

Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Turbin Uap Difluoromethane

Berry Maltido Surbakti¹, I Gusti Bagus Wijaya Kusuma², I Wayan Bandem Adnyana³

^{1,2,3}Universitas Udayana

Email: berrymaltidosurbakti@gmail.com¹, igbwijayakusuma@unud.ac.id²,

bandem.aiwa@yahoo.com³

Abstract: *This research examines the application of solar radiation heat energy that will be used as input to the prototype into the final output in the form of electrical energy. This prototype contains several main components, in the order they work, namely solar collectors, heat exchangers, and steam turbines. The solar collector will capture sunlight radiation energy to heat the air fluid inside which is then brought to the heat exchanger. The prototype of solar power plant steam turbine system in theoretical ideal conditions gets input energy of 2096,390 W and produces output energy of 432,509 W. Meanwhile, in non-ideal conditions the final results of the simulation get input energy of 2022,795 W and produce output energy of 244,809 W.*

Keywords: *Prototype, Design, Radiation Energy, Sollar Collector, Heat Exchanger, Refrigerant-22, Steam Turbine, Electric Energy.*

Abstrak: Penelitian ini menguji aplikasi energi panas radiasi sinar matahari yang akan dijadikan input prototype menjadi output akhir berupa energi listrik. Prototype ini berisikan beberapa komponen utama, sesuai urutan kerjanya, yaitu adalah kolektor surya, heat exchanger, dan turbin uap. Kolektor surya akan menangkap energi radiasi sinar matahari untuk memanaskan fluida udara yang berada di dalamnya yang kemudian dibawa ke heat exchanger. Adapun prototype pembangkit listrik tenaga surya sistem turbin uap pada kondisi ideal teoritis mendapatkan energi input sebesar 2096,390 W dan menghasilkan energi output sebesar 432,509 W. Sementara itu, pada kondisi non-ideal hasil akhir simulasi mendapatkan energi input sebesar 2022,795 W dan menghasilkan energi output sebesar 244,089 W.

Kata Kunci: *Prototype, Rancang Bangun, Energi Radiasi, Kolektor Surya, Heat Exchanger, Refrigerant-22, Turbin Uap, Energi Listrik.*

PENDAHULUAN

Kehidupan manusia saat ini sangat tergantung pada pasokan listrik, yang menjadi tulang punggung operasional perangkat sehari-hari. Di Indonesia, pembangkit listrik menggunakan berbagai sumber energi, namun sebagian besar masih bergantung pada batu bara. Kebergantungan ini menjadi masalah signifikan karena batu bara adalah sumber daya alam terbatas dan tidak dapat diperbaharui. Diperlukan solusi alternatif untuk memastikan ketersediaan energi yang

berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Salah satu solusi yang dapat diadopsi adalah pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Indonesia, sebagai negara tropis dengan paparan sinar matahari yang konsisten, memiliki potensi besar untuk memanfaatkan energi matahari dalam produksi listrik. Meskipun potensinya besar, perkembangan PLTS di Indonesia belum mencapai kemajuan signifikan. Berbagai kendala, seperti biaya tinggi, kebutuhan lahan yang luas, dan ketergantungan pada bahan impor, menghambat perkembangan PLTS di tanah air.

Kendati demikian, perlu diingat bahwa energi matahari dapat dimanfaatkan dalam berbagai bentuk. Salah satu pendekatan yang menarik adalah penggunaan energi panas matahari dalam sistem turbin uap. Sistem ini menggunakan panas matahari untuk menghasilkan uap yang dapat menggerakkan turbin uap, menciptakan energi listrik. Meskipun gagasan ini telah diajukan sebelumnya dengan fluida kerja seperti ammonia dan metana, penelitian ini lebih fokus pada perancangan prototipe PLTS dengan sistem turbin uap menggunakan refrigeran 32.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang prototipe PLTS dengan sistem turbin uap menggunakan refrigeran 32. Tujuan utamanya adalah mengumpulkan data produksi energi listrik dari prototipe ini dan menganalisis kinerja keseluruhan sistem. Dengan mengatasi beberapa kendala yang dihadapi pengembangan PLTS, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam menciptakan sumber energi listrik yang lebih berkelanjutan dan efisien untuk Indonesia.

