

Analisis keseragaman kolektor surya pelat datar *glazed* dan *unglazed*

Rustam Efendi¹, Leopold Oscar Nelwan², Dyah Wulandani²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Tenggara

Jl. Kapten Pierre Tendean, No. 109 A, Baruga, Kendari, Sulawesi Tenggara 93121

²Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

Jalan Lingkar Akademik, Kampus IPB Dramaga, Babakan, Dramaga, Kabupaten Bogor, Jawa Barat 16002

Email korespondensi: rustamefendi032@gmail.com

Abstrak

Kolektor surya, sebagai alat konversi energi surya menjadi energi panas, menjadi fokus kajian ini. Dua jenis kolektor surya yang digunakan, yaitu pelat datar *glazed* (KSPDG) dan pelat datar *unglazed* (KSPDU), diuji untuk mengevaluasi keseragaman kinerja. Kajian ini dilakukan dengan menggunakan setup pengujian yang mencakup tangki, pompa air, termokopel, flowmeter, anemometer, dan pyranometer. Pengujian keseragaman dilakukan dengan menganalisis suhu inlet, suhu outlet, suhu lingkungan, dan iradiasi surya selama 8 jam pengujian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua jenis kolektor surya menunjukkan kecenderungan yang sama dalam kinerja, dengan kenaikan suhu air yang selaras dengan peningkatan iradiasi surya. Analisis statistik menunjukkan tingkat keseragaman yang serupa antara KSPDU I dan KSPDU II, serta antara KSPDG I, KSPDG II, dan KSPDG III.

Kata kunci: analisis statistik, iradiasi surya, pompa air, tangki.

Abstract

Solar collectors, as a means of converting solar energy into thermal energy, are the focus of this study. Two types of solar collectors used, namely *glazed flat plates* (KSPDG) and *unglazed flat plates* (KSPDU), are tested to evaluate uniformity of performance. The study was conducted using a testing setup that included a tank, water pump, thermocouple, flowmeter, anemometer, and pyranometer. Uniformity testing is performed by analyzing inlet temperature, outlet temperature, ambient temperature, and solar irradiation during 8 hours of testing. Test results show that both types of solar collectors show similar trends in performance, with increases in water temperature aligned with increased solar irradiation. Statistical analysis shows a similar level of uniformity between KSPDU I and KSPDU II, as well as between KSPDG I, KSPDG II, and KSPDG III.

Keywords: statistical analysis, solar irradiation, water pumps, tanks.

1. Pendahuluan

Kolektor surya merupakan suatu alat yang dapat mengonversi energi surya menjadi energi panas [1]. Adapun bagian-bagian kolektor surya adalah pelat *absorber*, penutup transparan, pipa fluida, kotak kolektor, dan insulasi. Prinsip kerja kolektor surya adalah iradiasi surya melewati penutup transparan dan menimpa pelat *absorber*. Pelat *absorber* menyerap energi panas dan ditransfer menuju pipa yang berisi fluida kerja (air), selanjutnya diteruskan menuju tangki penyimpanan termal atau digunakan untuk berbagai keperluan. Oleh karena itu, kolektor surya merupakan alat yang dapat dimanfaatkan untuk kegiatan proses penanganan pascapanen, dalam hal ini pengeringan gabah. Kolektor surya saat ini yang umumnya digunakan untuk pemanas air adalah Kolektor Surya tipe Pelat Datar *Glazed* (KSPDG) dan yang jarang digunakan adalah Kolektor Surya Pelat Datar *Unglazed* (KSPDU) [2]. Penggunaan KSPDG yang terintegrasi dengan *heat exchanger* (radiador) untuk memanaskan air dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan proses pengeringan gabah, dalam proses *charging* (pemanenan energi panas) dan *discharging* (penggunaan energi panas) KSPDG dengan iradiasi rata-rata sebesar 591 W/m², suhu lingkungan rata-rata

