

Fadli Robiandi

Tenaga Pengajar (Dosen)
Institut Teknologi Kalimantan
Jurusan Sains Teknologi Pangan dan
Kemaritiman
Program Studi Fisika
Email:
fadlirobiandi@lecturer.itk.ac.id

Silmi Hidayana

Tenaga Ahli
Pertamina Hulu Mahakam
Departemen Communication Relation &
CID

Hafid

Tenaga Ahli
Pertamina Hulu Mahakam
Departemen Communication Relation &
CID

Febrian Dedi Sastrawan

Tenaga Pengajar (Dosen)
Institut Teknologi Kalimantan
Jurusan Sains Teknologi Pangan dan
Kemaritiman
Program Studi Fisika

Dian Mart Shoodiqin

Tenaga Pengajar (Dosen)
Institut Teknologi Kalimantan
Jurusan Sains Teknologi Pangan dan
Kemaritiman
Program Studi Fisika

Menasita Mayantasari

Tenaga Pengajar (Dosen)
Institut Teknologi Kalimantan
Jurusan Sains Teknologi Pangan dan
Kemaritiman
Program Studi Fisika

RANCANG BANGUN KOLEKTOR SURYA TIPE PARABOLIC TROUGH MENGGUNAKAN REFLEKTOR ALUMINIUM TAPE-POLIESTER UNTUK APLIKASI PEMANAS UDARA PADA LEMARI PENGERING

Parabolic trough type solar collector is a potential heating device for use in a dryer. This instrument utilizes radiation or sunlight as a heat source. Generally, solar collector converts solar radiation energy in electromagnetic waves form into heat energy. In this research, a parabolic trough type solar collector had been made using an aluminum tape reflector which was coated with polyester as a protector. In this study, measurements of temperature and humidity in the absorber pipe were carried out, as well as the intensity of solar radiation and wind speed. Based on the result of measurement and data processing, it was found that the pattern of increasing the air and absorber temperature followed the pattern of solar radiation's intensity. In other words, the temperature was directly proportional to change in the intensity of solar radiation. The highest air temperature in this experiment was 51.5 °C and the highest temperature of the absorber pipe was 56.6 °C. Moreover, the wind speed with a value above 0.6 m/s lowers the air temperature in the absorber. The increase in air temperature was inversely proportional to the value of the air humidity in the absorber.

Keywords: Parabolic, Radiation, Absorber, Temperature, Humidity, Wind.

1. PENDAHULUAN

Pengeringan merupakan salah satu proses untuk meningkatkan massa simpan produk hasil laut seperti ikan dan udang. Bagi masyarakat nelayan kecil yang masih terkendala dengan listrik dan bahan bakar, metode pengeringan secara tradisional merupakan pilihan yang cocok/relevan dengan keadaan tersebut. Metode pengeringan tradisional menggunakan cahaya matahari langsung serta tempat terbuka. Keuntungan metode ini adalah sederhana dan murah. Namun Kekurangan metode tersebut adalah mudah terkontaminasi debu dan kotoran serta hewan (seperti lalat dan lainnya), salah satu upaya untuk menanggulangi hal tersebut adalah menggunakan alat pengering yang lebih terisolasi atau tertutup. Namun, tetap menggunakan energi matahari sebagai sumber panas. Salah satu alat untuk mengumpulkan panas disebut dengan kolektor panas surya.

Secara umum kolektor panas surya telah digunakan untuk memanaskan air atau fluida lainnya. Mekanisme alat ini adalah mengkonversi energi surya yang datang berupa gelombang elektromagnetik menjadi kalor pada absorber panas, kemudian panas ditransferkan ke fluida di dalam komponen absorber. Energi dan temperatur yang dihasilkan alat ini dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari dan kelembapan udara pada area tersebut [1]. Kolektor panas surya dibagi menjadi tipe penyerap cahaya/radiasi secara langsung [2] dan tipe pengkonsentrasi cahaya. Kolektor tipe penyerap panas surya memiliki konsep konversi radiasi matahari menjadi panas pada komponen absorber [3]. Contoh alat ini adalah alat pemanas air tenaga surya [4]. Mekanisme kolektor panas tipe pengkonsentrasi cahaya adalah mengumpulkan atau mengonsentrasikan cahaya matahari pada komponen absorber menggunakan reflektor cahaya [5]. Kelebihan

alat ini selama ini adalah emisi dan dampak terhadap lingkungan rendah, dan biaya perawatan yang rendah [6]. Pemanfaatan kolektor jenis ini telah digunakan pada pemanas air, generator uap, komponen alat desalinasi air laut [7], pembangkit listrik tipe *concentrating photovoltaic* [8].