METODE PENELITIAN

Prosedur Penelitian dan Persamaan

Dalam penelitian ini, prosedur yang dilakukan adalah mempersiapkan alat dan bahan lalu dilanjutkan dengan proses pengujian dengan rincian per tahapan sebagai berikut:

Berikut adalah tahapan-tahapan persiapan alat dan bahan:

a. Persiapan Alat dan Bahan

1. Pembuatan kolektor surya dengan menggunakan pelat datar berbahan dasar besi dengan tebal 6 mm dan ukuran 2 x 1 m yang dicat dengan warna hitam agar dapat menyerap energi panas matahari sebesar mungkin. Di atas pelat datar sejauh 0,5 m akan ditambahkan

polikarbonat untuk meminimalisir energi panas yang bocor ke lingkungan. Energi panas yang terkumpul digunakan untuk memanaskan fluida kerja.

2. Penelitian ini melibatkan pembuatan prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menggunakan sistem turbin uap dengan fluida kerja R-32. Untuk menciptakan siklus uap Rankine yang sederhana, boiler digantikan oleh kolektor surya yang akan bertukar panas dengan fluida kerja R-32 dalam sistem. Sistem tertutup dari pipa PVC diatur sedemikian rupa untuk mengalirkan fluida kerja melalui berbagai komponen prototipe PLTS. Proses selanjutnya melibatkan kompresor kecil yang mendorong fluida kerja yang telah berubah menjadi uap melalui pipa PVC menuju turbin uap sederhana. Gerakan blade turbin uap yang terhubung dengan generator DC menghasilkan energi mekanik yang dapat dikonversikan menjadi energi listrik. Fluida kerja yang telah digunakan kemudian dialirkan ke dalam ember plastik sebagai sistem pendingin dan penampung uap yang telah berubah kembali menjadi cair.

b. Proses Pengujian

Penelitian ini menggunakan rancangan yang dibuat oleh penulis untuk melakukan pengujian. Fluida yang digunakan adalah R-22 dengan prototipe PLTS sistem turbin uap. Saat semua alat dan bahan sudah dibuat dan siap digunakan maka pengujian dapat dilaksanakan sesuai dengan jam pengujian, yaitu jam 11.00, 12.00, 13.00, dan 14.00 WITA dialternasi dengan posisi pelat yang diubah dari horizontal menjadi tegak lurus dengan arah datangnya sinar matahari. Pertama fluida kerja dimasukkan ke dalam sistem pipa PVC pada prototipe PLTS. Pada setiap jam pengujian, dilakukan pengujian energi maksimum yang mampu diserap oleh surya kolektor dengan menggunakan kesetimbangan energi. Selanjutnya, di setiap titik proses uap Rankine diambil data temperaturnya untuk memperoleh gambaran entalpi yang dihasilkan. Berdasarkan data-data di atas, maka dapat dihitung kerja netto dan energi input dalam sistem yang kemudian dapat digunakan untuk menghitung efisiensi prototipe secara keseluruhan.

Pengujian dan pengambilan data dilakukan di setiap jam dan durasi yang sudah disebutkan. Pengujian dilakukan selama 3 hari untuk mendapatkan data rata-rata dari setiap hari. Pada akhir pengujian akan diperoleh informasi berupa energi yang dihasilkan oleh sistem dan efisiensi sistem prototipe PLTS secara keseluruhan dengan menggunakan fluida kerja R-2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Data Hasil Simulasi dan Hasil Teoritis

Data hasil teoritis adalah merupakan murni hasil perhitungan dengan pengaplikasian persamaan yang sudah tercantum pada bab II dimana nilai data perhitungan diambil dari data lapangan Fakultas. Hasil teoritis melambangkan hasil ideal yang dapat dicapai oleh *prototype*. Sementara itu, data hasil simulasi merupakan data yang didapat setelah menganalisa hasil akhir dari simulasi pada ANSYS CFX yang didapat dari kondisi tidak ideal.

Kecepatan

Perbedaan kecepatan paling signifikan terjadi setelah uap refrigerant-32 keluar dari *nozzle*.

Tabel 1. Perbandingan data kecepatan

Data	Nilai Simulasi	Nilai Teoritis
Kecepatan fluida kerja refrigerant-32 setelah melewati <i>nozzle</i>	2.266 m/s	2.500m/s

Tekanan

Perbedaan tekanan yang dicantumkan adalah data tekanan maksimum dan tekanan minimum yang dapat dicapai fluida refrigerant-32 dalam *prototype*.

Tabel 2. Perbandingan data tekanan

Data	Nilai Simulasi	Nilai Teoritis
Tekanan minimum fluida kerja refrigerant-32	100000.000 Pa	100000.000 Pa
Tekanan maksimum fluida kerja refrigerant- 32	101380.039 Pa	150000.000 Pa

Perbandingan Data Temperatur

Data temperatur yang diambil adalah dari beberapa titik yang ada di dalam *prototype* yang dibutuhkan dalam perhitungan analisis data lebih lanjut.

