



## Analisis Thermal Terhadap Putaran Fan (Rpm) Pada Mesin Pengering Kakao Kapasitas 2 Kg Menggunakan Panel Surya

Ferby Dial Sugianto Sinaga<sup>1</sup>, Jhon Sufriadi Purba<sup>2\*</sup>, Winfrontstein Naibaho<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Pengelolaan Sumberdaya Perairan, Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar  
ferbysugiantosinaga@gmail.com<sup>1</sup> jhonsufriadi@gmail.com<sup>2</sup> winnaibaho@gmail.com<sup>3</sup>

### Abstract

Cocoa (*Theobroma cacao L*) is a plant originating from South America. Indonesia has two types of cocoa grown, namely noble cocoa (edel) and bulk cocoa, for better quality cocoa is bulk cocoa. The part of cocoa that is used is the seeds that have been dried and then processed into cocoa powder. Cocoa beans that have been harvested are fermented so that they can be sold by cocoa through testing can be seen using tables and graphs in the development of the test every hour. The heat transfer in this test is conduction and convection. The results of the first test using a variation of 6 heater elements obtained data from 2000gram wet cocoa to 1100gram dry cocoa. This test got the highest temperature of 39.50C for 11 hours. The second test of variations with 6 heater elements and an additional fan got the highest temperature of 41.50C for 10 hours with cocoa after testing 1150gram. The second test found cocoa with the best level of AA because there were 84 dry beans in 100gram, the color was dry brown and the drying time was faster than the traditional method, such as farmers usually requiring 5 to 7 days of drying.

Keywords : cocoa, temperature, sun, drying heat transfer

### Abstrak

Kakao (*Theobroma cacao L*) merupakan tumbuhan yang berasal dari Amerika Selatan. Indonesia memiliki dua jenis kakao yang tumbuh yaitu jenis kakao mulia (edel) dan kakao bulk, untuk kualitas kakao yang lebih baik adalah kakao bulk. Bagian kakao yang dimanfaatkan adalah bijinya yang telah dikeringkan lalu diolah menjadi coklat bubuk. Biji kakao yang telah dipanen difermentasi lalu dikeringkan agar dapat dijual oleh petani kakao. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah menemukan alat pengering yang efisien dan lebih efektif dalam proses pengeringan dan juga hasil yang lebih baik. Metode yang dilakukan dalam proses pengeringan ini adalah menggunakan elemen pemanas atau *heater* dan juga variasi menggunakan fan. Data yang didapatkan melalui pengujian disajikan dalam tabel dan grafik dalam perkembangan pengujian setiap jamnya. Perpindahan panas pada pengujian ini adalah konduksi dan konveksi. Hasil pengujian pertama dengan menggunakan variasi 6 buah elemen heater didapatkan data kakao basah 2000gram menjadi kakao kering 1100gram. Pengujian ini mendapatkan suhu tertinggi 39,5<sup>0</sup>C selama 11 jam. Pengujian kedua variasi dengan 6 buah elemen heater dan tambahan fan mendapatkan suhu tertinggi 41,5<sup>0</sup>C selama 10 jam dengan kakao setelah pengujian 1150gram. Pengujian kedua mendapatkan kakao dengan tingkat paling baik AA karena ada 84 biji kering dalam 100gram nya, warna yang coklat kering dan waktu pengeringan lebih cepat dibandingkan cara tradisional seperti petani biasanya yang memerlukan pengeringan 5 sampai 7 hari.

Kata Kunci: kakao, suhu, matahari, pengeringan perpindahan panas.

### 1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara dengan kakao komoditas kebun yang besar dan tersebar hampir di setiap daerah. Tanaman kakao merupakan tanaman yang berasal dari Amerika Selatan tetapi sekarang tumbuhan ini dapat

tumbuh banyak dan subur di negara lain, seperti juga Indonesia. Perkembangan komoditas kakao ini memberikan hal baik bagi petani sebab memberikan peluang baru sebagai pendapatan dan juga lapangan pekerjaan. Luas areal tanaman kakao di Indonesia pada 2022 1.476.776 Ha. Sumatera Utara merupakan

salah satu daerah yang mempunyai luas areal yang lumayan dengan 53.583 Ha [1].

