

EFISIENSI KOLEKTOR PEMANAS UDARA DARI BEBERAPA MATERIAL PLAT ABSORBER PADA ALAT PENGERING GABAH

Efficiency Air Heating Collector From Some Materials Absorber Plate On Grain Dryer

Doddy Suanggana*, Karel Tikupadang²

E-mail : *doddy.suanggana@ukipaulus.ac.id

^{1,2}Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Paulus. Makassar

ABSTRACT

This study aims to analyze air heating collectors on grain dryers by comparing the absorber plate in the air heater collector. This research activity was conducted at the Cooling Machine Laboratory of Department Mechanical Engineering of the Faculty of Engineering Paulus Christian University. The research method is to make a grain dryer and analyze the efficiency of the air heater collector with the ratio of the absorber plate. From the comparison of the absorber plate material it is expected that the heat entering the drying chamber can be maximized and reduce the drying time of the grain. The results showed that the use of copper plate as an absorber plate was better than using aluminum and zinc. Collector efficiency obtained from copper plate is η_{c1} 62.06% and η_{c2} 66.91% while for aluminum plate the value of η_{c1} 61.90% and η_{c2} 66.62% and for zinc plate the value of η_{c1} 61.10% and η_{c2} 64.83 %.

Keywords: air heating collector, absorber, efficiency

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kolektor pemanas udara pada alat pengering gabah dengan membandingkan plat *absorber* di kolektor pemanas udara. Kegiatan penelitian ini dilakukan pada Laboratorium Mesin Pendingin Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar. Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan membuat alat pengering gabah dan menganalisa efisiensi kolektor pemanas udara dengan perbandingan plat *absorber*. Dari perbandingan material plat *absorber* ini diharapkan panas yang masuk ke dalam ruang pengering dapat maksimal dan mengurangi waktu pengeringan gabah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan plat tembaga sebagai plat *absorber* lebih baik dibandingkan dengan menggunakan aluminium dan seng. Efisiensi kolektor yang didapatkan dari plat tembaga sebesar η_{c1} 62.06 % dan η_{c2} 66.91 % sedangkan untuk plat aluminium nilai η_{c1} 61.90 % dan η_{c2} 66.62 % serta untuk plat seng nilai η_{c1} 61.10 % dan η_{c2} 64.83 %.

Kata kunci: kolektor pemanas udara, absorber, efisiensi

PENDAHULUAN

Proses pengeringan hasil-hasil pertanian khususnya gabah yang dilakukan oleh para petani di Indonesia, umumnya masih memanfaatkan tenaga matahari sebagai tenaga pengeringnya dimana pengeringan masih dilakukan dengan cara yang relatif sederhana, yaitu dengan dipanaskan pada terik matahari atau dijemur. Hal ini kurang efisien karena memerlukan waktu sehari-hari dan tempat

yang luas. Oleh sebab itu dengan pertumbuhan teknologi pada jaman sekarang ini yang didominasi alat yang serba modern dan proses pengoperasiannya yang sedemikian teraturnya diperlukan mesin yang menunjang proses pengeringan gabah untuk dapat meningkatkan kualitas dari makanan pokok di Indonesia tersebut, karena dengan pengeringan yang baik gabah menjadi tidak cepat rusak dan kandungan mineralnya tetap terjaga.

Bila gabah tersebut tidak berhasil dikeringkan sampai kandungan air tertentu, maka gabah tersebut akan berkecambah atau bahkan membusuk karena aktivitas metabolisme oleh mikroorganisme. Tentu saja, hal ini akan mengurangi mutu dari gabah tersebut

Sebagai salah satu alternatif pemecahan masalah tersebut, maka perlu dilakukan kajian untuk membuat suatu alat pengering yang dapat membantu para petani dalam mengeringkan hasil pertanian, khususnya gabah. Selain itu, penggunaan alat pengering tersebut juga diharapkan dapat memaksimalkan energi dari sinar matahari dimana energi matahari ini merupakan salah satu energi terbarukan.

