

## PEMANFAATAN *THERMAL ENERGY STORAGE* NON-MEKANIK SEBAGAI PENGERING SINGKONG

Rizki Muliawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung Barat 40559, Indonesia

Email: <sup>1</sup>rizki.muliawan@polban.ac.id

### Abstrak

*Abstrak--* Mesin pengering merupakan sebuah alat untuk mengeringkan suatu produk. Proses pengeringan dapat digunakan untuk mengawetkan suatu produk karena dapat mengurangi kadar uap air dan mencegah tumbuhnya bakteri. *Solar pond system* digunakan sebagai alat yang membantu menangkap sumber panas dari matahari. Fluida yang berada di dalam bak *solar pond system* merupakan air garam yang salinitasnya divariasikan yaitu 3,5%, 5% dan 7%. *Solar pond system* tersebut terdapat koil yang mensirkulasikan air menuju kabin. Koil terbuat dari pipa tembaga yang memiliki panjang 20,5 meter. Koil ini berfungsi sebagai *heat exchanger* yang bertugas melakukan proses penukaran kalor pada *solar pond system*. Air dalam koil ini disirkulasikan dengan bantuan pompa air. Air disirkulasikan menuju *heat exchanger* tipe *air cooled* yang ada tepat di bawah kabin. Produk yang digunakan pada penelitian ini adalah singkong sebanyak 500 gram. Singkong dikeringkan terkupas dari kulitnya dan diiris sekitar 2 mm. Dari percobaan yang dilakukan didapat konsentrasi air garam terbaik sebesar 7% dengan temperatur bak bagian bawah sebesar 40°C, temperatur kabin mencapai 34,1°C dan berat air yang terdapat pada produk berkurang sebanyak 210 gram.  $COP_{actual\ heating}$  yang didapatkan mesin ini memiliki rata-rata nilai sebesar 1,15 dan  $COP_{carnot\ heating}$  yang didapatkan mesin ini memiliki nilai rata-rata 29,80. Efisiensi yang didapatkan mesin ini memiliki nilai rata-rata 3,77%.

**Kata Kunci:** *Mesin pengering, Air garam, Salinitas, Solar pond system, Singkong*

### Abstract

*A drying machine is a machine that is used to dry some food or product. The process of heating can be used to preserve some products because drying reduces moisture content in the product and bacterial can't live without water. Solar pond system will use for the machine which caught and trap the heat from the sun. The fluid in a pond of solar pond system is saltwater and the salinity will be varied. The variation of saltwater will be 3.5%, 5%, and 7%. In the solar pond system, some coils will circulate the water towards the cabin. The coil is made of copper pipe which has a length of 20.5 meters. This coil serves as a heat exchanger charged with the heat exchange process in the solar pond system. The water in this coil is circulated by a water pump. Water is circulated to the heat exchanger which is just below the cabin. The product used is 500 grams of cassava. Cassava is dried with the skin peeled and sliced about 2 mm thick. From the experiments that have been done obtained the best saltwater concentration is 7% with a tub temperature lower by 40 °C, the cabin temperature reaches 34.1 °C, and the water reduced of product weight by 210 grams. The  $COP_{actual\ heating}$  average obtained by this machine is 1,15 and the  $COP_{carnot\ heating}$  average obtained by this machine is 29,80. The efficiency average that obtained by this machine is 3,77%.*

**Keywords:** *Drying machine, Saltwater, Salinity, Solarpond system, Cassava*

### I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan Teknologi yang ramah energi dan lingkungan saat ini sedang ramai dikembangkan hal ini dikarenakan semakin minim dan terbatasnya energi fosil semacam minyak bumi. Diperkirakan

sebagai contoh minyak bumi dalam 23 tahun ke depan indonesia akan kehabisan jika tidak ditemukan cadangan yang baru (Anonim, 2012). Sejalan dengan hal itu program pemerintah yang termuat dalam PP No.79 tahun 2014 saat ini lebih mengarah pada energi baru terbarukan / *renewable*

*energy* (PP.No 79 tahun 2014). Sebagai contoh penerapan teknologi yang lumrah dipakai adalah dengan menggunakan sistem mekanik seperti sistem kompresi uap di mana menggunakan kompresor untuk sirkulasi penggerak (R Muliawan, 2020).

Namun, tidak sedikit konsumsi energi listrik apabila menggunakan teknologi tersebut. Salah satu alternatif solusi adalah dengan pemanfaatan teknologi non-mekanik dengan pengenalan metode *solar pond* (kolam matahari) memakai teknologi alamiah salinitas air garam karena perbedaan densitas di mana prinsip kerjanya adalah sebagai tempat penyimpanan panas (*thermal storage*) dari energi matahari yang menghasilkan kenaikan suhu air garam (Comprehensive energy system, 2018).

