

## Pengeringan Kopi Arabica Sistem Terintegrasi Penyimpanan Termal Dengan dan Tanpa Desikkan

Parulian Siagian<sup>1</sup>, Richard A M Napitupulu<sup>1</sup>, Siwan P Peranginangin<sup>1</sup>,  
Hendri V Sihombing<sup>2</sup>, Horas Siagian<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen Medan

<sup>2</sup> Dosen Tetap Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Medan

<sup>3</sup> Mahasiswa Program Pasca Sarjana Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Sumatera Utara  
parulian.nommensen@gmail.com

### Abstract

This study examines and assesses the effectiveness of a continuous and integrated solar dryer with heat storage drying combined with molecular<sup>13</sup> (Na<sup>86</sup> [(AlO<sub>2</sub>)<sub>86</sub> (SiO<sub>2</sub>)<sub>106</sub>] 264H<sub>2</sub>O) as a moisture barrier.

The results show that in the hot sun, the temperature in the drying room tends to differ between 42.10°C-46.60°C and an average of 6.70°C-11.18°C above the ambient temperature, the average humidity is 68.94% with an average air speed of 1.16m/s. Conventional drying takes 5 days with a maximum temperature of 35,42°C at an average wind speed of 0.7m/s. Drying time using desiccant and without using desiccant is 35 hours where the weight is 8,207.kg with desiccant and 8,370.kg without desiccant with a moisture content of 13%, while conventional drying takes 120 hours or 5 days with a maximum temperature of 35,42°C and an average temperature. average 29,70°C. The quality of the aroma of coffee by the teaser team stated that those who used the desiccant tended to have a better aromatic aroma and chocolate, caramel and a strong bitter taste, while without the desiccant there was a slightly weak bitter taste and a defect taste.

**Key Word** : Coffee, Solar Thermal, storage Desiccant, coffee taste

*Diterima : 20, Juni 2022, Revisi 11, Juli 2022, Diterima 19 Agustus 2022*

### 1. PENDAHULUAN

Produksi kopi di Indonesia kurun waktu mulai tahun 2018 hingga tahun 2022 berproduksi sebesar 1,262,590 ton, angka ini meningkat jika dibanding dengan data tahun 2018 sebesar 756.051 ton kopi atau naik sebesar 66.17% [1]. Salah satu upaya peningkatan kualitas biji kopi adalah dengan terlaksananya proses pengeringan yang baik. Indonesia sebagai negara tropis memiliki potensi radiasi yang bagus sekitar 10 -12 jam setiap hari. Kolektor surya sebagai pengumpul panas dan solar kolektor mengubahnya menjadi energi pengering surya [2]. Proses pengeringan yang umum dilakukan atau sebagian besar produk pertanian secara tradisional dikeringkan dengan radiasi matahari untuk pengawetannya yaitu produk biji kopi disebarkan di tanah yang terpapar langsung dengan radiasi matahari [3]. Kinerja radiasi matahari telah diuji untuk mengeringkan pertanian pertanian seperti biji kakao, dan biji kopi. Survei lapangan proses pengeringan kopi di daerah Provinsi Sumatera Utara ditemukan masih lebih dominan secara alami atau tradisional. Secara umum proses perlakuan pengeringan tergantung dari jenis varietas. Varietas Arabika terlebih dahulu dilakukan fermentasi dan dikeringkan hingga kadar air 80% secara alami atau konvensional setelah itu dilanjutkan dengan metode pengeringan buatan rumah kaca hingga menghasilkan kadar air 12-13% dengan alokasi waktu 3 hingga 4 hari. Varietas Robusta dikeringkan langsung dibawah sinar matahari

tanpa fermentase hingga kadar air 12-13% setelah itu baru di kupas dari kulit tanduknya. [4–6].