Manfaat lain yang dapat diperoleh petani adalah kerusakan gabah karena proses pengeringan yang tidak sempurna dapat dikurangi, dan petani dapat menikmati harga gabah/beras yang lebih baik. Metode ini perlu disebarluaskan kepada masyarakat petani, khususnya petani padi.

Penelitian-penelitian yang telah dilakukan sehubungan dengan pengering gabah adalah :

Selyus Rantepulung, merancang dan membuat alat pengering gabah dengan tebal plat seng 0,2 mm sebagai kolektor dengan menggunakan udara panas dan tenaga matahari sebagai media pengering. Pada penelitian ini dilakukan variasi ketebalan gabah yaitu : 7 cm, 5 cm, dan 3 cm dengan masing-masing berat 7 kg, 4,5 kg, dan 2,5 kg. Dari hasil penelitian didapatkan waktu pengeringan untuk menurunkan kadar air gabah dari 24,6% menjadi 13,5 – 13,8% dibutuhkan waktu 4 – 6,5 jam dengan efisiensi rata-rata 12,07 – 22,16% untuk alat yang menggunakan cerobong dan 3,5 – 6 jam dengan efisiensi rata-rata 11,18 – 21,49% untuk alat yang menggunakan kipas (Selyus R, 2012).

Doddy Suanggana, merancang dan membuat alat pengering gabah dengan menggunakan kolektor sekunder dengan plat

seng 0,2 mm. Dengan ketebalan gabah yaitu : 7 cm, 5 cm, dan 3 cm. Dari hasil penelitian didapatkan waktu pengeringan untuk menurunkan kadar air gabah 24,75% menjadi 13,43 – 13,82% dibutuhkan waktu 3 – 5,5 jam dengan efisiensi 8,65 – 33,72% (Doddy Suanggana, 2016)

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

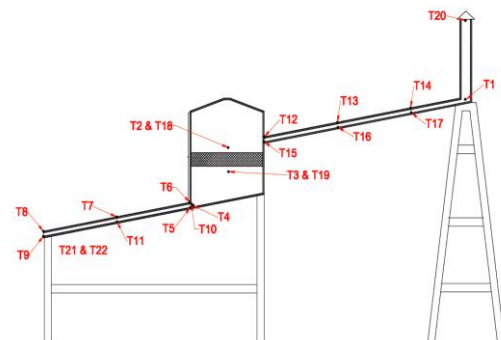
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Alat Pengering Gabah, Solar Meter, Moisture Meter, Termokopel Type K, Termometer Alkohol, Digital Manometer.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Plat tembaga 0.5 mm, plat aluminium 0.35 mm, plat seng 0.25 mm.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret sampai dengan Agustus 2018 di Laboratorium Mesin Pendingin Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Paulus

Model Alat Yang Digunakan



Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Adapun langkah – langkah dalam pengambilan data yang di lakukan secara eksperimental adalah :

1. Memasang dan meletakkan alat pengering gabah di bawah sinar matahari.
2. Memasang alat ukur berupa termokopel, tabung pitot dan digital manometer.

3. Menimbang, mengukur ketebalan gabah, kadar air gabah, dan tekanan udara sebelum dimasukkan ke ruang pengering dengan menggunakan timbangan, mistar ukur tester/*moisture* meter dan digital manometer.
4. Mengukur besarnya intensitas radiasi global matahari dengan menggunakan *solar power* meter
5. Mengukur temperatur udara sebelum masuk kolektor (temperatur sekeliling), temperatur udara meninggalkan kolektor masuk ruang pengering, dan temperatur masuk kolektor sekunder, serta temperatur udara keluar cerobong yaitu mulai titik 1 sampai dengan titik 22 seperti terlihat pada gambar 5 dengan menggunakan termokopel.
6. Pengukuran pada point 4 – 6 di atas dilakukan setiap 30 menit sampai diperoleh kadar air gabah kering giling antara 12-14 %.
7. Gabah diaduk setiap 30 menit untuk memperoleh pengeringan yang merata.
8. Ulangi prosedur point 4 – 8 di atas dengan material plat *absorber* aluminium dan tembaga.
9. Data-data hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel data kemudian dihitung dan dibuat dalam bentuk tabel dan grafik hasil penelitian untuk mengetahui efisiensi dari kolektor pemanas pada alat pengering gabah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Analisa hasil perhitungan dari setiap data pengukuran untuk plat seng, aluminium dan tembaga disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 1. Hasil perhitungan untuk plat seng