Radiasi dari energi panas matahari dapat bermanfaat salah satunya adalah untuk pengeringan produk pertanian (Iswandi & E Dewata, 2020). Pemanfaatan teknologi non mekanik yang dimaksud yaitu *solar pond* sebagai *Thermal Energy Storage* pada mesin pengering (Manar, 2020) dan Kasaein, 2018). Penggunaan sistem pengeringan untuk keperluan komersil dan industri semakin banyak digunakan, terutama sebagai sarana untuk pengawetan atau pengolahan bahan pangan dengan cara membuang semua kadar air yang terdapat pada bahan pangan tersebut (Sartika, 2012). Hal ini dilakukan agar bahan pangan dapat bertahan lebih lama dan tidak mudah rusak oleh kegiatan mikroba yang berada di dalam bahan pangan tersebut. Untuk contohnya singkong yang mudah membusuk jika dibiarkan berada pada udara bebas.

Sistem pengeringan ini membuat singkong kehilangan semua kadar airnya dan membuat pertumbuhan mikroba terhambat atau bahkan membuat tidak ada pertumbuhan mikroba. Selain untuk mengawetkan makanan, melakukan proses pengeringan merupakan cara untuk mempermudah mengolah produk tersebut menuju tahap selanjutnya.

Sistem *solar pond* ini merupakan sistem yang memiliki prinsip kerja pertukaran kalor. Air di dalam bak akan menangkap energi matahari yang didapatkan secara langsung saat bak didiamkan di bawah sinar matahari. Air garam juga digunakan sebagai simulasi dari air laut yang sering digunakan sebagai media penangkap energi matahari di laut (K Safwan, 2016).

Proses pengeringan produk dapat berlangsung selama sistem ini bekerja. Diharapkan sistem ini dapat membuat proses pengeringan produk ini cepat dan efektif. Produk yang dipilih adalah singkong. Ditinjau dari proses pengeringan secara konvensional, pengeringan singkong ini bisa

memakan waktu hingga satu hari penuh. Singkong ini diiris tipis saat dikeringkan di dalam kabin. Hal ini dilakukan agar mempercepat proses pengeringan yang dilakukan.

Pemanfaatan teknologi *solar pond* non mekanik ini diharapkan dapat menjadi solusi untuk menaikkan nilai ekonomis dari bahan pangan singkong, supaya dapat mempunyai nilai lebih (*added value*). Solusi lain yang ditawarkan adalah dalam hal penghematan energi yang diharapkan dapat terbantu karena efisiensi yang didapat dari teknologi ini.

## II. METODE

Metodologi penelitian ini adalah dengan merancang bangun sistem yaitu membuat prototipe *Solar pond* kemudian menganalisis kinerja dari alat tersebut. Penelitian ini dilakukan di Kampus Politeknik Negeri Bandung (Polban).

### Set-up Experimental

Sistem atau alat yang digunakan dalam proses pengeringan ini membutuhkan alat pendukung yang disebut *solar pond system* yang berfungsi sebagai media penangkap energi panas dari matahari. *Solar pond* ini menggunakan media air garam sebagai penangkap dan media penyimpanan panas.

Setelah panas tertangkap selama *solar pond* diletakkan langsung di bawah sinar matahari maka energi panas tersebut akan dihantarkan langsung ke koil yang terdapat di dasar bak. Di dalam koil tersebut terdapat air yang berfungsi untuk menghantarkan panas dari *solar pond* menuju ke *heat exchanger* yang akan memanaskan kabin yang telah terisi oleh produk. Sirkulasi air di dalam koil ini dibantu oleh pompa air.

Berikut adalah spesifikasi alat yang digunakan:

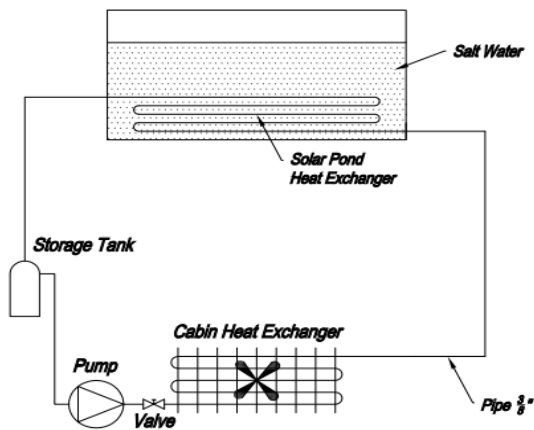
1. Pompa : *Water pump*, 125 Watt
2. Fluida dalam bak : *Salt water*
3. Fluida dalam koil : *Water*
4. *Heat exchanger* dalam kabin : *Air cooled heat exchanger*
5. *Heat exchanger* dalam bak : *Bare tube heat exchanger*
6. *Fan* : *Axial fan*

