

PROTOTYPE PENGERING TENAGA SURYA DITINJAU DARI PENGUNAAN KOLEKTOR TERMAL GANDA DAN SISTEM FOTOVOLTAIK

PROTOTYPE DRYER SOLAR IN TERMS OF USAGE DUAL COLLECTOR THERMAL AND SYSTEM PHOTOVOLTAIC

KA Ridwan^{1,a)}, Sutini Pujiastuti Lestari¹, Erlinawati¹, Fatria¹, Adhi Prayogatama^{1,b)}, Dina Safitri¹, Irliandi¹, M. Aditya¹
(Teknik Energi/Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya)

Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar, +620711353414 / +62711355918
e-mail : ^{a)} karidwan0@gmail.com, ^{b)} adhiprayogatama903@gmail.com

ABSTRACT

Direct drying method is still widely used by the general public and home industry, in the application of this type of method has several disadvantages such as susceptible to dust or pollution so that the resulting product is not hygienic and the drying time up to days is also a shortage of direct drying. Based on the problems faced, an innovation is carried out in the process of drying environmentally friendly food by using thermal collectors and solar panels as a result of renewable energy development. From the results of the study it can be seen that the length of drying time affects the energy produced by the dual collector thermal to the mass of vaporized H₂O and the resulting heat loss. In the research carried out, mass H₂O was highest evaporated in the 240th minute of 0,1998 grams and the highest amount of heat loss in the 300th minute was 1604,38 kJ with the energy produced by the dual collector thermal was 4221,0498 kJ, whereas in the study with the use of photovoltaic systems the highest amount of heat loss produced in the 120th minute is 570,389 kJ and the highest electrical power generated at 12:00 WIB with a slope of 30° angle of 10,25 watts.

Keywords: dual thermal collector, photovoltaic system, energy produced by thermal collector, and heat loss

1. PENDAHULUAN

Pengeringan dengan sinar matahari adalah proses pemindahan panas untuk menguapkan kandungan air yang dipindahkan dari permukaan bahan yang dikeringkan oleh media pengeringan yaitu panas dari radiasi matahari. Pengeringan dengan bantuan sinar matahari dibedakan menjadi dua metode yaitu metode pengeringan sinar matahari (*Direct Sun Drying*) dan metode pengering surya (*Solar Drying*). Tujuan pengeringan adalah mengurangi kadar air bahan sampai dimana perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat atau terhenti. (Aziz, dkk, 2016)

Pengeringan yang digunakan oleh masyarakat kebanyakan bersifat langsung (*Direct Sun Drying*), yaitu dengan memanfaatkan panas dari sinar matahari tanpa menggunakan media perantara atau dengan kata lain bahan yang dikeringkan berkontak langsung dengan sinar matahari. Kebanyakan industri rumahan seperti halnya industri pembuatan kerupuk kelempang di Palembang masih melakukan penjemuran yang berkontak langsung dengan sinar matahari. Dalam penggunaan metode pengeringan dengan jenis ini memiliki beberapa kekurangan diantaranya rentan terkena debu atau polusi udara sehingga produk yang dihasilkan tidak higienis, lamanya pengeringan juga

menjadi salah satu kekurangan dari metode pengeringan dengan cara langsung yang membutuhkan waktu satu sampai dua hari dengan kondisi matahari yang bersinar terik, pada saat pengeringan bahan yang akan dikeringkan haruslah melalui proses pembalikan agar produk yang dihasilkan mengalami penurunan kadar air secara keseluruhan atau merata, bahan yang belum kering (kadar air yang masih tinggi) mengakibatkan mutu produk yang dihasilkan rendah, dan pada saat hujan atau malam hari bahan yang dikeringkan biasanya hanya dibiarkan saja karena tidak adanya media penyimpan panas sehingga mengakibatkan bertambahnya waktu pengeringan. (Kuncoro, 2015).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Aziz, dkk, 2016) didapatkan efisiensi termal pengeringan dengan pemanasan langsung sebesar 67,56% sedangkan untuk pemanasan tidak langsung atau menggunakan kolektor termal, efisiensi yang dihasilkan sebesar 76,70%. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Aisyah, 2015) dengan judul "Rancang Bangun Alat Pengering Surya Teknologi Dual (Uji Kinerja Alat Pengering Surya Teknologi Fotovoltaik Termal Ditinjau dari Konsumsi Energi Spesifik pada Pengeringan Kerupuk)" dari penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa energi suplai yang

dihasilkan dari proses pengeringan menggunakan *single technology system photovoltaik* dan *kolektor thermal* masing-masing sebesar 2842,105 kJ/kg dan 6380,297 kJ/kg dengan efisiensi pengeringan terbaik yang didapatkan yaitu 77,65% pada penggunaan *system photovoltaik*. Sedangkan dari segi waktu, *dual technology* juga lebih unggul dengan waktu pengeringan tersingkat yaitu 5 jam (Aisyah, 2015). Sedangkan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Basri, 2017) hasil analisa dari penelitian mengenai pengaruh efisiensi pengeringan produk menggunakan kolektor termal pada alat pengering surya type *downdraft* didapatkan efisiensi sebesar 43,94%.