Pohon kakao memiliki tinggi yang beragam sesuai dengan usia, akan tetapi tinggi kakao sengaja dijaga agar tidak lebih dari 5 meter. Peremajaan tanaman untuk memperbanyak dahan dengan harapan mampu meningkatkan produktivitas buah kakao. Rendahnya mutu biji kakao disebabkan oleh pengolahan yang kurang baik, terutama saat proses pengeringan. Pengeringan konvensional tergantung kepada cuaca pada saat menjemur, terik matahari awan hingga hujan.

Saat ini ada dua acara untuk mengeringkan kakao sebelum petani menjualnya kepada pengepul ataupun gudang. Pertama adalah pengeringan dengan cara lama yang bergantung kepada sinar matahari dan juga cuaca. Pengeringan dengan cara ini terasa kurang efektif dari segi waktu yang cukup lama dan bergantung cuaca. Kedua, biji dikeringkan dengan alat pengering kakao dengan penggunaan panas tanpa dijemur di bawah sinar matahari.[2]

Dalam hal ini, mengeringkan kakao dengan menggunakan alat pengering dibutuhkan analisis dan perancangan alat pengering yang tepat. Alat pengering dengan perhitungan panas dan juga model yang sesuai agar pengeringan dapat berjalan dengan optimal dengan kualitas baik. Analisis *thermal* dalam berbagai model desain sangat berpengaruh, kalor sangat berpengaruh pada saat pengeringan. Pengeringan dan menghilangkan lendir adalah tujuan dari alat ini.

Kakao merupakan tumbuhan tahunan (*perennial*) berbentuk pohon, dan dapat tumbuh lebih dari 5 meter. Pada usia tiga tahun, tanaman kakao akan mencapai tinggi 1,8-3 meter dan pada usia 12 tahun dapat mencapai tinggi 4,5 sampai 7 meter. Namun tinggi tanaman kakaopun dipengaruhi oleh intensitas naungan serta faktor-faktor tumbuh yang tersedia. Tanaman ini dapat berproduksi pada umur 18 bulan (1,5 tahun) [3]

Kakao (*Theobroma cacao L.*) merupakan salah satu komoditas pertanian yang dapat diandalkan dalam mewujudkan program pembangunan pertanian, khususnya dalam hal penyediaan tenaga kerja, pendorong pengembangan wilayah, peningkatan kesejahteraan petani dan peningkatan pendapatan. Kakao juga adalah salah satu dari berbagai komoditas tanaman ekspor yang bisa memberikan kontribusi dalam meningkatkan penghasilan devisa negara. Buah kakao seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Buah Kakao [4]

### 1.1 Mutu Biji Kakao

Untuk menghasilkan bubuk coklat yang baik tentu harus berasal dari biji kakao yang baik pula. Pada tabel 1 ditunjukkan Standar Nasional Indonesia Biji Kakao yang mengatur mutu biji kakao (SNI 01-2323-2013). [5]

Tabel 1. Syarat Mutu Biji Kakao Menurut Jumlah Biji

Ukuran	Jumlah biji / 100 gram
AA	Maks. 85
A	Maks. 100
B	Maks. 110
C	Maks. 120
S	>120

#### Keterangan:

- AA : Jumlah biji per 100gram maksimum 85
- A : Jumlah biji per 100gram maksimum 100
- B : Jumlah biji per 100gram maksimum 110
- C : Jumlah biji per 100gram maksimum 120
- S : Substandar jumlah biji per 100gram maksimum > 120

### 1.2 Jenis Pengeringan

Terjadinya pengeringan karena perbedaan kandungan udara dan air dari bahan atau zat yang akan dikeringkan. Secara mekanis pengeringan dilakukan dengan dua metode:

#### 1. *Continuous Drying*

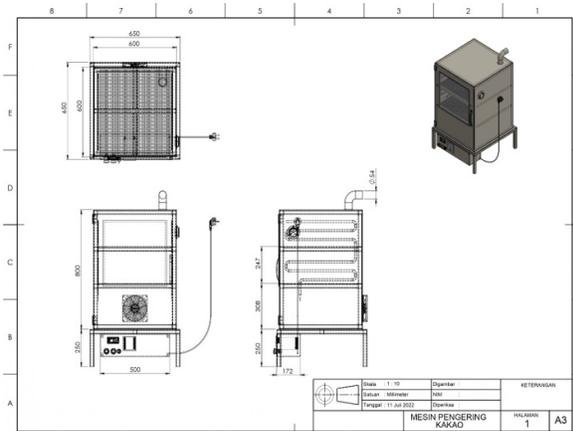
Pengeringan bahan yang dimana pemasukan dan pengeluaran bahan dilakukan terus menerus tanpa mematikan mesin pengering.

