

Rancang Bangun Alat Media Pembelajaran Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Dandi Frah Mana¹, Yussa Ananda ^{2*}, Lisa Adriana Siregar³

^{1,2,3} Prodi Teknik Eelektro, Fakultas Teknik Dan Komputer Universitas Harapan Medan, Medan, Indonesia

¹frahmanadandi@gmail.com, ^{2*}cyberyussa@gmail.com, ³lisaadrianisiregar@gmail.com

^{*)} Email Korespondensi : cyberyussa@gmail.com

Abstrak – Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat media pembelajaran yang dapat digunakan untuk mempelajari prinsip kerja dan proses konversi energi pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Alat ini dirancang dengan pendekatan yang sederhana dan mudah dipahami, dengan menggunakan komponen-komponen utama seperti boiler, turbin, generator, dan kompor pemanas. Setiap bagian dari alat dilengkapi dengan penjelasan yang memadai, memungkinkan mahasiswa untuk memahami secara langsung proses-proses yang terjadi dalam sistem PLTU, mulai dari pemanasan air di dalam boiler hingga pengoperasian generator untuk menghasilkan listrik. Proses perancangan alat melibatkan pemilihan bahan dan teknik pembuatan yang sesuai untuk memastikan alat dapat berfungsi secara optimal dalam menggambarkan prinsip dasar PLTU. Hasil uji coba menunjukkan bahwa alat ini mampu menghasilkan arus searah (DC) dengan tegangan yang bervariasi antara 9,5 hingga 15,5 volt, serta daya maksimal 3,72 Watt pada tekanan uap 25-35 psi. Tegangan dan daya yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi tekanan uap dalam sistem, dengan tekanan yang lebih tinggi menghasilkan tegangan dan putaran turbin yang lebih besar. Pada uji beban, alat ini dapat menyalakan beberapa variasi lampu DC dengan daya yang berbeda. Namun, hasil pengujian juga menunjukkan bahwa alat ini belum mampu menghasilkan putaran turbin yang konstan karena kapasitas boiler yang terbatas, sehingga waktu operasional alat menjadi terbatas. Penurunan tegangan dan putaran turbin yang signifikan terjadi ketika tekanan uap menurun dari 5 psi ke 0 psi. Meskipun demikian, alat ini diharapkan dapat menjadi media pembelajaran yang efektif dalam memahami cara kerja PLTU dan proses konversi energi dari energi panas menjadi energi listrik. Ke depan, perbaikan pada kapasitas boiler dan sistem pengoperasian dapat meningkatkan kestabilan dan efisiensi alat.

Kata Kunci: Pembangkit Listrik Tenaga Uap, Boiler, Turbin, Generator.

Abstract – This study aims to design and build a learning media tool that can be used to study the working principles and energy conversion processes in a Steam Power Plant (PLTU). This tool is designed with a simple and easy-to-understand approach, using main components such as a boiler, turbine, generator, and heating stove. Each part of the tool is equipped with adequate explanations, allowing students to directly understand the processes that occur in the PLTU system, from heating water in the boiler to operating the generator to generate electricity. The tool design process involves selecting appropriate materials and manufacturing techniques to ensure that the tool can function optimally in describing the basic principles of PLTU. The test results show that this tool is capable of producing direct current (DC) with a voltage that varies between 9.5 to 15.5 volts, and a maximum power of 3.72 Watts at a steam pressure of 25-35 psi. The voltage and power produced are influenced by variations in steam pressure in the system, with higher pressures producing higher voltages and turbine rotations. In the load test, this tool can light several variations of DC lamps with different powers. However, the test results also show that this tool has not been able to produce constant turbine rotation due to the limited boiler capacity, so the operational time of the tool is limited. A significant decrease in voltage and turbine rotation occurs when the steam pressure decreases from 5 psi to 0 psi. Nevertheless, this tool is expected to be an effective learning medium in understanding how the PLTU works and the process of converting energy from heat energy to electrical energy. In the future, improvements in boiler capacity and operating systems can improve the stability and efficiency of the tool.

Keywords: Steam Power Plant, Boiler, Turbine, Generator.