Dari penelitian diatas dapat dianalisa bahwa penggunaan kolektor sebagai media pemanas dapat memberikan nilai efisiensi termal yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan pemanasan secara langsung pada ruang pengering, penambahan *solar cell photovoltaic* pada alat pengering perlu dilakukan dikarenakan dapat menyimpan sumber energi panas dalam bentuk energi listrik yang disuplai ke elemen pemanas seperti lampu pijar sehingga proses pengeringan dapat dilakukan secara kontinyu, dan penggunaan daya pada elemen pemanas *solar cell photovoltaic* yang harus sesuai dengan besarnya arus pada baterai atau *accu*. Untuk itulah melalui penelitian yang akan dilakukan ini, dikembangkan suatu alat pengering yang dapat meningkatkan temperatur pada ruang pengering dengan penggunaan *dual kolektor thermal* dan tambahan media penyimpan panas berbasis *system photovoltaic* dengan penggunaan lampu pijar yang sesuai untuk kebutuhan proses pengeringan, sehingga dapat meningkatkan massa H₂O yang teruapkan terhadap lamanya waktu pengeringan yang dipengaruhi oleh suplai panas dari kolektor termal. Oleh karena itu penulis mengambil judul *prototype* pengering tenaga surya ditinjau dari penggunaan *dual collector thermal* dan *system photovoltaic*.

Berdasarkan uraian pada bagian pendahuluan mengenai pengering tenaga surya, dapat dirumuskan suatu permasalahan yang kemudian akan dilakukan penelitian pada alat pengering surya untuk menghitung massa H₂O teruapkan dan besarnya *heat loss* yang dihasilkan pengering dengan media pemanas kolektor termal dan panel surya terhadap lamanya waktu pengeringan.

penggunaan media pemanas *dual collector thermal* dan *solar cell photovoltaic* dalam proses pengeringan juga berpengaruh terhadap peningkatan temperatur dan jumlah panas yang diserap oleh cabai, oleh sebab itu peneliti ingin mengetahui energi yang dihasilkan oleh *dual collector thermal* terhadap massa H₂O teruapkan dan pengaruh variasi sudut kemiringan panel surya terhadap besarnya *heat loss* serta daya listrik yang dihasilkan.

Adapun tujuan dari modifikasi alat pengering *dual collector thermal* adalah merancang *prototype* alat pengering tenaga surya, mengetahui energi yang dihasilkan *dual collector thermal* terhadap massa H₂O teruapkan dan pengaruh sudut kemiringan panel surya

terhadap besarnya *heat loss* serta daya listrik yang dihasilkan pada alat pengering tenaga surya, mendapatkan waktu optimum terhadap peningkatan temperatur dan pengaruh besarnya nilai intensitas radiasi matahari untuk proses pengeringan.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu untuk Memberikan ilmu pengetahuan dalam pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi panas untuk alat pengering dengan bantuan *dual collector thermal* dan *system photovoltaic*, membantu mengurangi kerugian terhadap pengeringan hasil produk pangan dan meningkatkan kualitas pangan yang dihasilkan, serta sebagai kajian alat pengering dalam pembuatan persyaratan Tugas Akhir program studi Diploma IV Teknik Energi.

Massa H₂O yang Teruapkan

Untuk menghitung massa H₂O teruapkan, terlebih dahulu menghitung massa H₂O yang terkandung dalam udara masuk dan keluar dengan menggunakan basis 1 jam operasi dengan rumus berikut (Lestari, 2018)

$$m_1 = \omega_{\text{masuk dryer}} \times \text{jumlah udara} \dots\dots\dots 1$$

$$m_2 = \omega_{\text{keluar dryer}} \times \text{jumlah udara} \dots\dots\dots 2$$

Dimana:

m_1 = massa H₂O yang terkandung dalam udara masuk (Kg H₂O)

m_2 = massa H₂O yang terkandung dalam udara keluar (Kg H₂O)

ω = Humidity/Humiditas (Kg H₂O/Kg udara kering)

Untuk menghitung humiditas yang terkandung dalam udara, dapat dihitung melalui *psychometric chart* dengan mengetahui temperatur bola basah dan bola kering udara masuk dan keluar ruang pengering.

Energi yang Dihasilkan *Dual Collector Thermal*

Pada kondisi *steady state*, energi yang dapat dihasilkan oleh suatu kolektor surya dengan luas permukaan sebesar A, adalah sebagai berikut (Duffi, 2013) :

$$Q = A_c \times [S - U_L (T_{pm} - T_a)] \dots\dots\dots 3$$

Dimana :

Q = Energi yang dihasilkan kolektor (W)

A_c = Luas permukaan kolektor (m²)

S = Intensitas radiasi matahari yang diterima kolektor (W/m²)

U_L = Perpindahan panas pada keseluruhan sisi kolektor (W/m²C)

T_a = Temperatur lingkungan saat pengamatan (°C)

T_{pm} = Temperatur kaca absorber kolektor (°C)

Perpindahan panas yang dapat terjadi oleh suatu kolektor dengan luas permukaan sebesar A, adalah sebagai berikut (Bejan, 1996) :

$$U_L = U_{\text{gab}} + U_{\text{bwh}} + U_{\text{atas}} \dots\dots\dots 4$$

Dimana :

U_L = Perpindahan panas pada keseluruhan sisi kolektor (W/m²C)

U_{gab} = Perpindahan panas melalui belakang, depan, kanan dan kiri (W/m²C)

U_{bwh} = Perpindahan panas melalui bawah (W/m²C)

