

ANALISA PENGARUH MATERIAL PCM DAN SiO₂ PADA LEMARI PENGERING TENAGA SURYA

Lohdy Diana¹⁾, Arrad Ghani Safitra²⁾, Fifi Hesty Sholihah³⁾, Melya Putri Andariesta⁴⁾

^{1,2,3,4}Sistem Pembangkit Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Sukolilo, Surabaya, 60111

E-mail: lohdydiana@pens.ac.id

Abstract

Utilization of solar energy in Indonesia has developed, especially for the drying process. The drying process requires a drying cabinet as a supporting component to store the product to be dried. High quality drying cabinets can retain heat for a long time. This study aims to analyze the effect of PCM and SiO₂ materials on the drying cabinet. This research was conducted experimentally in an open space. The experiment was carried out under actual conditions from 07:00 to 13:00. The data taken during the test in the form of air temperature and humidity in the cupboard. The results showed that the drying cabinet with PCM and SiO₂ materials experienced a lower air temperature decrease than the drying cabinet without PCM and SiO₂ materials. Other results show that the relative humidity of the air in the drying cabinet with PCM and SiO₂ materials has a higher value than the drying cabinet without PCM and SiO₂ materials.

Keywords: *drying cabinet, PCM, SiO₂, air temperature, air humidity*

Abstrak

Pemanfaatan energi surya di Indonesia mengalami perkembangan khususnya untuk proses pengeringan. Proses pengeringan memerlukan lemari pengering sebagai komponen pendukung untuk menyimpan produk yang akan dikeringkan. Lemari pengering berkualitas tinggi dapat menyimpan panas dalam waktu yang lama. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh material PCM dan SiO₂ pada lemari pengering. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen di ruang terbuka. Percobaan dilakukan pada kondisi sebenarnya dari pukul 07:00 sampai pukul 13:00. Data yang diambil selama pengujian berupa temperatur udara dan kelembaban udara di dalam lemari. Hasil penelitian menunjukkan lemari pengering dengan material PCM dan SiO₂ mengalami penurunan temperatur udara lebih rendah daripada lemari pengering tanpa material PCM dan SiO₂. Hasil lain menunjukkan kelembaban relatif udara pada lemari pengering dengan material PCM dan SiO₂ memiliki nilai yang lebih tinggi daripada lemari pengering tanpa material PCM dan SiO₂.

Kata Kunci: *lemari pengering, PCM, SiO₂, temperatur udara, kelembaban udara*

PENDAHULUAN

Lemari pengering adalah komponen pemanas udara surya. Lemari pengering berfungsi untuk menyimpan udara panas yang dihasilkan dari pemanas udara tenaga surya (Shamiq, 2018). Akrilik dan kaca adalah material umum yang digunakan dalam lemari pengering. Keduanya dapat mentransmisikan intensitas matahari ke dalam lemari

pengering. Dinding lemari pengering menggunakan material akrilik. Dinding akrilik dapat mentransmisikan panas matahari langsung ke objek pengeringan, seperti pisang (Arum, 2019), jahe (Ekka, 2020), dan kentang (Jabeen, 2015). Desain lemari pengering lainnya menggunakan lembaran aluminium sebagai material dinding. Aluminium memiliki konduktivitas termal yang tinggi. Aluminium dapat meningkatkan perpindahan panas di lemari pengering (Spall, 2020). Modifikasi material diperlukan untuk meningkatkan kinerja termal lemari pengering. Phase change material (PCM) merupakan material penemuan yang digunakan untuk menyimpan panas laten (Yosr, 2016). Material SiO_2 telah terbukti dapat mengurangi kelembaban di dalam produk kering seperti mortar (Nikholas, 2020). Penggunaan akrilik dan aluminium baik untuk meningkatkan perpindahan panas, tetapi hanya terjadi pada pagi hingga sore hari atau dari pukul 08.00 hingga 13.00. Panas di dalam lemari pengering akan berkurang secara perlahan saat matahari terbenam dan lemari pengering akan menjadi dingin artinya lemari pengering tidak efektif karena tidak dapat menyimpan panas dalam waktu lama. Penelitian secara simulasi menggunakan komputasi fluida dimanis dilakukan untuk mengetahui karakteristik aliran di dalam lemari pengering (Diana. L, 2021). Kinerja lemari pengering tidak hanya kemampuan menyimpan panas tetapi juga menghasilkan kelembaban yang rendah di lemari pengering. Umumnya, lemari pengering hanya dianggap mempertimbangkan panas tanpa mempertimbangkan kelembaban udara, kelembaban merupakan karakteristik yang menunjukkan adanya konsentrasi kandungan uap air yang ada di udara. Kelembaban udara dapat mempengaruhi lamanya proses pengeringan di dalam lemari pengering.