Sistim pengeringan buatan dengan memanfaatkan energi surya secara konveksi jauh lebih bagus jika dibandingkan dengan pengeringan secara alami, karena lebih cepat kering dan terhindar dari kotoran-kotoran sekitar. Pengeringan langsung dari segi efisiensi biaya termasuk rendah dan pengontrolan suhu dan kualitas pengeringan cenderung buruk. Pengeringan menggunakan energi matahari langsung (*open sun drying*) dianggap memiliki beberapa kelemahan karena sering dijumpai produk rusak akibat hujan, angin, lembab dan debu, kehilangan produk akibat dimakan hewan atau unggas, serangan serangan jamur dan lain-lain. Lebih jauh, proses ini adalah padat karya, membutuhkan waktu lebih lama dan lahan yang luas. [7].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari kinerja pengeringan matahari tidak langsung digabung dengan memakai desikkan molecular sieve 13X ( $\text{Na}_{86} [(\text{AlO}_2)_{86} (\text{SiO}_2)_{106}] \cdot 264\text{H}_2\text{O}$ ) untuk kopi Arabika asal Sidikalang. Tujuan lain adalah untuk menentukan mutu aroma kopi yang dikeringkan memakai desikkan dan tanpa desikkan.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Persiapan Sampel

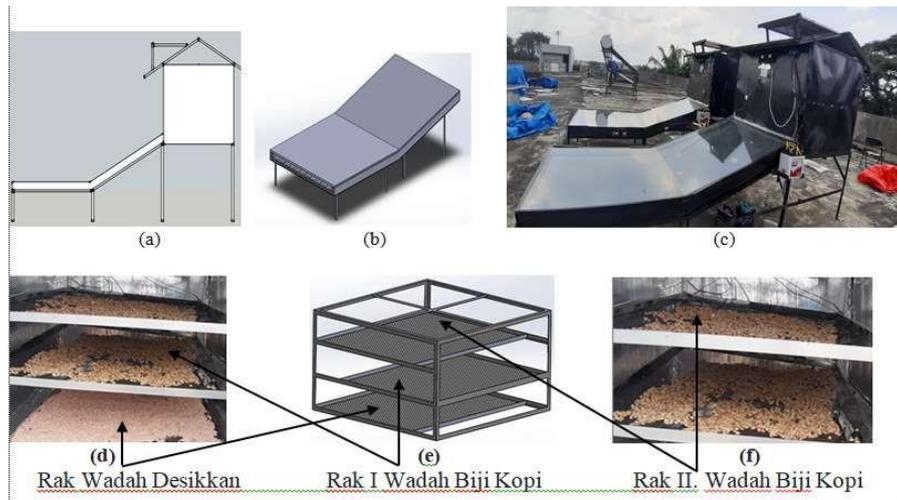
Biji kopi berasal dari daerah Sidikalang Kabupaten Dairi Provinsi Sumatera Utara dengan varietas Arabika. Setelah panen buah segar terlebih dahulu di rendam dalam air selama 6-9 jam baru dikupas kulit buahnya. Pengupasan kulit buah kopi basah (pulping) merupakan salah satu tahapan proses pengolahan kopi untuk memisahkan atau melepaskan komponen kulit buah dari bagian kopi berkulit cangkang [8].

Proses pengeringan dilakukan selama dua hari dimana kotak pengering A tanpa desikkan dan kotak pengering B dengan desikkan. Pengering surya dioperasikan dalam dua sistim pengeringan yaitu pada siang dan malam hari. Kondisi siang hari kopi dikeringkan dengan memanfaatkan udara panas yang bersumber dari kolektor surya.