Tabel 1. Data Perancangan

No.	Data Rancangan	Keterangan
1	Temperatur kabin	40°C
2	Temperatur air garam	60 °C
3	Ukuran kabin	40 x 30 x 30 cm



Gambar 1. Alat pengering menggunakan solar pond system

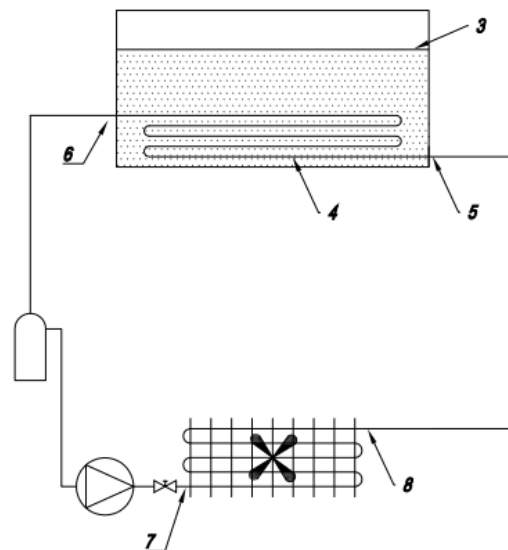


Gambar 2. Diagram pemipaan sistem solar pond

### Menentukan Titik Pengambilan Data

Penentuan titik pengambilan data pada sistem yang digunakan harus diperhatikan dalam proses pengambilan data agar data yang didapatkan sesuai dengan keinginan. Dalam pengambilan data penelitian ini dibutuhkan beberapa titik pengambilan data, diantaranya:

1. Temperatur lingkungan
2. Temperatur kabin
3. Temperatur air bak (bagian atas)
4. Temperatur air bak (bagian bawah)
5. Temperatur air masuk koil solar pond
6. Temperatur air keluar koil solar pond
7. Temperatur air masuk HX kabin
8. Temperatur air keluar HX kabin



Gambar 3. Titik pengambilan data pada sistem

### Prosedur Pengambilan Data

Dalam proses pengambilan data diperlukan prosedur yang tepat agar dalam melakukan pengambilan data tidak terjadi kesalahan-kesalahan yang tidak diinginkan. Dalam pengambilan data untuk penelitian ini dibutuhkan beberapa hal yang harus dilakukan sebelum kita melaksanakan proses pengambilan data, diantaranya:

1. Menentukan parameter pengambilan data
2. Menentukan titik pengambilan data
3. Memilih alat ukur yang digunakan

### Menentukan Parameter Pengambilan Data

Parameter yang digunakan dalam proses pengambilan data ini diantaranya adalah temperatur, berat produk dan intensitas cahaya. Semua parameter tersebut dipilih karena mendukung dalam melakukan beberapa analisa mengenai penelitian ini.

Untuk temperatur lingkungan, intensitas cahaya dan berat produk tidak dilakukan pada alat atau sistem karena kedua parameter tersebut tidak bergantung pada alat atau sistem saat dilakukan pengambilan data.

### Alat Ukur yang Digunakan

Proses pengambilan data yang dilakukan membutuhkan alat bantu berupa beberapa alat ukur yang berfungsi untuk mengetahui data yang diambil. Untuk pengambilan data pada penelitian ini menggunakan beberapa alat ukur, diantaranya:

1. Data logger
2. Alat ukur intensitas cahaya pada LM-8000
3. Timbangan dapur

### Langkah Pengambilan Data

1. Untuk memulai kegiatan pengambilan data pastikan alat dalam keadaan siap digunakan tanpa ada kendala. Pastikan juga air dalam bak belum terkena sinar matahari secara langsung.
2. Siapkan alat ukur yang digunakan dalam proses pengambilan data.
3. Pasang alat ukur pada setiap titik pengambilan data yang telah ditentukan sebelumnya. Pastikan alat ukur terpasang dengan benar pada titik pengambilan data.
4. Sambungkan alat ukur dengan media *display* (laptop) agar data pengukuran dapat dilihat dan dicatat.
5. Sebelum menjemur air dalam bak pastikan konsentrasi garam dalam air bak sebesar 3,5% karena mengacu pada salinitas air laut.
6. Buka penutup bak dan biarkan air dalam bak terkena sinar matahari secara langsung.
7. Biarkan air dalam bak terkena sinar matahari secara langsung selama 120 menit.
8. Ambil data temperatur air bak bagian atas, temperatur air bak bagian bawah, temperatur lingkungan dan intensitas cahaya tiap 15 menit sekali selama 120 menit.
9. Pada menit ke-60 nyalakan pompa sirkulasi air untuk mensirkulasikan air di dalam koil *solar pond*.
10. Selama bak sedang dijemur siapkan singkong sebagai produk yang dikeringkan. Berat singkong yang dikeringkan adalah 500 gram. Singkong dalam keadaan terkupas dari kulitnya dan diiris setebal kurang lebih 2 mm.
11. Setelah bak dijemur selama 120 menit masukan produk ke dalam kabin. Pastikan produk tidak bertumpuk-tumpuk saat dimasukkan ke dalam kabin.
12. Nyalakan *fan* pada *heat exchanger* yang ada pada kabin agar penyebaran panas dalam kabin dapat terbantu.
13. Lakukan pengambilan data untuk semua parameter tiap 5 menit sekali selama 60 menit.
14. Setelah selesai timbang kembali berat produk untuk mengetahui berat produk yang hilang selkama melakukan proses pengeringan.
15. Lakukan langkah yang sama untuk setiap pengambilan data dengan konsentrasi garam 5% dan 7%.
16. Matikan *fan* dan pompa pada sistem setelah selesai melakukan pengambilan data.

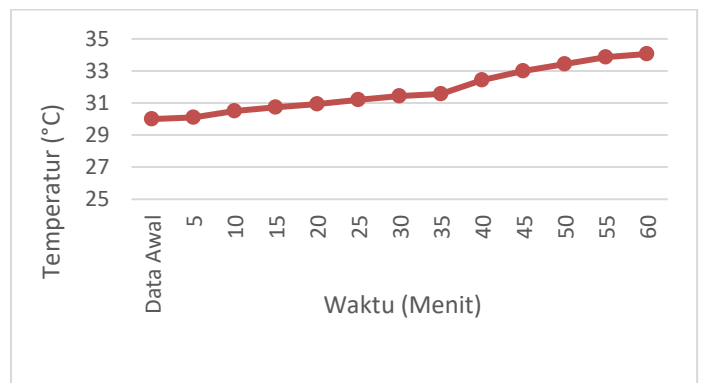
17. Tutup kembali bak agar tidak melakukan kontak langsung dengan matahari atau tidak terkena air hujan.

### Olah Data Pengamatan

Selama proses pengambilan data yang telah dilakukan didapatkan data yang berbeda dari setiap konsentrasi air garam yang berbeda. Setelah dibandingkan dan dipertimbangkan maka data terbaik dan mendekati temperatur rancangan ada pada konsentrasi air garam sebesar 7%.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Temperatur Kabin terhadap Waktu



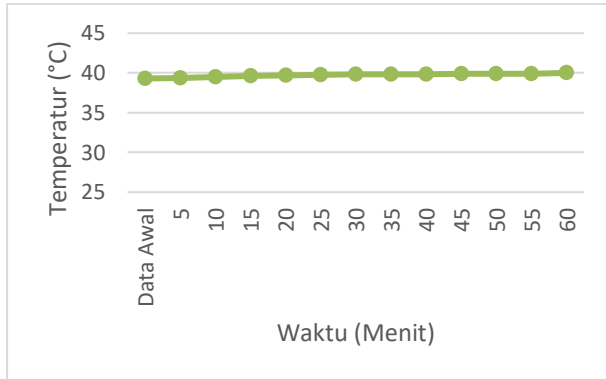
Gambar 4. Grafik temperatur kabin terhadap waktu

Dari grafik gambar 4 di atas dapat dilihat bahwa temperatur kabin selalu meningkat di tiap pengambilan data. Hal ini disebabkan temperatur yang terdapat pada air garam di dasar bak selalu mengalami peningkatan terus menerus. Air dalam koil yang semakin panas juga sangat berpengaruh terhadap temperatur di dalam kabin. Selain itu beban produk yang makin berkurang membuat temperatur dalam kabin terus meningkat tiap waktunya. Hal ini menyebabkan proses pengeringan berjalan lebih baik dan optimal. Semakin baik dan optimal proses pengeringan maka waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan produk semakin singkat.

