

# KAJIAN MODEL SISTEM *SOLAR CHIMNEY* UNTUK SISTEM PENGERINGAN BAHAN HASIL PERTANIAN PADA DAERAH JALUR KHATULISTIWA

Yazmendra Rosa<sup>1</sup>, Eka Sunitra<sup>2</sup>, Dian Wahyu<sup>3</sup> dan Hanif<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorium Refrigerasi & Pengkondisian Udara, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang,

<sup>2</sup>Bengkel Maintenance, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang,

<sup>3</sup>Bengkel Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang,  
Kampus Limau Manis – Padang

E-mail: yazmendra@yahoo.com, yazmendra@pnp.ac.id

## ABSTRAK

Model *Solar Chimney* dengan ukuran 3x3 m<sup>2</sup> luas atap rumah sebagai kolektor pelat datar telah dipelajari dalam penelitian ini. Udara panas keluaran sistem ini digunakan untuk pengeringan bahan hasil pertanian dengan sistem *tray truck dryer* telah dipelajari sebelumnya. Kedua sistem ini digabung untuk dijadikan terintegrasi pada daerah jalur khatulistiwa dimana membutuhkan pengeringan bahan hasil pertaniannya (contoh kulit manis, ikan, dll). Temperatur pengeringan bahan ini berkisar 41°C sampai dengan 80°C. Kondisi bahan ini dapat digunakan pada sistem pengeringan ini. Bahan yang dikeringkan berada pada temperatur pengeringannya akan menghasilkan jenis yang paling bagus dan maksimal, serta lebih bersih berada pada sistem tersebut. Sistem ini menjadi alternatif pengeringan bahan pada daerah yang membutuhkan dijalar khatulistiwa yang masih belum memperoleh aliran listrik. Pemanfaatan energi surya secara langsung akan lebih optimal dalam kebutuhan sehari-hari masyarakat pada teknologi ini, sehingga ketergantungan dengan energi lain (minyak bumi, kayu, dll) berkurang dengan memanfaatkan sumber utama energi yaitu energi surya. Atap rumah sebagai kolektor pelat datar dan rumah pengering pada sistem *solar chimney* menjadi alternatif energi untuk kebutuhan sehari-hari.

Kata Kunci: *Model Atap, Cerobong Energi Surya, Energi Terbarukan, Kolektor Pelat Datar, Sistem Pengeringan*

## ABSTRACT

*The Solar Chimney model with a size of 3x3 m<sup>2</sup> wide house roof as a flat plate collector has been studied in this study. The hot air output from this system is used for drying agricultural products with the truck dryer tray system previously studied. These two systems are combined to be integrated into the equatorial lane area which requires drying of agricultural produce (e.g. sweet skin, fish, etc.). The drying temperature of this material ranges from 41°C to 80°C. The condition of this material can be used in this drying system. The dried material at the drying temperature will produce the best and maximum, and cleaner type in the system. This system is an alternative to drying materials in areas that require an equatorial road that still has not received electricity. The direct use of solar energy will be more optimal in people daily needs for this technology, so that dependence on other energy (petroleum, wood, etc.) is reduced by utilizing the main source of energy, namely solar energy. The roof of the house as a flat plate collector and drying house on the solar chimney system is alternative energy for daily needs.*

Keywords: *Roof model, Solar Chimney, Renewable energy, Flat plate collector, drying system.*

## PENDAHULUAN

Posisi Negara Indonesia berada pada garis khatulistiwa 6°LU sampai 11°LS, sehingga kita

berada pada jalur negara yang kaya atas sumber utama energi yaitu energi surya.

Daerah Provinsi Sumatera Barat tepat dilalui oleh garis khatulistiwa (garis lintang nol derajat) di kecamatan Bonjol Kabupaten Pasaman. Secara

umum daerah Sumatera Barat beriklim panas dengan suhu udara berkisar dari 22,6°C sampai dengan 31,5°C. Dari 19 kabupaten /kota yang ada di Provinsi Sumatera Barat, Kabupaten Kepulauan Mentawai memiliki wilayah terluas yaitu 6.100 Km<sup>2</sup>, sedangkan Kota Padang Panjang memiliki luas daerah terkecil yakni 23 Km<sup>2</sup>.