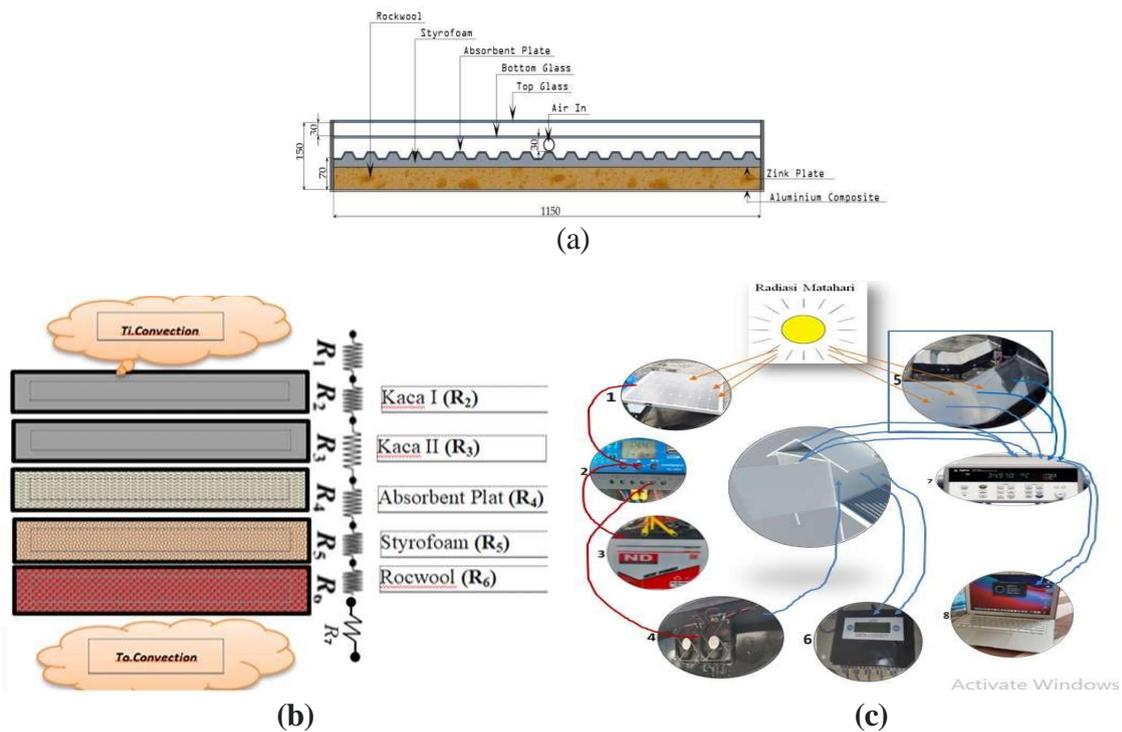
Pengeringan di mulai pada pukul 08.00 Wib pagi hingga pukul 17.00 Wib sore. Sementara dalam kondisi jam tidak ada radiasi atau mulai pukul 18.00 wib hingga pukul 07.00 wib diperlakukan desikkan untuk mengontrol suhu pada biji kopi agar tetap stabil atau mencegah kelembaban yang terjadi pada kopi. Sementara pada kotak pengering bagian A saat jam radiasi matahari tidak ada biji kopi tetap berada dalam kotak pengering hingga besoknya pukul 7.30 Wib. Pada hari kedua pengeringan dilanjutkan mulai pukul 08.00 wib hingga pukul 17.00 wib dimana pada kotak pengering bagian B, desikkan diambil (dikeluarkan dari raknya gambar.1.d).

Selama pengeringan data yang di ambil yaitu massa kopi, radiasi matahari, temperatur sekitar, kecepatan udara masuk rata-rata yang bersumber dari kipas yang digerakkan oleh baterai (arus AC), dimana baterai mendapatkan pasokan energi listrik dari Potovoltaik 100Wp yang diatur oleh SSC (*Solar Charge Control*). Lama waktu pengeringan yaitu 2 hari atau 34 jam. Pengeringan selama dua hari biji kopi memiliki kadar air antar 12%-13% siap konsumsi.

Sebuah skema prototipe dan peralatan pengering surya biji kopi dibuat dan di pakai dalam pengujian seperti pada gambar 1 dibawah ini. Ini terdiri dari komponen utama ruang pengering antara lain : kolektor surya penyimpanan energi panas. Kotak pengering bagian A (tanpa Desikkan) dan bagian B (dengan desikkan). Kotak pengering surya dilapisi aluminium foil pada konstruksi bagian dalam untuk menjaga suhu serta syarat higienitas tetap diperhatikan



**Gambar 1.** (a) Assembling Kotak Penyimpan Energi Panas (b) Kolektor Surya Double Kaca Plat Bersirip, (c) Kotak pengering dan Kolektor surya Dengan Desikkan dan Tanpa Desikkan, (d) Rak Pengering Dengan Desikkan, (e). Rak Desikkan dan Biji Kopi (f). Rak Pengering Tanpa Desikkan



**Ket Gambar:**  
 1. Photovoltaic . 5.Kolektor surya  
 2. Solar Charge, 6. Data Logger  
 3. Baterai 7. Termokopel  
 4. . Kipas 8. Chamber

**Gambar 2.** (a).Kolektor surya,, (b). Mekanisme perpindahan panas dengan analogi tahanan listrik (c) Detail pengering surya dari sistem energi surya.