Kolektor panas surya tipe pengkonsentrasi radiasi surya, dibagi menjadi beberapa tipe yaitu: *fresnel collector*, *parabolic dish collector* dan *parabolic trough collector*. *Fresnel collector* menggunakan beberapa reflektor yang diatur dengan susunan tertentu untuk mengkonsentrasikan cahaya pada absorber [9,10]. Kolektor tipe ini membutuhkan area yang luas karena posisi reflektor yang mendarat. Kolektor tipe *parabolic dish* memiliki reflektor seperti cermin cekung membentuk setengah bola. Tipe ini mempunyai fokus berupa titik sehingga area yang dipapar konsentersasi cahaya surya tidak luas [11]. Kolektor surya tipe *parabolic trough* memiliki reflektor berupa cermin cekung membentuk setengah silinder. Tipe ini mempunyai fokus berupa garis sehingga cocok dengan absorber panas berbentuk pipa [12,13].

Reflektor merupakan salah satu komponen penting pada kolektor surya. Intensitas cahaya matahari yang dipantulkan akan sangat ditentukan nilai indeks refleksi material reflektor. Lapisan perak nitrat pada cermin merupakan bahan yang biasa digunakan sebagai material reflektor, material ini memiliki ideks refleksi. Namun bahan tersebut atau cermin lengkung tidak mudah didapatkan didaerah yang jauh perkotaan dan relatif mahal. Aluminium atau aluminun tape dapat digunakan sebagai material reflektor. Walau memiliki nilai indeks refleksi yang lebih rendah dari cermin atau perak nitrat, namun bahan mudah didapatkan biaya perawatan relatif murah mudah diganti apabila terjadi kerusakan..

Pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan alat pemanas udara berupa kolektor surya tipe *parabolic trough*. Alat ini akan diaplikasikan sebagai komponen pemanas pada lemari pengering. Alat ini menggunakan reflektor berupa aluminium tape yang dilapisi poliester sebagai pelindung. Pada penelitian ini dilakukan observasi pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap perubahan panas udara dalam pipa heat absorber. Serta dilakukan analisis efisiensi energi termal udara dalam pipa absorber.

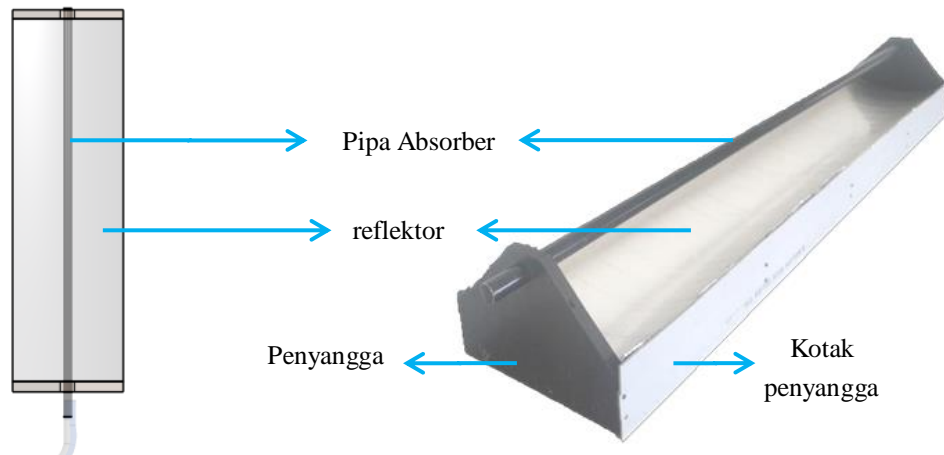
2. METODE DAN BAHAN

2.1 Bahan dan Alat

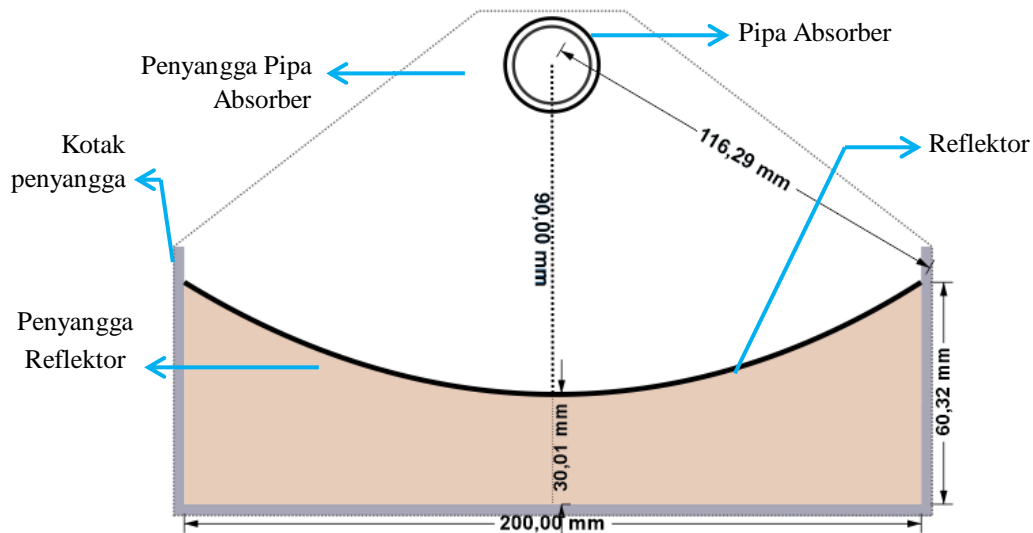
Pada penelitian ini, bahan yang digunakan sebagai kotak reflektor adalah PVC. Bahan yang digunakan sebagai penyangga reflektor adalah kayu tripleks. Bahan yang digunakan sebagai reflektor adalah aluminium tape. Bahan yang digunakan sebagai pelapis reflektor adalah resin polyester. Pipa absorber radiasi surya yang digunakan pada eksperimen ini berbahan besi. Alat ukur yang digunakan adalah thermocouple digital K8620 2 channel, alat ini digunakan untuk mengukur temperatur udara dalam pipa serta temperatur pipa absorber. luxmeter, lx-1330b digunakan sebagai alat ukur intensitas radiasi matahari. Hygrometer digunakan untuk mengukur kelembapan udara pada kolektor. Anemometer sanfix GM8903 digunakan sebagai alat ukur kecepatan angin di sekitar kolektor.

