

Rancang Bangun *Trainer* Pembangkit Listrik Tenaga *Mikrohidro* Menggunakan Turbin Pelton

Achmad Taufik Hidayat dan Mochammad Choifin

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Maarif Hasyim Latif Sidoarjo
Jl. Raya Ngelom Megare No. 30, Ngelom, kec. Taman, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur 61257

e-mail : mochammad_choifin@dosen.umaha.ac.id

Received 1 Agustus 2024 | Revised 24 Desember 2024 | Accepted 15 Januari 2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun *trainer mikrohidro* menggunakan turbin Pelton sebagai alat pembelajaran energi terbarukan. Proses perancangan meliputi identifikasi kebutuhan, desain atau konsep, pengadaan komponen, perakitan, dan pengujian. Turbin Pelton dipilih karena efisiensinya dalam mengkonversi energi potensial air menjadi energi mekanik pada aliran bertekanan tinggi. Pengambilan data dilakukan dengan mengukur aliran air, ketinggian air, output tegangan menggunakan alat ukur voltmeter. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan daya listrik yang stabil dan efisien sesuai spesifikasi desain. *Trainer mikrohidro* ini efektif untuk mengajarkan prinsip *mikrohidro* dan konversi energi terbarukan. Dalam percobaan variasi yang berbeda pada alat *Trainer mikrohidro* memberikan dampak pada keluaran tegangan yang dihasilkan. Untuk performa terbaik terdapat pada pengujian menggunakan dimmer dengan nilai rata-rata tegangan sebesar 50,02 V dan rata-rata kecepatan putaran generator sebesar 707 Rpm.

Kata Kunci: *Mikrohidro*, Turbin Pelton, Energi Terbarukan, Perancangan, Pengujian.

ABSTRACT

This research aims to design and build a micro hydro trainer using Pelton turbines as a renewable energy learning tool. The design process includes identification of needs, design or concept, procurement of components, assembly, and testing. The Pelton turbine was chosen because of its efficiency in converting water potential energy into mechanical energy at high pressure flow. Data was collected by measuring water flow, water level, electrical power output, voltage, and current using a volt meter. The test results show that the system is able to produce stable and efficient electrical power according to design specifications. This microhydro trainer is effective for teaching the principles of microhydro and renewable energy conversion. . In the experiment, different variations on the micro hydro trainer have an impact on the resulting voltage output. For the best performance, there is a test using a dimmer with an average voltage value of 50.02 V and an average generator rotation speed of 707 Rpm.

Keywords: *Micro hydro, Pelton Turbine, Renewable Energy, Design, Testing.*

1. Pendahuluan

Energi mempunyai fungsi penting dalam setiap aktivitas keberlangsungan hidup manusia dan semua makhluk hidup [1]. Salah satu jenis energi yang paling berpengaruh contohnya ialah energi listrik yang permintaannya semakin meningkat seiring bertambah banyaknya pertumbuhan populasi penduduk [2]. Dengan berkembangnya peradaban manusia, kebutuhan akan energi juga kian melonjak. Mayoritas energi yang dimanfaatkan berasal dari pembakaran bahan bakar fosil yang berusia jutaan tahun dan tidak dapat diperbarui.[3]

Namun seiring berjalannya waktu, cadangan energi fosil semakin menipis. Untuk mengatasi masalah ini, energi baru terbarukan (EBT) menjadi pilihan yang paling tepat. Pemerintah Indonesia harus menjadikan penggunaan energi baru terbarukan sebagai prioritas utama, tidak hanya untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil, tetapi juga untuk mencapai energi yang bersih dan ramah lingkungan [4]. Terdapat sumber energi yang bisa dimanfaatkan untuk pembangkit listrik melalui potensi tenaga air. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah teknologi yang telah terbukti ramah lingkungan dan tidak merusak alam[5]

Penggunaan air sebagai sumber energi untuk pembangkit listrik adalah solusi yang sangat potensial untuk diterapkan. Pembangkit Listrik Tenaga *Mikrohidro* dipilih sebagai salah satu energi alternatif karena memiliki sejumlah kelebihan dibandingkan dengan jenis pembangkit listrik lainnya [6]. "Keunggulan-keunggulan ini mencakup aspek ramah lingkungan, daya tahan yang lebih lama, serta biaya operasional dan perawatan yang lebih rendah. Selain itu, pemakaian pembangkit listrik tenaga *mikrohidro* juga membantu menekan ketergantungan pada bahan bakar fosil yang tidak bisa diperbarui dan dapat diterapkan di daerah-daerah terpencil." [7].