**2.2. Persiapan Pengeringan Surya dan Pengolahan Biji Kopi.**

Pengujian dilakukan di Laboratorium Energi Baru Terbarukan gedung Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Selama masa pengujian, temperatur ambient dan radiasi matahari diukur dan direkam dengan HOBO (versi 3.7.12). Pengukuran terhadap massa, suhu, kelembaban biji kopi di dalam kotak pengering dan kolektor surya diukur dengan menggunakan sensor DHT22, serta termokopel 3497A untuk mencatat temperatur dan bobot. Biji kopi di letakkan diatas rak atau dalam kotak pengering (A) tanpa desikkan dan kotak pengering (B) dengan desikkan. Bobot masing masing biji kopi dalam setiap rak sebesar 10 kg. Perbandingan Biji kopi dengan desikkan 1:2 artinya 10kg Kopi dan 5kg desikkan dengan jarak 30 cm antara biji kopi dengan desikkan.

Pengeringan mulai dari pukul 08.00 hingga pukul 17.00 sore. Pengeringan dilanjutkan dengan memasukkan desikkan dalam kotak pengering pada rak (B) mulai pukul 18.00 sore hingga pukul 08.00 pagi besoknya, sementara pengeringan pada rak A tanpa desikkan di tutup pakai kertas dan berada dalam kotak pengering mulai pukul 18.00 sore hingga pukul 08.00 pagi besoknya. Pengeringan pada arak A dan B selesai pada hari kedua pukul 17.00 sore dengan kadar air 13-14%, sementara pengeringan konvensional berakhir pada hari ke empat hingga mencapai kadar air 13-14%. Ada perbedaan kecepatan pengeringan buatan dan konvensional, dimana pengering buatan lebih cepat kering dibanding cara konvensional atau alami. Detail pengering surya dalam penelitian ini dirancang sebagai berikut: seperti pada gambar 2.1. dan 2.2 diatas dan spesifikasi kolektor surya seperti pada tabel 1.

**Tabel 1.** Spesifikasi Solar Kolektor dan Chamber

| Parameter               | Spesifikasi/Dimensi  |
|-------------------------|--|
| Tinggi ruang pengering  | 1 m  |
| Lebar ruang pengering   | 1135 mm  |
| Panjang ruang pengering | 1135 mm  |
| Lebar kolektor          | 1135 mm  |
| Panjang kolektor        | 1135 mm  |
| Jumlah kolektor         | 2  |
| Sudut antar kolektor    | 20°  |
| Rak 1, Rak 2 dan Rak 3  | Material Aluminium   |
| Material Kolektor       | Aluminium Komposit, Styrofoam, Kaca, Rockwool, Plat Absorben |

**2.3. Konten Kelembaban**

Persentase kadar air ditentukan dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$M = \frac{M_i - M_d}{M_i} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Dimana,  $M_i$  adalah massa sampel sebelum pengeringan dan  $M_d$  adalah massa sampel setelah pengeringan.

**2.4. Drying Rate**

Laju pengeringan (*drying rate*) sampel selama periode pengeringan ditentukan adalah :

$$M_c = \frac{M_i - M_d}{t} \dots\dots\dots(2)$$

dimana t ,selang waktu pengeringan

**2.5. Moisture Ratio**

Rasio kelembaban (*Moisture ratio*) dihitung dengan menggunakan identitas kadar air (IMC) dan kadar air keseimbangan (EMC)

$$Q_r = F^1 (IA\tau\alpha) - Q_1 \dots\dots\dots(3)$$

dimana, MR adalah rasio kelembaban tak berdimensi, M, Me dan Mo adalah kadar air setiap saat, kadar air keseimbangan dan kadar air awal masing-masing dalam kg.

**2.6. Drying Effectiveness**

Pada dasarnya penyimpanan panas adalah untuk memperpendek waktu pengeringan. Waktu pengeringan adalah total waktu yang dibutuhkan dari mulai hingga memperoleh keseimbangan. Maka, efektivitas pengering surya yang terintegrasi dengan penyimpanan panas dinilai berdasarkan alokasi lama waktu pengeringan serta konsumsi energi spesifik. Konsumsi energi spesifik (SEC) didefinisikan sebagai total energi yang diterima selama pengeringan dibagi dengan jumlah air yang diuapkan dari bahan:

$$SEC = \frac{Q_{net}}{M_{eva}} \dots\dots\dots(4)$$

di mana  $Q_{net}$  [kJ] dan  $M_{eva}$  [kg air] masing-masing adalah total energi yang diterima dan massa air yang diuapkan dari biji kopi. Total Energi yang diterima selama pengeringan didefinisikan sebagai jumlah energi radiasi selama jam matahari dan energi termokimia yang dilepaskan oleh pengering selama jam sinar matahari. Energi yang diterima dalam jam sinar matahari ( $Q_r$ ) dihitung sebagai energi radiasi yang diserap oleh kolektor surya dikurangi panas yang hilang dari kolektor