sebesar 35,6°C mampu menghasilkan udara panas maksimum sebesar 44,2°C [3]. Sementara itu, KSPDU sangat mudah kehilangan panas, karena panas yang terserap oleh *absorber* tidak terperangkap, sehingga panas yang berada di atas permukaan *absorber* tertiup oleh udara lingkungan [4]. Meskipun demikian, hal tersebut dapat diminimalkan dengan mempertimbangkan kecepatan angin pada suatu lingkungan dan sudut kemiringan dari kolektor surya [5]. Hal serupa juga dinyatakan bahwa KSPDU memungkinkan digunakan untuk pemanasan ruang bangunan di Irak selama musim dingin, karena maksimum suhu *outlet* yang dihasilkan sebesar 34°C dan 18°C pada suhu lingkungan sebesar 17°C dan 12°C di cuaca cerah dan cuaca mendung [6].

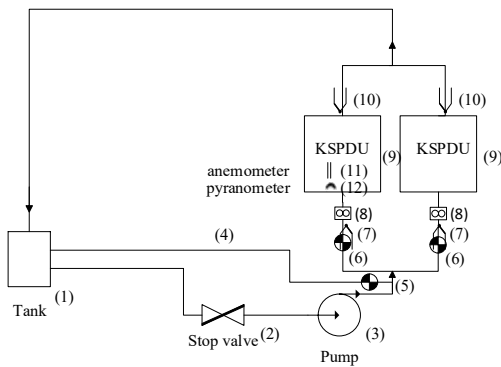
Para peneliti mendapatkan KSPDG dan KSPDU untuk pemanas air, dari segi efisiensi panas yang dihasilkan KSPDG lebih baik dibandingkan dengan KSPDU [7,8]. KSPDG untuk pemanasan air murni dan SiO₂/air dengan kondisi pengujian *quasi-steady-state* telah diteliti sebelumnya, kemiringan kolektor sebesar 45° [9]. Pengujian berlangsung dari pukul 08:00-17:00 WIB di musim semi. Efisiensi maksimum dengan menggunakan SiO₂/air sebanyak

59% dan air sebesar 57% (laju aliran sebesar 1,4 liter/menit).

KSPDG memiliki keunggulan yakni kemampuan memerangkap energi panas dan mereduksi kehilangan panas konveksi dari angin, akan tetapi memiliki sifat refleksi [10,11]. Sedangkan KSPDU menyerap panas dari radiasi matahari secara langsung, namun sangat mudah kehilangan panas karena di atas permukaan *absorber* terjadi konveksi bebas [2]. Beberapa kajian kolektor surya pelat datar juga telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya [12-15]. Tujuan kajian ini adalah menguji keseragaman kolektor surya pelat datar *glazed* dan *unglazed*.

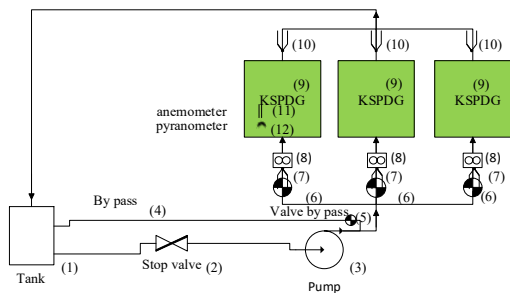
2. Metode

Gambar 1 berikut menunjukkan pengaturan untuk pengujian keseragaman KSPDU.



Gambar 1. Setup pengujian keseragaman KSPDU.

Setup pengujian terdiri atas (Gambar 1 dan 2), tangki berkapasitas 20 liter (1), stop valve berfungsi sebagai pengatur debit air (2), pompa air (3), by pass berfungsi sebagai saluran pembalik sisa air yang tidak diteruskan ke kolektor (4), gate valve pengatur debit menuju by pass (5), gate valve mengatur debit air menuju flowmeter (6), termokopel mengukur suhu air inlet kolektor (7), flow meter mengukur laju aliran air air (8), unit KSPDU dan KSPDG (9), termokopel mengukur suhu outlet kolektor (10), anemometer mengukur kecepatan angin di atas kolektor (11), dan pyranometer mengukur iradiasi surya (12)



Gambar 2. Setup pengujian keseragaman KSPDG.