"Saat ini, di Laboratorium Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Maarif Hasyim Latif Sidoarjo, praktikum tentang PLTMH belum dapat dilaksanakan karena modul serta prototipe PLTMH belum tersedia. Akibatnya, pemahaman sebagian mahasiswa Program Studi Teknik Mesin tentang PLTMH masih belum maksimal. Untuk mengevaluasi efektivitas proses pembelajaran dalam mata kuliah praktikum, penggunaan media pembelajaran berupa trainer dianggap sangat penting." [8]

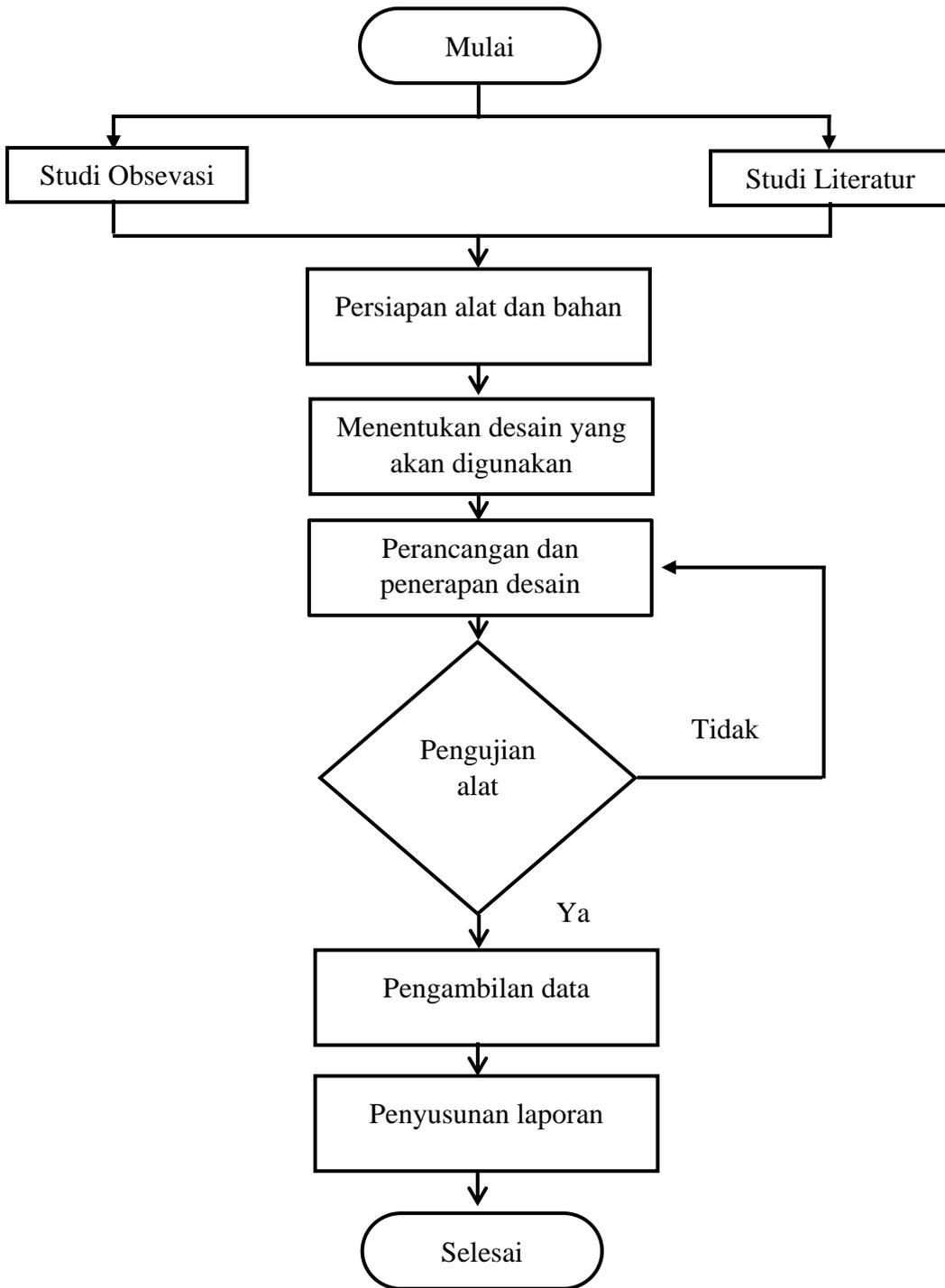
"Prototipe pembangkit listrik tenaga mikrohidro adalah alat yang dapat digunakan oleh mahasiswa untuk memahami lebih dalam tentang perkembangan sistem pembangkit tenaga listrik. Alat ini sangat bermanfaat dalam program keahlian sistem pembangkit tenaga listrik, karena memungkinkan mahasiswa untuk mempelajari secara langsung cara kerja dan prinsip dasar teknologi PLTMH." [9]. Mengingat beberapa kelebihan yang telah di deskripsikan maka dari persoalan tersebut peneliti berencana merancang dan membangun *trainer* pembangkit listrik tenaga *mikrohidro*, dengan memfokuskan penggunaan turbin pelton sebagai solusi dari permasalahan yang dihadapi