2.2 Pembuatan Alat

Kolektor surya tipe *parabolic trough* dirancang dan dibuat sesuai gambar 1. Kotak penyangga reflektor dibuat dari bahan PVC dengan ukuran panjang 100 cm, lebar 20 cm dan tinggi 60,3 cm. Penyangga reflektor dan adsorber dibuat dari kayu tripleks seperti pada gambar 2. Reflektor dibuat dari bahan plat seng dengan panjang 100cm dan lebar 21,5 cm. Pemilihan dimensi atau ukuran tersebut agar temperatur *output* kolektor mencapai temperatur pengeringan yang berkisar 45 °C [14]. *Parabolic trough* konvensional yang digunakan pada pemanas air memiliki area reflektor lebar dan mampu menghasilkan temperatur 280 °C hingga 548 °C [15]. Tentunya temperatur ini lebih tinggi dari temperatur yang dibutuhkan dalam pengeringan. Oleh karena itu, area reflektor pada eksperimen ini dibuat lebih kecil dari reflektor *parabolic trough* konvensional. bahan ini digunakan sebagai komponen substrat/platform bagi lapisan reflektor. Lapisan reflektor dibuat dari aluminium tape yang direkatkan pada permukaan plat seng atau substrat. Lapisan aluminium tape diberi lapisan transparan dari bahan poliester. Bahan ini berfungsi sebagai pelindung permukaan lapisan reflektor. Jari-jari kelengkungan kolektor *parabolic trough* adalah 180 cm dan jarak titik fokus terhadap titik dasar permukaan reflektor adalah 90 cm, struktur lintang ditunjukkan oleh gambar 2. Komponen pipa absorber radiasi matahari berupa pipa besi yang beri cat hitam dengan panjang 110 cm, diameter dalam 3,46 cm dan massa pipa 1,53 kg. Pengecekan refleksi sinar matahari pada pipa kolektor dilakukan setelah kolektor selesai dirakit. Pengecekan refleksi dilakukan dengan pengujian langsung pada cahaya matahari dengan mengamati peningkatan temperatur pada pipa absorber dan berkas cahaya pada bagian bawah pipa absorber.



Gambar 1. Desain kolektor surya tipe *parabolic trough*



Gambar 2. Penampang lintang kolektor surya tipe *parabolic trough*

2.3 Pengukuran dan Pengolahan Data

Proses akuisi data atau pengukuran temperatur, intensitas radiasi matahari, kecepatan angin dan kelembapan dilakukan pada 6 Januari 2021 pada rentang waktu 12.00 hingga 14.00 WITA bertempat di Kampus Institut Teknologi Kalimantan Balikpapan Utara. Data temperatur dan intensitas cahaya selanjutnya digunakan untuk mendapatkan daya radiasi cahaya, laju energi termal dan efisiensi. Pada eksperimen ini, Hasil pengukuran intensitas radiasi dalam satuan lux. Satuan tersebut dikonversi menjadi watt per meter persegi (W/m^2). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Peter R. Michael, et al [16], nilai intensitas radiasi matahari sebesar $1W/m^2$ sama dengan 122 lux. Dengan demikian, konversi nilai dengan satuan lux dikonversi menjadi watt per meter persegi menggunakan persamaan 1. Pada perhitungan laju energi termal pada udara dalam absorber dan pipa absorber, udara dan pipa dianggap tidak mengalami perubahan tekanan saat terjadi kenaikan temperatur atau isobarik. Sehingga laju energi termal dihitung menggunakan persamaan 2 [17]:

$$I(Wm^{-2}) = \frac{1}{122} l \tag{1}$$

Keterangan:

l = nilai radiasi matahari (*lux*)

$$P_f = \frac{\rho V c_p \Delta T}{\Delta t} \quad (2)$$

Keterangan:

P = daya atau laju energi termal (W)

ρ = densitas (kg m^{-3})

V = volume (m^3)

c_p = panas spesifik (kJ/kg K)

ΔT = perubahan temperatur (K)

Δt = waktu perubahan temperatur (s)

Nilai densitas udara dan panas spesifik udara yang digunakan pada perhitungan mengacu kepada data *International Standar Atmosphere*. Berdasarkan data tersebut densitas udara pada temperatur 30°C adalah 1,165 kg/m^3 . Pada temperatur 40°C, densitas udara adalah 1,127 kg/m^3 . Densitas udara pada temperatur 50 °C adalah 1,109 kg/m^3 . Nilai panas spesifik c_p pada temperatur 30 °C hingga 50°C adalah 1,005 kJ/kgK. Efisiensi kolektor surya dalam mengkonversi energi radiasi matahari menjadi panas pada pipa absorber dan udara dalam absorber, dihitung menggunakan persamaan 3 [17]:

$$\eta = \frac{P_f}{P_c} 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

η = efisiensi (%)

P_f = daya atau laju energi termal pipa atau udara absorber (W)

P_c = daya radiasi matahari (W)

Perhitungan daya radiasi matahari menggunakan persamaan 4 [18]:

$$P_c = IA \quad (4)$$

Keterangan:

P_c = daya radiasi matahari (W)

I = intensitas radiasi (Wm^{-2})

A = luas permukaan reflektor (m^2)

3. HASIL DAN DISKUSI

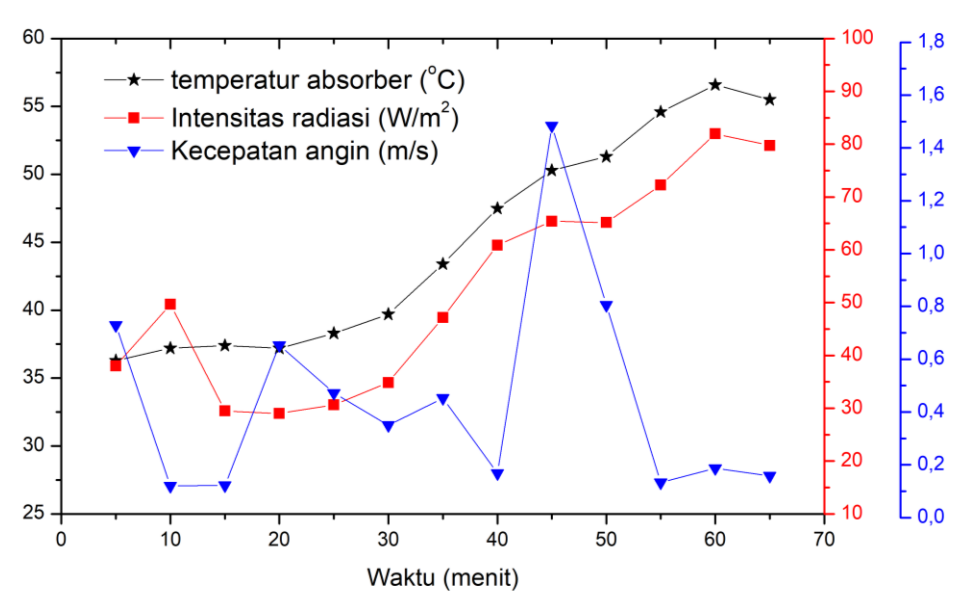
3.1 Efisiensi kolektor dengan reflektor aluminium-poliester

Kolektor cahaya matahari pada penelitian ini menggunakan lapisan reflektor berbahan aluminium tape dan dilapisi dengan bahan poliester sebagai pelindung. Bahan aluminium tentunya memiliki kemampuan memantulkan cahaya yang lebih rendah dari cermin. Performa reflektor dapat dilihat dari efisiensi atau rasio energi radiasi yang dikonversi menjadi energi panas pada pipa absorber. Nilai temperatur tertinggi pipa absorber adalah 56,6 °C dengan intensitas radiasi 84,18 W/m^2 . Berdasarkan tabel 1, efisiensi reflektor dalam mengkonversi energi surya memiliki nilai yang berbeda untuk setiap nilai intensitas radiasi matahari. hal ini menunjukkan, efisien reflektor dipengaruhi oleh intensitas radiasi. Perbedaan ini juga dapat dipengaruhi oleh angin dari lingkungan. Efisiensi reflektor pada kolektor surya ini memiliki nilai tertinggi 71,38 % dan terendah adalah 7,61 %. Perubahan temperatur absorber disebabkan radiasi yang dikonsentrasikan reflektor berbahan aluminium tape ditunjukkan grafik pada gambar 3. Dari grafik tersebut, temperatur pipa absorber dipengaruhi oleh besar nilai intensitas radiasi matahari. Sehingga pola perubahan temperatur absorber mengikuti pola intensitas radiasi yang diterima kolektor atau bidang reflektor. Berdasarkan grafik pada gambar 3, angin dapat memberikan pengaruh terhadap temperatur absorber, namun kecepatan angin dengan

nilai di atas 0,6 m/s yang cenderung berpengaruh pada temperatur pipa absorber.