Pengujian keseragaman KSPDU dilakukan dengan melakukan pengaturan awal instalasi paralel dengan dua buah KSPDU terintegrasi dengan satu buah pompa dan satu buah tangki berkapasitas 20 liter. Pompa dinyalakan untuk memompa air menuju inlet kolektor, debit air diatur menggunakan *gate valve* dan *by pass*. Pengujian ini berlangsung selama 8 jam yakni, dari pukul 08:00-16:00 WIB. Sistem sirkulasi yang digunakan pada pengujian ini adalah resirkulasi. Setup pengujian KSPDU dan KSPDG dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2. Sedangkan pengujian keseragaman KSPDG, pada dasarnya sama dengan pengujian kolektor KSPDU. Adapun yang membedakan ialah jumlah kolektor yang diuji yakni tiga buah kolektor KSPDG serta penambahan satu buah *flow meter* dan satu buah *gate valve*.

KSPDG dan KSPDU diuji pada kondisi cuaca cerah dan sudut kemiringan 6°. Parameter yang diukur meliputi suhu inlet, suhu outlet, suhu lingkungan, iradiasi surya, diukur setiap detik dan laju aliran air diatur sejak pengujian dimulai.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian ini bertujuan untuk melihat keseragaman KSPDG maupun KSPDU. Pengujian keseragaman dilakukan tiga kali pengulangan. Gambar 3-Gambar 5 memperlihatkan pola perubahan suhu outlet (T_{fo}), lingkungan, pelat *absorber*, dan iradiasi pada KSPDU dengan tiga kali pengulangan. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa keseragaman KSPDU memiliki kecenderungan yang sama (Tabel 1). Kenaikan suhu air akan selalu beriringan dengan iradiasi surya yang didapatkan, begitu pula sebaliknya suhu air akan mulai menurun bila iradiasi mengalami penurunan. Pengujian keseragaman kolektor KSPDU I dan KSPDU II memperlihatkan bahwa kinerja kedua kolektor dengan laju aliran yang sama tidak jauh berbeda. Hal ini dapat dinyatakan bahwa kedua kolektor tersebut memiliki keseragaman yang sama.

Analisis keseragaman juga dilakukan dengan menggunakan uji statistik menggunakan *software SPSS versi 25* dengan nilai input suhu outlet masing-masing kolektor per 30 menit. Tabel 2 menunjukkan bahwa Pengujian I dan II memiliki p_{value} (*significant*) *Test of Normality* > 0,05. Dalam hal ini dinyatakan sebaran normal dan dilanjutkan dengan *Independent-Samples T Test*. Sedangkan Pengujian III hasil p_{value} < 0,05 (tidak normal), sehingga diuji lebih lanjut dengan menggunakan analisis *Kruskal-Wallis*. Dari hasil uji tersebut menunjukkan bahwa p_{value} > 0,05 (selang kepercayaan 95%) atau dengan kata lain KSPDU I dan KSPDU II memiliki tingkat keseragaman yang sama (Tabel 3).

Gambar 6-Gambar 8 memperlihatkan pola perubahan suhu outlet, lingkungan, pelat *absorber*, dan iradiasi pada KSPDG dengan tiga kali pengulangan. Dari hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa keseragaman KSPDG memiliki kecenderungan yang sama.

Peningkatan suhu air akan selalu beriringan dengan peningkatan iradiasi, semakin tinggi iradiasi, maka suhu air akan mengalami peningkatan. Begitu pula sebaliknya, suhu air akan menurun bila iradiasi menurun.

Pengujian keseragaman KSPDG memperlihatkan bahwa kinerja dengan laju aliran yang sama tidak berbeda secara signifikan (Tabel 4). Hal ini dapat dinyatakan bahwa KSPDG tersebut memiliki keseragaman yang sama.

Berdasarkan Tabel 5, *Test of Normality* atau sebaran normal, pada Pengujian I tidak normal karena $p_{value} < 0,05$ (selang kepercayaan 95%), sehingga uji lanjut menggunakan *Kruskal-Wallis Test*. Pengujian II dan III menggunakan uji ANOVA karena hasil p_{value} (*sig*) *Test of Normality* $> 0,05$ (selang kepercayaan 95%). Hasil ketiga pengujian tersebut memperlihatkan bahwa uji ANOVA dan *Kruskal-Wallis Test* memiliki $p_{value} > 0,05$ (selang kepercayaan 95%) atau tidak berbeda nyata (Tabel 6).