#### 2. *Batch Drying*

Proses pengeringan yang mematikan alat pengering saat bahan atau zat akan dikeluarkan atau dimasukkan ke dalam alat, lalu alat dihidupkan untuk proses berkelanjutan [6].

## 2. Metode Penelitian

Adapun tahapan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah perakitan alat pengering kakao, pengumpulan data pendukung, lalu melakukan percobaan percobaan dalam pengukuran suhu dalam proses pengeringan. Pengeringan dilakukan selama 10 jam dan 11 jam, pengukuran suhu dilakukan per jam [7]. Adapun gambar design penelitian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Design Penelitian [8]

### 2.1 Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah dan tahapan yang dilakukan dalam proses penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tahapan Pengujian

### 2.2 Jenis Perpindahan Panas (Thermal)

#### Perpindahan Kalor Konduksi

Jika suatu benda terdapat gradien suhu (*temperature gradient*), maka menurut pengalaman akan terjadi perpindahan energi dari bagian bersuhu tinggi ke bagian bersuhu rendah. Keadaan berpindah secara konduksi jika laju perpindahan kalor itu berbanding dengan gradien suhu normal [9]. Laju perpindahan secara konduksi dapat dituliskan dalam persamaan 1.

$$q = k_T \cdot A \cdot \frac{T_2 - T_1}{L} \quad (1)$$

Keterangan:

q = kalor (J/s)

$k_T$  = Konduktivitas termal (W/m)

A = Luas Penampang ( $^{\circ}C$ )

L = tebal bahan (m)

#### Perpindahan Kalor Konveksi

Perpindahan kalor secara konveksi merupakan perpindahan antara permukaan solid dan berdekatan dengan fluida yang bergerak atau mengalir. Perpindahan panas konveksi terjadi karena adanya aliran / pencampuran dari bagian panas ke bagian dingin. Untuk rumus laju perpindahan panas konveksi dapat dinyatakan pada persamaan 2 [10].

$$q = hA \cdot \Delta T \quad (2)$$

Keterangan:

q = kalor (j/s)

h = koefisien konveksi ( $j/sm^2^{\circ}C$ )

A = Luas penampang ( $m^2$ )

$\Delta T$  = perubahan suhu ( $^{\circ}C$ )

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Pengeringan Kakao dengan 6 Heater

Pada pengujian ini menggunakan 6 heater 271 watt pada enam titik di setiap sisi rak terbagi 3 elemen, dengan berat biji kakao basah adalah 2 kg dapat dilihat pada Tabel 2. Pengujian suhu memakai 5 buah thermostat diletakkan pada 5 titik di atas permukaan rak pengering. Pengeringan dilakukan setelah biji kakao dicuci dan fermentasi terlebih dahulu, pengeringan menggunakan energi baterai yang dihasilkan melalui panel surya.

Tabel 2. Pengujian dengan 6 Heater

No	WAKTU	SUHU				
		T1	T2	T3	T4	T5
1	09.30	29.6	29.5	28.2	28.7	29.2
2	10.30	31.4	31.2	30.1	30.4	30.1
3	11.30	32.6	32.3	31.5	31.3	32.3
4	12.30	34.3	34.5	34.2	34.0	34.5
5	13.30	29.8	29.6	29.3	29.8	29.4
6	14.30	30.0	30.4	30.7	30.1	30.5
7	15.30	31.3	31.5	31.2	30.2	31.0
8	16.30	32.4	32.7	32.5	32.4	33.3
9	17.30	34.8	34.3	34.6	34.8	35.1
10	18.30	36.6	36	35.9	35.6	37
11	19.30	38,6	38,5	37,8	38,2	39,5

jam yang mendapatkan suhu yang paling tinggi pada suhu 39.5 °C.