U_{atas} = Perpindahan panas melalui atas (W/m²C)

Perpindahan panas melalui belakang, depan, samping kanan dan samping kiri. Perpindahan panas di bagian ini pada kolektor dipengaruhi oleh plat aluminium dan glasswooll yang menyelubungi. Sehingga rumus yang digunakan untuk menghitung rugi panasnya adalah sebagai berikut :

$$U_{\text{gab}} = \frac{A_s}{A_k} \times \frac{1}{\frac{k_a}{t_a} + \frac{k_g}{t_g}} \dots\dots\dots 5$$

Dimana :

A_s = Luas permukaan bagian belakang (m²)

- A_k = Luas kolektor (m^2)
- t_a = Tebal plat alumunium (m)
- k_a = Konduktivitas plat alumunium ($W/m^{\circ}C$)
- T_g = Tebal plat glasswool (m)
- K_g = Konduktivitas plat glasswool ($W/m^{\circ}C$)

Perpindahan panas melalui bagian bawah. Perpindahan panas dari bagian belakang dipengaruhi oleh lapisan isolasi berupa glasswool. Nilai hb ini didapat dari 5,7+3,8(v). Sehingga rumus yang digunakan:

$$U_{bwh} = \frac{A_k}{A_k} \times \frac{1}{\frac{k_g}{t_g} + \frac{1}{H_b}} \dots\dots\dots 6$$

Dimana :

- v = Kecepatan udara disekitar kolektor
- h_b = Koefisien konveksi bagian bawah kolektor

Perpindahan panas melalui bagian atas. Pada bagian atas terjadi perpindahan panas konduksi, konveksi, dan radiasi. Koefisien perpindahan panas total melalui bagian atas kolektor dirumuskan :

$$U_a = \frac{A_{atas}}{A_k} \left(R_k \frac{R_c + R_r}{R_c \times R_r} \right)^{-1} \dots\dots\dots 7$$

Dimana:

- R_k = Tahanan termal konduksi kaca ($W/m^2^{\circ}C$)
- R_c = Tahanan termal konveksi dari tutup ke lingkungan ($W/m^2^{\circ}C$)
- R_r = Tahanan termal radiasi antara tutup ke lingkungan ($W/m^2^{\circ}C$)
- A_{ats} = Luas bagian atas kolektor (m^2)
- A_k = Luas kolektor (m^2)

Energi yang dapat dimanfaatkan kolektor adalah perbedaan antara energi radiasi yang diserap absorber terhadap kerugian termalnya, yang kemudian dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Holman, 2010).

$$Q_s = m_b \times C_p \times \Delta T \dots\dots\dots 8$$

Dimana :

- Q_s = Energi untuk menaikkan temperatur bahan (kJ)
- C_p = Kalor jenis bahan ($kJ/kg^{\circ}C$)
- ΔT = Selisih temperatur bahan sebelum dan sesudah pengeringan ($^{\circ}C$)
- m_b = massa basah bahan (kg)

Kalor laten adalah energy yang digunakan untuk mengubah air pada kemplang menjadi uap. Kalor laten dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Holman, 2010) :

$$Q_s = m_w \times L_H \dots\dots\dots 9$$

Dimana :

- Q_s = Energi untuk mengeringkan bahan (kJ)
- m_w = Massa air yang diuapkan (kg)
- L_H = Panas laten bahan (kJ/kg)

Heat Loss Akibat Konduksi

Heat Loss akibat konduksi dirumuskan pada persamaan 20 sebagai berikut (Holman, 2010) :

$$Q = \frac{k A (T_s - T_{\infty})}{x} \dots\dots\dots 10$$

Dimana :

- Q = Besar heat loss pada alat (W)
- K = Konduktivitas bahan (W/mK)
- A = Luas permukaan (m^2)
- T_{∞} = Temperatur lingkungan (K)
- T_s = Temperatur kaca permukaan (K)
- X = Ketebalan kaca (m)

Heat Loss Akibat Konveksi

Heat Loss akibat konveksi dirumuskan sebagai berikut (Holman, 2010)

$$q = H \times A (T_s - T_{\infty}) \dots\dots\dots 11$$

Dimana :

- H = Koefisien perpindahan kalor konveksi ($Watt/m^2K$)
- A = Luas Penampang yang terletak pada aliran panas (m^2)
- T_s = Temperatur permukaan (K)
- T_{∞} = Temperatur lingkungan (K)
- q = Besar heat loss panas konveksi (W)

Heat Loss Akibat Radiasi

Heat Loss akibat radiasi dirumuskan sebagai berikut (Holman, 2010) :

$$Q_{rad} = \sigma \times \epsilon \times A (T_s^4 - T_{\infty}^4) \dots\dots\dots 12$$

Dimana :

- σ = Konstanta Stefan-Boltzman ($5,669 \times 10^{-8} W/m^2K$)
- ϵ = Emisivitas benda
- A = Luas Permukaan (m^2)
- T_s = Temperatur permukaan (K)
- T_{∞} = Temperatur lingkungan (K)
- q = Besar heat loss panas radiasi (W)

2. METODE PENELITIAN

Prinsip Kerja Alat

Pertama alat pengering *dual collector thermal* dan *solar cell photovoltaic* diarahkan pada pusat matahari untuk menyerap energi matahari. Dalam proses awal pengeringan cabai menggunakan pemanasan langsung, sinar matahari akan menuju alat pengering, cahaya nya akan diserap oleh pelat alumunium lalu panas tersebut akan langsung memanaskan bagian dalam ruang pengering sedangkan untuk pengeringan menggunakan pemanasan tidak langsung dibantu dengan kolektor termal sebagai media pemanas, mula-mula sinar matahari akan menuju kolektor, cahayanya akan dipantulkan oleh sifat reflektasi pada kaca namun panasnya akan diserap oleh pelat alumunium yang dicat hitam untuk kolektor atas dan kolektor bawah sebagai absorber, lalu panas tersebut akan merambat kedalam ruang pengering dengan bantuan udara dari *ceilling fan*.

