

**KINERJA MESIN PENGERING TIPE RAK YANG  
DILENGKAPI MEKANISME *HYBRID* TERKONTROL *FUZZY*  
*LOGIC* DENGAN MENGGUNAKAN GULA SEMUT**

**Oleh:**

**Elnirivilga  
G41115013**



**PROGRAM STUDI KETEKNIKAN PERTANIAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**KINERJA MESIN PENGERING TIPE RAK YANG  
DILENGKAPI MEKANISME *HYBRID* TERKONTROL *FUZZY*  
*LOGIC* DENGAN MENGGUNAKAN GULA SEMUT**

**Elnirivilga  
G41115013**



**DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

## LEMBAR PENGESAHAN

### KINERJA MESIN PENGERING TIPE RAK YANG DILENGKAPI MEKANISME *HYBRID* TERKONTROL *FUZZY* *LOGIC* DENGAN MENGGUNAKAN GULA SEMUT

Disusun dan diajukan oleh

**ELNIRIVILGA**  
**G41115013**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada tanggal 27 Desember 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

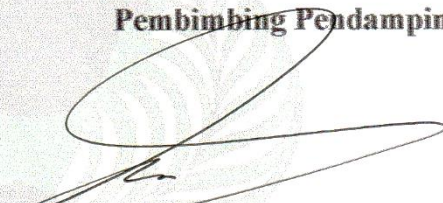
Menyetujui,

**Pembimbing Utama**



**Dr. Ir. Abdul Waris, MT.**  
**NIP. 19601101 198903 1 002**

**Pembimbing Pendamping**



**Muhammad Tahir Sapsal, S.TP., M.Si.**  
**NIP. 19840716 201212 1 002**

**Ketua Program Studi**

**Teknik Pertanian**



**Diyah Yumeina, S.TP., M.Agr., Ph.D**  
**NIP. 19810129 200912 2 003**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Elnirivilga  
NIM : G41115013  
Program Studi : Teknik Pertanian  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul Kinerja Mesin Pengering Tipe Rak yang Dilengkapi Mekanisme *Hybrid* Terkontrol *Fuzzy Logic* dengan Menggunakan Gula Semut adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila di kemudian hari Skripsi karya saya ini terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, Desember 2022

Yang Menyatakan,

  
  
Elnirivilga

## ABSTRAK

ELNIRIVILGA. (G41115013). Kinerja Mesin Pengering Tipe Rak yang Dilengkapi Mekanisme *Hybrid* Terkontrol *Fuzzy Logic* dengan Menggunakan Gula Semut. Pembimbing: Abdul Waris dan Muhammad Tahir Sapsal.

Telah dirancang mesin pengering tipe rak berenergi listrik yang dilengkapi mekanisme *hybrid Oven* dan *Dryer*. Alat pengering *hybrid* ini belum diketahui kinerjanya bila mekanisme *hybrid*-nya berbasis waktu tetap dan menggunakan bahan gula semut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja mesin pengering tipe rak dengan mekanisme *hybrid* berbasis waktu tetap. Metode penelitian meliputi uji kinerja mesin dengan daya 500 Watt, *setting point* 60 °C dan metode *hybrid* berbasis waktu tetap yaitu waktu 60 menit sebagai *oven* dan 30 menit sebagai *dryer*. Serangkaian ujian dilakukan dengan menggunakan gula semut yang dibuat dari gula cetak aren sebanyak 3 kg. Hasil dari penelitian pada pengeringan *hybrid* adalah *settling time* pendek (20 menit) dan tidak mengalami *overshoot*. Sedangkan pada pengeringan *non-hybrid* tidak mencapai *setting point* sampai pengeringan selesai. Pada pengeringan *hybrid* didapatkan hasil yaitu kadar air 2,835 %bb, rata-rata laju pengeringan 0,096408 g.H<sub>2</sub>O/kg.h, dan efisiensi pengeringan 27,9%. Pada pengeringan *non-hybrid* didapatkan hasil yaitu kadar air 2,895% bb, rata-rata laju pengeringan 0,099729 g.H<sub>2</sub>O/kg.h, dan efisiensi pengeringan 12,98%. Penggunaan energi listrik pada proses pengeringan *hybrid* lebih hemat dibanding dengan pengeringan *non-hybrid*, dengan penghematan sebesar 35,26%.