Pengembangan energi surya *solar cell* di Indonesia terutama ditujukan bagi penyediaan energi listrik di daerah perdesaan. Kondisi geografis Indonesia yang terdiri atas pulau-pulau yang kecil serta banyak yang terpencil menyebabkan sulit untuk dijangkau oleh jaringan listrik terpusat. Dengan demikian, energi surya dapat dimanfaatkan untuk penyediaan listrik dalam rangka mempercepat rasio elektrifikasi desa. Pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi listrik ditargetkan akan mencapai 25 MW pada tahun 2020 (Boedoyo 2012).

Tingginya biaya modul *solar cell* yang merupakan komponen utama teknologi energi surya masih menjadi kendala bagi penerapannya di Indonesia. Kendala lainnya adalah ketergantungan impor *solar cell* akibat belum adanya industri pembuatannya di Indonesia. Minimnya pengetahuan masyarakat mengenai pemeliharannya juga menyebabkan kinerja tidak optimal dan sering mengalami kerusakan.

Sumber energi masih dimanfaatkan dengan mengandalkan sumber minyak bumi, dimana pada suatu saat akan habis jika tidak memperhitungkan siklusnya yang beribu tahun. Untuk memutus rantai sumber energi minyak bumi, maka perlu mencari alternatif energi dengan jalan memanfaatkan langsung sumber dari segala sumber energi yaitu energi surya.

Kolektor surya menangkap radiasi dengan *absorber* sehingga udara yang mengalir dipermukaannya akan panas, sehingga dapat digunakan untuk proses pemanasan dan pengeringan. Kondisi udara panas ini akan secara alamiah akan mengalirkan udara tersebut ke tempat udara yang mempunyai temperatur yang rendah, sehingga aliran udara jika kita rencanakan sebuah alat transfer energi misalkan turbin yang berputar tentu dapat merubahnya ke energi mekanik (Ferreira dkk, 2008).

Penomena sebuah mesjid, banyak mesjid dibangun dengan gubah yang tinggi ditengah bangunannya. Gubah tersebut berventilasi ditengahnya, pada saat jemaah banyak tentunya akan terjadi sirkulasi udara menuju gubah sehingga terjadi secara alamiah. Ini merupakan penomena yang terjadi jika kolektor digunakan untuk memperoleh panas dari

radiasi matahari, sehingga terjadi aliran udara menuju ke menaranya.

Bangunan gedung dan rumah menghasilkan panas radiasi surya yang terbuang dan menjadi permasalahan dalam pendinginan ruangan. Konstruksi bangunan ini jika dimanfaatkan dengan kondisi alam Indonesia tentunya bisa memanfaatkan energi panas dari surya ini untuk pemanfaatan yang lebih baik.

Keutamaan yang sangat jelas adalah energi ini bersifat tidak berpolusi, tersedia di seluruh indonesia dan diterima oleh bumi indonesia dengan solar konstannya 1350 Watt/m<sup>2</sup> lebih kurang selama 12 jam sehari (Arora 1981).

Salah satu contoh nyata dapat terlihat pada semua bangunan akan menerima radiasi surya tanpa disadari dan kadang kala menjadi permasalahan dalam konteks untuk pengkondisian udara dalam ruangan tersebut. Kondisi ini jika direncanakan mekanisme sistem untuk mengorganisirnya tentunya dapat dimanfaatkan lebih maksimal dan bermanfaat. Kontruksi atap bangunan cukup sesuai dengan sudut jatuh radiasi surya sehingga dapat dimanfaatkan tanpa merusak design bangunan.

Indonesia merupakan negara penghasil rempah-rempah, salah satu komoditinya adalah kulit manis. Sumatera Barat merupakan daerah penghasil kulit manis terbesar di Indonesia. Para petani masih menjemur hasil kulit manisnya secara langsung dibawah sinar matahari dan udara terbuka (Ferreira dkk, 2008).

Kualitas kulit manis dipengaruhi pada proses pengeringan. Beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas kulit manis yaitu: kebersihan meliputi kandungan debu, kotoran binatang, benda asing, kadar air, kadar abu dan kadar pasir serta cuaca.

Untuk menanggulangi masalah pengeringan kulit manis, maka dapat di dimanfaatkan energi surya, dimana Indonesia terletak pada daerah khatulistiwa yang mempunyai iklim tropik dan radiasi surya hampir sepanjang tahun. Pemanfaatan sumber energi ini secara lebih baik membantu peningkatan kualitas kulit manis untuk diekspor ke mancanegara.