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang sangat penting untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di berbagai negara di dunia. (PLTU) merupakan jenis pembangkit yang menggunakan “uap panas” untuk memutar turbin. Uap panas yang digunakan dapat berasal dari proses penguapan



air melalui boiler, pembangkit ini menggunakan bahan bakar fosil seperti batu bara maupun bahan bakar minyak untuk memanaskan air dan menghasilkan Uap untuk memutar turbin yang terhubung ke generator listrik dan menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang signifikan. Meskipun (PLTU) merupakan teknologi yang telah terbukti, sangat penting untuk terus meningkatkan kesadaran dan pemahaman Mahasiswa mengenai kebiasaan kerja dan dampak lingkungan dari implementasi listrik ini.

Media pembelajaran dapat dikatakan segala sesuatu yang dapat digunakan untuk menyampaikan atau menyalurkan materi dari Dosen secara terencana sehingga Mahasiswa dapat belajar efektif dan efisien. Dalam hal ini segala sesuatu yang digunakan tersebut mestilah yang dapat dipergunakan untuk merangsang pikiran dan pemahaman atau ketrampilan dalam proses pembelajaran. Media pembelajaran berupa bahan, alat, atau teknik yang digunakan dalam kegiatan belajar atau praktikum. Pengembangan alat media pembelajaran untuk mendidik dan memperkenalkan tentang PLTU adalah hal yang sangat relevan. Media belajar yang efektif dapat membantu Mahasiswa untuk memahami konsep dasar Pembangkit Listrik Tenaga Uap [3]. Selain itu, dengan meningkatnya pemahaman tentang (PLTU) akan mendorong kepedulian akan perlunya efisiensi energi dan kemajuan teknologi yang ramah lingkungan dalam industri kelistrikan.

Dalam membangun alat media pembelajaran Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan hal yang penting mengingat peran (PLTU) untuk menyediakan energi listrik yang sangat penting bagi kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, pengembangan alat media pembelajaran (PLTU) sangat penting untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan Mahasiswa terkait prinsip kerja, komponen komponen, dan proses pembangkit listrik menggunakan tenaga UAP [6].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode **eksperimen rekayasa** untuk merancang dan membangun alat peraga miniatur PLTU sebagai media pembelajaran. Metode ini mencakup beberapa tahapan utama sebagai berikut:

2.1 Studi Literatur

Pada tahap awal, dilakukan studi literatur mengenai prinsip kerja PLTU, komponen utama, serta teknik pembuatan alat peraga berbasis sistem termodinamika. Referensi diambil dari buku akademik, jurnal ilmiah, serta standar industri terkait.

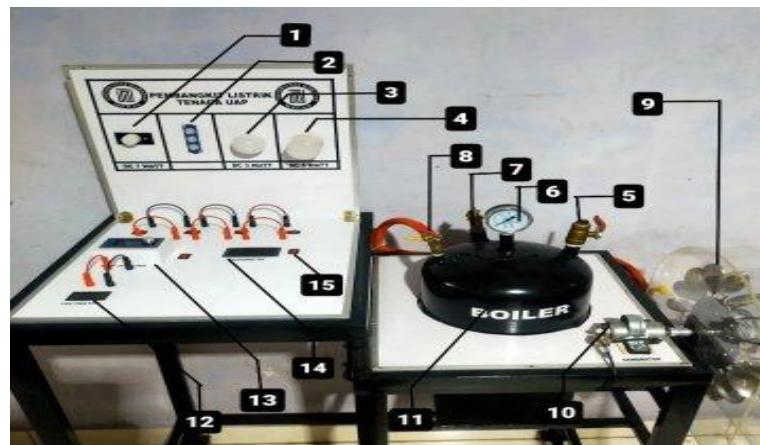


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



2.2 Perancangan Sistem

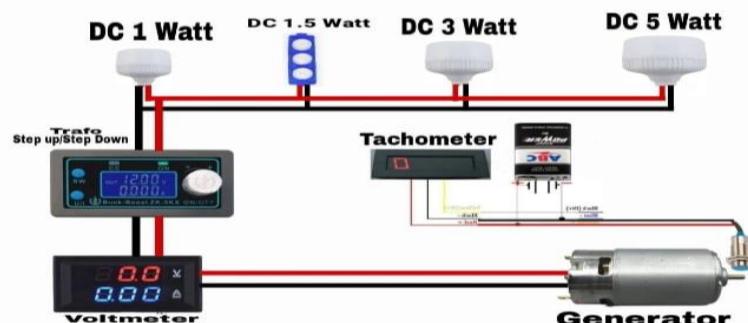
- Desain Miniatur PLTU: Miniatur PLTU dirancang mencakup boiler, turbin, generator, dan kondensor, disesuaikan dengan skala laboratorium.
- Sistem Kontrol dan Sensor: Dilengkapi dengan sensor suhu, tekanan, dan kecepatan turbin untuk memonitor parameter kerja sistem.
- Material dan Komponen: Pemilihan material yang ringan, tahan panas, dan memiliki kinerja optimal sesuai kebutuhan alat peraga.