Tabel 1. Hasil pengujian keseragaman kolektor KSPDU.

Pengujian	Suhu awal (°C)	Iradiasi rata-rata (W/m^2)	Tfo KSPDU rata-rata (°C)	
			I	II
I	30,47	537,7	57,88	57,7
II	26,52	511,02	54,94	54,8
III	27,28	534,8	56,72	56,6

Tabel 2. Hasil test of normality.

Pengujian	Kolektor surya	p_{value} (significant)
I	KSPDU I	0,207
	KSPDU II	0,204
II	KSPDU I	0,082
	KSPDU II	0,084
III	KSPDU I	0,008
	KSPDU II	0,008

$p_{value} > 0,05$, maka data tersebar normal begitu pun dengan kebalikannya.

Tabel 3. Hasil independent samples t test dan kruskal-wallis.

Pengujian	Kolektor Surya	p_{value} (sig)	Uji
I	KSPDU I	0,987	<i>Indepent-Samples T</i>
	KSPDU II		
II	KSPDU I	0,990	<i>Indepent-Samples T</i>
	KSPDU II		
III	KSPDU I	0,979	<i>Kruskal-Wallis</i>
	KSPDU II		

$p_{value} > 0,05$, maka dikatakan tidak beda nyata demikian juga dengan kebalikannya.

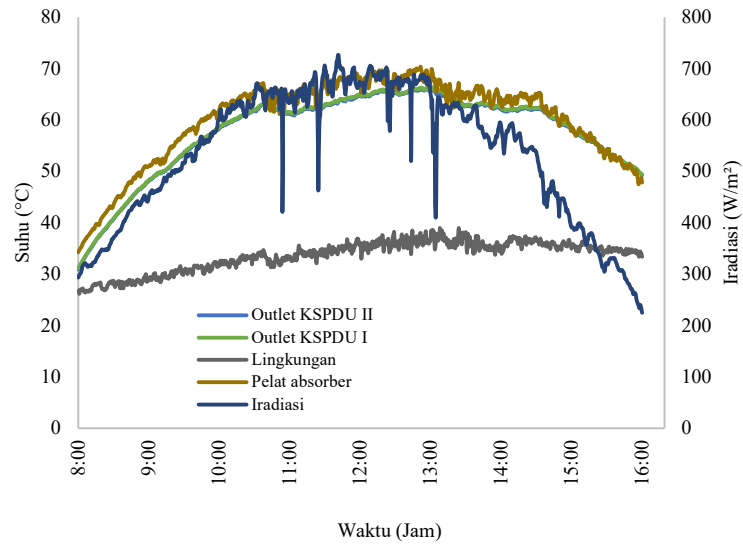
Tabel 4. Hasil pengujian keseragaman kolektor KSPDG.

Pengujian	Suhu awal (°C)	Tfo KSPDG rata-rata (°C)			Iradiasi rata-rata (W/m^2)
		I	II	III	
I	27,86	70,50	70,33	69,81	545,94
II	27,84	64,40	64,39	64,17	457,46
III	30,68	61,64	61,74	61,28	421,44

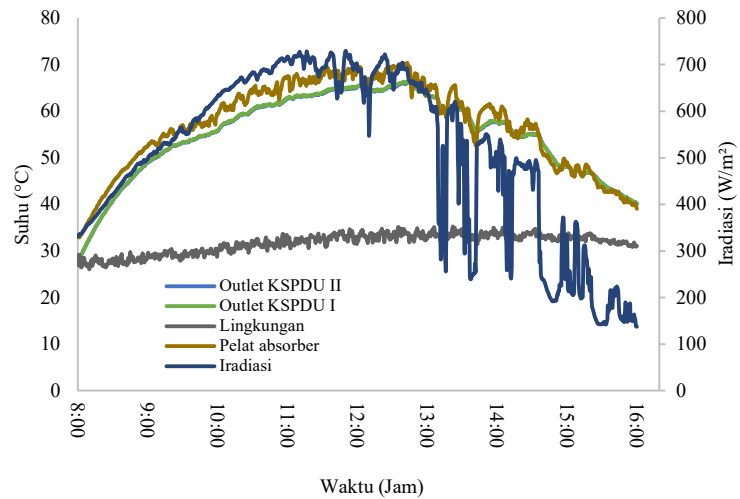
Tabel 5. Hasil test of normality.