Selagi *dual collector thermal* bekerja untuk mengeringkan cabai, *solar cell photovoltaic* akan menyerap energi matahari, energi yang terserap akan dikonversi menjadi energi listrik dengan arus DC atau arus searah, kemudian energi listrik tersebut disimpan dalam *accu/battery* 70 ampere sehingga terdapat cadangan energi listrik yang dapat digunakan pada saat tidak ada sinar matahari sama sekali dan pemakaiannya dapat kontinyu. Arus listrik DC yang dihasilkan oleh sel surya photovoltaik akan disambungkan ke inverter yang dapat mengkonversi arus DC menjadi arus AC lalu dikontakkan dengan elemen pemanas sebagai media pengering. Proses perpindahan panas pada pengering ini adalah secara konveksi, konduksi dan radiasi. Panas yang dihasilkan oleh *dual collector thermal* dan *solar cell photovoltaic* akan langsung diserap oleh pelat alumunium pada pengering yang membuat temperatur dalam ruang pengering meningkat.

Perlakuan dan Analisis Statistik Sederhana

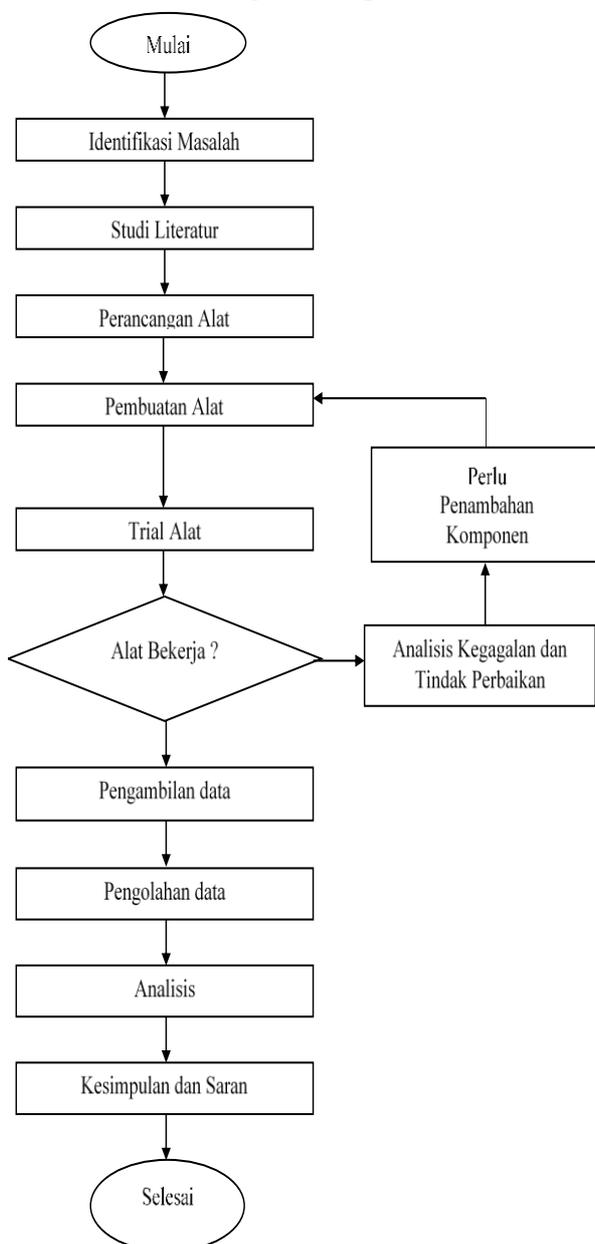
Pada penelitian ini dilakukan metode dengan penggunaan *dual collector thermal* untuk mengetahui jumlah panas yang diserap cabai dan massa H_2O yang

teruapkan pada alat pengering. Panas matahari yang diterima oleh kolektor selanjutnya akan dialirkan secara konveksi menggunakan bantuan laju alir udara dari *ceiling fan* ke ruang pengering untuk ditingkatkan temperaturnya dan mengurangi kadar air bahan.

Untuk metode *solar cell photovoltaic*, pengeringan bahan baku dilakukan dengan media penyimpanan panas pada aki yang akan ditransformasikan ke lampu pijar sebagai elemen pemanas pada sisi samping bagian dalam ruang pengering sebanyak 4 buah untuk tiap rak dengan daya 25 watt. Dan panas tersebut juga digunakan untuk *display control box* untuk pembacaan temperatur dan set point pada *control box* itu juga.

Secara umum, proses yang dilakukan digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 1 dibawah ini.