Gambar 2. Hasil perancangan PLTU

2.3 Pembuatan dan Implementasi

- Proses fabrikasi alat peraga dilakukan menggunakan teknik pemotongan, perakitan, dan instalasi sistem mekanik serta elektronik.
- Sistem kelistrikan dan kontrol dikembangkan menggunakan **mikrokontroler Arduino** untuk membaca data sensor dan menampilkan parameter operasi pada layar LCD



Gambar 3. Wiring kelistrikan

2.4 Pengujian dan Evaluasi Kinerja

- Pengujian Fungsional: Sistem diuji untuk memastikan boiler menghasilkan uap, turbin berputar, dan generator menghasilkan listrik.
- Pengukuran Efisiensi: Data suhu, tekanan, dan kecepatan turbin dibandingkan dengan teori PLTU skala industri untuk menilai efektivitas media pembelajaran.
- Keandalan Sistem: Dilakukan pengujian berulang untuk melihat stabilitas operasional dan waktu respon alat.

2.5 Analisis dan Kesimpulan

- a. Data hasil pengujian dianalisis untuk mengevaluasi keberhasilan sistem dalam mensimulasikan prinsip kerja PLTU. Kesimpulan dibuat berdasarkan efektivitas alat sebagai media pembelajaran dan peluang pengembangan lebih lanjut.
- b. Metode ini bertujuan menghasilkan alat peraga yang edukatif, efisien, dan representatif untuk pembelajaran di bidang teknik tenaga listrik dan energi terbarukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapasitas boiler yang digunakan memiliki ketahanan tekanan 35 psi (pounds per square inch) pengujian boiler dilakukan untuk memastikan keamanan, kehandalan, dan kinerja optimal dalam menghasilkan uap sesuai dengan standar yang ditetapkan. Berapa lama waktu yang diperlukan untuk memanaskan boiler mendapatkan tekanan 35 psi dan apakah sistem keamanan boiler (safety valve) bekerja saat tekanan mencapai di atas 35 psi, seperti yang dilihatkan pada Tabel 1.

3.1 Pengujian Boiler

Tabel 1. Tekanan terhadap waktu

No	Waktu (menit)	Tekanan (Psi)
1	12	5
2	15	10
3	18	15
4	21	20
5	24	25
6	27	30
7	31	35
8	32	37

Tabel 1 menunjukkan pola kenaikan tekanan terhadap waktu yang cenderung linier dari menit ke-12 hingga ke-27, dengan laju peningkatan konstan sebesar 5 Psi setiap 3 menit. Hal ini mengindikasikan proses kompresi berlangsung stabil. Namun, setelah menit ke-27, laju kenaikan tekanan melambat, yang dapat diartikan sebagai tanda sistem mulai mendekati kondisi jenuh atau kesetimbangan, di mana tambahan energi tidak lagi menghasilkan peningkatan tekanan yang signifikan akibat keterbatasan volume atau resistansi internal sistem.

3.2. Pengujian Turbin

Pengujian turbin dilakukan untuk mengetahui tekanan terhadap kecepatan turbin proses evaluasi yang bertujuan untuk memahami bagaimana perubahan tekanan mempengaruhi kecepatan dan kinerja turbin, seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tekanan terhadap waktu

No.	Tekanan (PSI)	Kecepatan (RPM)
1	35 - 25	619
2	25 - 15	525
3	15 - 5	515
4	5 - 0	431

Tabel 2 menunjukkan hubungan antara rentang tekanan dan kecepatan putaran (RPM). Secara ilmiah, data ini menunjukkan bahwa semakin rendah rentang tekanan, semakin rendah pula kecepatan putaran sistem. Hal ini



mengindikasikan bahwa penurunan tekanan berbanding lurus dengan berkurangnya energi kinetik fluida atau komponen sistem, yang ditunjukkan oleh penurunan nilai RPM secara bertahap dari 619 menjadi 431.