Pengujian	Kolektor surya	<i>p</i> value (<i>sig</i>)
I	KSPDG I	0,028
	KSPDG II	0,027
	KSPDG III	0,026
II	KSPDG I	0,138
	KSPDG II	0,15
	KSPDG III	0,149
III	KSPDG I	0,339
	KSPDG II	0,342
	KSPDG III	0,342

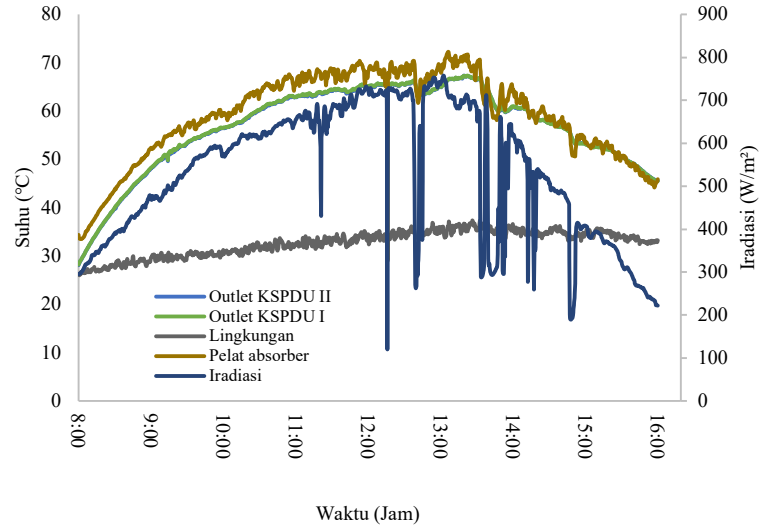
*p*value > 0,05, maka dikatakan tidak beda nyata begitu pun dengan kebalikannya.



Gambar 3. Pengujian I, pola perubahan suhu outlet, lingkungan, iradiasi, dan pelat absorber KSPDU.



Gambar 4. Pengujian II, pola perubahan suhu outlet, lingkungan, iradiasi, dan pelat absorber KSPDU.

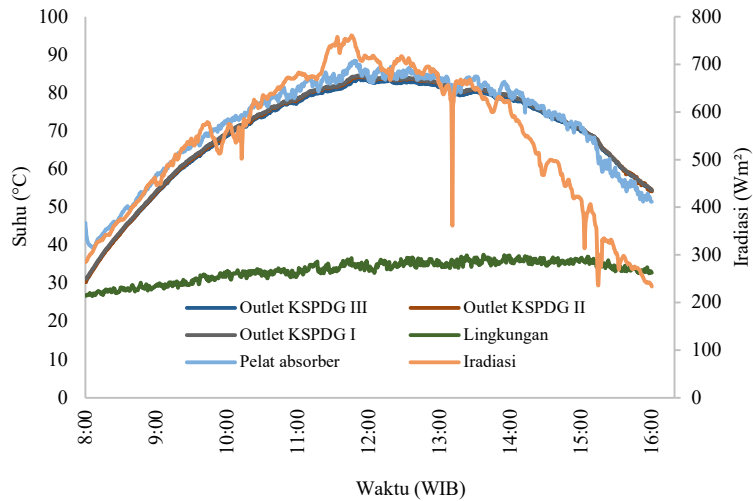


Gambar 5. Pengujian III, pola perubahan suhu outlet, lingkungan, iradiasi, dan pelat absorber KSPDU.