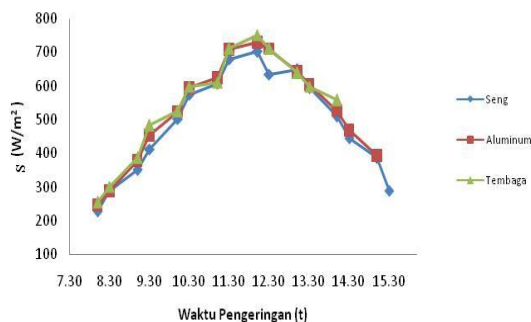
No	Waktu Jam	I_g W/m ²	Sudut.Jam Deklinasi δ	Altitude α	Azimuth ζ	Zenith θ_z	Sudut.Tiba θ	$\tau(\theta)$	$\alpha(\theta)$	($\tau\alpha$)	S W/m ²	T_{pnt} K	T_{pnt} K	T_a K	U_1 W/m ² °C	U_2 W/m ² °C	U_3 W/m ² °C	U_4 W/m ² °C	U_5 W/m ² °C	U_6 W/m ² °C	U_7 W/m ² °C	U_8 W/m ² °C	U_9 W/m ² °C	U_{10} W/m ² °C	U_{11} W/m ² °C	U_{12} W/m ² °C	Q_{air} Watt	Q_{air} Watt	η_{1st} %	η_{1st} %	
1	8.00	345	60.00	21.25	0.43	25.22	0.89	63.20	0.43	64.72	0.52	58.80	0.8020	0.8514	0.6896	228.41	312.33	312.67	296	3.36	4.50	0.473	0.34	3.363	4.50	0.473	0.34	46.12	73.91	26.74	42.85
2	8.30	429	55.50	21.25	0.49	29.23	0.88	61.88	0.49	60.35	0.58	54.62	0.8090	0.8563	0.6996	288.14	313.33	313.67	296	3.36	4.50	0.473	0.34	3.363	4.50	0.473	0.34	70.83	130.78	33.49	48.38
3	9.00	505	45.00	21.25	0.62	38.24	0.84	57.05	0.62	51.78	0.71	44.89	0.8252	0.8676	0.7251	350.57	314.33	314.67	297	3.39	4.50	0.473	0.36	3.387	4.50	0.473	0.36	102.84	193.78	40.49	51.76
4	9.30	587	40.50	21.25	0.67	41.86	0.81	54.97	0.67	48.85	0.76	40.75	0.8321	0.8725	0.7352	413.18	314.00	316.00	297	3.39	4.50	0.473	0.36	3.388	4.50	0.473	0.36	135.54	180.61	46.18	54.72
5	10.00	692	30.00	21.25	0.77	50.03	0.73	46.50	0.77	39.97	0.85	31.27	0.8479	0.8851	0.7464	502.63	315.00	316.67	298	3.41	4.50	0.473	0.38	3.411	4.50	0.473	0.38	180.06	206.00	52.04	59.71
6	10.30	781	25.50	21.25	0.80	53.36	0.67	42.00	0.80	36.84	0.89	22.34	0.8544	0.8881	0.7664	574.63	316.33	317.67	299	3.43	4.50	0.473	0.41	3.435	4.50	0.473	0.41	214.46	238.28	54.92	61.02
7	11.00	846	15.00	21.25	0.88	59.20	0.47	38.11	0.88	30.80	0.95	18.81	0.8522	0.8881	0.7845	607.88	317.33	318.67	300	3.46	4.50	0.473	0.43	3.459	4.50	0.473	0.43	250.88	258.76	54.58	60.23