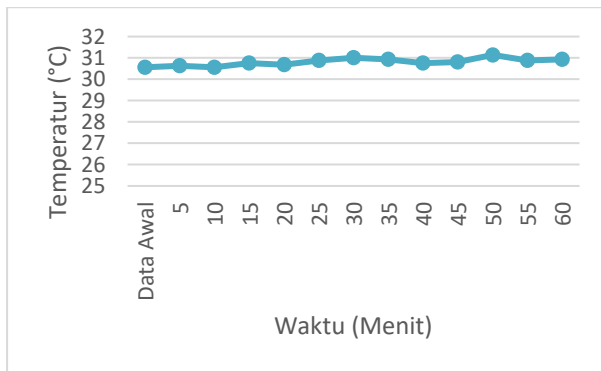
Dari gambar 5 dapat disimpulkan bahwa air garam di dalam bak dapat menyimpan dan menyerap kalor yang diberikan oleh sinar matahari secara langsung. Terbukti air bak pada bagian bawah ini temperaturnya lebih tinggi dari pada temperatur lingkungan. Selain itu untuk setiap pengambilan datanya pun terjadi kenaikan temperatur yang menyebabkan bagian dasar bak

menjadi semakin panas sehingga panas dari dasar bak tersebut dapat disalurkan kepada air yang ada di dalam koil dan pada akhirnya air dalam koil tersebut disirkulasikan menuju kabin yang sebelumnya telah diisi oleh produk. Temperatur rata-rata sekitar 40 °C.

**Analisis Temperatur Air pada Bak terhadap Waktu**



Gambar 5. Grafik temperatur air bagian bawah terhadap waktu



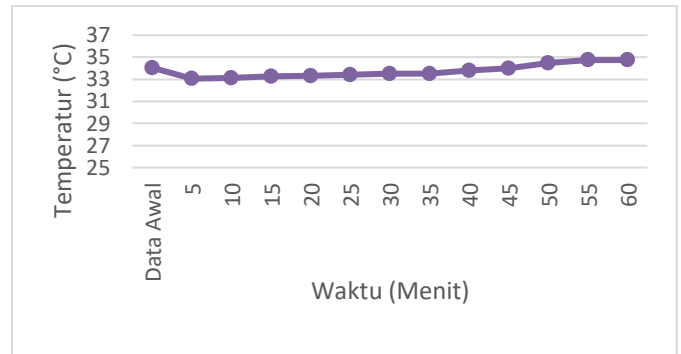
Gambar 6. Grafik temperatur air bak bagian atas terhadap waktu

Terlihat dari grafik gambar 6 yang tertera, temperatur air bak bagian atas dapat dikatakan fluktuatif yang cenderung naik disetiap pengambilan datanya. Hal ini terjadi karena temperatur air bak bagian atas ini bergantung pada temperatur lingkungan yang ada selama proses pengambilan data ini dilakukan. Temperatur yang didapatkan selama pengambilan data berkisar antara 30°C hingga 31,5°C. hal ini dikarenakan suhu lingkungan dipengaruhi oleh cuaca yang cerah, tidak berawan dan tidak mendung.

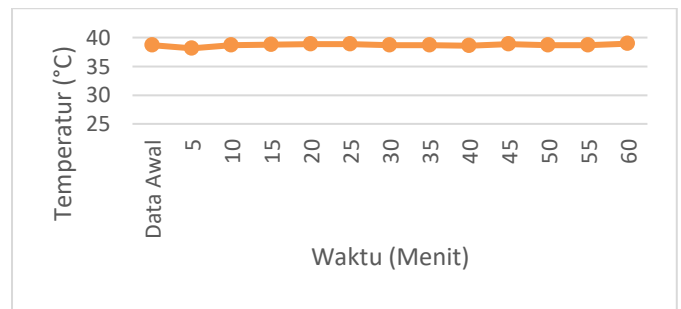
**Analisis Temperatur Air pada Koil Solar Pond**

Dari grafik gambar 7 di bawah dapat dilihat bahwa di awal pengambilan data terdapat penurunan temperatur tapi hal tersebut dipengaruhi oleh posisi kabin yang masih belum stabil setelah

diisi oleh produk. Setelah kabin mulai stabil lama kelamaan temperatur air masuk koil solar pond ini naik berbanding lurus dengan temperatur dari kabin.



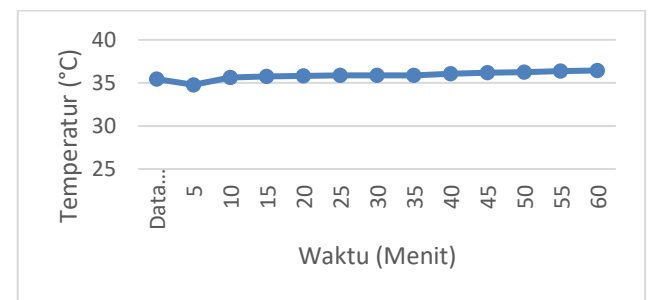
Gambar 7. Grafik temperatur air masuk koil solar pond terhadap waktu