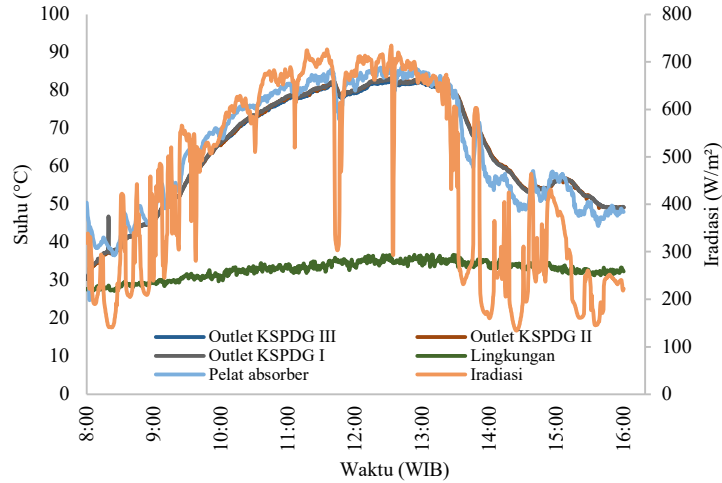
Tabel 6. Hasil ANOVA dan kruskal-wallis test.

Pengujian	Kolektor Surya	pvalue (sig)	Uji
I	KSPDG I	0,805	Kruskal-Wallis
	KSPDG II		
	KSPDG III		
II	KSPDG I	0,999	ANOVA
	KSPDG II		
	KSPDG III		
III	KSPDG I	0,994	ANOVA
	KSPDG II		
	KSPDG III		

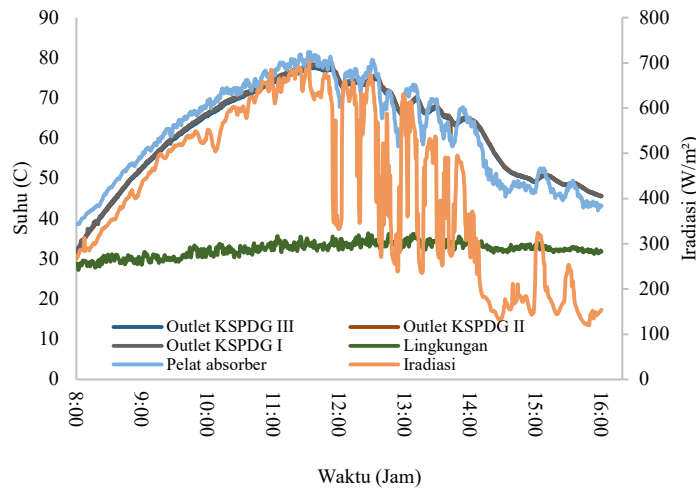
pvalue > 0,05, maka dikatakan tidak beda nyata begitu pun dengan kebalikannya.



Gambar 6. Pengujian I, pola perubahan suhu outlet, lingkungan, iradiasi, dan pelat absorber KSPDG.



Gambar 7. Pengujian II, pola perubahan suhu outlet, lingkungan, iradiasi, dan pelat absorber KSPDG.



Gambar 8. Pengujian III, pola perubahan suhu outlet, lingkungan, iradiasi, dan pelat absorber KSPDG.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian keseragaman kolektor surya pelat datar *glazed* (KSPDG) dan pelat datar *unglazed* (KSPDU), dapat diambil simpulan bahwa pengujian keseragaman KSPDU dilakukan dengan melakukan pengaturan awal instalasi paralel dengan dua buah KSPDU, terintegrasi dengan satu buah pompa dan satu buah tangki berkapasitas 20 liter.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa keseragaman KSPDU memiliki kecenderungan yang sama dari tiga kali pengulangan. Kenaikan suhu air selalu beriringan dengan iradiasi surya yang didapatkan, demikian juga sebaliknya. Analisis keseragaman menggunakan uji statistik menunjukkan bahwa KSPDU I dan KSPDU II memiliki tingkat keseragaman yang sama.

Pengujian keseragaman KSPDG dilakukan dengan tiga buah kolektor KSPDG serta penambahan satu buah *flow meter* dan satu buah *gate valve*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa keseragaman KSPDG memiliki kecenderungan yang sama dari tiga kali pengulangan. Peningkatan suhu air selalu beriringan dengan peningkatan iradiasi surya, demikian juga sebaliknya.