$$Q_w = U_w A_w (T_p - T_\infty) \dots\dots\dots(5)$$

$$Q_b = U_b A_b (T_p - T_\infty) \dots\dots\dots(6)$$

di mana  $F^1$  adalah faktor efisiensi kolektor yang diasumsikan 0,9 dan  $I, A, \tau, \alpha$  , adalah intensitas matahari [ $W/m^2$ ], luas kolektor surya [ $m^2$ ], transmitansi, dan koefisien penyerapan, masing-masing. Total panas yang hilang dari kolektor ( $Q_1$ ) dihitung dengan persamaan berikut :

$$SEC = \frac{Q_r + Q_d}{M_{eva}} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana  $Q_w$  [W],  $Q_b$  [W], dan  $Q_t$  [W] adalah panas yang hilang dari dinding, bagian bawah, dan bagian atas kolektor surya, masing-masing. Panas yang hilang dari dinding bagian bawah kolektor dihitung persamaan:

$$Q_w = U_w A_w (T_p - T_\infty) \dots\dots\dots(8)$$

$$Q_b = U_b A_b (T_p - T_\infty) \dots \dots \dots (9)$$

Di sini  $U_w$  [W/m<sup>2</sup> K] dan  $U_b$  [W/m<sup>2</sup> K] masing-masing adalah koefisien perpindahan panas keseluruhan dari dinding dan bawah kolektor surya. Panas yang hilang dari puncak kolektor ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_t = U_t + A_t (T_p + T_\infty) \dots \dots \dots (10)$$

dimana  $U_t$  [W/m<sup>2</sup> K] adalah koefisien perpindahan panas keseluruhan dari bagian atas penutup kaca ganda. Energi termokimia yang dilepaskan oleh desikkan ( $Q_d$ ) selama waktu tidak ada panas matahari dan dihitung dengan formula:

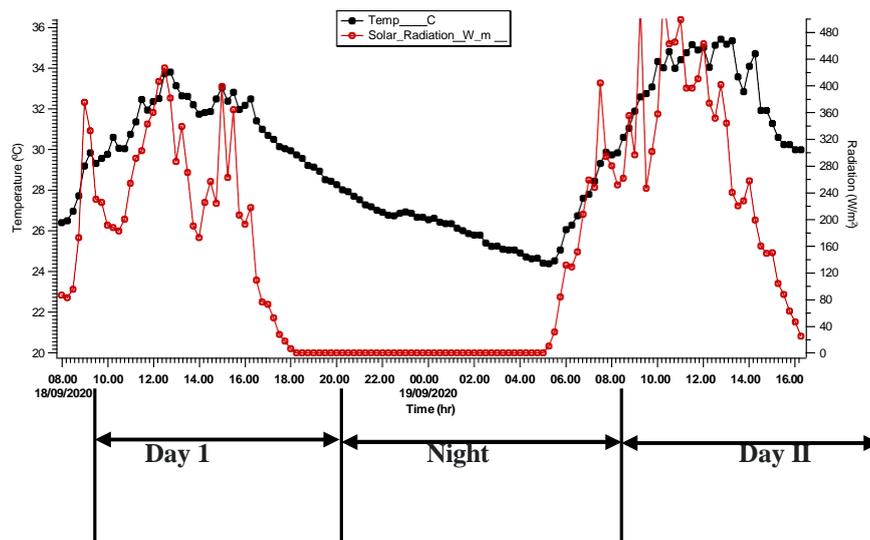
$$Q_d = m_d \Delta H_r \dots \dots \dots (11)$$

di mana  $m_d$  [kg] adalah desikan massa lunak dan  $H_r$  [kJ/kg] adalah selisih entalpi desikan sebelum dan sesudah pengeringan di bawah sinar matahari. Menggunakan Persamaan. (5) dan (11), konsumsi energi spesifik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