### 3.2 Pengerinan Kakao dengan 6 Heater Menggunakan Fan

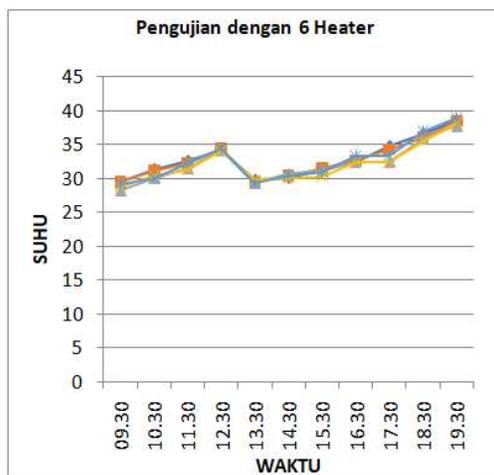
Pada pengujian ini menggunakan 6 heater dengan 3 buah elemen di setiap sisi nya seperti pengujian sebelumnya. Pengujian kali ini ditambahkan menggunakan fan (kipas) pada bagian belakang dari oven pengering dengan kecepatan 1950 rpm. Pengambilan data suhu dari pengeringan menggunakan 5 thermostat dan diletakkan pada 5 titik di atas rak pengering. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian dengan 6 Heater Menggunakan Fan

NO	WAKTU	SUHU				
		T1	T2	T3	T4	T5
1	11.00	31.3	31	31.8	31.1	31
2	12.00	32.1	33.1	33	33.5	35
3	13.00	35	36	37	35.6	35.8
4	14.00	35.9	37.6	39.9	35.9	38.3
5	15.00	36.4	37.3	39	37	37.6
6	16.00	36.1	37	38	36.8	37.3
7	17.00	37	37.6	38.1	37.2	37.8
8	18.00	37.3	38	38.4	37.5	38.1
9	19.00	38	38.5	39	38.4	38.8
10	20.00	38.1	39.3	41.5	38.7	39.7

Tahapan pengujian yang dihasilkan:

1. Pada tahapan ini suhu thermostat yang paling rendah pada T3 pada suhu 28,2 °C kemudian terdapat suhu yang paling tinggi pada thermostat T5 yang mendapatkan suhu 39,5 °C
2. Suhu pada pengeringan di tahap ini dapat dilihat pada tabel 2 yang tertera dari T1, T2, T3, T4, T5. Pada saat pengujian dapat diukur menggunakan thermostat yang diletakkan di 5 titik, naik turun nya suhu dapat dilihat melalui alat ini. Pengeringan dilakukan selama 11 jam dengan suhu paling tinggi yang didapat adalah 39.5°C.
3. Pada pengujian 1-5 ada di fase 1 yang menggunakan panel surya hingga sore hari, lalu pada fase 6 hingga seterusnya merupakan fase 2 yang menggunakan batterai sehingga terjadi penurunan suhu karena pemanasan heater di mulai dari awal.



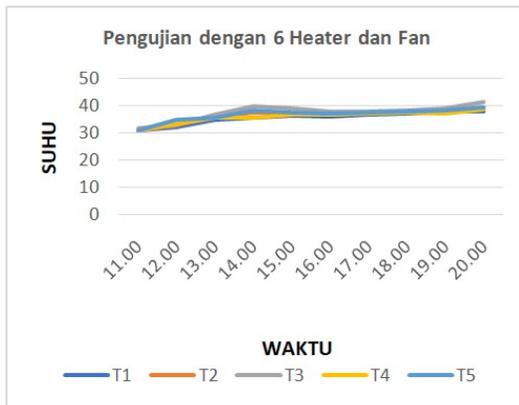
Gambar 4. Diagram Pengujian 6 Heater

Pada Gambar 4 memperlihatkan pengujian menggunakan 6 heater yang terletak di sisi kanan dan kiri dari rak pengering, pengujian di mulai pada pukul 09.30 pada suhu yang paling rendah 28,2 °C hingga dilakukan pengujian pada pukul 19.30 selama 11 jam untuk menghitung kenaikan suhu dalam setiap satu