Gambar 8. Grafik temperatur air keluar koil solar pond terhadap waktu

Gambar 8 grafik tersebut menunjukkan bahwa panas yang tercipta di bagian bawah bak mempengaruhi air dalam koil yang keluar dari bak dan menuju ke kabin. Temperatur air bak bagian bawah selaras dan berbanding lurus dengan temperatur air dalam koil yang keluar dari bak

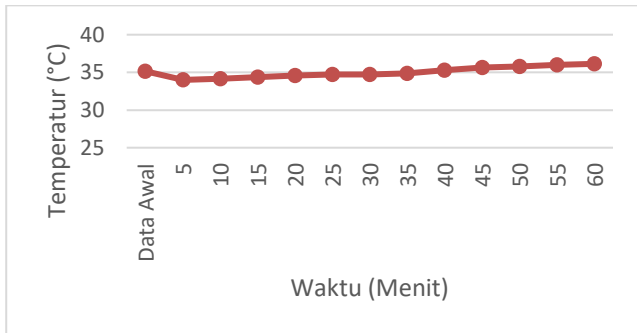
**Analisis Temperatur Air pada Heat Exchanger Kabin**



Gambar 9. Grafik temperatur air masuk HX kabin terhadap waktu

Dari grafik gambar 9 terlihat bahwa temperatur air yang masuk kedalam heat exchanger semakin naik disetiap pengambilan datanya. Meskipun di data awal terlihat penurunan hal itu dikarenakan sistem baru beroperasi dengan beban

produknya. Setelah sistem berjalan beberapa lama terlihat temperaturnya semakin naik pada tiap pengambilan datanya. Hal ini disebabkan oleh air garam pada bak mengalami kenaikan temperatur terus menerus.



Gambar 10. Grafik temperatur air keluar HX kabin terhadap waktu

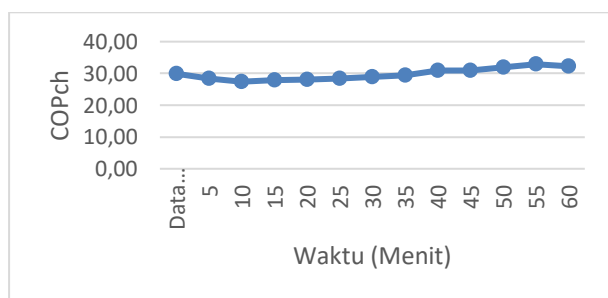
Dari Gambar 10 untuk temperatur air keluar dari heat exchanger pada kabin proses kenaikan temperaturnya sama dengan temperatur air yang masuk menuju heat exchanger di dalam kabin, namun perbedaannya temperatur air keluar heat exchanger ini lebih rendah dari temperatur air yang masuk ke heat exchanger, hal ini dikarenakan kalor yang terdapat pada awal air masuk menuju heat exchanger disalurkan ke kabin sehingga saat air keluar dari heat exchanger maka temperaturnya menurun.

**Analisis Berat Produk**

Selama dilakukan proses pengeringan untuk singkong ini, berat produk yang awalnya 500 gram lama kelamaan berkurang. Pengurangan berat produk ini berbeda untuk setiap percobaan yang dilakukan.

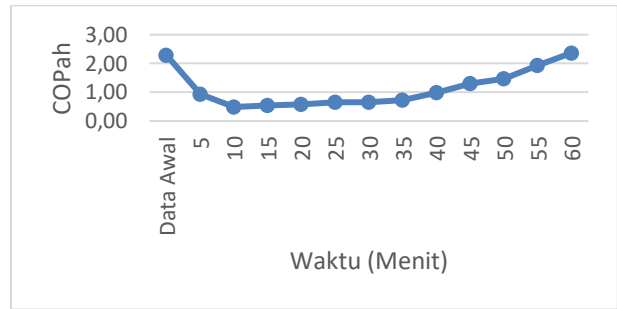
Penurunan berat produk yang terbaik terdapat pada konsentrasi garam sebesar 7% ini. Penurunan berat produk dapat mencapai 210 gram. Hal ini berarti hampir separuh berat total produk berkurang.

**Analisis COPch terhadap Waktu**



Gambar 11. Grafik COPch terhadap waktu Untuk COP<sub>carnot</sub> heating pada sistem mesin pengering ini didapat rata-rata yang didapatkan oleh mesin pengering ini adalah 29,80. Grafik gambar 11 tidak menunjukkan fluktuasi dan naik turunnya garis pada grafik yang telah dibuat.