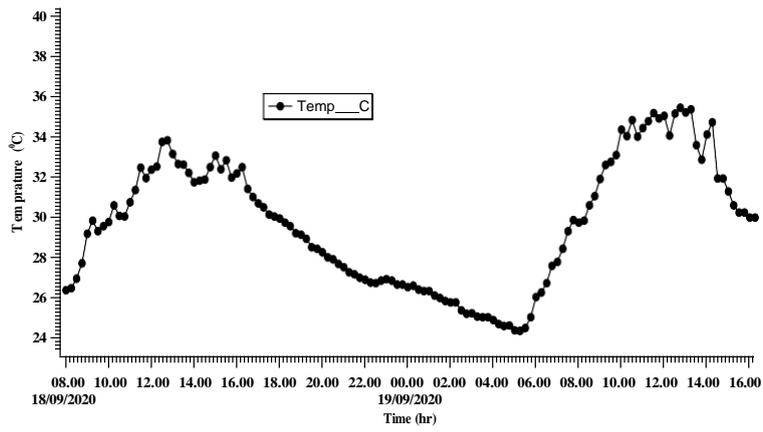
$$SEC = \frac{Q_r + Q_d}{M_{eva}} \dots \dots \dots (12)$$

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

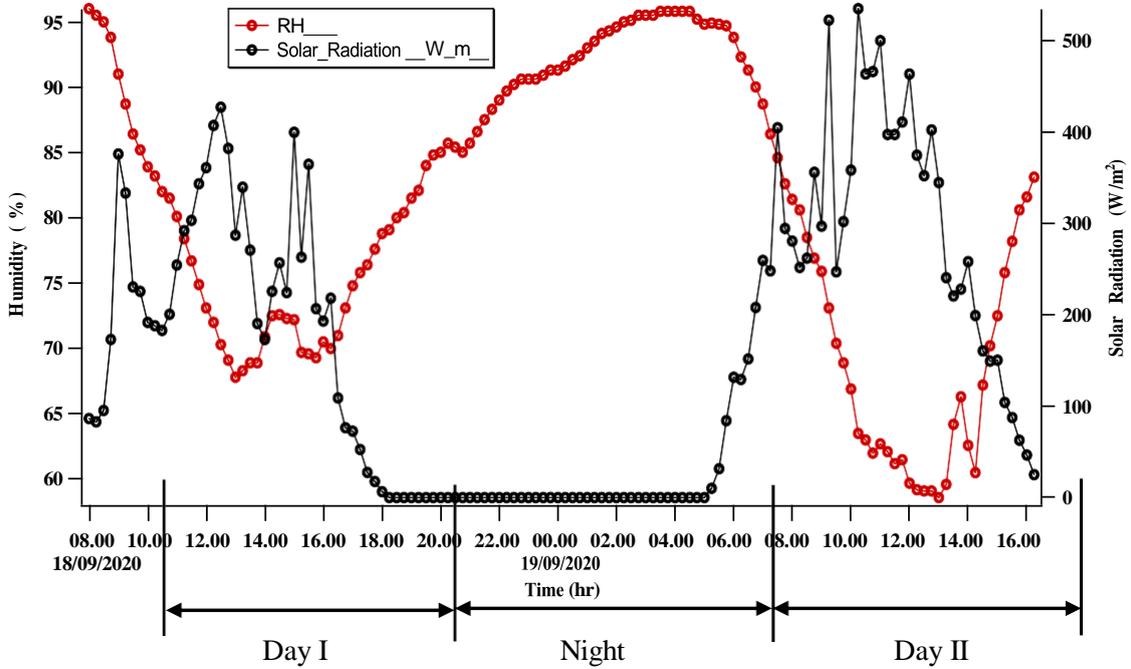
Pengujian dilakukan pada bulan Agustus hingga September 2019 di Laboratorium Energi Baru Terbarukan Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara Medan. Pengujian dikelompokkan menjadi beberapa kelompok yaitu pengeringan surya kontinu terintegrasi dengan adsorben molekul sieve, selanjutnya kelompok pengeringan surya berkelanjutan terintegrasi, dan kelompok ketiga adalah pengeringan langsung atau konvensional. Waktu pengeringan dimulai dari jam 08.00 pagi dan selesai pukul 17.00 sore dilanjutkan pada malam hari pukul 18.50Wib dan berakhir pukul 08.00Wib pagi besoknya. Proses pengeringan akan selesai jika keseimbangan tercapai dengan kadar air 12-13%. Hasil untuk setiap grup disajikan seperti di bawah ini.