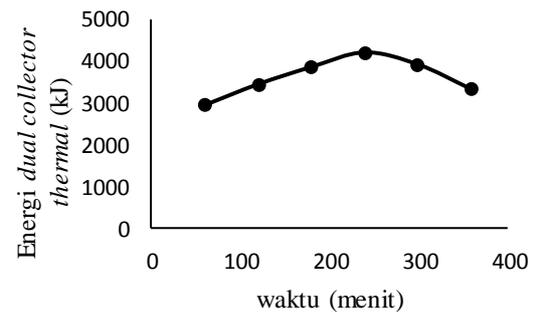
Gambar 1. Diagram Tahapan Penelitian



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Energi yang Dihasilkan *Dual Collector Thermal* terhadap Massa H₂O yang Teruapkan

Berdasarkan penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan untuk menentukan besarnya energi yang dihasilkan oleh *dual collector thermal* terhadap massa H₂O teruapkan dengan waktu pengeringan dari pukul 09:00 WIB sampai 15:00 WIB. Didapatkan hasil perhitungan yang telah diplot dalam grafik dan dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

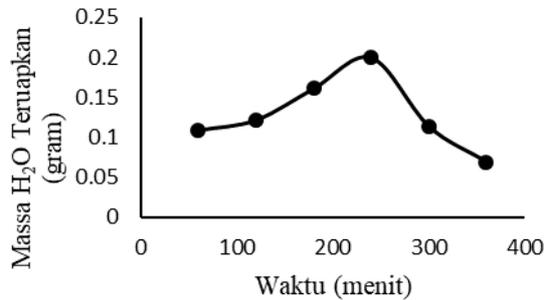


Gambar 2. Grafik Waktu Pengeringan vs Energi yang Dihasilkan *Dual Collector Thermal*

Gambar 2 menunjukkan hubungan antara waktu pengeringan dan energi yang dihasilkan oleh *dual collector thermal* terhadap pengaruh intensitas radiasi matahari. Pada pengeringan menggunakan alat pengering tenaga surya *dual collector thermal*, energi yang dihasilkan oleh *dual collector thermal* paling tinggi terdapat pada menit ke-240 dengan nilai sebesar 4221,05 kJ, akan tetapi saat menit ke-300 energi *dual collector* mengalami penurunan sebesar 3931,487 kJ dikarenakan pada menit ke-240 dan menit ke-300 nilai intensitas radiasi matahari yang diterima oleh *dual collector* juga mengalami penurunan. Hal ini dapat mempengaruhi temperatur pada *dual collector* yang mengakibatkan terjadinya perbedaan energi yang dihasilkan *dual collector thermal* sebagai media pemanas pada alat pengering tenaga surya

Faktor – faktor yang mempengaruhi energi yang dihasilkan kolektor termal, yaitu intensitas radiasi matahari, kecepatan angin dan kehilangan panas dari jarak kaca kolektor terhadap plat. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan (Daryanto, dkk, 2014), yang menyatakan bahwa besar kecilnya rugi energi yang terjadi pada kolektor termal dipengaruhi oleh jarak kaca terhadap plat. Semakin besar jarak antara kaca dengan plat maka akan semakin tinggi kehilangan energi. Sebaliknya semakin kecil jarak kaca dengan plat maka akan semakin kecil pula energi yang hilang. Semakin besar jarak kaca dan plat kolektor maka luas kolektor untuk menyerap energi radiasi matahari semakin besar. Menurut (Rendi, 2016) energi hilang melalui dinding ruang pengering dipengaruhi oleh koefisien perpindahan panas pada bahan, luas penampang dinding ruang pengering, nilai

konduktifitas panas bahan pembuat dinding serta energi yang terdapat pada ruang pengering. semakin besar energi yang terdapat pada ruang pengering maka semakin besar pula energi yang dikeluarkan dari dinding ruang pengering.



Gambar 3. Grafik Waktu Pengeringan vs Massa H₂O Teruapkan

Berdasarkan Gambar 3, massa H₂O teruapkan paling banyak terdapat pada menit ke-240 atau pada pukul 12:00 WIB dengan nilai sebesar 0,1998 gram dikarenakan pada waktu ini menunjukkan nilai intensitas radiasi matahari yang cukup tinggi yaitu sebesar 723 watt/m² dengan temperatur dalam ruang pengering sebesar 44,6°C bila dibandingkan dengan kondisi pengeringan pada waktu lainnya.

Semakin tinggi nilai intensitas radiasi matahari maka semakin tinggi pula temperatur untuk proses pengeringan. Lamanya waktu pengeringan dapat mempengaruhi besarnya jumlah massa H₂O yang teruapkan. Data pada tanggal 16 Juni 2018 dengan waktu pengeringan menit ke-60 didapatkan nilai massa H₂O teruapkan sebesar 0,1084 gram, dan terus mengalami kenaikan sampai menit ke-240 dengan besarnya massa H₂O teruapkan menjadi 0,1998 gram, akan tetapi pada menit ke-300 massa H₂O yang teruapkan menurun dengan nilai sebesar 0,1134 gram. Hal ini diakibatkan adanya penurunan intensitas radiasi matahari yang juga mempengaruhi temperatur pada alat pengering, dimana pada menit ke-120 sampai menit ke-240 cuaca sangat cerah sedangkan pada menit ke-300 sampai menit ke-360 cuaca mulai mendung yang secara langsung mempengaruhi intensitas radiasi matahari.