Penelitian ini menganalisis pengaruh material PCM dan SiO_2 pada lemari pengering tenaga surya. Lemari pengering menggabungkan PCM sebagai material penyimpan panas dan SiO_2 sebagai material penurun kelembaban udara. Pengujian dilakukan secara eksperimen pada ruang terbuka.

METODE PENELITIAN

A. Lemari pengering

Geometri lemari pengering adalah 35 cm x 40 cm x 87,8 cm. Bagian inlet terbuat dari pipa PVC. Diameter pipa 50 mm yang diposisikan pada dinding samping lemari pengering. Lembaran aluminium digunakan sebagai material lemari pengering yang

dilapisi dengan warna hitam. Ketebalan aluminium adalah 5 mm. Dinding samping lemari pengering terdiri dari tiga lapisan. Lapisan tersebut adalah lembaran aluminium, lembaran polimer, dan phase change material (PCM).



Gambar 1. Lemari pengering

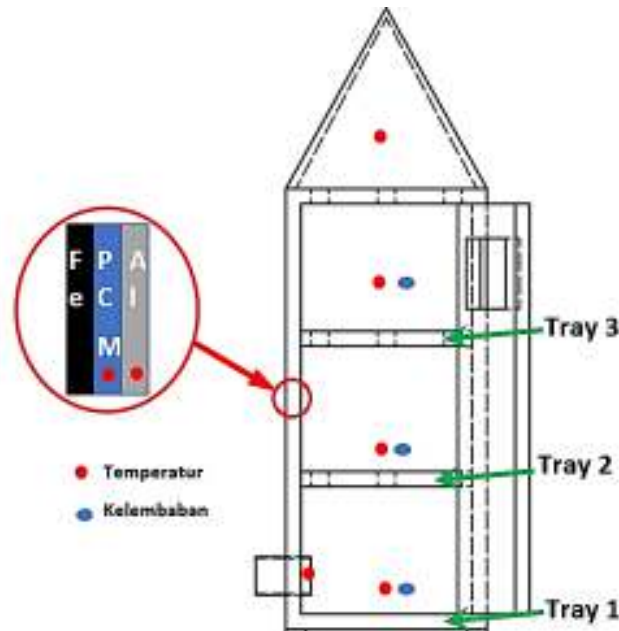
Dinding bawah lemari pengering terdiri dari tiga lapisan. Lapisan bawah adalah lembaran aluminium, SiO_2 , dan aluminium foil dengan beberapa lubang di permukaannya. Prisma kaca ditempatkan di bagian atas lemari pengering. Lemari pengering memiliki tiga nampan dengan beberapa lubang di permukaan nampan. Detail konstruksi dan material lemari pengering dapat dilihat pada Gambar 1. Percobaan ini menggunakan beberapa alat ukur seperti termokopel, anemometer, higrometer, pyranometer, dan timbangan produk yang dikeringkan yaitu buah pisang yang akan dijadikan kripik.

B. Alat ukur

Gambar 2 menunjukkan posisi alat ukur. Anemometer digunakan untuk mengukur aliran udara yang masuk ke kotak pengumpul surya. Pada tiga titik di depan bagian inlet dipasang anemometer. Terdapat 4 termokopel untuk mengukur suhu udara dan 4 sensor kelembaban relatif untuk mengukur kelembaban udara. Termokopel terbuat dari termistor NTC dengan kisaran temperatur dari -55°C hingga 200°C . Ini terdiri dari sensor untuk setiap ruangan di lemari pengering. Gambar 2 menunjukkan posisi sensor

temperatur untuk temperatur udara di lemari pengering dan posisi sensor kelembaban relatif. Posisi detail alat ukur pada lemari pengering dapat dilihat pada Gambar 2.