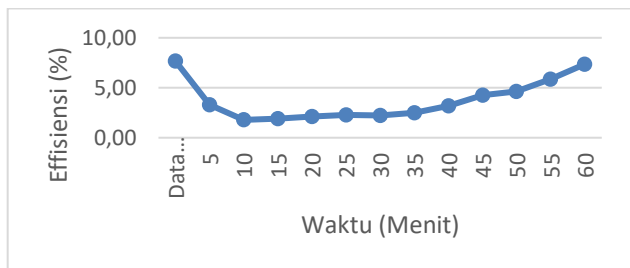
**Analisis COPah terhadap Waktu**



Gambar 12. Grafik COPah terhadap waktu

Pada grafik gambar 12 COP aktual heating terhadap waktu didapat COP aktual heating rata-rata yang didapatkan oleh mesin pengering ini adalah 1,15. Terjadi kenaikan nilai efisiensi terus-menerus pada setiap pengambilan datanya.

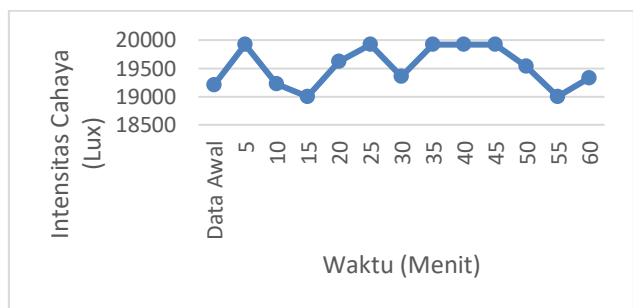
**Analisis Effisiensi terhadap Waktu**



Gambar 13. Grafik efisiensi terhadap waktu

Effisiensi rata-rata yang didapatkan oleh mesin pengering ini adalah 3,77%. Sama seperti data COPah, terjadi kenaikan nilai efisiensi terus-menerus pada setiap pengambilan datanya.

**Analisis Intensitas Cahaya selama Melakukan Percobaan**

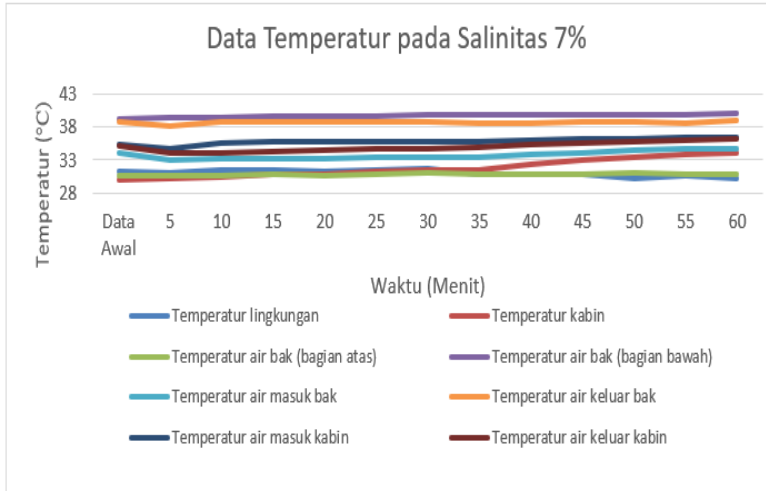


Gambar 14. Grafik intensitas cahaya terhadap waktu

Gambar 14 untuk intensitas cahaya dapat dilihat dari grafik yang tertera hari saat dilakaukan proses pengambilan data sinar matahari cukup bersinar terang dan terik. Terlihat dari instensitas cahaya yang berada pada angka 19.000 lux ke atas, hal ini berarti sinar matahari dapat menjemur bak

secara sempurna. Secara tidak langsung intensitas cahaya ini berpengaruh terhadap kinerja dari sistem *solar pond* ini.

### Analisis Setiap Parameter yang Digunakan Selama Pengambilan Data



Gambar 15. Grafik temperatur pada salinitas 7% terhadap waktu

Terlihat dari grafik gambar 15 yang telah dibuat bahwa temperatur air bak pada bagian bawah merupakan bagian yang paling terpanas pada sistem ini. Dapat disebut bahwa area ini merupakan sumber panas pada sistem ini. Panas dari air bak bagian bawah ini akan mempengaruhi seluruh sistem yang sedang beroperasi pada setiap titiknya. Pertama titik dimana air pada koil keluar dari bak. Temperatur pada titik tersebut tidak mengalami penurunan yang sangat signifikan. Hal ini dikarenakan karena titik ini merupakan titik terdekat dengan air bak bagian bawah tersebut. Lalu dari titik tersebut air dialirkan menuju *heat exchanger* yang ada pada kabin. Terdapat penurunan suhu yang cukup besar dikarenakan jalur yang ditempuh menuju *heat exchanger* pada kabin ini cukup jauh dan mengakibatkan banyak panas yang hilang.