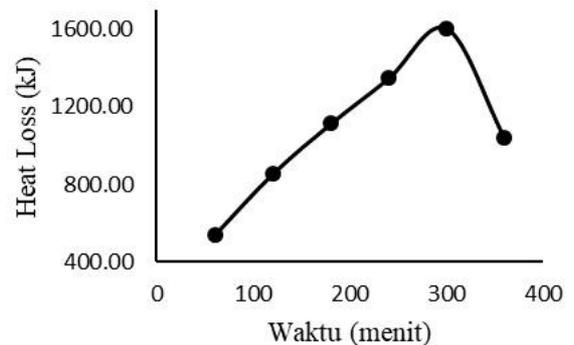
Pada menit ke-240, adanya peningkatan secara bersamaan antara energi yang dihasilkan *dual collector thermal* dan massa H₂O teruapkan. Hal ini menunjukkan adanya keterkaitan antara energi yang dihasilkan oleh *dual collector thermal* terhadap besarnya massa H₂O yang teruapkan, dikarenakan untuk menguapkan massa H₂O dalam ruang pengering dibutuhkan energi panas dari *dual collector thermal* sebagai media pemanas dalam meningkatkan temperatur pada alat pengering.

Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Fanani, dkk, 2015) yang menyatakan bahwa

semakin tinggi intensitas radiasi matahari maka temperatur udara pengering yang memasuki kotak pengering semakin tinggi pula dan secara langsung dapat mempengaruhi pengurangan kadar air pada bahan yang dikeringkan, sehingga terjadinya perubahan secara fisik baik berupa warna, tekstur, dan berat.

Hubungan Waktu Pengeringan terhadap Besarnya Heat Loss yang Dihasilkan Dual Collector Thermal

Berdasarkan penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan untuk menentukan besarnya *heat loss* yang dihasilkan oleh *dual collector thermal* dengan waktu pengeringan dari pukul 09:00 WIB sampai 15:00 WIB. Didapatkan hasil perhitungan yang telah diplot dalam bentuk grafik dan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Heat Loss vs Waktu Pengeringan pada Dual Collector Thermal

Gambar 4 menunjukkan harga *heat loss* yang didapat saat penelitian dengan *dual* kolektor termal selama 360 menit. Proses *heat loss* dihitung dari pengurangan jumlah energi yang diserap oleh kolektor selama proses Pengeringan ditambah dengan proses terjadinya Perpindahan panas yang terjadi selama proses pengeringan yang meliputi Perpindahan panas secara konduksi, Perpindahan panas secara konveksi dan Perpindahan panas secara radiasi.

Nilai *heat loss* metode *dual* kolektor termal pada menit ke 60 sebesar 539,851 kJ, mengalami peningkatan pada menit ke 120 sebesar 854,489 kJ, pada menit ke 180 kembali mengalami peningkatan sebesar 1113,114 kJ, pada menit ke 240 nilai *heat loss* sebesar 1347,077 kJ dan nilai *heat loss* tertinggi pada menit ke 300 dengan nilai sebesar 1604,375 kJ sedangkan pada menit ke 360 terjadi penurunan nilai *heat loss* sebesar 1039,27 kJ. Kerugian energi yang terjadi dalam kolektor tidak terlepas dari kerugian kalor yang terjadi pada bagian atas kolektor, kerugian kalor pada bagian samping kolektor, kerugian kalor pada bagian depan kolektor dan kerugian kalor pada bagian bawah kolektor. Kerugian kalor pada bagian atas kolektor, keterlibatan setiap komponen dari kolektor (temperatur kaca penutup dan temperatur pelat *absorber*) dan faktor dari lingkungan sekitar kolektor (temperatur lingkungan, kecepatan angin, dan

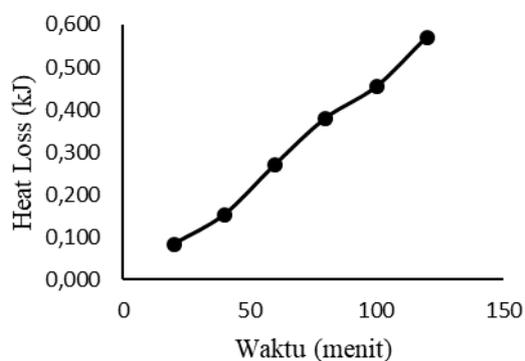
intensitas radiasi matahari) menjadi penyebab besar atau kecilnya energi yang hilang dari kolektor.

Proses perpindahan panas radiasi dan konveksi yang melibatkan kaca penutup dengan lingkungan merupakan faktor pertama yang berpengaruh terhadap kerugian energi kolektor. Kondisi terpaan radiasi matahari yang semakin besar maka akan diikuti juga dengan meningkatnya temperatur lingkungan dan kaca penutup. Sedangkan, pada perpindahan panas konveksi pada bagian atas kolektor melibatkan kecepatan angin yang berhembus di atas kaca penutup kolektor.

Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan (Rendi, 2016), yang menyatakan bahwa besar kecilnya rugi energi yang terjadi pada kolektor termal dipengaruhi oleh jarak kaca terhadap plat. Semakin besar jarak antara kaca dengan plat maka akan semakin tinggi kehilangan energi. Sebaliknya semakin kecil jarak kaca dengan plat maka akan semakin kecil pula energi yang hilang.