**Kata Kunci:** Pengeringan, *Hybrid*, gula semut, *fuzzy logic*.

## ABSTRACT

ELNIRIVILGA. (G41115013). *Performance of Prototype of Rack-Type Dryer Machine that is Suitable for Time-Based Hybrid Mechanism Controlled by Fuzzy Logic Using Palm Sugar. Supervised by Abdul Waris dan Muhammad Tahir Sapsal.*

*An electric energy rack-type drying machine has been designed which is equipped with an Oven and Dryer hybrid mechanism. The performance of this hybrid dryer is unknown if the hybrid mechanism is based on fixed time and uses ant sugar. The purpose of this study was to determine the performance of a rack-type dryer with a fixed time-based hybrid mechanism. The research method includes testing the performance of the machine with a power of 500 Watt, setting point of 60 °C and a fixed time-based hybrid method, namely 60 minutes as an oven and 30 minutes as a dryer. A series of tests were carried out using ant sugar made from 3 kg of palm sugar. The results of research on hybrid drying are short settling time (20 minutes) and no overshoot. Whereas in non-hybrid drying it does not reach the setting point until drying is complete. In hybrid drying, the results obtained were a moisture content of 2.835% wb, an average drying rate of 0.096408 g.H<sub>2</sub>O/kg.h, and a drying efficiency of 27.9%. In non-hybrid drying, the results obtained were a moisture content of 2.895% wb, an average drying rate of 0.099729 g.H<sub>2</sub>O/kg.h, and a drying efficiency of 12.98%. The use of electrical energy in the hybrid drying process is more efficient than non-hybrid drying, with a savings of 35.26%.*

**Keywords:** *Drying, Hybrid, palm sugar, fuzzy logic.*

## PERSANTUNAN

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa., karena atas rahmat dan nikmat-Nya saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa dengan selesainya penulisan skripsi ini tidak lepas dari doa dan dukungan serta semangat oleh berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ayahanda **Risba P** dan Ibunda **Merpaty S**, atas setiap doa yang senantiasa dipanjatkan, nasehat, motivasi serta dukungan dan pengorbanan yang diberikan kepada penulis mulai dari kecil hingga penulis sampai ke tahap ini.
2. Bapak **Dr. Ir. Abdul Waris, M.T.** dan Bapak **Muhammad Tahir Sapsal, S.TP., M.Si** selaku dosen pembimbing yang meluangkan waktu memberikan bimbingan, saran, kritikan, petunjuk, dan segala arahan yang telah diberikan dari tahap penyusunan proposal, pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi selesai.
3. Kepada ketiga saudari saya, **Irma Harlian, Nurliani**, dan **Vira Fitria**, yang telah mencintai saya dalam segala keterbatasan yang saya miliki.
4. Kepada sahabat, rekan kerja, dan teman seperjuangan **Frida Haryani Arruan Minanga** dari awal pertemuan, penyusunan skripsi hingga sekarang.
5. Kepada sahabat-sahabat saya yang selalu ada dan mendukung saya dalam segala hal, **Riyan Ayuni, Refita Ayu**, dan **Igamawarni Marrabang**.
6. Kepada *employer* saya di Boegiz Coffee Kakanda **Yudhy Wardhinan** dan kakanda **Asmaryani Sakti** serta rekan kerja **Evayanti** dan **Alvina** yang telah memberikan banyak pengalaman dan dukungan dalam penyelesaian skrip i ini.
7. Kepada rekan-rekan hebat saya di **Lancana Aksara, GEMA P.U.S Makassar, P3MS, HIMATEPA UH, PMK FAPERTAHUT UNHAS** yang telah menjadi bagian dalam perjalanan saya sebagai seorang mahasiswa.
8. Kepada seluruh teman angkatan saya **MAGNET 2015** terkhusus Suciati Adil, Musfira Rifa Tifani, Muhammad Hidayatullah PS, dan Muchliza Muchtar yang telah memberikan segala dukngan hingga saat ini.