Tabel 3. Perbandingan data temperatur

Data	Nilai Simulasi	Nilai Teoritis
Temperatur permukaan pelat datar	345.000 K	345.000 K
Temperatur permukaan polikarbonat	308.980 K	315.000 K
Temperatur atmosfer	308.998K	300.000K
Temperatur fluida kerja refrigerant-32 sebelum memasuki <i>heat exchanger</i>	300.000 K	300.000 K

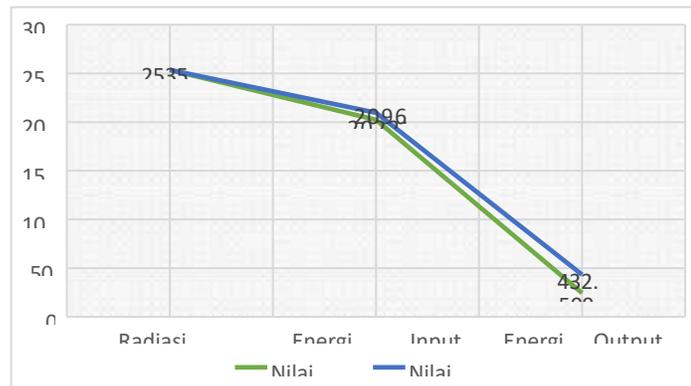
Temperatur fluida kerja refrigerant-32 sesudah melewati <i>heat exchanger</i>	308.998 K	315.000 K
Temperatur permukaan pipa <i>inlet heat exchanger</i>	308.998 K	315.000 K

Perbandingan Data Energi

Data energi yang tercantum merupakan energi total dari radiasi matahari, energi *input netto* yang diterima oleh *prototype*, dan kerja turbin (energi *output prototype*).

Tabel 4. Perbandingan data energi

Data	Nilai Simulasi	Nilai Teoritis	Selisih
Total energi radiasi matahari	2532,518 W	2532,518 W	0 W
Energi <i>input netto</i> yang diterima oleh kolektor surya	2022,795 W	2096,390 W	73,595 W
Hasil <i>output</i> kerja turbin uap	244,089 W	432,509 W	188,420 W



Gambar 1. Grafik perbandingan data energi

Perbandingan Data Efisiensi Thermal Keseluruhan Sistem *Prototype*

Dengan membagi energi *output* dengan energi *input* yang diterima oleh *prototype*, maka nilai efisiensi thermal keseluruhan sistem *prototype* didapatkan.

Tabel 5. Perbandingan data efisiensi *prototype*

Data	Lambang	Nilai Simulasi	Nilai Teoritis	Selisih
Efisiensi thermal keseluruhan sistem <i>prototype</i>	$\eta_{\text{thermal system}}$	12%	21%	9%

Dari tabel di atas, di dapat bahwa efisiensi maksimum yang dapat dicapai oleh *prototype* pada kondisi ideal adalah 21%, sementara itu untuk efisiensi maksimum pada kondisi tidak ideal hasil simulasi adalah 12%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian berupa data teoritis dan hasil simulasi, maka dapat disimpulkan bahwa *prototype* pembangkit listrik tenaga surya sistem turbin uap fluida kerja refrigerant-32 pada kondisi ideal teoritis mendapatkan efisiensi thermal sistem sebesar 12% dan pada kondisi non-ideal hasil simulasi mendapatkan efisiensi thermal sebesar 21%.

DAFTAR PUSTAKA

- Lukman, Vegetama, M.R., 2023. Konsentrasi Perekat Organik pada Biobriket Berbahan Baku Limbah Serbuk Kayu 7, 15844–15853.
- Asy'ari, H., Jatmiko, Angga, 2012. Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Sel Surya. Simposium Nasional RAPI XI FT UMS 52–57.
- Boedoyo, M.S., 2013. Potensi Dan Peranan Plts Sebagai Energi Alternatif Masa Depan Di Indonesia. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia 14. <https://doi.org/10.29122/jsti.v14i2.919>.
- Kusuma, I.G.B.W., 2022. METODA TERBARU DALAM PEMBANGUNAN PLTS 1 MWp DI BALI.
- Arvikadewi, I.G.A.P., Arliyandi, Putra, D.G.M.E., 2018. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Kecil dengan Menggunakan Siklus Biner dan Fluida Kerja Metana. Program Kreativitas Mahasiswa.