Pemanfaatan energi surya secara langsung sudah biasa dilakukan oleh petani untuk mengeringkan hasil pertaniannya. Kulit manis yang merupakan salah satu hasil pertanian yang menjadi andalan ekspor Sumatera Batar, biasanya dikeringkan secara langsung dibawah sinar matahari diudara terbuka. Cara ini belum dapat mengoptimalkan kualitas kulit manis sebagaimana yang diharapkan. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kualitas kulit manis yang dihasilkan diantaranya,

persentase kadar air yang dikandungnya, kebersihan dari debu dan kotoran lainnya serta keadaan cuaca waktu proses pengeringan.

Untuk memanfaatkan energi surya secara maksimal dan mengoptimalkan kualitas produksi hasil pertanian khususnya kulit manis, direncanakan pembuatan suatu alat pengering dengan menggunakan energi surya ini (Rosa dkk, 2007).

Tujuan kajian ini pemanfaatan energi surya secara langsung melalui kolektor yang bermanfaat dalam mencari sumber energi alternatif bagi ketersediaan energi dalam menghadapi krisis energi listrik yang lebih alamiah dan tersedia sebenarnya dalam kehidupan kita sehari-hari.

Tujuan khusus yang akan dicapai adalah pemanfaatan sumber dari segala energi yaitu energi surya dengan memanfaatkan kondisi indonesia yang berada pada jalur khatulistiwa yang menerima energi surya paling maksimal dan tersedia sepanjang tahun yang belum dimanfaatkan. Salah satu pemanfaatan energi tersebut untuk pengeringan hasil pertanian, sehingga terintegrasi pemanfaatan energi surya secara langsung dan tepat guna.

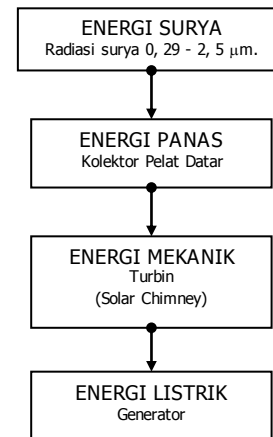
Kajian ini diharapkan akan bermanfaat untuk menanggulangi krisis energi dan mencari energi alternatif dalam rangka menjawab krisis energi yang terjadi. Sistem yang direncanakan ini akan memutus rantai proses energi minyak bumi yang membutuhkan siklus yang lama sehingga anak cucu kita masih menikmati energi tersebut nantinya, sehingga pemanfaatan energi ini teroptimal dengan salah satunya kebutuhan terhadap sistem pengeringan.

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan sebelumnya, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah (Gambar 1):

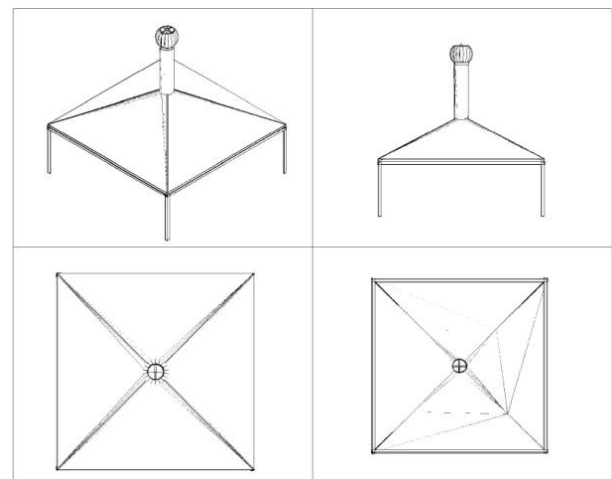
- ✓ Bagaimana memanfaatkan sumber dari segala energi yaitu energi surya pada daerah khatulistiwa yang sepanjang tahun diterima?
- ✓ Bagaimanakah memanfaatkan energi melalui salah satu alat konversi energi kolektor pelat datar dengan memanfaatkan kondisi yang ada (atap rumah)?
- ✓ Bagaimanakah merubah energi tersebut menjadi energi yang lebih terorganisir yaitu energi listrik atau dalam bentuk lainnya?
- ✓ Bagaimana memperoleh secara optimal sistem konversi energi ini, dengan menggunakan kondisi yang ada disekitar kita untuk lebih tepat guna dan terwujud model alternatif?