Percobaan dilaksanakan di ruang terbuka halaman Program Studi Sistem Pembangkit Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Percobaan dilakukan pada kondisi sebenarnya mulai dari pukul 07:00 WIB sampai dengan pukul 13:00 WIB di bawah kondisi terik matahari.



Gambar 2. Posisi alat ukur

C. Prosedur percobaan

Uji komisioning dilakukan untuk memastikan data hasil percobaan bersifat valid. Validasi data dilakukan untuk lemari pengering pada pengambilan data pertama. Prosedur percobaan dimulai dengan memastikan semua alat ukur dapat bekerja dengan baik. Lemari pengering ditempatkan di halaman ruang terbuka pada pukul 07:00 WIB. Heater blower dihidupkan lalu dimatikan dan bagian inlet ditutup ketika temperatur udara 48°C . Data percobaan yang siap dikumpulkan berupa temperatur udara, kelembaban relatif udara, dan kadar air benda pengering. Lemari pengering diuji sampai pukul 13:00 WIB dan data dicatat setiap 30 menit. Setelah percobaan selesai, lemari pengering didinginkan sampai semua sensor temperatur menunjukkan 25°C sampai 28°C , sama dengan kondisi awal. Prosedur tersebut diulangi untuk pengumpulan data kedua dan ketiga.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data hasil eksperimen

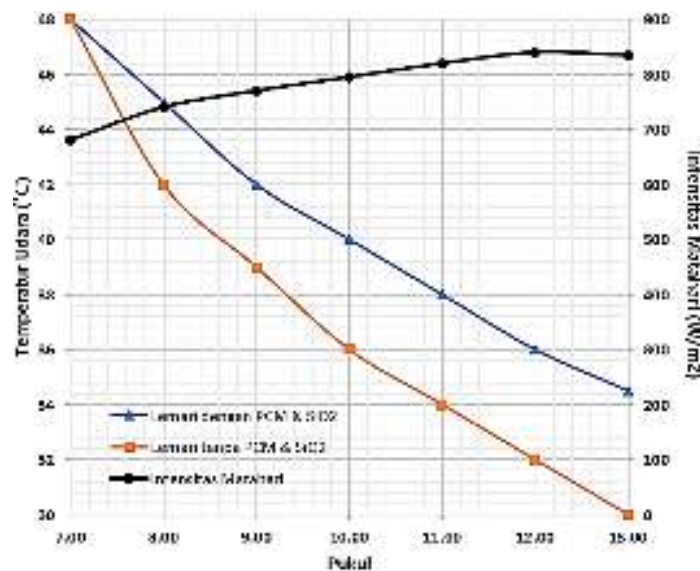
Tabel 1 menunjukkan data temperatur udara di dalam lemari pengering terdiri dari sensor pada bagian bawah, sensor pada bagian tengah, dan sensor pada bagian atas.

Tabel 1 Data hasil eksperimen

Sensor	Lemari tanpa PCM & SiO ₂							Lemari dengan PCM & SiO ₂						
	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00
atas	47.2	40.2	37.8	32.3	33.4	30.7	30.1	47	43	38.4	35.5	32.1	31.3	31.5
tengah	47.8	41.8	38.2	35.7	33.6	31.8	29.9	48	44	40	38	36	33	32
bawah	49	44	41	40	35	33.5	30	49	48	47.6	46.5	45.9	43.7	40

B. Distribusi temperatur udara rata-rata terhadap waktu

Gambar 3 menunjukkan distribusi temperatur udara rata-rata dalam lemari pengering seiring berjalannya waktu. Berdasarkan Gambar 3, distribusi temperatur rata-rata pada lemari pengering dengan PCM & SiO₂ dan tanpa PCM & SiO₂ memiliki nilai yang berbeda.