1.1 Turbin Pelton

Turbin Pelton merupakan jenis turbin impuls yang mengubah seluruh energi air menjadi energi kecepatan sebelum memasuki runner turbin. Proses konversi energi ini terjadi pada nosel, di mana energi potensial tinggi air diubah menjadi energi kinetik. Turbin Pelton terdiri dari sejumlah sudu yang berputar akibat pancaran air yang disemprotkan oleh nosel. Turbin ini dikenal sebagai salah satu turbin dengan efisiensi tertinggi dan sangat cocok digunakan pada lokasi dengan ketinggian jatuh air yang tinggi.[10].

2. Metodologi

Untuk mempermudah dalam melakukan penelitian maka dibuat diagram alir agar proses penelitian dilakukan secara terstruktur[11]. Gambar 1 memperlihatkan diagram alir penelitian.

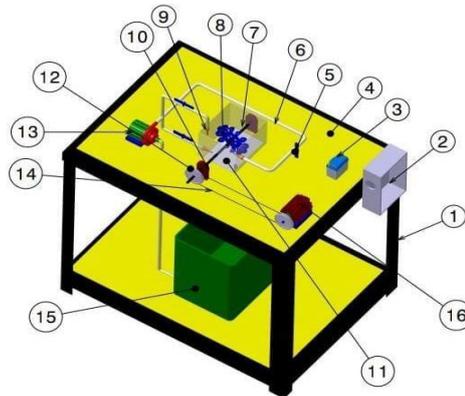


Gambar 1 Diagram Alir

Perancangan *trainer mikrohidro* dimulai dengan melakukan studi lapangan sebagai langkah pertama. Selama proses ini, informasi tentang kondisi aliran air dan lokasi diperoleh melalui survei lapangan. Data terkait kontur dan potensi energi air digunakan sebagai dasar untuk perancangan. Masalah-masalah yang ditemukan kemudian dirumuskan menjadi pertanyaan penelitian yang akan dicari solusinya.

Untuk memperluas pengetahuan di bidang terkait, dilakukan studi literatur dengan merujuk pada buku dan jurnal. Data yang dikumpulkan, termasuk potensi energi yang mungkin dihasilkan, menjadi input penting dalam proses perancangan. Pemilihan jenis turbin dilakukan dengan mempertimbangkan aliran air dan kondisi yang ada. Beberapa kriteria desain turbin meliputi efisiensi, kemudahan pembuatan, dan daya tahan.