- ✓ Bagaimana memanfaatkan sistem ini pada sistem pengeringan bahan hasil pertanian yang banyak dibutuhkan.

## BAHAN DAN METODE

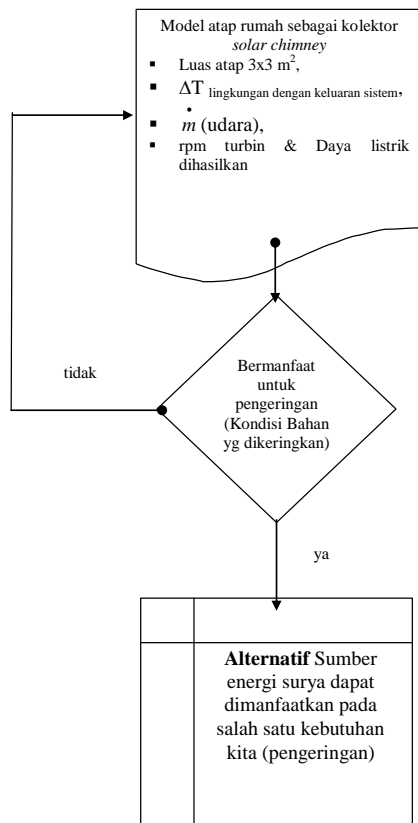


Gambar 1. Bagan alur pemanfaatan energi surya (Rosa dkk, 2008)



Gambar 2. Sistem Solar Chimney (atap) (Rosa dkk., 2012)

Alat pengering yang menggunakan energi panas surya merupakan suatu sistem pengeringan yang terdiri dari dua bagian utama, yaitu kolektor surya yang berfungsi sebagai penyerap atau pengumpul energi radiasi surya dan mengkonversikannya menjadi energi termal, dan ruang pengering tempat berlangsungnya proses pengeringan dengan mengalirkan udara panas yang keluar dari kolektor ke dalam ruang pengering.

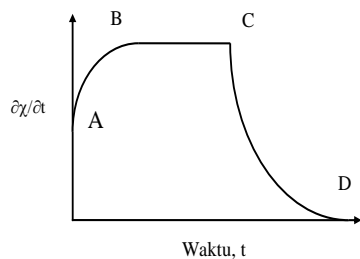


**Gambar 3. Flowchart pemanfaatan dari hasil energi panas dan energi listrik untuk proses pengeringan hasil pertanian**

Dalam perancangan ruang pengering (Gambar 3), ada beberapa aspek yang harus diperhatikan untuk mendapatkan efisiensi yang baik, dan proses pengeringan dapat berlangsung dengan baik, diantara aspek tersebut adalah;

- Distribusi laju aliran udara dan panas dalam ruang pengering harus merata
- Ruang pengering diisolasi dengan baik
- Mampu menahan berat bahan yang akan dikeringkan
- Mudah dalam pengoperasiannya, dan ekonomis

Bahan basah yang akan dikeringkan akan mengalami beberapa tahapan proses pengering, Gambar 4.



**Gambar 4. Proses pengeringan**

Proses pengeringan tahap pertama yang akan dialami bahan adalah proses pengeringan waktu terjadi penyerapan panas oleh bahan dari udara sekitarnya (proses A-B) proses pengeringan selanjutnya adalah pengeringan konstan dimana penguapan kadar air bahan pada kondisi permukaan bahan dalam keadaan jenuh (proses B-C), dan kemudian proses pengeringan dengan laju pengeringan yang semakin berkurang, dimana terjadinya pengecilan luas permukaan bahan akibat penyusutan selama proses pengeringan (proses C-D) (Duffie et al., 1994).

Proses pengeringan bahan berlangsung dalam ruang pengering, dengan mengalirkan udara panas yang keluar dari kolektor ke dalam ruang pengering. Distribusi udara dan panas dalam ruang pengering diasumsikan merata, dan udara diperlakukan sebagai gas ideal. Proses pengeringan diasumsikan sebagai proses adiabatik, dimana panas yang dibutuhkan selama proses pengeringan hanya berasal dari panas fluida kerja, dan tidak ada panas yang masuk atau keluar melalui dinding ruang pengering.