3.3 Pengujian Tegangan Generator

Pengujian keluaran tegangan generator terhadap perubahan tekanan uap dan putaran turbin adalah proses evaluasi yang dilakukan untuk menganalisis bagaimana variasi dalam tekanan uap dan kecepatan putaran turbin mempengaruhi tegangan yang dihasilkan oleh generator.

Tabel 3. Tegangan Terhadap Putaran Turbin

No.	Tekanan (Psi)	Kecepatan (Rpm)	Tegangan (V)
1.	35 - 25	619	15.5
2.	25 - 15	525	13.3
3.	15 - 5	515	12.5
3.	5 - 0	431	9.5

Tabel 3 menunjukkan bahwa penurunan tekanan menyebabkan penurunan kecepatan putaran turbin dan tegangan output. Secara ilmiah, ini menggambarkan bahwa tekanan berperan langsung dalam menggerakkan turbin, di mana semakin rendah tekanan, semakin rendah kecepatan putar, sehingga menghasilkan tegangan listrik yang lebih kecil.

3.4 Hubungan Putaran Turbin dan daya keluaran

Pada setiap variasi tekanan putaran turbin akan menurun dan daya yang dihasilkan akan berbeda pada setiap putaran (RPM) turbin. Untuk mencari daya listrik yang dihasilkan oleh generator, dapat menggunakan beberapa rumus dasar yang berkaitan dengan daya, tegangan, arus sebagai berikut.

Tabel 4. Hubungan Putaran Turbin Daya Keluaran

No	Tekanan (psi)	Putaran (rpm)	Daya (watt)
1	35-25	619	3.72
2	25-15	525	3.19
3	15-5	515	3
4	5-0	431	2.28

Tabel 4 menunjukkan bahwa penurunan tekanan berbanding lurus dengan penurunan putaran turbin dan daya keluaran. Semakin rendah tekanan, putaran turbin menurun dan daya yang dihasilkan juga berkurang, menandakan adanya hubungan langsung antara tekanan, kecepatan rotasi, dan output daya.

3.5 Pengujian Beban

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dalam menghasilkan energi listrik yang dapat digunakan untuk menghidupkan beberapa variasi beban lampu dengan daya 1 watt (12 V), 1,5 watt (12 V), 3 watt (12V), dan 5 watt (12V). Pengujian ini juga bertujuan untuk mengamati stabilitas tegangan dan arus listrik pada penggunaan beban. Untuk mencari arus (I) dengan diketahui daya (P) dan tegangan (V).



Tabel 5. Pengujian pada Beban

No	Lampu		Tekanan (PSI)	Putaran (RPM)	Tegangan Generator (V)		Arus Listrik (A)	Keterangan
	Watt	Volt			Tanpa Beban	Dengan Beban		
1	5	12	35-25	619	15.5	8.8	0.41	Hidup
2	3	12	25-15	525	13.3	9.0	0,25	Hidup
3	1,5	12	15-5	515	12.5	9.2	0,12	Hidup
4	1	5	5-0	431	9.5	4.10	0,2	Hidup

Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian generator pada berbagai beban lampu. Semakin tinggi tekanan dan putaran turbin, tegangan dan arus listrik yang dihasilkan meningkat. Semua lampu menyala (hidup), baik pada kondisi tanpa maupun dengan beban, menandakan sistem mampu beroperasi stabil di berbagai tingkat beban.

4. KESIMPULAN

Alat ini berhasil dibangun dengan desain sederhana dan mudah dipahami, menggunakan berbagai komponen seperti Boiler, Turbin, Generator, dan kompor pemanas. Desain ini membantu mahasiswa memahami cara kerja PLTU dan konversi energi yang terjadi. Alat ini menghasilkan arus searah (DC) dengan tegangan bervariasi antara 9.5 hingga 15.5 volt, dan daya maksimal yang dapat dihasilkan sebesar 3.72Watt pada tekanan uap 25-35 psi. Beberapa variasi lampu DC digunakan untuk menguji daya yang dihasilkan. Putaran turbin dan tegangan output generator dipengaruhi oleh tekanan uap pada boiler. Tegangan dan kecepatan turbin tinggi pada tekanan uap tinggi (35-25 psi), namun menurun saat tekanan dan kecepatan turbin berkurang. Alat ini belum dapat menghasilkan putaran yang konstan karena kapasitas boiler yang terbatas, sehingga waktunya operasionalnya terbatas.