Turbin tipe Pelton dipilih karena memiliki keunggulan dalam hal efisiensi, kemudahan perawatan, dan kesesuaian dengan variasi aliran air. Untuk pemilihan bahan, digunakan bahan yang memiliki ketahanan terhadap korosi serta kekuatan yang memadai. Pemilihan generator dilakukan setelah menentukan potensi energi yang akan dihasilkan. Generator dipilih karena kemampuannya dalam menghasilkan daya sesuai dengan kebutuhan. Tahapan selanjutnya mencakup perancangan dan pembuatan gambar teknik menggunakan perangkat lunak AutoCAD, dengan hasil perancangan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain *Trainer*

2.1 Metodologi Perancangan

Langkah-langkah untuk merakit *trainer mikrohidro* adalah sebagai berikut

1. Mendesain dan menggambar terlebih dahulu kerangka alat yang akan dibuat atau di rancang.
2. Membuat kerangka meja sebagai tempat turbin dan komponen pendukung lainnya menggunakan besi siku yang di potong sesuai ukuran atau desain yang telah di tentukan.
3. Melakukan proses pembuatan kerangka dengan menyambungkan besi siku yang sudah di potong menggunakan las Listrik sesuai dengan desain yang telah dibuat.
4. Menyiapkan alat-alat dan bahan yang akan di rakit menjadi *trainer mikrohidro*
5. Langkah-langkah untuk merakit trainer mikrohidro adalah sebagai berikut
 - a. Pasang turbin diatas meja
 - b. Hubungkan pipa ke sudu-sudu turbin
 - c. Letakkan generator pada tempat yang telah ditentukan
 - d. Sambungkan as turbin dan generator menggunakan gear dan rantai
 - e. Terakhir pasang kabel dari generator menuju aki
6. Proses pengambilan data dapat dilaksanakan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Perancangan

Hasil perancangan *trainer mikrohidro* menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu beroperasi sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Dengan menggunakan komponen yang tepat dan melakukan simulasi yang mendalam, sistem ini diharapkan dapat menjadi alat pembelajaran yang efektif dan berkelanjutan. dan ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil perancangan

3.2 Hasil Pengambilan Data

pengambilan data pada *trainer mikrohidro* dilakukan melalui serangkaian langkah sistematis untuk memastikan akurasi dan relevansi data yang diperoleh. Metode yang digunakan meliputi pengukuran langsung di lapangan. *Output* daya listrik diukur menggunakan voltmeter yang terhubung dengan generator. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar daya listrik yang diperoleh oleh sistem *mikrohidro* pada berbagai kondisi operasional. Data ini sangat penting untuk mengevaluasi kinerja generator dan efisiensi keseluruhan sistem.

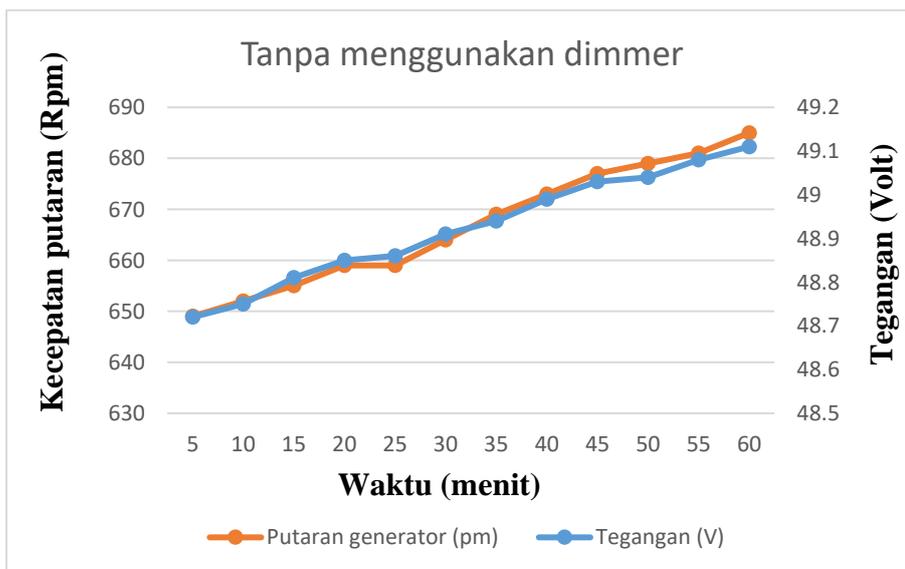
Data yang telah dikumpulkan diolah menggunakan perangkat lunak analisis data. Analisis ini mencakup perhitungan statistik dasar, pembuatan grafik, dan model matematis untuk memahami hubungan antara variabel yang diukur. Hasil analisis digunakan sebagai dasar untuk melakukan perbaikan pada desain dan operasional sistem. Validasi data dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran terhadap standar atau referensi yang sudah ada. Tujuannya adalah untuk menjamin bahwa data yang didapatkan akurat dan bisa dipercaya. Validasi juga melibatkan pengecekan ulang pengukuran untuk mengidentifikasi dan mengoreksi kesalahan yang mungkin terjadi.