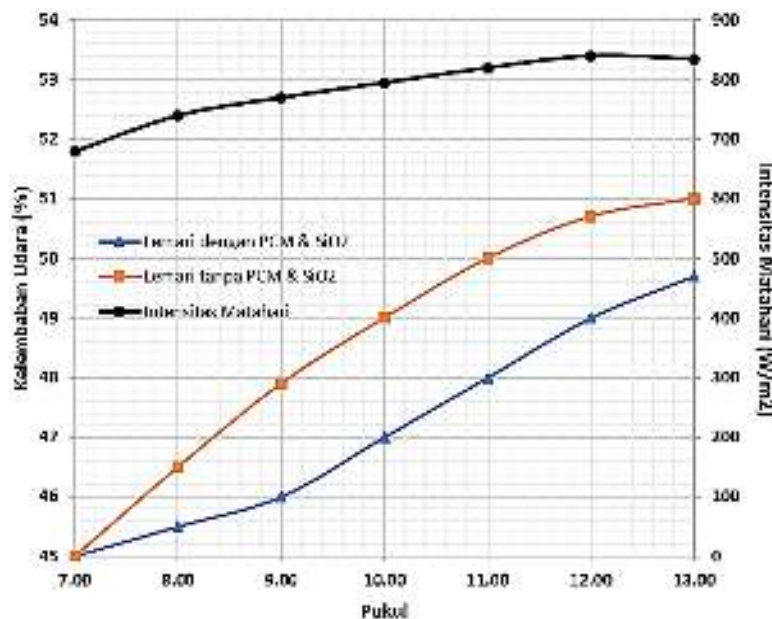
Gambar 3. Distribusi temperatur udara dalam lemari pengering

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa mulai pukul 07:00-12:00 terjadi peningkatan intensitas matahari, kemudian terdapat sedikit penurunan intensitas pada pukul 13:00. Sementara itu, kedua lemari pengering menunjukkan adanya penurunan temperatur udara secara bertahap. Kondisi awal kedua lemari pengering pada pukul 07:00 memiliki temperatur udara yang sama, yaitu sebesar 48°C dan terus mengalami penurunan temperatur udara hingga pukul 13:00. Berdasarkan Gambar 3 terdapat perbedaan

besarnya nilai temperatur udara rata-rata pada kedua lemari pengering. Temperatur udara rata-rata pada lemari pengering dengan PCM & SiO₂ memiliki nilai 4°C lebih tinggi dibandingkan dengan lemari pengering tanpa PCM & SiO₂ terjadi pukul 10:00-13:00. Hal tersebut menunjukkan bahwa lemari pengering dengan PCM & SiO₂ mampu mempertahankan udara panas lebih lama daripada lemari tanpa PCM & SiO₂. Hal tersebut dapat terjadi karena material PCM dapat menyimpan panas yang lebih banyak.

C. Kelembaban relatif udara rata-rata terhadap waktu

Gambar 4 menunjukkan kelembaban udara rata-rata di dalam lemari pengering seiring berjalannya waktu. Berdasarkan Gambar 4, persentase kelembaban udara rata-rata pada lemari pengering dengan PCM & SiO₂ dan tanpa PCM & SiO₂ memiliki nilai yang berbeda.



Gambar 4. Kelembaban udara dalam lemari pengering

Gambar 4 menunjukkan bahwa pada pukul 07.00-13.00 terjadi peningkatan kelembaban udara di dalam lemari. Kelembaban udara pada lemari pengering dengan PCM & SiO₂ dan tanpa PCM & SiO₂ menunjukkan trend yang sama yaitu adanya peningkatan kelembaban udara secara bertahap seiring berjalannya waktu. Pada kondisi awal yaitu pada pukul 07.00 kedua lemari dikondisikan memiliki persentase kelembaban udara rata-rata yang sama yaitu sebesar 45%. Persentase kelembaban udara pada kedua lemari pengering memiliki nilai yang berbeda. Perbedaan kelembaban udara rata-rata terbesar terjadi pada pukul 10:00 hingga 11:00 yaitu sekitar 2%. Sedangkan

apabila dirata-rata material SiO₂ dapat menurunkan kelembaban udara pada lemari pengering sekitar 1.5%.