8	11.30	890	10.50	21.25	0.88	61.80	0.35	35.54	0.88	28.95	0.96	15.73	0.8538	0.8916	0.7957	679.87	318.33	320.33	302	3.51	4.50	0.473	0.48	3.507	4.50	0.473	0.48	270.70	283.40	60.83	63.69
9	12.00	910	0.00	21.25	0.89	62.95	0.00	0.00	0.89	27.05	0.98	12.85	0.8599	0.9059	0.8051	703.35	320.33	321.33	303	3.53	4.50	0.473	0.50	3.531	4.50	0.473	0.50	277.99	294.98	61.10	64.83
10	12.30	824	-4.50	21.25	0.89	62.95	-0.16	-9.14	0.89	27.41	0.98	12.81	0.8787	0.9051	0.8052	635.35	317.67	320.00	302	3.51	4.50	0.473	0.48	3.506	4.50	0.473	0.48	251.26	268.80	60.99	64.76
11	13.00	817	-15.00	21.25	0.88	59.20	-0.47	-28.11	0.88	30.80	0.95	18.81	0.8687	0.8981	0.7879	648.22	317.00	319.00	300	3.46	4.50	0.473	0.43	3.459	4.50	0.473	0.43	252.46	273.52	59.82	63.83
12	13.30	796	-19.50	21.25	0.84	56.87	-0.57	-34.69	0.84	33.13	0.93	22.30	0.8628	0.8940	0.7791	595.33	316.33	318.67	300	3.46	4.50	0.473	0.43	3.459	4.50	0.473	0.43	228.82	242.27	57.49	61.37
13	14.00	766	-30.00	21.25	0.77	50.03	-0.73	-46.50	0.77	39.97	0.85	31.27	0.8479	0.8788	0.7626	510.07	315.67	317.67	299	3.43	4.50	0.473	0.41	3.435	4.50	0.473	0.41	184.98	205.99	52.40	58.35
14	14.30	702	-34.50	21.25	0.73	46.68	-0.77	-50.30	0.73	43.82	0.82	35.30	0.8412	0.8788	0.7666	445.83	314.00	317.00	298	3.41	4.50	0.473	0.38	3.411	4.50	0.473	0.38	155.85	174.61	51.11	55.50
15	15.00	559	-45.00	21.25	0.62	38.24	-0.84	-57.05	0.62	51.78	0.71	44.89	0.8252	0.8676	0.7251	388.05	313.00	316.00	298	3.41	4.50	0.473	0.38	3.410	4.50	0.473	0.38	131.14	143.73	46.92	51.42
16	15.30	424	-49.50	21.25	0.57	34.44	-0.86	-59.24	0.57	55.56	0.66	49.05	0.8183	0.8628	0.7130	290.23	312.33	315.00	297	3.39	4.50	0.473	0.36	3.387	4.50	0.473	0.36	83.02	99.14	38.22	46.78