Proses pengambilan data pada *trainer mikrohidro* dilakukan dengan teliti dan sistematis untuk memastikan bahwa data yang di dapatkan akurat dan relevan. Pengukuran aliran air, ketinggian air, output daya, serta pemantauan tegangan dan arus listrik menjadi bagian penting dalam evaluasi kinerja sistem. Data lingkungan dan kinerja sistem juga dianalisis untuk mendapatkan gambaran menyeluruh tentang efektivitas dan efisiensi sistem *mikrohidro* yang dirancang. Hasil dari pengambilan dan analisis data ini digunakan sebagai dasar untuk peningkatan desain dan operasional sistem di masa mendatang.

3.2.1 Pengambilan Data Tanpa Menggunakan Dimmer

**Tabel 1. Data Tanpa Menggunakan dimmer
Tanpa menggunakan dimmer**

Menit	Tegangan (V)	Putaran generator (pm)
5	48,72	649
10	48,75	652
15	48,81	655
20	48,85	659
25	48,86	659
30	48,91	664
35	48,94	669
40	48,99	673
45	49,03	677
50	49,04	679
55	49,08	681
60	49,11	685



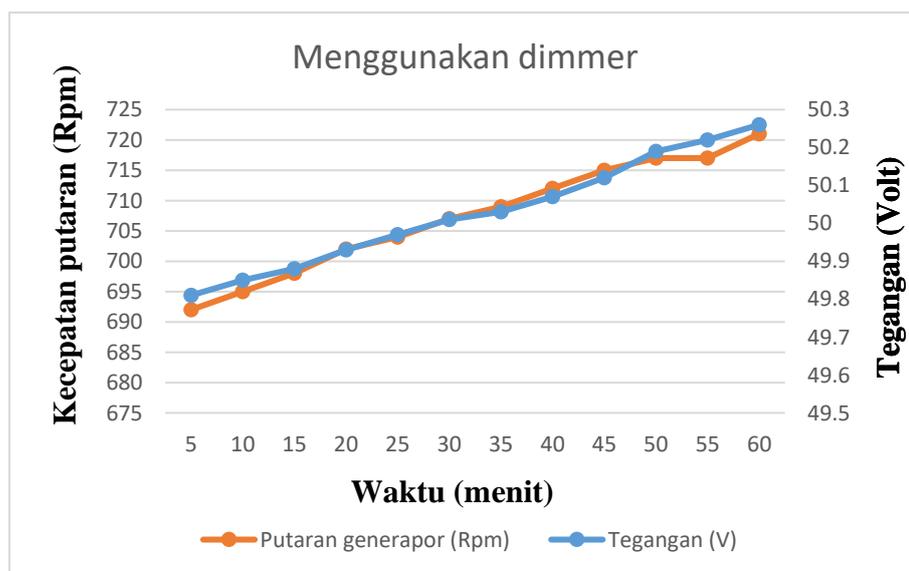
Gambar 4. Data tanpa menggunakan dimmer

Dapat dilihat pada grafik diatas, hasil tegangan *output* dari *trainer mikrohidro* pada pengujian tanpa menggunakan dimmer ketika pada menit ke 5 memperoleh hasil tegangan sebesar 48,72 V. Setiap 5 menit sekali selalu mendapatkan rata-rata kenaikan tegangan sebesar 0,03V selama 60 menit, dan pada menit ke 60 mempunyai tegangan sebesar 49,11 V. Dari hasil pengambilan data tersebut, dapat di ambil kesimpulan selisih dari tegangan yang dihasilkan dari menit ke 5 sampai ke 60 yaitu 0,39 V.