Tabel 1. Hasil perhitungan energi, daya dan efisiensi kolektor menaikkan temperatur pipa absorber

Intensitasi radiasi (W/m ²)	Daya radiasi rata-rata (W)	Perubahan temperatur absorber (°C)	Energi termal untuk menaikkan temperatur absorber (J)	Laju energi termal pada absorber (W)	Efisiensi (%)
29,51	6,34	0,2	140,76	0,47	7,40
30,66	6,59	1,1	774,18	2,58	39,15
34,88	7,50	1,4	985,32	3,28	43,80
47,17	10,14	3,7	2604,06	8,68	85,59
49,67	10,68	0,9	633,42	2,11	19,77
60,90	13,09	4,1	2885,58	9,62	73,46
65,16	14,01	1	703,80	2,35	16,74
65,41	14,06	2,8	1970,64	6,57	46,71
69,02	14,84	3,3	2322,54	7,74	52,17
72,25	15,53	3,3	2322,54	7,74	49,84
81,97	17,62	2	1407,60	4,69	26,62



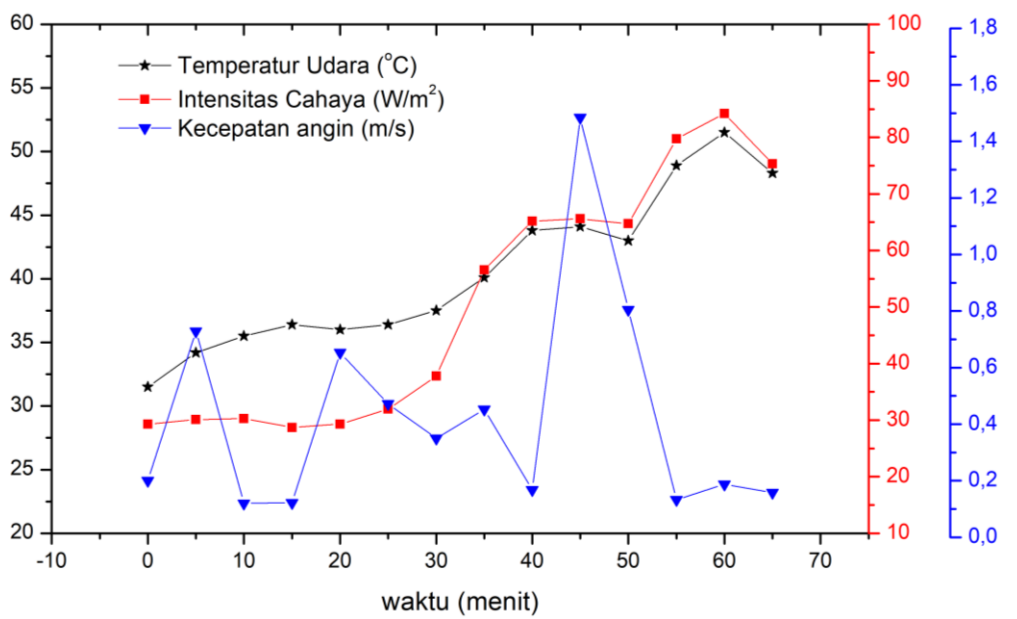
Gambar 3. Grafik hubungan temperatur pipa absorber, intensitas radiasi matahari dan kecepatan angin.