Tahapan Pengujian dengan 6 Heater dan Fan

1. Suhu pengering pada tahap ini dapat dilihat dari tabel 3 yang tersusun pada T1, T2, T3, T4, T5. Pengujian ini menggunakan 5 buah thermostat yang di letakkan secara 5 titik di atas rak pengering dan biji kakao agar dapat melihat suhu pengering secara baik.
2. Pengeringan dilakukan selama 10 jam dan suhu awal yang terdapat pada saat pengeringan yaitu 31°C dan suhu yang paling tinggi selama pengeringan adalah 41.5°C.
3. Pengujian pada tahap ini tetap menggunakan biji kakao yang telah dicuci untuk menghilangkan getah lalu difermentasi 1 malam sebelum pengeringan. Biji kakao disusun secara merata pada rak pengering untuk dapat melakukan pengeringan yang baik.
4. Pada tahap pengujian 1-5 merupakan fase 1 yang menggunakan energi dari panel surya, lalu tahap 6 hingga seterusnya menggunakan batterai karena itu suhu turun karena proses pergantian energi harus mematikan kembali elemen pemanas.
5. Tahap Akhir Pengujian
  - a. Pengujian dengan menggunakan 6 buah heater dan 1 fan berhasil dengan biji kakao didapat kering lebih merata karena menggunakan fan, yang didapatkan pada tanggal 19 Oktober 2022 pukul 20.00.
  - b. Pengujian pengeringan menghilangkan biji kakao sebanyak 850gram, hasil kering merata

biji kakao seberat 1150gram dan tekstur lebih coklat dan kering.



Gambar 5. Pengujian dengan 6 Heater dan Fan

Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa pengujian menggunakan 6 heater. Pengujian dilakukan pada tanggal 18 Oktober 2022 pada pukul 11.00 hingga 20.00 selama 10 jam untuk menghitung suhu di setiap jamnya. Sehingga didapat suhu yang paling tinggi yaitu 41,5<sup>0</sup>C.

### 3.3. Perpindahan Panas dalam Pengeringan Kakao

Dalam proses pengujian ini proses perpindahan panas yang berlangsung adalah konduksi dan konveksi. Laju perpindahan panas konduksi menggunakan 6 heater

$$q = k_T \cdot A \cdot \frac{T_2 - T_1}{L}$$

q = kalor (J/s)

K<sub>T</sub> = Konduktivitas termal (W/m)

A = Luas Penampang (°C)

L = Tebal bahan (m)

#### 1. Perpindahan Konduksi titik T1

$$q = k_T \cdot A \cdot \frac{T_2 - T_1}{L} = 73 \text{ W/m} \cdot 1,65 \times \frac{38,6 - 29,6}{1,2} = 120,45 \times 7,5$$

$$q_{\text{konduksi}} = 903,37 \text{ W/mm}^0\text{C}$$

#### 2. Perpindahan Konduksi titik T2

$$q = k_T \cdot A \cdot \frac{T_2 - T_1}{L} = 73 \text{ W/m} \cdot 1,65 \times \frac{38,5 - 29,6}{1,2} = 120,45 \times 7,41$$

$$= 892,53 \text{ W/mm}^0\text{C}$$

#### 3. Perpindahan Konduksi titik T3

$$q = k_T \cdot A \cdot \frac{T_2 - T_1}{L}$$

$$= 73 \text{ W/m} \cdot 1,65 \times \frac{37,8 - 28,7}{1,2} = 120,45 \times 8 = 963,6 \text{ W/mm}^0\text{C}$$

#### 4. Perpindahan Konduksi titik T4

$$q = k_T \cdot A \cdot \frac{T_2 - T_1}{L} = 73 \text{ W/m} \cdot 1,65 \times \frac{38,2 - 28,7}{1,2} = 120,45 \times 7,91$$

$$= 953,5 \text{ W/mm}^0\text{C}$$

#### 5. Perpindahan Konduksi titik T5

$$q = k_T \cdot A \cdot \frac{T_2 - T_1}{L} = 73 \text{ W/m} \cdot 1,65 \times \frac{39,5 - 29,2}{1,2} = 120,45 \times 8,58$$

$$= 10333 \text{ W/mm}^0\text{C}$$

### 3.3 Suhu Optimal dalam Pengeringan

Suhu dalam 2 kali pengeringan yaitu menggunakan heater, heater dan fan dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5 didapatkan suhu rata rata dalam proses pengujian tersebut sebagai berikut