3.2.2 Pengambilan Data Menggunakan Dimmer

Tabel 2. Data menggunakan dimmer

Menggunakan dimmer		
Menit	Tegangan (V)	Putaran generator (rpm)
5	49,81	692
10	49,85	695
15	49,88	698
20	49,93	702
25	49,97	704
30	50,01	707
35	50,03	709
40	50,07	712
45	50,12	715
50	50,19	717
55	50,22	717
60	50,26	721



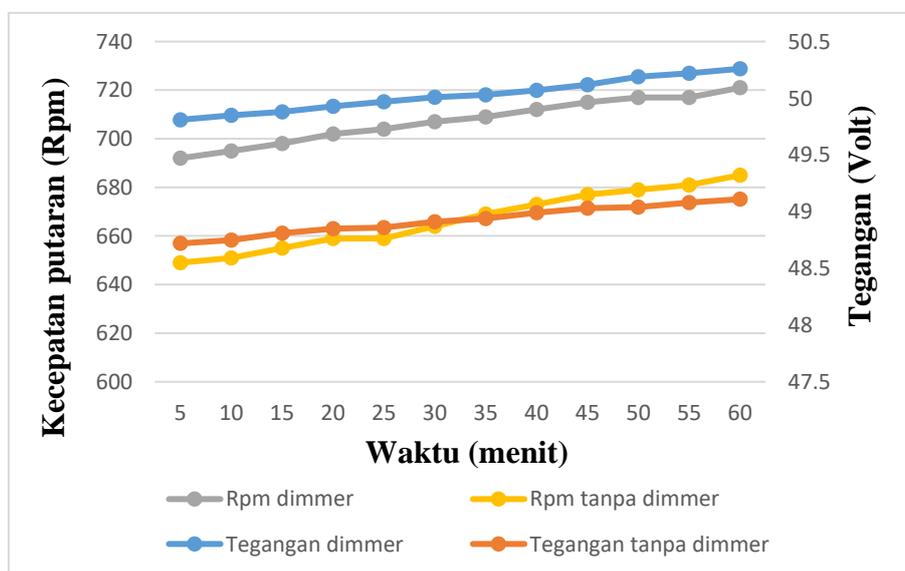
Gambar 5. Data Menggunakan Dimmer

Terdapat juga hasil tegangan dari proses pengujian menggunakan dimmer, yaitu pada menit ke 5 menunjukkan hasil tegangan sebesar 49,81 V dan setiap 5 menit sekali dalam kurun waktu 60 menit menghasilkan rata-rata kenaikan tegangan sebesar 0,04 V sedangkan pada menit ke 60 menghasilkan tegangan sebesar 50,26 V. Jadi dapat di simpulkan hasil dari selisih tegangan yang dihasilkan dalam rentan waktu dari menit ke 5 sampai menit ke 60 sebesar 0,45 V.

3.2.3 Perbandingan Data Menggunakan Dimmer Dan Tanpa Menggunakan Dimmer

Tabel 3. Perbandingan tegangan dan Rpm Menggunakan dimmer dan tanpa dimmer

Perbandingan tegangan dan Rpm menggunakan dimmer dan tanpa dimmer				
Menit	Tegangan dimmer	Tegangan tanpa dimmer	Rpm dimmer	Rpm tanpa dimmer
5	49,81	48,72	692	649
10	49,85	48,75	695	651
15	49,88	48,81	698	655
20	49,93	48,85	702	659
25	49,97	48,86	704	659
30	50,01	48,91	707	664
35	50,03	48,94	709	669
40	50,07	48,99	712	673
45	50,12	49,03	715	677
50	50,19	49,04	717	679
55	50,22	49,08	717	681
60	50,26	49,11	721	685



Gambar 6. Perbandingan tegangan dan Rpm Menggunakan dimmer dan tanpa dimmer

Pada grafik di atas dijelaskan pada setiap pengujian variasi menggunakan dimmer dan tanpa menggunakan dimmer masing-masing menghasilkan tegangan 0,45 V dan 0,39 V. Grafik tegangan pada setiap pengujian mengalami kenaikan dikarenakan setiap 5 menit sekali putaran turbin mengalami kestabilan dikarenakan semprotan dari *nozzle* menuju sudu-sudu turbin mulai stabil sehingga menghasilkan tegangan. Dan rata-rata kenaikan tegangan listrik pada generator sebesar 0,3 V sampai 0,4 V dan rata-rata kenaikan kecepatan sebesar 2,9 rpm sampai 3,3 rpm yang menghasilkan tegangan lebih besar yaitu pengujian menggunakan dimmer yaitu sebesar 0,45 V sedangkan tanpa menggunakan dimmer menghasilkan tegangan sebesar 0,39 V.