3.2 Pengaruh Intensitas Radiasi Pada Temperatur Udara Absorber

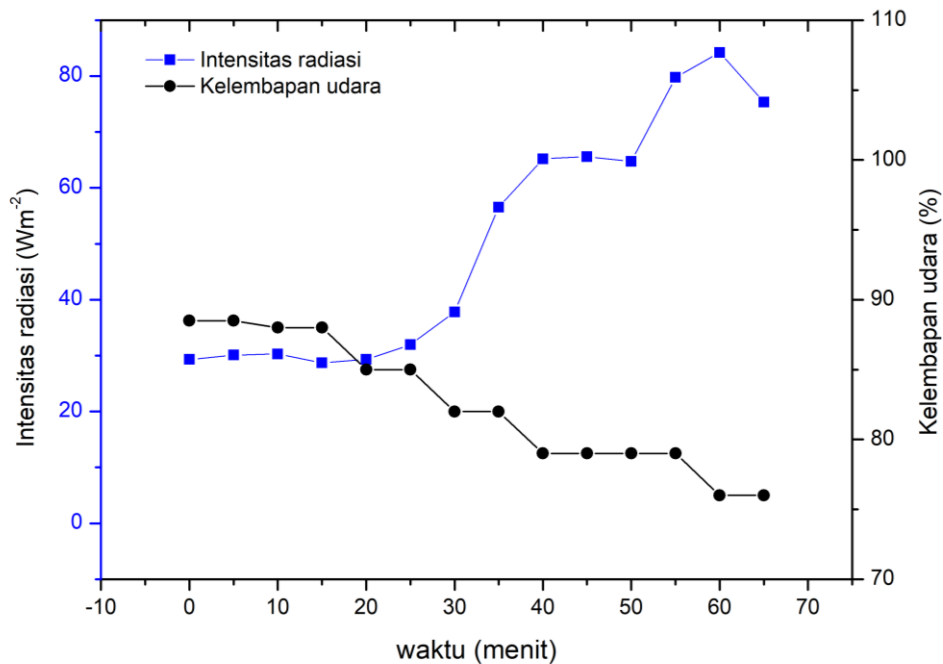
Berdasarkan grafik yang ditunjukkan oleh gambar 4, peningkatan intensitas radiasi matahari menyebabkan meningkatnya temperatur udara dalam pipa absorber. Pola peningkatan temperatur udara pada absorber cenderung mengikuti pola intensitas radiasi matahari. Temperatur tertinggi udara di dalam pipa absorber adalah 51,5 °C. Intensitas radiasi matahari terlihat tidak konstan, hal ini disebabkan adanya awan. Keberadaan awan dapat menghalangi radiasi matahari, sehingga mengurangi intensitas radiasi yang diterima pada permukaan reflektor.

Kecepatan angin berpengaruh terhadap perubahan temperatur udara di dalam pipa absorber. Hubungan perubahan temperatur udara pada absorber cenderung berkebalikan dengan perubahan kecepatan angin. Hal ini dapat dilihat pada grafik yang ditunjukkan oleh gambar 4. Pada menit ke 5 hingga 15, menit 20 hingga 40 dan menit hingga 60 terjadi penurunan kecepatan angin, sedangkan pada temperatur udara absorber terjadi peningkatan pada durasi tersebut. berdasarkan grafik tersebut hanya kecepatan angin di atas

0,6 m/s berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan temperatur udara absorber. Berdasarkan grafik pada gambar 5, peningkatan intensitas radiasi menyebabkan penurunan kelembapan udara pada absorber. Sehingga jika dihubungkan dengan temperatur udara absorber, peningkatan temperatur udara diikuti penurunan tingkatan kelembapan udara pada absorber.



Gambar 4. Grafik hubungan temperatur udara dalam absorber , intensitas radiasi matahari dan kecepatan angin.



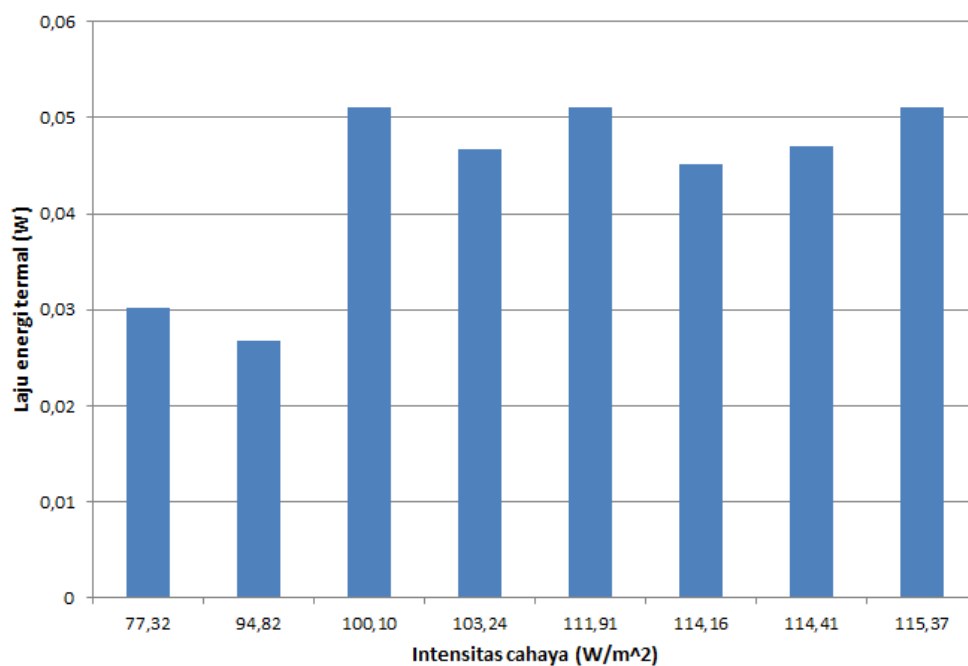
Gambar 5. Grafik hubungan kelembapan udara dan intensitas radiasi matahari.