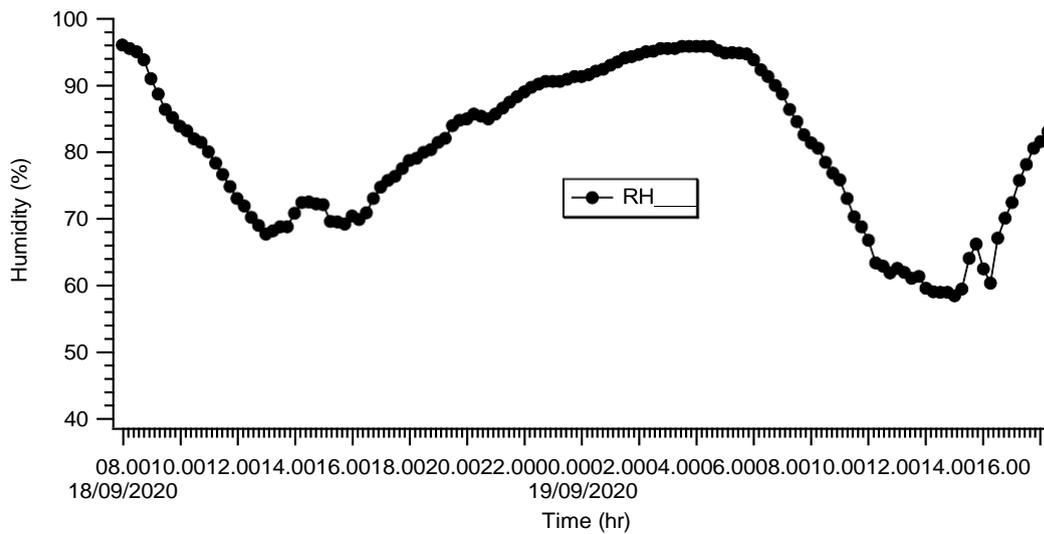
**Gambar 1.** Temperatur Ambient (°C) dan Solar Radiasi (w/m<sup>2</sup>)



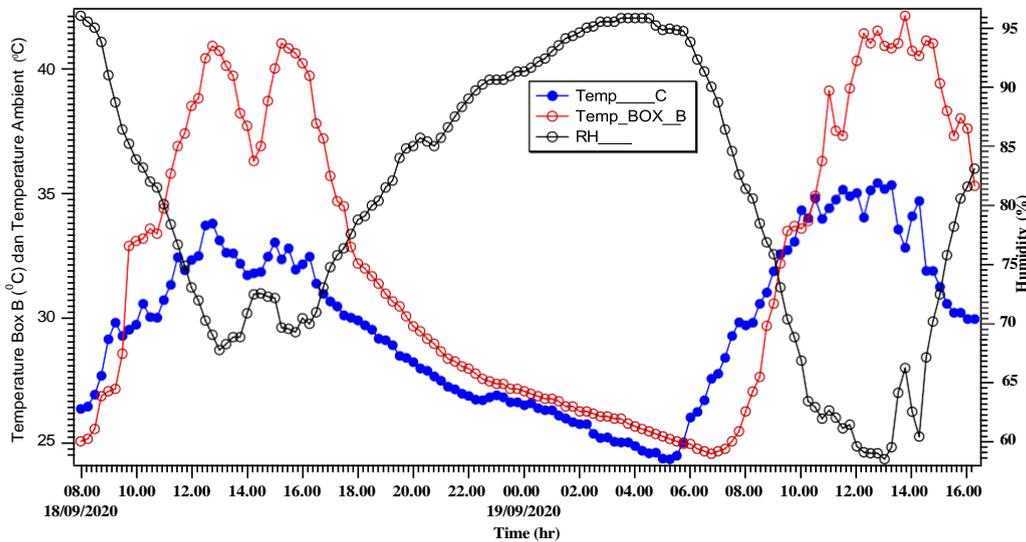
**Gambar 2.** Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) dan Waktu Pengeringan (h)



**Gambar 3.** Kelembapan (%) dan Radiasi Matahari ( $\text{W}/\text{m}^2$ )



**Gambar 4.** Kelembapan (%) dan Waktu (h)



**Gambar 5.** Temperature Box, Temperature Ambient dan Humidity (%) dan Waktu (h)

**3.1. Kinerja Pengeringan Tenaga Surya Digabung Dengan Desikkan**

Dari hasil percobaan seperti pada Gambar. 1 menunjukkan bahwa suhu di dalam kotak pengering surya di pukul 8:00Wib pagi terus meningkat dari 26,90°C hingga 42,10°C pada pukul 13:00Wib dan mengalami penurunan menjadi 32,87°C. Sementara pada jam tidak ada radiasi yaitu mulai pukul 17.30Wib hingga pukul 08.00 Wib paginya temperatur paling rendah adalah 24,6°C dengan temperatur rata rata 27,23°C, kelembapan relative mulai 58,6% hingga 96,0% seperti gambar 4.