Data dan parameter yang dibutuhkan dalam perancangan meliputi data dari kondisi fluida kerja, sifat-sifat fisik dari bahan kulit manis yang akan dikeringkan, dan kondisi pengeringan

• **Kondisi udara sebagai fluida kerja**

- Temperatur udara masuk kolektor,  $T_{db1}$  &  $T_{wb1}$  (°C)
- Kelembaban relatif udara lingkungan,  $\phi_1$
- Kelembaban mutlak udara lingkungan,  $\gamma_1$
- Temperatur udara keluar kolektor,  $T_{db2}$  (°C)
- Laju aliran massa udara,  $\dot{m}_a$  (kg/det)

• **Kondisi udara pengeringan;**

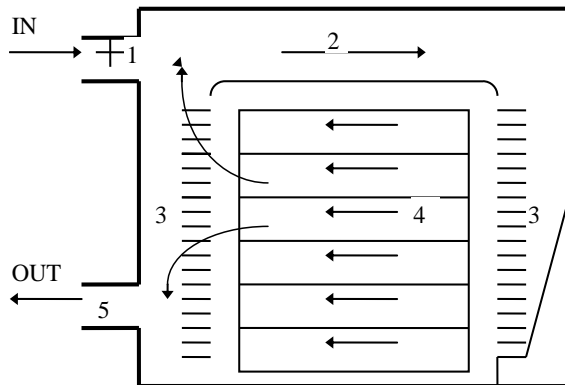
- Temperatur udara pengeringan,  $T_3 = 41-80^\circ\text{C}$
- Kelembaban mutlak,  $\gamma_3$  (kg/kg)
- Kelembaban relatif,  $\phi_3$  (%)
- Kerapatan udara,  $\rho_a$  (kg/m³)
- Viskositas dinamik,  $\mu$  (kg/m.s)
- Panas spesifik,  $C_p$  (kJ/kg °C)

• **Kondisi bahan kulit manis;**

- Ukuran kulit manis yang akan dikeringkan
- Kerapatan kulit manis,  $\rho_p = 750 \text{ kg/m}^3$
- Kadar air awal bahan,  $X_1 = 64 \%$
- Kadar air akhir bahan,  $X_2 = 14 \%$
- Kapasitas pengeringan,  $m_p$  (kg) bahan basah

Sistem pengeringan dengan *type Tray truck dryer* digunakan dengan mengkombinasikan *solar*

*chimney* (Gambar 2). *Type* ini merupakan suatu sistem ruang pengering yang pendistribusian udaranya dibantu oleh sirip pengarah untuk meratakan distribusi udara dan panas dalam ruang pengering, dan mempunyai rak-rak bertingkat yang dapat didorong keluar-masuk ruang pengering.



**Gambar 5.** Sketsa sistem ruang pengering type *Tray truck dryer*

Sistem ruang pengering *type Tray truck dryer* (Gambar 5) terdiri dari beberapa bagian yaitu, saluran udara masuk dan tempat kedudukan kipas (1), saluran udara sebelum memasuki ruang tempat pengeringan (2), sirip-sirip pengarah aliran udara (3), rak bertingkat yang dapat didorong keluar-masuk ruang pengering (4), dan saluran udara keluaran (5).

Udara panas dari kolektor ditarik oleh kipas ke dalam ruang pengering, dan didorong dalam saluran udara sebelum memasuki ruang tempat pengeringan. Udara sebelum memasuki ruang tempat pengeringan, terlebih dahulu melewati sirip-sirip pengarah aliran udara, supaya distribusi aliran udara dalam ruang pengering merata. Bahan yang akan dikeringkan diletakkan di atas rak-rak yang bertingkat, udara yang mengalir di atas permukaan bahan menyebabkan terjadinya proses penguapan air yang dikandung oleh bahan atau terjadinya proses pengeringan. Udara yang masih panas akan bergerak ke atas dan disirkulasikan kembali ke dalam ruang pengering, sedangkan udara yang mengandung uap air akan turun ke bawah, dan keluar melalui saluran keluaran.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Gambar 6 dan Gambar 7 adalah gambar pengembangan sistem *solar chimney* dengan ukuran luas kolektor (Atap Rumah) 3x3 m<sup>2</sup>. Sistem ini dibantu dengan turbin ventilator sebagai

