan Cara Kerja. Apa Itu Turbin Pelton.
- Casing, S., Vanes, S., Vanes, G., Blades, R., & Tube, D. (2020). An Ultimate Guide to Francis Turbine Major Components of Francis Turbines With Diagram. 1–12. <https://linquip.com/blog/an-ultimate-guide-to-francis-turbine>
- Component, C. T. J. (2021). Fungsi Pulley & Sabuk Belt, Kelebihan dan Kekurangan. Fungsi Pulley.
- Mesin, S. T., Teknik, F., Surabaya, U. N., Mesin, J. T., Teknik, F., & Surabaya, U. N. (2021). LENGKUNG POSISI SEJAJAR TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI PADA TURBIN PELTON Yayang Liona Priyo Heru Adiwibowo Abstrak.
- Napid, S., Nasution, M., & Sibarani, R. M. (2023). Pengaruh Jumlah Variasi Sudu Terhadap Daya Output. 18(2).
- Nurhidayat, M. (2021). Studi Percobaan Pengaruh Variasi Beban Kerja Terhadap Unjuk Kerja Turbin Pelton Skala Mikro. *Jurnal Mahasiswa Teknik (JIMT)*, 1(4), 1–9. <http://jurnalmahasiswa.umsu.ac.id/index.php/jimt/article/view/737>
- Rangkuti, M. (2023). Apa Itu Pembangkit Listrik Tenaga Air? Pembangkit Listrik Tenaga Air.
- Sinaga, B. F. P. (2022). Eksamen Kinerja Turbin Pelton Dengan 20 Sudu Dan 3 Nozzle Akibat Variasi Terhadap Tinggi Jatuh Air. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT]*, 2, 1–9. <http://jurnalmahasiswa.umsu.ac.id/index.php/jimt/article/view/1344>
- Sucofindo. (2023). sudahkah anda memahami apa itu energi terbarukan? Apa Itu Energi Terbarukan.
- Suparna. (2021). Mengenal Apa Itu RPM Mesin. Apa Itu Rpm Mesin.
- Utami, S. N. (2022). Debit Air: Pengertian, Rumus, dan Satuannya. Debit Air.
- wilman jurnaidi & cecep saeful mukti, S. p. (2023). Pengertian Daya Listrik Lengkap dengan Rumus dan Contohnya. Daya Listrik.