REFERENSI

- [1] Abbas, H., Jamaluddin, J., & Amiruddin, A. (2020). Analisa Pembangkit Tenaga Listrik Dengan Tenaga Uap Di Pltu. *ILTEK: Jurnal Teknologi*, 15(02), 103-106.
- [2] Arifin, Z. (2019). "Evaluasi Kinerja Bahan Bakar Batu Bara dalam PLTU di Indonesia." *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 11(2), 45-58. Arsyad, A. (2011). Media pembelajaran. Jakarta, Raja grafindo persada.
- [3] Habibie, W. M., Abadi, C. S., & Ulfiana, A. (2019, October). Perancangan Simulasi Pengoperasian Turbin Uap sebagai Media Pembelajaran Operasi PLTU berbasis LabVIEW. In *Seminar Nasional Teknik Mesin* (Vol. 9, No. 1, pp. 1085-1092).
- [4] Panjaitan, A. W. R., Nainggolan, P. D., Sebayang, S., & Pardede, S. (2023). ANALISIS PERFORMANSI WATER TUBE BOILER KAPASITAS 240 TON/JAM DI PLTU SULBAGUT-1 TANJUNG KARANG. *Jurnal Teknologi Mesin UDA*, 1(1), 199-205.
- [5] Pratama, F. D. (2021). Penerapan Siklus Rankine pada Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Sederhana sebagai Media Pembelajaran.(Application of Rankine Cycle on Steam Power Plant Prototype (PLTU) Simple as Learning Medium) (Doctoral dissertation, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya)
- [6] Pratama, E. (2021). "Efisiensi dan Kinerja Komponen PLTU di Indonesia." *Journal of Indonesian Power Engineering*, 14(1), 34-48.
- [7] Rahmawati, K. (2018). Perancangan Desain Boiler pada Mini Plant Steam Engine untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap. *Progr. Stud. DIII Teknol. Instrumentasi Dep. Tek. Instrumentasi Fak. Vokasi Inst. Teknol. Sepuluh Nop. Surabaya*, hal, 1-96
- [8] Sabubu, T. A. W. (2020). Pengaturan Pembangkit Listrik Tenaga Uap Batubara Di Indonesia Prespektif Hak Atas Lingkungan Yang Baik Dan Sehat. *Lex Renaissance*, 5(1), 72-90.
- [9] Susilowati, S. E., & Budiman, A. (2023). RANCANG BANGUN PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP DENGAN TURBIN IMPULS DIAMETER 70 CM. *JURNAL KAJIAN TEKNIK MESIN*, 8(1), 38-47.



- [10] Zulkifli, M. Z., Azri, M., Alias, A., Talib, N., & Lazi, J. M. (2019). Simple control scheme buck-boost DC-DC converter for stand alone PV application system. *Int J Pow Elec & Dri Syst ISSN*, 2088(8694), 1091.
- [11] Jaya, M. F. (2020). "Perkembangan Teknologi Boiler dan Turbin di PLTU Indonesia." *Jurnal Energi dan Teknologi*, 18(2), 101-115.
- [12] WISMANTORO, M. (2015). *Pengembangan Model untuk Alokasi dan Distribusi Batubara ke PLTU di Indonesia* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada)
- [13] Roberto, R. S., Roza, I., & Yanie, A. (2025). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). *JOURNAL OF ELECTRICAL AND SYSTEM CONTROL ENGINEERING*, 8(2), 246-253.
- [14] Gea, B. S., Roza, I., & Adriana, L. (2024). Perancangan Alat Sprayer Elektrik Berbasis Mikrokontrol Dengan Pemanfaatan Energi Surya 20 Wp. *Journal of Telecommunication and Electrical Scientific*, 1(02), 84-92.
- [15] Gea, B. S., Roza, I., & Adriana, L. (2024). Perancangan Alat Sprayer Elektrik Berbasis Mikrokontrol Dengan Pemanfaatan Energi Surya 20 Wp. *Journal of Telecommunication and Electrical Scientific*, 1(02), 84-92.
- [16] Sirait, I. P., Yanie, A., & Nasution, A. A. (2024). PERANCANGAN SISTEM KONTROL OTOMATIS MENGGUNAKAN MODUL RELAY 12 VOLT PADA BOILER SETRIKA UAP DARI TABUNG FREON. *JMRI Journal of Multidisciplinary Research and Innovation*, 2(3), 101-106.