Tabel 2. Hasil perhitungan untuk plat aluminium

No	Waktu Jam	I_g W/m ²	Sudut.Jam Deklinasi δ	Altitude α	Azimuth ζ	Zenith θ_z	Sudut.Tiba θ	$\tau(\theta)$	$\alpha(\theta)$	($\tau\alpha$)	S W/m ²	T_{pnt} K	T_{pnt} K	T_a K	U_1 W/m ² °C	U_2 W/m ² °C	U_3 W/m ² °C	U_4 W/m ² °C	U_5 W/m ² °C	U_6 W/m ² °C	U_7 W/m ² °C	U_8 W/m ² °C	U_9 W/m ² °C	U_{10} W/m ² °C	U_{11} W/m ² °C	U_{12} W/m ² °C	Q_{air} Watt	Q_{air} Watt	η_{1st} %	η_{1st} %	
1	8.00	372	60.00	21.42	0.43	25.22	0.89	63.02	0.43	64.78	0.52	58.81	0.8020	0.8514	0.6896	246.28	313.67	316.00	297	3.21	4.50	0.473	0.18	3.209	4.50	0.473	0.18	54.95	78.14	29.54	42.01
2	8.30	450	55.50	21.42	0.49	29.19	0.88	61.49	0.49	60.81	0.58	54.63	0.8090	0.8563	0.6996	288.80	315.00	317.33	297	3.21	4.50	0.473	0.18	3.210	4.50	0.473	0.18	70.77	98.03	32.91	45.60
3	9.00	546	45.00	21.42	0.62	38.17	0.84	56.85	0.62	51.83	0.71	44.91	0.8251	0.8676	0.7251	379.00	316.00	318.67	298	3.23	4.50	0.473	0.20	3.232	4.50	0.473	0.20	115.67	143.64	42.37	51.88
4	9.30	645	40.50	21.42	0.67	41.86	0.81	54.27	0.67	48.14	0.76	40.79	0.8320	0.8724	0.7351	453.95	317.00	319.67	299	3.23	4.50	0.473	0.20	3.234	4.50	0.473	0.21	149.05	175.00	46.22	54.26
5	10.00	722	30.00	21.42	0.77	49.92	0.73	46.30	0.77	40.08	0.85	31.33	0.8478	0.8835	0.7465	534.33	317.67	321.00	299	3.25	4.50	0.473	0.23	3.257	4.50	0.473	0.23	182.60	208.67	51.36	57.80
6	10.30	807	25.50	21.42	0.80	53.04	0.67	41.80	0.80	36.96	0.89	27.40	0.8543	0.8880	0.7665	593.64	318.33	321.67	300	3.27	4.50	0.473	0.25	3.279	4.50	0.473	0.25	221.22	244.56	54.83	60.61
7	11.00	869	15.00	21.42	0.86	59.06	0.47	37.94	0.86	30.94	0.95	18.91	0.8521	0.8979	0.7943	642.29	320.00	323.33	301	3.30	4.50	0.473	0.27	3.303	4.50	0.473	0.28	233.58	256.97	53.76	59.14
8	11.30	929	10.50	21.42	0.87	60.89	0.35	35.41	0.87	29.11	0.96	15.86	0.8536	0.9015	0.7954	709.37	321.00	324.33	302	3.32	4.50	0.473	0.29	3.326	4.50	0.473	0.29	275.91	299.36	59.40	64.45
9	12.00	944	0.00	21.42	0.89	62.78	0.00	0.00	0.89	27.22	0.98	12.22	0.8796	0.9057	0.8047	729.24	322.33	326.00	305	3.39	4.50	0.473	0.36	3.392	4.50	0.473	0.36	296.16	334.43	61.90	66.62
10	12.30	921	-4.50	21.42	0.89	62.42	-0.16	-9.08	0.89	27.58	0.97	12.97	0.8794	0.9049	0.8028	709.78	321.67	325.00	303	3.34	4.50	0.473	0.31	3.348	4.50	0.473	0.31	277.29	300.81	60.21	65.32
11	13.00	850	-15.00	21.42	0.86	59.06	-0.47	-27.94	0.86	30.94	0.95	18.91	0.8685	0.8979	0.7876	647.71	320.33	324.00	301	3.30	4.50	0.473	0.27	3.305	4.50	0.473	0.28	241.41	267.55	56.80	62.95
12	13.30	806	-19.50	21.42	0.84	56.73	-0.57	-34.50	0.84	33.27	0.92	22.39	0.8627	0.8939	0.7788	602.64	319.67	323.33	300	3.28	4.50	0.473	0.25	3.283	4.50	0.473	0.26	220.22	246.28	54.64	61.11
13	14.00	730	-30.00	21.42	0.77	49.92	-0.72	-46.30	0.77	40.08	0.85	31.33	0.8478	0.8788	0.7325	523.32	318.67	322.33	300	3.27	4.50	0.473	0.25	3.281	4.50	0.473	0.25	186.69	208.64	51.15	57.16
14	14.30	655	-34.50	21.42	0.73	46.58	-0.77	-50.37	0.73	43.82	0.82	35.34	0.8411	0.8788	0.7665	469.41	317.33	321.33	299	3.25	4.50	0.473	0.22	3.258	4.50	0.473	0.23	159.31	179.84	46.64	54.91
15	15.00	567	-45.00	21.42	0.62	38.17	-0.84	-57.05	0.62	51.83	0.71	44.91	0.8251	0.8676	0.7251	393.57	316.00	320.33	299	3.25	4.50	0.473	0.23	3.256	4.50	0.473	0.23	126.87	146.65	44.75	51.52