Seiring semakin tingginya radiasi matahari maka suhu di dalam pengering juga ikut meningkat. Suhu maksimum di dalam kotak pengering selama waktu pengeringan ada di sekitar 46,60°C dengan radiasi maksimum 534,4W/m<sup>2</sup>. Suhu di dalam kotak pengering surya 42,10°C pakai desikkan dan 46,6°C tanpa desikkan pada kecepatan angin rata rata 0,94m/s lebih tinggi dari suhu udara sekitar pada kondisi siang hari 35,42°C

seperti pada gambar 2, hal ini menunjukkan ekspektasi untuk tingkat kelembaban yang lebih tinggi penghapusan di pengering surya dari pada konveksi alami.

Pada malam hari pukul 18.00wib hingga 08.00wib pagi besoknya, kelembaban di dalam kotak pengering dengan desikan molekul sieve lebih rendah, dan suhu lebih tinggi dari kotak pengering surya tanpa tambahan desikan. Kelembaban relatif rendah dapat meningkatkan proses pengeringan cepat karena memiliki lebih banyak kapasitas kering dibandingkan dengan kelembaban yang lebih tinggi.

#### 4. KESIMPULAN

Sebagai penyimpan kelembaban saat proses pengeringan pasif digunakan molekuler 13 ( $\text{Na}_{86} [(\text{AlO}_2)_{86} (\text{SiO}_2)_{106}] 264\text{H}_2\text{O}$ ) sebagai penahan kelembapan.

Panas matahari maksimum dalam kotak pengering maksimum  $46,60^\circ\text{C}$  dengan rata rata  $6,70^\circ\text{C}$  - $11,18^\circ\text{C}$  diatas tempratur sekitar. Proses pengeringan konvensional lebih lama dalam mencapai kadar air 12 hingga 13% pada temperatur  $35,42^\circ\text{C}$  dengan kecepatan angin  $0,7\text{m/s}$ . Dengan menggunakan desikkan dibutuhkan waktu 35 jam serta secara konvensional membutuhkan waktu 120 jam atau 5 hari dengan suhu maksimum  $35,42^\circ\text{C}$  dan suhu rata rata  $29,70^\circ\text{C}$ . Kandungan dan aroma kopi yang memakai desikkan cenderung aroma aromatic better dan coklat, caramel serta rasa pahit yang kuat, sementara tanpa desikkan ada rasa pahit agak lemah dan rasa defect.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Directorate General of Estate,. Coffee Production by Province in Indonesia, 2018-2022
- [2] H. Ambarita, "Development of software for estimating clear sky solar radiation in Indonesia," *Journal of Physics: Confer- ence Series*, vol. 801, article 012093, 2017.
- [3]. Belessiotis V, Delyannis E. *Solar drying. Solar Energy*, 2011, 85 (8): 1665–1691
- [4] S. F. Dina, H. Ambarita, F. H. Napitupulu, and H. Kawai, "Study on effectiveness of continuous solar dryer integrated with desiccant thermal storage for drying cocoa beans," *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 5, pp. 32–40, 2015.
- [5] P. Siagian, E. Y. Setyawan, T. Gultom, F. H. Napitupulu, and H. Ambarita, "A field survey on coffee beans drying methods of Indonesian small holder farmers," *Materials Science and Engineering*, vol. 237, article 012037, 2017
- [6] M. Yahya, R. Hasibuan, R. Sundari, and K. Sopian, "Experi- mental investigation of the performance of a solar dryer inte- grated with solid dessicant coloums using water based solar collector for medicinal herb," *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, vol. 12, no. 2, pp. 1024–1033, 2021
- [7] Ahmed Abed Gatea. *Performance evaluation of a mixed mode solar dryer for evaporating moisture in beans*. *J Agric Biotechnol Sustain Dev* 2011;3(4):65– 71
- [8]. Widiotomo, Sukrisno,.2010. *Evaluasi Kinerja Mesin Pengupas Kulit Buah Kopi Basah Tipe Silinder Horisontal*. *Jurnal Enjiniring Pertanian Kementerian Pertanian Republik Indonesia*