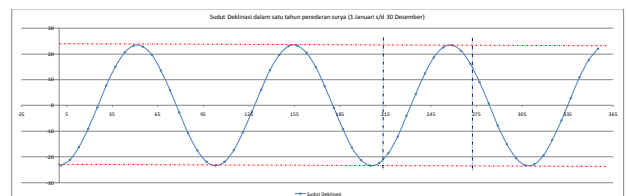
pengerak tambahan sehingga aliran udara panas dapat mengalir ke cerobong sehingga menghasilkan energi listrik walaupun masih cukup kecil. Hasil energi ini yaitu energi panas dan listrik digunakan untuk pengeringan bahan hasil pertanian (contoh pengeringan kulit manis dan lain-lain).



**Gambar 6.** Model atap rumah kolektor pelat datar (Rosa dkk., 2012)



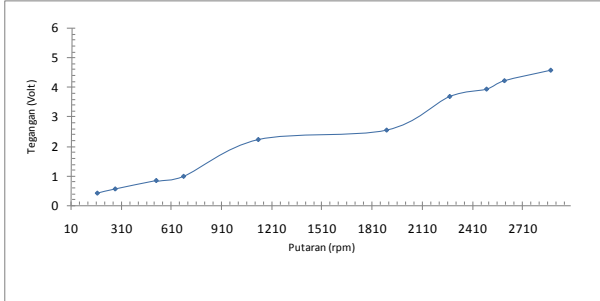
**Gambar 7.** Rangka sistem *solar chimney* (Rosa dkk., 2008)



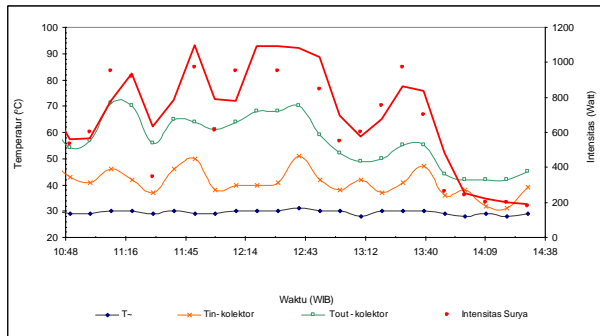
**Gambar 8.** Sudut Deklinasi dalam satu tahun peredaran surya (1 Januari s/d 30 Desember)

Gambar 8 menjelaskan sudut yang terbentuk antara sinar datang surya dengan garis tegak lurus terhadap sumbu polar dalam bidang surya. Dengan mengetahui deklinasi surya maka posisi orbit bumi

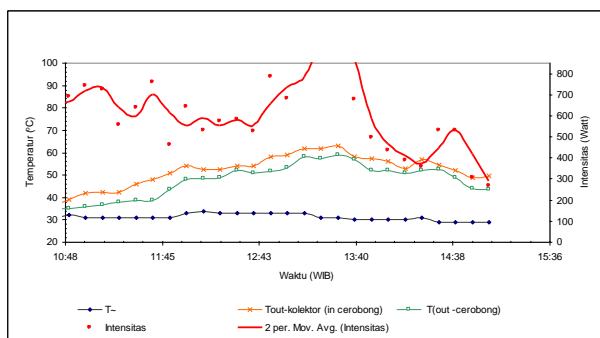
dapat ditentukan. Kondisi Indonesia berada pada garis khatulistiwa maka akan selalu selama satu tahun dikenai radiasi surya dari  $23.5^{\circ}$  LU ke  $23.5^{\circ}$  LS secara sinusoidal. Pada penelitian ini asumsi luas atap  $3 \times 3 \text{ m}^2$  sehingga diperoleh secara rata-rata luas atap sebesar  $4,5 \text{ m}^2$  dikenai radiasi surya setiap waktu dari pagi hingga sore harinya.