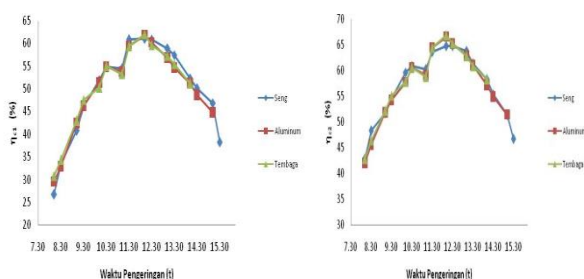
Tabel 3. Hasil perhitungan untk plat tembaga

No	Waktu Jam	I_g W/m ²	Sudut.Jam Deklinasi δ	Altitude α	Azimuth ζ	Zenith θ_z	Sudut.Tiba θ	$\tau(\theta)$	$\alpha(\theta)$	($\tau\alpha$)	S W/m ²	T_{pnt} K	T_{pnt} K	T_a K	U_1 W/m ² °C	U_2 W/m ² °C	U_3 W/m ² °C	U_4 W/m ² °C	U_5 W/m ² °C	U_6 W/m ² °C	U_7 W/m ² °C	U_8 W/m ² °C	U_9 W/m ² °C	U_{10} W/m ² °C	U_{11} W/m ² °C	U_{12} W/m ² °C	Q_{air} Watt	Q_{air} Watt
----	-----------	------------------------	------------------------------	-------------------	-----------------	-------------------	---------------------	----------------	------------------	------------------	--------------------	-------------	-------------	---------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	----------------	----------------



Gambar 1. Grafik hubungan antara waktu pengeringan dengan radiasi yang diterima kolektor pemanas udara

Dari gambar 1 menunjukkan perbandingan antara waktu pengeringan dengan radiasi yang diterima kolektor pemanas udara. Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa dari pukul 08.00 wita sampai pada pukul 12.00 wita radiasi yang diterima oleh kolektor semakin meningkat dan pada pukul 12.00 wita sampai pukul 15.30 radiasi yang diterima semakin menurun. Besarnya radiasi yang diterima kolektor surya pada pukul 12.00 wita untuk plat tembaga sebesar 752.02 W/m² sedangkan untuk plat aluminium sebesar 729.24 W/m² dan untuk plat seng sebesar 703.35 W/m²



Gambar 2. Grafik hubungan antara waktu pengeringan dengan efisiensi kolektor pemanas udara

Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa efisiensi kolektor pemanas udara baik itu untuk kolektor primer maupun sekunder mengalami peningkatan dari pukul 08.00 wita sampai pukul 12.00 wita. Untuk plat tembaga nilai efisiensi kolektor terbesar didapatkan pada pukul 12.00 wita dimana nilai η_{c1} sebesar 62.06 % dan η_{c2} sebesar 66.91 % sedangkan untuk plat aluminium nilai η_{c1} sebesar 61.90 % dan η_{c2} sebesar 66.62 %. Untuk plat

seng nilai η_{c1} sebesar 61.10 % dan η_{c2} sebesar 64.83 %.