4. Kesimpulan

Dalam penelitian ini, telah dilakukan perancangan dan pembuatan *trainer mikrohidro* sebagai alat pembelajaran yang efektif. Proses perancangan mencakup identifikasi kebutuhan, analisis kelayakan, desain konseptual dan detail, pengadaan komponen, perakitan, dan pengujian. Hasil perancangan menunjukkan bahwa sistem yang dibuat mampu berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Penggunaan turbin pelton dan generator sinkron dalam desain ini terbukti efisien dalam mengkonversi energi potensial air menjadi energi listrik. Proses simulasi dan pengujian menunjukkan bahwa tegangan yang dihasilkan stabil dan berada dalam batas aman, sehingga sistem dapat beroperasi tanpa mengalami kegagalan struktural.

5. Daftar Pustaka

- [1] M. Choifin, Y. N. Afifah, L. P. Lestari, and A. Y. Prastio, “Rancang Bangun Panel Surya Sebagai Alat Pengusir Tikus Berbasis Ultrasonic,” *Mechonversio Mech. Eng. J.*, vol. 6, no. 2, pp. 65–70, 2024, doi: 10.51804/mmej.v6i2.16435.
- [2] A. Akhwan, B. Gunari, S. Sunardi, and W. A. Wirawan, “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun,” *Eksergi*, vol. 17, no. 1, p. 15, 2021, doi: 10.32497/eksergi.v17i1.2168.
- [3] S. N. Fitri and S. Mustafa, “Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Pico-Hydro,” *J. Electr. Enginering*, vol. 1, no. 2, pp. 57–60, 2020.
- [4] M. Azhar and D. A. Satriawan, “Implementasi Kebijakan Energi Baru dan Energi Terbarukan Dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional,” *Adm. Law Gov. J.*, vol. 1, no. 4, pp. 398–412, 2018, doi: 10.14710/alj.v1i4.398-412.
- [5] S. Ointu, F. E. P. Surusa, and M. Zainuddin, “Studi Perencanaan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berdasarkan Potensi Air yang Ada di Desa Pinogu,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 30–38, 2020, doi: 10.37905/jjee.v2i2.4618.
- [6] D. C. Kustianto, M. Faridha, G. E. W. Pratama, S. Karim, and I. Irfan, “Pemanfaatan Pltmh Sebagai Penerangan Jembatan Gantung Di Air Terjun Bajuin Kabupaten Tanah Laut,” *J. Pengabd. Al-Ikhlas*, vol. 9, no. 1, pp. 73–78, 2023, doi: 10.31602/jpaiuniska.v9i1.12069.
- [7] Muhammad Ihsan, “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh) Turbin Whirlpool Skala Prototype,” pp. 6–6, 2022.
- [8] U. Muhammad and Mukhlisin, “Rancang Bangun Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya,” *J. Electr. Enginering*, vol. 1, no. 2, pp. 50–53, 2020.
- [9] C. Bhuana, T. Tasrif, M. R. Djalal, N. Andini, and M. A. Rezaldy, “Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan Turbin Pelton,” *J. Tek. Mesin Sinergi*, vol. 20, no. 1, p. 110, 2022, doi: 10.31963/sinergi.v20i1.3482.
- [10] B. F. P. Sinaga, “Eksamen Kinerja Turbin Pelton Dengan 20 Sudu Dan 3 Nozzle Akibat Variasi Terhadap Tinggi Jatuh Air,” *J. Ilm. Mhs. Tek. [JIMT]*, vol. 2, pp. 1–9, 2022, [Online]. Available: <http://jurnalmahasiswa.umsu.ac.id/index.php/jimt/article/view/1344>
- [11] I. Agustiawan, T. Firmansjah, and W. Nugroho, “Perancangan Sistem Kontrol Mesin Packing Buncis Otomatis Berbasis Programmable Logic Controller (PLC) di Gabungan Kelompok Tani (Gapoktan) Lembang Agri,” vol. 03, no. 02, pp. 101–111, 2023.