**Gambar 9.** Grafik tegangan terhadap putaran pada sistem solar chimney



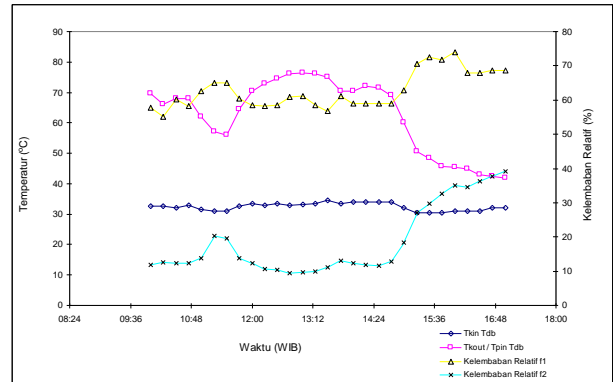
**Gambar 10.** Grafik Temperatur dan Intensitas Terhadap Waktu



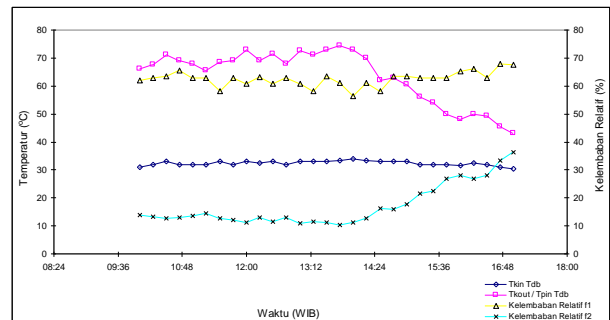
**Gambar 11.** Grafik Temperatur dan Intensitas Terhadap Waktu

Pada Gambar 9 diharapkan sistem generator dapat menghasilkan energi listrik yang akan digunakan untuk menghidupkan fan untuk mengalirkan udara panas ke ruangan pengeringan walaupun masih kecil tetapi akan dilakukan optimalisasi terhadap generator tersebut.

Gambar 10 dan Gambar 11 menyajikan temperatur yang dihasilkan untuk diteruskan ke ruangan pengeringan cukup untuk mengeringkan bahan hasil pertanian seperti kulit manis yang mempunyai temperatur pengeringan dari  $41^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $80^{\circ}\text{C}$ .



**Gambar 12.** Temperatur dan kelembaban udara terhadap waktu pada pengujian ke-1

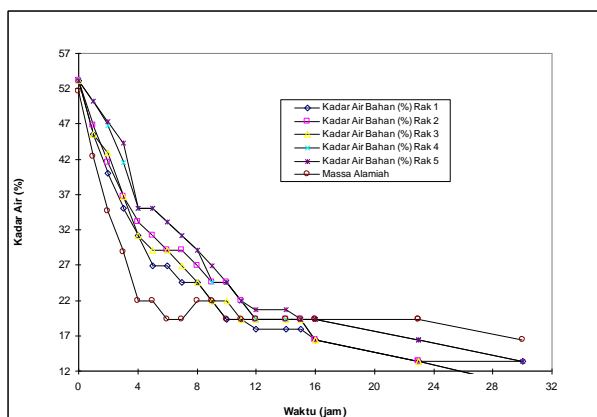


**Gambar 13.** Temperatur dan kelembaban udara terhadap waktu pada pengujian ke-2

Udara yang dihasilkan oleh kolektor dapat terlihat pada Gambar 12 dan Gambar 13 yaitu diperoleh keluaran kolektor diatas temperatur pengeringan bahan seperti kulit manis dan kelembaban turun seiring dengan kenaikan temperatur sehingga bahan dapat dikeringkan dan tidak rusak.

Gambar 14 hasil pengeringan bahan kulit manis pada sistem pengeringan *type Tray truck dryer* yang dapat mempercepat pengeringan secara penjemuran biasa yaitu dari 3 s/d 4 hari menjadi 2 hari dengan hasil kualitas nomor satu (grade A). Sistem ini menghasilkan pengeringan kulit manis dari lima rak yang cukup tersebut yang cukup rata pengeringannya.

Pengabungan *system solar chimney* dan *system pengeringan type Tray truck dryer* akan diperoleh model pemanfaatan energy surya secara maksimal dan dibutuhkan di lapangan pertanian dan perkebunan.



**Gambar 14.** Kadar air bahan terhadap waktu pada pengeringan kulit manis berlangsung pada sistem pengeringan *type Tray truck dryer*.

Optimalisasi komponen sistem dalam kajian ini perlu di kembangkan terus sehingga konversi energi lebih baik lagi seperti perpindahan panas dan aliran udara serta komponen pendukung lainnya.