Setelah itu air keluar dari *heat exchanger* dan temperatur yang dihasilkan tidak jauh berbeda namun tetap terjadi penurunan karena panas pada air tersebut digunakan untuk memanaskan kabin yang terisi oleh produk. Lalu air menuju bak kembali untuk dipanaskan di bak tersebut. Temperatur terendah didapat pada titik air masuk bak karena telah banyak panas yang dikeluarkan dan titik ini merupakan titik akhir di mana air telah selesai disirkulasikan di dalam sistem dan akan dipanaskan lagi di dalam bak. Temperatur lingkungan yang ada pada grafik terlihat lebih

rendah daripada temperatur kabin. Oleh karena itu, pengeringan produk di dalam kabin dapat lebih cepat prosesnya. Temperatur air bak bagian atas pun mendekati temperatur lingkungan dan membuktikan terjadi perbedaan temperatur air bagian atas dan temperatur bagian bawah pada air garam dalam *solar pond system*.

## IV. PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji alat yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal berkaitan dengan mesin pengering menggunakan *solar pond system* yaitu:

1. Panjang koil *heat exchanger* untuk proses penghantaran panas dari bak menuju kabin adalah 20,5 meter.
2. Konsentrasi garam yang paling baik digunakan untuk *solar pond system* selama pengujian alat ini adalah sebesar 7%.
3. Selisih temperatur antara bagian atas dan bagian bawah pada bak *solar ponds system* adalah sebesar 9°C sampai 10°C.
4. Berat air pada produk yang berkurang selama proses pengeringan dengan menggunakan konsentrasi air garam sebesar 7% adalah 210gram hampir setengah dari berat produk keseluruhan.
5.  $COP_{actual\ heating}$  yang didapatkan mesin ini memiliki rata-rata nilai sebesar 1,15 dan  $COP_{carnot\ heating}$  yang didapatkan mesin ini memiliki nilai rata-rata 29,80.
6. Efisiensi yang didapatkan mesin ini memiliki nilai rata-rata 3,77%.

### Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dikerjakan, terdapat beberapa saran tindakan untuk lanjutan penelitian, sebagai berikut :

1. Material yang digunakan untuk bak dan koil sebaiknya menggunakan *stainless steel* agar tahan lama dan tidak menyebabkan sistem berkarat.
2. Pengambilan data sebaiknya dilakukan pada musim kemarau.
3. Saat pengambilan data usahakan kondisi bak tidak keruh karena dapat menyebabkan penangkapan panas yang tidak maksimal.
4. Penempatan mesin pengering harus ada pada bidang yang datar atau landai.

### Ucapan Terima Kasih

Alhamdulillah atas berkat rahmat Allah SWT penulis dapat menyelesaikan penulisan ini.

Terimakasih tidak lupa kepada semua pihak yang telah membantu dalam terselesaikannya penelitian ini. Pada P3M Polban, para dosen dan mahasiswa yang telah memberikan kontribusi yang nyata.

Solar pond. Science direct. Comprehensive energy system. 2018.

## V. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2012. Indonesia Harusnya Mampu Menjadi Superpower Panas Bumi (Online). <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/indonesia-harusnya-mampu-menjadi-superpower-panas-bumi> diakses online 23 Februari 2021.
- Duffie, John A. Solar Engineering of Thermal Processes, United States of America, 2013.
- K Safwan. Simulation of Solar Air-Conditioning System with Salinity Gradient solar pond. *energy procedia*. 746-751.(2015).
- K safwan. The effect of ground conditions under a solar pond on the performance of a solar air conditioning system. 777-784.(2016).
- Kasaeian, A., Sharifi, S., Yan, W.M., 2018. Novel achievements in the development of solar ponds: A review. *Sol. Energy* 174 (June), 189–206.
- M Manar. Performance of solar pond integrated with photovoltaic thermal collectors. *Jurnal Energy reports*. 2020
- Pengelolaan Sumber daya alam. (iswandi, Dewata). Sleman, 2020.
- Peraturan Pemerintah tentang energi No.79 Tahun 2014.
- R Muliawan Komparasi penerapan kinerja inverter pada sistem refrigerasi dengan alat ekspansi jenis TXV dan pipa kapiler. 2020.
- R Muliawan, T Sutandi, N Nurrohman. Cooling System Performance Comparison of Refrigerant R-134a and MC-134 on Ice Slush Machine. *FLYWHEEL: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 1-6
- R Muliawan. Effect of Leakage on Refrigerant Distribution in Air Conditioned Room Using Propane as Working Fluid". *Proceeding ICIEVE UPI*, 2020.
- Sartika, dkk. Pengeringan dengan Metode Transfer Panas Sangat Penting dalam Industri Farmasi, Purwokerto, 2012.