3.3 Laju Energi Termal Udara Pada Absorber

Laju energi termal atau daya termal udara pada absorber merupakan energi yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur udara pada pipa absorber per waktu. Untuk mendapatkan nilai laju energi termal yang tepat, maka dibutuhkan kenaikan temperatur udara yang tidak fluktuatif pada pipa absorber. Nilai perubahan atau kenaikan temperatur digunakan untuk perhitungan laju energi termal ditetapkan 1 °C. Pengukuran

dilakukan di lingkungan terbuka, sehingga faktor lingkungan seperti angin, keberadaan awan dapat mempengaruhi hasil pengukuran. Hasil pengukuran pada eksperimen ini menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur sebesar 1 °C relatif berbeda-beda. Hasil perhitungan laju energi termal yang digunakan untuk menaikkan temperatur udara absorber 1 °C disajikan pada tabel 2.

Berdasarkan grafik pada gambar 6 dan data durasi waktu pada tabel 2, pada intensitas radiasi rata-rata 109,87 W/m² atau pada rentang 100,10-115,37 W/m², waktu yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur udara 1°C pada pipa absorber adalah 23 hingga 26 detik. Dan nilai laju energi termal rata-rata udara pada absorber 0,049 W. Sedangkan intensitas radiasi yang lebih rendah dengan nilai rata-rata 86,07 W/m² atau pada rentang 77,32-94,86 W/m² membutuhkan waktu 39 hingga 44 detik. Pada rentang tersebut, nilai laju energi termal rata-rata udara dalam absorber adalah 0,028 W. Intensitas radiasi yang tinggi akan cenderung menghasilkan laju energi termal udara yang lebih tinggi dari laju energi termal yang dihasilkan oleh intensitas radiasi yg rendah. Efisiensi panas udara dalam pipa absorber bernilai lebih tinggi jika semakin sedikit waktu atau durasi yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur udara dalam absorber 1°C. Intensitas radiasi yang tinggi cenderung mempersingkat waktu atau durasi untuk meningkatkan temperatur udara dalam absorber. Berdasarkan tabel 2, intensitas radiasi dengan nilai 100,10 hingga 115,37 W/m² memiliki durasi yang lebih singkat untuk menaikkan temperatur udara dalam absorber jika dibandingkan dengan durasi pada intensitas radiasi 77,32 – 94,86 W/m².



Gambar 6. Grafik laju energi termal udara pada absorber terhadap intensitas radiasi matahari

Tabel 2. Hasil perhitungan energi, daya dan efisiensi kolektor menaikkan temperatur udara absorber.

Intensitas rata-rata radiasi (W/m ²)	Daya rata-rata radiasi (W)	Peningkatan temperatur udara dalam absorber (°C)	Durasi (s)	Energi termal (J)	Efisiensi (%)
103,24	22,20	34-35	26	1,21	0,21
100,10	21,52	35-36	23	1,17	0,24
114,16	24,54	36-37	26	1,17	0,18
115,37	24,80	37-38	23	1,17	0,21
114,41	24,59	38-39	25	1,17	0,19
111,91	24,06	40-41	23	1,17	0,21
94,82	20,39	42-43	44	1,17	0,13
77,32	16,62	43-44	39	1,17	0,18

4. KESIMPULAN

Bedasarkan hasil eksperimen dan analisis data yang telah dilakukan diketahui bahwa kolektor surya tipe *parabolic trough* dengan menggunakan reflektor aluminium tape dapat digunakan sebagai alat pemanas udara dengan nilai temperatur tertinggi udara absorber mencapai 51,5 °C. Temperatur tertinggi yang dapat dicapai pada pipa absorber adalah 56,6°C. perubahan temperatur udara dalam absorber dan pipa absorber mengikuti perubahan nilai intensitas radiasi matahari. Penurunan temperatur udara dalam absorber dan pipa absorber dipengaruhi oleh kecepatan angin. Nilai kelembapan udara pada absorber berbanding terbalik dengan temperatur udara absorber. Efisiensi panas udara pada absorber sebesar 0,11% hingga 0,24%, perhitungan berdasarkan besar rasio laju energi termal yg digunakan untuk menaikkan suhu udara absorber satu derajat celsius, terhadap daya radiasi matahari. Efisiensi panas tertinggi pada pipa absorber adalah 85,59%. Nilai efisiensi dipengaruhi oleh faktor intensitas radiasi matahari dan kecepatan angin.

5. PERNYATAAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pertamina Hulu Makam yang telah mendanai penelitian ini. LPPM ITK, dan semua pihak yang telah berkontribusi dan membantu dalam penelitian dan penulisan artikel ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] NIZAR RAMADHAN, SUDJITO SOEPARMAN, and AGUNG WIDODO, “Analisis perpindahan panas pada kolektor pemanas air tenaga surya dengan turbulence enhancer”, *Jurnal Rekayasa Mesin*, v.8, n.1, pp. 15–22, 2017.
- [2] RIZKI IKHSAN, SUDJITO SOEPARMAN, and MEGA NUR SASONGKO,” Studi kinerja solar water heater double plate dengan aliran zig-zag beralur balok”, *Jurnal Rekayasa Mesin*, v.8, n.1, pp.37–46, 2017.
- [3] SUPRAYITNO, AZRIDJAL AZIZ, and RAHMAT IMAN MAINIL,” Kaji eksperimental alat pengering tenaga surya aktif pemanasan langsung (direct solar dryer active) berbentuk jajar genjang tipe kabinet”, *Jom FTEKNIK*, v.2, n.2, pp.1-4, 2016.
- [4] R. AUNGKURABRUT, AND P PATHIKE, “Solar water heater of absorption type using natural black rock”, in: *9th Thai Society of Mechanical Engineers-International Conference on Mechanical Engineering*, pp.1-11, Phuket, Dec. 2019.
- [5] AKBARZADEH. S, and VALIPOUR. M, “Heat transfer enhancement in parabolic trough collectors: a comprehensive review”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.92, pp.198–218, 2018.
- [6] EVANGELOS BELLOS, CHRISTOS TZIVANIDIS, and DIMITRIOS TSIMPOUKIS,”Enhancing the performance of *parabolic trough* collectors using nanofluids and turbulators”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. v.91, pp.358–75. 2018.
- [7] MUNAWAR ALFANSURY SIREGAR, WAWAN SEPTIAWAN DAMANIK, SUDIRMAN LUBIS. “Analisa energi pada alat desalinasi air laut tenaga surya model lereng tunggal”. *Jurnal Rekayasa Mesin*, v. 12, n.1, pp.193–201, 2021.
- [8] MD TASBIRUL ISLAM, NAZMUL HUDA, A.B. ABDULLAH, and R. SAIDUR, “A comprehensive review of state-of-the-art concentrating solar power (CSP) technologies: current status and research trends”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.91, pp. 987-1018,2018.
- [9] SUN. JIE , ZHANG.ZH. WANG. LI, ZHANG.ZHENWEN, and WEI. JINJIA, “Comprehensive review of line-focus concentrating solar thermal technologies: parabolic trough collector (PTC) vs linear fresnel reflector (LFR)”, *Journal of Thermal Science*. v.29, pp.1097-1124, 2020.
- [10] SALEHI, N., MIRABDOLAH LAVASANI, A., MEHDIPOUR, R., and EFTEKHARI YAZDI, M. (2021). “Effect of nano fluids on the thermal performance and efficiency of linear fresnel collector in hot summer months”, *Journal of Renewable Energy and Environment*, v.8, n.4, pp. 42-51, 2021.
- [11] G. CANDRA MOHANA REDDY, G. ANANDA RAO, V.V.S. HARNADH PRASAD, and VISHNU MUKKOTI, “Design of concentrated parabolic dish collector for vapour absorption refrigeration system”. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, v. 8, pp.714-724, 2017.
- [12] PABLO D. TAGLE-SALAZAR, KRISHNA D.P. NIGAM, AND CARLOS I, And RIVERA-

SOLORIO, “Parabolic trough solar collectors: a general overview of technology, industrial applications, energy market, modeling, and standards”. *Green Processing and Synthesis*, v. 9, pp. 595–649, 2020.

- [13] AMIT K. BHAKTA, NITESH K. PANDAY, and SHAIENDRA N. SINGH, “Performance study of a cylindrical parabolic concentrating solar water heater with nail type twisted tape inserts in the copper absorber tube”. *Energies*, v. 11, pp. 204-219, 2018.
- [14] HELMI HARRIS, AAN AGUSTIAN, “Analisis Pengaruh Suhu Pengeringan Terhadap Mutu Organoleptik Pundang Seluang”, *Jurnal Ilmu-Ilmu Perikanan dan Budidaya Perairan*, v. 13, pp. 67-74, 2018.
- [15] BRUCE G. MILLER, *14 - Emerging technologies for reduced carbon footprint, clean coal engineering technology*, 2 ed”. Butterworth-Heinemann, 2017.
- [16] PETER R. MICHAEL, DANVERS E. JOHNSTON, and WILFRIDO MORENO, “A conversion guide: solar irradiance and lux illuminance”, *Journal of Measurements in Engineering*, v. 8, n.4, pp. 153-166, 2020.
- [17] MEGA LAZUARDI UMAR, PRABUDITYA BHISMA WISNU WARDHANA, ASMAR FINALI, AGUNG FAUZI HANAFAI, and RIZQI ILMAL YAQIN, “Studi eksperimen panel surya dengan kolektor pemanas udara”. *Jurnal Teknologi Terapan*, v. 7, n.2, pp. 86-91, 2021.
- [18] Q.A.M.O. ARIFIANI, M.R. ABIDIN, E.F. NUGRAHANI, and K.K. UMMATIN, “Rancang bangun solar dryer untuk meningkatkan kualitas refuse derived fuels (RDF) sebagai bahan bakar alternatif di kiln burner industri semen”. *Jurnal Rekayasa Mesin*, v.9, n.3, pp.211-220, 2018.