Hubungan Waktu Pengeringan terhadap Besarnya Heat Loss yang Dihasilkan System Photovoltaic

Berdasarkan penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan untuk menentukan besarnya *heat loss* yang dihasilkan oleh *dual collector thermal* dengan waktu pengeringan dari pukul 15:00 WIB sampai 17:00 WIB. Didapatkan hasil perhitungan yang telah diplot dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik *Heat Loss* vs Waktu Pengeringan pada System Photovoltaic

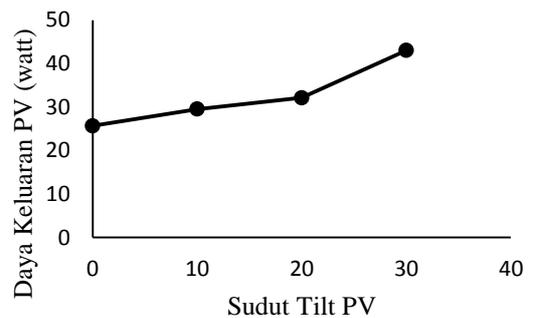
Pada Gambar 5 dapat dilihat harga *heat loss* metode *Singel Sytem* Fotovoltaik pada menit ke 20 sebesar 84,13 kJ, mengalami peningkatan pada menit ke 40 sebesar 153,585 kJ, pada menit ke 60 kembali mengalami peningkatan sebesar 270,795 kJ, pada menit ke 80 nilai *heat loss* sebesar 379,904 kJ pada menit ke 100 mengalami peningkatan dengan nilai sebesar 453,637 kJ sedangkan pada menit ke 120 nilai *heat loss* tertinggi sebesar 570,389 kJ.

Menurut (Daryanto, dkk, 2014) energi hilang melalui dinding ruang pengering dipengaruhi oleh koefisien perpindahan panas pada bahan, luas penampang dinding ruang pengering, nilai konduktifitas panas bahan pembuat dinding serta energi yang terdapat pada ruang pengering. semakin besar

energi yang terdapat pada ruang pengering maka semakin besar pula energi yang dikeluarkan dari dinding ruang pengering.

Hubungan Sudut Panel Surya terhadap Daya Listrik yang Dihasilkan dalam Pengisian dan Pemakaian Baterai

Berdasarkan data dan hasil perhitungan, maka dibuatlah grafik hubungan sudut tilt panel surya terhadap daya listrik yang dihasilkan, yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hubungan Sudut Tilt Panel Surya terhadap Daya Listrik yang Dihasilkan

Dari Gambar 6, hubungan sudut tilt modul fotovoltaik terhadap daya listrik yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik dalam proses pengisian baterai diatas menunjukkan bahwa sudut tilt yang dibentuk pada modul fotovoltaik yang digunakan berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik (daya keluar PV). Pada penelitian ini sudut tilt modul fotovoltaik 0° dapat menghasilkan daya listrik rata-rata sebesar 25,67 watt, lalu sudut tilt modul fotovoltaik 10° mengalami peningkatan daya listrik rata-rata menjadi 29,53 watt. Begitupun sudut tilt modul fotovoltaik 20° juga mengalami peningkatan daya listrik rata-rata yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik menjadi sebesar 32,13 watt, dan peningkatan yang paling besar adalah pada sudut tilt modul fotovoltaik 30° yaitu dapat menghasilkan daya listrik rata-rata sebesar 43,02 watt.

Daya listrik yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik yang paling besar pada proses pengisian ke baterai adalah pada pembentukan sudut tilt modul fotovoltaik 30° dan sebaliknya daya listrik yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik yang paling kecil pada proses pengisian ke baterai adalah pada pembentukan sudut tilt modul fotovoltaik 0° . Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar sudut tilt modul fotovoltaik yang dibentuk maka semakin besar pula daya listrik yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik. Hal ini dikarenakan pada sudut tilt modul fotovoltaik yang dibentuk (0° , 10° , 20° , 30°) sinar matahari semakin tegak lurus dengan permukaan modul fotovoltaik. Selain itu semakin siang waktu uji maka semakin besar intensitas radiasi matahari yang dihasilkan yang dapat dilihat pada daya masukan modul fotovoltaik yang semakin besar. Dari data dan

perhitungan yang diperoleh jam 12:00 siang adalah daya masukan untuk modul fotovoltaik yang paling baik.

Sudut tilt modul fotovoltaik yang dibentuk juga berpengaruh terhadap efisiensi modul fotovoltaik. Semakin besar daya masukan dan keluaran modul fotovoltaik, hal ini akan berdampak pada efisiensi modul fotovoltaik semakin besar pula. Semakin besarnya efisiensi yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik ini, menandakan bahwa penerimaan sinar matahari oleh modul fotovoltaik semakin baik. Pada penelitian ini efisiensi rata-rata yang paling baik adalah pada sudut tilt 30°. Hal ini juga dapat ditunjukkan oleh nilai PI (daya yang dapat diserap tiap waktu) yang dihasilkan. Nilai PI adalah nilai yang dipengaruhi oleh temperatur permukaan modul fotovoltaik. Walaupun diperoleh daya keluaran yang baik, namun temperatur permukaan modul fotovoltaik yang tinggi tidak dibenarkan untuk terus dibiarkan dikarenakan dapat menyebabkan timbulnya hot spot yang berakibat pada timbulnya sel pasif dan apabila tidak diatasi maka dapat menyebabkan modul menjadi rusak.

Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Pahlevi, 2014) yang menyatakan bahwa sudut tilt modul fotovoltaik yang dapat mempengaruhi tegak lurus tidaknya radiasi cahaya matahari yang jatuh diatas permukaan modul fotovoltaik. Semakin tegak lurus permukaan modul fotovoltaik terhadap sinar datang cahaya matahari maka semakin tinggi cahaya matahari yang dapat ditangkap, yang mana hal ini akan berpengaruh semakin besarnya daya listrik yang dihasilkan modul. Selain sudut tilt, daya keluaran modul fotovoltaik juga dipengaruhi oleh orientasi modul fotovoltaik (Hanieh, 2010). Orientasi modul fotovoltaik pada penelitian ini dibuat tracking (mengikuti pergerakan matahari) dengan arah orientasi sesuai dengan lokasi uji, dimaksudkan agar daya yang dihasilkan modul dapat lebih baik.

Pada daya keluaran modul fotovoltaik yang semakin besar maka akan mempercepat waktu pengisian baterai dan menyebabkan pemakaian baterai dapat semakin cepat digunakan, yaitu dalam hal menghidupkan lampu 25 watt dan ceiling fan untuk proses pengeringan cabai (pada penelitian ini waktu pengisian dilakukan konstan selama 7 jam. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Siahaan, dkk, 2012) yang menyatakan bahwa semakin baik daya keluaran modul fotovoltaik maka tidak memerlukan waktu yang lama dalam proses charge ke baterai.

4. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa besarnya kenaikan massa H₂O teruapkan rata – rata terjadi pada menit ke-240 atau pada jam 12:00 WIB. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu : intensitas radiasi matahari, laju alir udara dan besarnya energi

yang dihasilkan oleh *dual collector thermal*. Dengan banyaknya massa H₂O teruapkan sebesar 0,1998 kg.

Energi yang dihasilkan oleh *dual collector thermal* paling tinggi terdapat pada menit ke-240 atau pada jam 12:00 WIB yaitu sebesar 4221,0498 kJ. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor internal dan eksternal, faktor internal yaitu kehilangan panas pada kolektor sebesar 1347,08 kJ dan faktor eksternal yaitu besarnya intensitas radiasi matahari.

Daya listrik yang dihasilkan oleh variasi kemiringan sudut tilt panel surya paling tinggi terdapat pada kemiringan 30⁰ pukul 12:00 WIB yaitu sebesar 10,25 watt dengan besarnya *heat loss* yang dihasilkan 570,389 kJ.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, Azridjal., dan Afrizal, Efi. 2016. *Pengembangan Perangkat Pengering Surya (Solar Dryer) Jenis Pemanasan Langsung dengan Penyimpanan Panas Berubah Fasa Menggunakan Rak Bertingkat*. FTeknik Journal. Vol 3. No 1.
- Aisyah, Nyayu. 2015. *Rancang Bangun Alat Pengering Surya Teknologi (Uji Kinerja Alat Pengering Surya Teknologi Fotovoltaik Termal Ditinjau Dari Konsumsi Energi Spesifik Pada Pengeringan Kerupuk)*. Palembang : Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Basri. 2017. *Pengering Surya Type Down Draft*. Makassar : Universitas Halu Oleo.
- Bejan, Adrian. 1996. *Entropy Generation Minimization*. Boca Raton: CRC Press.
- Daryanto., dan Suprpto. 2014. *Kaji Eksperimental Alat Pengering Tenaga Surya dengan Variasi Sudut Konsentrator Cermin Datar dan Sudut Ribelts Untuk Pelat Absorber*. Jurnal Saintika. Vol 15. No 2. pp 90–105.
- Duffi, A. John. 2013. *Solar Engineering of Thermal Processes*. Fourth Edition. United States: McGraw-Hill.
- Fanani, I., Hantoro, R., dan Risanti, D. 2013. *Studi eksperimental Sistem Pengering Tenaga Surya Menggunakan Tipe Greenhouse dengan Kotak Kaca*. Jurnal Teknik Pomits. Vol 2. No 2.
- Goswami, D Yogi. 2015. *Principles of Solar Engineering*. 3Ed. London: CRC Press.
- Hanieh, Ahmed Abu. 2015. *Solar Photovoltaic Panels Tracking System*. Advances in dynamic system and control.

- Holman, Jack Philip. 2010. *Heat Transfer. 10ed.* NewYork: McGraw-Hill.
- Kuncoro, Argo. 2015. *Desain Sistem Pengering Kerupuk Kemplang dengan Uap Super Panas Berbahan Biomassa.* Jurnal Buana Sains. Vol 14. No 2. pp 29–36.
- Pahlevi, Reza. 2014. *Pengujian Karakteristik Panel Surya Berdasarkan Intensitas Tenaga Surya.* Surakarta: Universitas Muhammadiyah.
- Rendi. 2016. *Optimasi Perancangan Alat Pengering Ikan Air Tawar Kapasitas 50 Kg Memanfaatkan Tenaga Surya.* Jurnal Info Teknik. Vol 17. No 1. pp 111–126.
- Siahaan, A., Mujahidin, M., dan Nursyirwan, D. 2012. *Implementasi Panel Surya yang Diterapkan Pada Daerah Terpencil di Rumah Tinggal Desa Sibuntoun Kecamatan Habinsaran.* Renewable Energy.