D. Kadar air di dalam benda pengeringan

Pisang digunakan sebagai benda pengeringan untuk mengetahui kadar airnya. Massa awal dan massa akhir pisang dibandingkan untuk menentukan kadar air. Pisang dipotong-potong hingga berukuran kurang lebih 0,03 g. Setelah itu, pisang diletakkan di atas lemari pengering yang terbuat dari lembaran aluminium untuk melalui proses pengeringan selama 2 jam. Setelah proses pengeringan selesai, pisang kering ditimbang. Massa benda pengeringan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Massa pisang pada Lemari pengeringan

Pukul	tanpa PCM & SiO ₂ (Gram)		dengan PCM & SiO ₂ (Gram)	
	Sebelum	Setelah	Sebelum	Setelah
08:00	0.03	0.03	0.03	0.028
09:00	0.03	0.029	0.03	0.026
10:00	0.03	0.028	0.03	0.025
11:00	0.03	0.027	0.03	0.024
12:00	0.03	0.026	0.03	0.023
13:00	0.03	0.024	0.03	0.021

Tabel 2 menunjukkan perbedaan massa pisang pada lemari pengering tanpa PCM & SiO₂ dan dengan PCM & SiO₂. Massa pisang pada kedua lemari pengering sama sam mengalami penurunan. Namun, massa pisang pada lemari pengering dengan PCM dan SiO₂ bernilai sedikit lebih rendah dibanding lemari pengering tanpa PCM dan SiO₂. Perbedaan dipengaruhi oleh material PCM yang dapat menyimpan lebih banyak panas dan material SiO₂ yang mampu menurunkan kelembaban udara. Banyaknya panas yang tersimpan dan kelembaban udara yang lebih rendah dalam lemari pengering dengan PCM dan SiO₂ membantu mempercepat proses penguapan kandungan air yang berada di dalam pisang, sehingga massa akhir pisang bernilai lebih rendah jika dibandingkan dengan lemari pengering tanpa PCM dan SiO₂. Hal ini membuktikan bahwa penambahan material PCM dan SiO₂ pada lemari pengering membuat proses pengeringan berjalan lebih efektif. Gambar 5 menunjukkan potongan pisang sesudah proses pengeringan dengan menggunakan lemari pengering dengan PCM dan SiO₂. Gambar 5(a) ketika pukul 07:00 memiliki warna lebih terang dibandingkan potongan pisang pada Gambar 5(b) yaitu ketika pukul 13:00 dengan warna lebih kecoklatan. Hal tersebut menunjukkan berkurangnya kadar air di dalam pisang sehingga warna dan massa pisang mengalami perubahan.



(a)



(b)

Gambar 5. Pisang setelah melalui proses pengeringan

SIMPULAN

1. Lemari pengering dengan material PCM dan SiO₂ mengalami penurunan temperatur udara lebih rendah daripada lemari pengering tanpa material PCM dan SiO₂.
2. Kelembaban relatif udara pada lemari pengering dengan material PCM dan SiO₂ memiliki nilai yang lebih tinggi daripada lemari pengering tanpa material PCM dan SiO₂.

DAFTAR PUSTAKA

- Allouche, Y., Varga, S., Bouden, C., & Oliveira, A. C. (2016). *Validation of a CFD model for the simulation of heat transfer in a tubes-in-tank PCM storage unit*. *Renewable Energy*, 89, 371-379.
- Arun, K. R., Srinivas, M., Saleel, C. A., & Jayaraj, S. (2019). *Active drying of unripened bananas (Musa Nendra) in a multi-tray mixed-mode solar cabinet dryer with backup energy storage*. *Solar Energy*.
- Diana, L., Safitra, A. G., Sholihah, F. H., & Azhar, A. T. (2021). *Simulasi Lemari Pengering Tenga Surya Dengan Prisma Kaca Menggunakan Computational Fluid Dynamics*. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 5(1), 1-10.
- Ekka, J. P., Bala, K., Muthukumar, P., & Kanaujiya, D. K. (2020). *Performance analysis of a forced convection mixed mode horizontal solar cabinet dryer for drying of black ginger (Kaempferia parviflora) using two successive air mass flow rates*. *Renewable Energy*.
- Guntor, N. A. A., Siang, A. J. L. M., & Prasetijo, J. (2020). *Performance of Silica Gel as Moisture Removal from Mortar*. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*. Malaysia.
- Jabeen, R., Aijaz, T., & Gul, K. (2015). *Drying kinetics of potato using a self-designed cabinet dryer*. *Food Science & Technology*.
- Shamiq, S. M., Sudhakar, P., & Cheralathan, M. (2018). *Experimental study of a solar dryer with different flow patterns of air in the drying chamber*. IOP Publishing.
- Spall, S., & Sethi, V. P. (2020). *Design, modeling and analysis of efficient multi-rack tray solar cabinet dryer coupled with north wall reflector*. *Solar Energy*.