## KESIMPULAN

Model *solar chimney* yang dibuat mempunyai luas kolektor  $3 \times 3 \text{ m}^2$ , dengan sudut kemiringan kolektor  $\pm 10^\circ$ , dengan perhitungan pemanfaatan luas kolektor secara rata-rata setengahnya ( $4,5 \text{ m}^2$ ) dengan melihat sifat perputaran energi surya selama setahun dan setiap hari serta berbentuk profil atap rumah yang dapat menghasilkan udara panas untuk kebutuhan sistem pengeringan.

Sistem pengeringan *type Tray truck dryer* dapat dijadikan untuk pengeringan bahan hasil pertanian seperti pengeringan kulit manis dengan memanfaatkan luas lahan secara vertikal. Pengabungan kedua sistem ini akan menghasilkan pemanfaatan energi surya secara lebih baik dan langsung dapat digunakan di daerah yang membutuhkan pengering tanpa menggunakan energi minyak bumi seperti di daerah yang membutuhkan pengeringan langsung terhadap bahan hasil pertanian.

Pengontrolan temperatur udara pengeringan perlu dilakukan pada saat pengeringan berlangsung sehingga menghasilkan bahan yang dikeringkan yang paling terbaik dan bersih seperti kulit manis yang menghasilkan grade A.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kajian di dukung dari hasil penelitian yang di danai oleh Hibah Bersaing 2016, Kementerian Riset

Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanainya di Politeknik Negeri Padang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arora, CP. 1981. *Refrigeration Air-Conditioning* Second Edition.
- Boedoyo, Mohamad Sidik. 2012. Potensi Dan Peranan PLTS Sebagai Energi Alternatif Masa Depan Di Indonesia. *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia* 14 (2): 146–52.
- Cao, Fei, Huashan Li, Liang Zhao, Tianyang Bao, and Liejin Guo. 2013. Design and Simulation of the Solar Chimney Power Plants with TRNSYS. *Solar Energy* 98 (January 2016): 23–33. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2013.05.022>.
- Chung, Leng Pau, Mohd Hamdan Ahmad, Dilshan Remaz Ossen, and Malsiah Hamid. 2015. Effective Solar Chimney Cross Section Ventilation Performance in Malaysia Terraced House. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 179: 276–89. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.02.431>.
- Duffie, J. A., William A. Beckman, and W. M. Worek. 1994. *Solar Engineering of Thermal Processes, 2nd Ed. Journal of Solar Energy Engineering*. Vol. 116. <https://doi.org/10.1115/1.2930068>.
- Ferreira, André G., Cristiana B. Maia, M. F B Cortez, and Ramón M. Valle. 2008. Technical Feasibility Assessment of a Solar Chimney for Food Drying. *Solar Energy* 82 (3): 198–205. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2007.08.002>.
- Kalash, Shadi, Wajih Naimeh, and Salman Ajib. 2014. “A Review of Sloped Solar Updraft Power Technology.” *Energy Procedia* 50: 222–28. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.06.027>.
- Makhanlall, Deodat, and Peixue Jiang. 2015. “Performance Analysis and Optimization of a Vapor-Filled Flat-Plate Solar Collector.” *Energy Procedia* 70: 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.02.103>.
- Rahman, M.M., C.M. Chu, S. Kumaresen, F.Y. Yan, P.H. Kim, M. Mashud, and M.S. Rahman. 2014. “Evaluation of the Modified Chimney Performance to Replace Mechanical Ventilation System for Livestock Housing.” *Procedia Engineering* 90: 245–48. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.844>.
- Rosa, Yazmendra, and Rino Sukma. 2008. Rancang Bangun Alat Konversi Energi Surya Menjadi Energi Mekanik. *Jurnal Teknik Mesin (ISSN:1829-8958)* 5 (2).
- Rosa, Yazmendra, Hanif, and Havendry Adly. 1997. Kolektor Energi Surya Untuk Sistem Pengering Kulit. *Jurnal Teknik Universitas Andalas* IV.
- Rosa, Yazmendra, Sukma Rino, and Wahyu Dian. 2012. Model Atap Rumah Sebagai Kolektor Pelat Datar Energi Surya Untuk Daerah Jalur Khatulistiwa.
- Rosa, Yazmendra. 2007. Rancang Bangun Kolektor Pelat Datar Energi Surya Untuk Sistem Pengeringan Pasca Panen *Jurnal Teknik Mesin (ISSN:1829-8958)* Volume 4 N (1): 68–82.