Dari hasil penelitian ini menunjukkan plat *absorber* kolektor pemanas udara yang menggunakan plat tembaga lebih baik dibandingkan dengan menggunakan plat aluminium dan seng. Dan waktu untuk mengeringkan gabah juga lebih cepat sehingga dapat mengefisiensikan waktu dan jumlah gabah yang akan dikeringkan

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Besarnya energi radiasi yang diterima oleh kolektor pemanas udara (S) pada pukul 12.00 untuk plat tembaga sebesar 752.02 W/m² sedangkan untuk plat aluminium sebesar 729.24 W/m² dan untuk plat seng sebesar 703.35 W/m². Hal ini membuktikan bahwa plat tembaga yang digunakan sebagai material plat *absorber* untuk kolektor pemanas udara dapat menyerap energi radiasi lebih besar dibandingkan dengan plat aluminium dan seng.
2. Efisiensi kolektor dari alat pengereng gabah dengan perbandingan plat *absorber* didapatkan bahwa pada pukul 12.00 untuk plat tembaga memiliki efisiensi tertinggi dimana nilai η_{c1} sebesar 62.06 % dan η_{c2} sebesar 66.91 %, sedangkan untuk plat aluminium nilai η_{c1} sebesar 61.90 % dan η_{c2} sebesar 66.62 % serta untuk plat seng nilai η_{c1} sebesar 61.10 % dan η_{c2} sebesar 64.83 %. Ini menunjukkan bahwa plat *absorber* jenis tembaga memiliki kemampuan lebih baik dibandingkan dengan material aluminium dan seng

Saran

Dari penelitian yang dihasilkan maka dapat disarankan bahwa :

1. Plat *absorber* yang digunakan pada penelitian ini seperti tembaga masih tergolong mahal dalam pengaplikasian pada masyarakat sehingga disarankan untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan material lain yang lebih murah dan memiliki efisiensi lebih baik dari tembaga.
2. Penggunaan tebal kaca penutup pada kolektor pemanas udara ini dan jarak antara kaca penutup dan plat *absorber* masih dapat dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal untuk proses pengeringan gabah.

DAFTAR PUSTAKA

Doddy Suanggana, 2014, *Waktu Pengeringan Antara 2 Alat Pengering Gabah Dengan Dan Tanpa Menggunakan Kolektor Sekunder*, Pasacasarjana Universitas Hasanuddin, Makassar.

Doddy Suanggana, 2016, *Efisiensi Alat Pengering Gabah Dengan Menggunakan Kolektor Sekunder*, *Jurnal Multek* ISSN :1907-6924. Vol 1. No. 1 Hal 114 – 122, Kopertis Wilayah IX, Makassar.

Dyah Wulandari, Leopold Oscar Nelwan, 2009, *Rancang Bangun Kolektor Surya Tipe Plat Datar dan Konsentrator Surya Untuk Penghasil Panas Pada Pengering Produk-Produk Pertanian*, Prosiding Seminar Hasil-hasil Penelitian IPB Hal 569 – 578, Bogor.

John A., Duffie and William A., Beckman, 1980, *SolarEngineering of Thermal Processes*, © by John Willey & Son Inc.

Nelwan, L.O., Kamarudin A., A.H. Tambunan, A. Suwono, 2007, *Simulation of Solar Assisted Drying System for Cocoa Beans*, Teknologi Berbasis Sumber Energi Terbarukan untuk Pertanian, CREATA-LPPM IPB.

Nitipraja, F.R., 2008, *Rancangan Alat Pengering Dengan Kolektor Surya Plat Datar Yang Menggunakan Air Sebagai Media Penyimpan Panas Untuk Pengeringan Gabah*, Skripsi, FATETA IPB, Bogor.

Selyus R, 2012, *Analisa Efisiensi Pengering Gabah Dengan Tenaga Surya*, *Pascasarjana* Universitas Hasanuddin. Makassar.

Syukri Himran, 2005, *Energi Surya*, CV. Bintang Lamumpatue, Makassar.