Tabel 4. Pengujian menggunakan Heater

Termokopel	1	2	3	4	5
Suhu	32.85	32.77	32.36	32.31	32.9

Tabel 5. Pengujian menggunakan Heater dan Fan

Termokopel	1	2	3	4	5
Suhu	35.72	40.34	37.57	36.17	36.94

Suhu optimal dalam pengeringan ini terdapat terdapat pada T2 dalam pengeringan menggunakan heater dan fan, yaitu 40.34<sup>0</sup>C dalam 11 jam pengujian pengeringan kakao. Suhu didapatkan melalui rata-rata pengeringan per lamanya pengeringan.

## 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan pada hasil pengujian pengeringan biji kakao menggunakan 6 buah elemen heater dan 6 buah elemen heater ditambahkan 1 buah fan:

a. Pengujian yang pertama dilakukan dengan menggunakan 6 buah heater sebagai alat pemanas mendapatkan hasil biji kakao kering selama 11 jam pengeringan dan suhu tertinggi pada 39.5<sup>0</sup>C pada T4 di kanan belakang rak pengering. Hasil biji kakao kering adalah 1100 gram.

b. Pengujian kedua dilakukan dengan 6 buah heater tambahan 1 buah fan di belakang oven pengering. Berat yang dihasilkan dari pengeringan ini juga 1150 gram, dengan keadaan kering sangat baik. Suhu tertinggi yang dihasilkan adalah 41,5<sup>0</sup>C pada titik T3 kiri ujung rak pengering selama 10 jam pengujian.

c. Suhu optimal yang dibutuhkan dalam pengeringan ini terdapat pada suhu 40.34<sup>0</sup>C dengan lama pengeringan 11 biji kakao selama 11 jam.

## 5. Daftar Rujukan

- [1] Ahmad Asari dan Daragantina Nursani. 2016. *Rekayasa Mesin Pengereng Hybrid Tipe Rak untuk Pengerengan Biji Kakao*. Banjarbaru: Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian
- [2] Sidabariba, N.W., Rohanah A., dan Daulay B.S. 2015. *Uji Variasi Suhu Pengerengan Biji Kakao dengan Alat Pengereng Tipe Kabinet Terhadap Mutu Bubuk Kakao*. Medan.
- [3] Darmawan, dkk. 2014. *Fermentasi Kulit Kakao (Theobroma cacaoL.) dengan "PROBIOTIK X" ditinjau dari Kadar Volatile Fatty Acid dan N-NH3 secara Invitro*. Jurnal Ilmiah. Peternakan Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto.2(1): 197-203.
- [4] Kurniawan. 2018. *Pengaruh Perbandingan Variasi Kolektor Surya Tipe Plat Datar Terhadap Distribusi Temperatur*. Banda Aceh: Universitas Syiah kuala.
- [5] Eri Eka Putra. 2018. *Analisa Sistem Penambahan Kolektor Surya Sebagai Penyuplai Panas pada Sistem Pengereng Ikan*. Banda Aceh: Universitas Syiah kuala.
- [6] Hatmi, R.U., dan Rustijamo, S. 2012. *Teknologi Pengolahan Biji Kakao Menuju SNI Biji Kakao*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Sleman. Yogyakarta. 01 – 2323 – 2008.
- [7] Holman, J.P., 1994. "Perpindahan Panas", Erlangga, Jakarta.
- [8] Maulana, 2017. *Perancangan Alat Pengereng Biji Kakao Sengan Sistem Rotari Sederhana Pada Usaha Mandiri di Desa Wiyono, Kabupaten Pesawaran, Skripsi, Bandar Lampung, Universitas Lampung*.
- [9] Misswar abd. 2016. *Kaji Karakteristik Peralatan Pengereng Hybrid (Energi Surya Dan Gas) Untuk Pengereng Kakao*. Banda Aceh: Universitas Syiah kuala
- [10] Ahmad Syuhada. 2018. *Study of Heat Transfer Characteristics on Sharp Turn Channels for Solar Collectors*. Banda Aceh. Universitas Syiah Kuala.
-