Analisis keseragaman menggunakan uji statistik menunjukkan bahwa KSPDG I, KSPDG II, dan KSPDG III memiliki tingkat keseragaman yang sama. Simpulan dari kajian ini adalah telah didapatkan keseragaman kinerja kolektor surya pelat datar *glazed* dan *unglazed* yang dibuktikan dengan analisis statistik, dinyatakan tidak terjadi perbedaan nyata dalam hal ini pengujian secara bersamaan untuk kolektor surya pelat datar *glazed* maupun kolektor surya pelat datar *unglazed*.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan

Pendidikan Tinggi yang telah memberikan pembiayaan dengan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Program Penelitian Nomor: 011/SP2H/LT/DRPM/IV/2017 tanggal 20 April 2017, dan Addendum Kontrak Nomor: 011/SP2H/LT/DRPM/VIII/2017 tanggal 21 Agustus 2017.

Daftar Pustaka

- [1] Duffie JA, Beckman WA. Solar Engineering Of Thermal Processes. 4 ed. New York J Wiley; 1980. Medium: X; Size: Pages: 772 p.
- [2] Kalogirou SA. Solar Energy Engineering: Processes and Systems. 2 ed: Academic Press; 2009.
- [3] Khalil FI, Nelwan LO, Subrata IDM. Desain Sistem Kendali untuk Pengering Gabah dengan Kolektor Surya dan Penyimpan Panas. JTEP. 2016;4(1).
- [4] Kutscher CF, Christensen CB, Barker GM. Unglazed transpired solar collectors: Heat loss theory. J Sol Energ. 1993;115(3):182-8.
- [5] Kumar S, Mullick SC. Wind heat transfer coefficient in solar collectors in outdoor conditions. Sol Energy. 2010;84(6):956-63.
- [6] Al-damook A, Khalil WH. Experimental evaluation of an unglazed solar air collector for building space heating in Iraq. Renew Energ. 2017;112:498-509.
- [7] Iceri DM, Oliveira SDR, Scalon VL, editors. Comparative analysis for glazed and unglazed collector for used in solar domestic hot watersystems. 22nd International Congress of Mechanical Engineering (COBEM 2013); 2013 November 3-7; Brazile: ABCM; 2013.
- [8] Garg R, Kumar A, Kapoor N. An experimental thermal performance analysis & comparison of a direct expansion solar assisted heat pump water heater with unglazed and single glazed collector. I J R M E T. 2014;4(2):7-10.
- [9] Noghrehabadi A, Hajidavalloo E, Moravej M. Experimental investigation of efficiency of square flat-plate solar collector using SiO₂/water nanofluid. Case Studies in Thermal Engineering. 2016;8:378-86.
- [10] Reda F. Solar Thermal Collectors. Solar Assisted Ground Source Heat Pump Solutions: Effective Energy Flows Climate Management. Cham: Springer International Publishing; 2017. p. 9-15.
- [11] Quaschnig V. Understanding renewable energy systems Earthscan2005.
- [12] Efendi R. Performansi kolektor surya pelat datar *unglazed* pemanas air. Jurnal Teknik Mesin Indonesia. 2022;17(1):1-4.
- [13] Efendi R, Nelwan LO, Wulandani D. Analisis Teknis Kolektor Surya Tipe Pelat Datar *Glazed* dan *Unglazed* pada Berbagai Laju Aliran Debit dan Suhu Inlet. Jurnal Keteknikaan Pertanian. 2019;7(1):113-20.
- [14] Nelwan L, Wulandani D, Subrata I, Effendi R, editors. Steady state simulation on combination of glazed and unglazed flat plate solar collectors for air heating. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; 2020: IOP Publishing.
- [15] Hayat A, Putra AEE, Amaliyah N, Umar MN. Produksi bioetanol melalui sistem distilasi nira dari pohon nipah dengan pemanfaatan energi panas kolektor surya. Jurnal Teknik Mesin Indonesia. 2017;12(1):20-4.