9. Kepada semua pihak yang telah membantu saya sejak awal proses perkuliahan sampai tahap ini.
10. *Last but not least, I wanna thank **Me**, for believing in me, for doing all this hard work, for having no days off, for never quitting, for always being a giver and trying to give more, for just being me all the times.*

Semoga segala bentuk kebaikan mereka tidak akan menjadi kekurangan, melainkan akan menjadi saluran berkat bagi mereka dan semoga Tuhan Yang Mahabaik, senantiasa membalas segala kebaikan mereka dengan kebaikan yang berlipat ganda. Amin.

Makassar, 26 November 2022

Elnirivilga



## RIWAYAT HIDUP



**Elnirivilga** lahir di Sumua pada tanggal 15 November 1996, anak ketiga dari empat bersaudara pasangan bapak Risba P. dan Ibu Merpaty S. Jenjang pendidikan formal yang pernah dilalui adalah:

1. Memulai pendidikan di SDN 025 Sumua, pada tahun 2003 sampai tahun 2009.
2. Melanjutkan pendidikan di jenjang menengah pertama di SMP Negeri 1 Buntu Malangka pada tahun 2009 sampai tahun 2012.
3. Melanjutkan pendidikan di jenjang menengah atas di SMA Negeri 4 Parepare, pada tahun 2012 sampai tahun 2015.
4. Melanjutkan pendidikan di Universitas Hasanuddin Makassar, Fakultas Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Program Studi Keteknikan Pertanian pada tahun 2015 sampai tahun 2022.

Selama menempuh pendidikan di dunia perkuliahan, penulis aktif dalam organisasi kampus yaitu sebagai pengurus di Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin (HIMATEPA-UH) periode 2017/2018 dan sebagai pengurus di Persekutuan Mahasiswa Kristen Fakultas Pertanian dan Fakultas Kehutanan (PMK Fapertahut Unhas) periode 2017/2018.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
PERSANTUNAN .....	vii
RIWAYAT HIDUP.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan dan Kegunaan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian dan Tujuan Pengeringan .....	3
2.2 Parameter Pengeringan .....	3
2.3 Efisiensi Pengeringan .....	5
2.4 Alat Pengering Tipe <i>Tray Dryer</i> .....	7
2.5 Oven.....	8
2.6 Pengeringan Gula Semut .....	8
3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat.....	9
3.2 Alat dan Bahan .....	9
3.3 Prosedur Penelitian .....	9
3.4 Parameter Pengamatan .....	11
3.5 Bagan Alir.....	12
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Uji Fungsional .....	13
4.2 Respon Dinamis Suhu Udara Pengering .....	13
4.3 Respon Statis Suhu Udara Pengering .....	15

4.4 Kadar Air .....	16
4.5 Laju Pengeringan .....	17
4.6 Penggunaan Daya .....	17
4.7 Efisiensi dan Penghematan .....	18
5. KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan .....	19
DAFTAR PUSTAKA .....	20
LAMPIRAN .....	22

## DAFTAR GAMBAR

<b>No.</b>	<b>Teks</b>	<b>Halaman</b>
1	<i>Try Dryer</i> .....	7
2	Bagan Alir Prosedur Penelitia .....	12
3	Uji Fungsional .....	13
4	Respon Dinamis Suhu Udara Pengering .....	15
5	Respon Statis Suhu Udara Pengering .....	15
6	Kadar Air Rata-Rata pada Proses Pengeringan .....	16
7	Laju Pengeringan .....	17
8	Penggunaan Daya pada Pengeringan <i>Hybrid</i> .....	18
9	Penggunaan Daya pada Pengeringan <i>Non-Hybrid</i> .....	18

## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Teks	Halaman
1	Tabel Respon Dinamis Suhu Pengering .....	22
2	Tabel Respon Statis Suhu Pengering .....	23
3	Berat Hasil Pengeringan <i>Hybrid</i> .....	24
4	Berat Hasil Pengeringan <i>Non-Hybrid</i> .....	25
5	Berat Sampel Selama Proses Pengeringan <i>Hybrid</i> .....	26
6	Berat Sampel Selama Proses Pengeringan <i>Non-Hybrid</i> .....	27
7	Laju Pengeringan Rata-Rata pada Proses Pengeringan .....	28
8	Tabel Pengukuran Kadar Air pada Pengeringan <i>Hybrid</i> .....	29
9	Tabel Pengukuran Kadar Air pada Pengeringan <i>Non-Hybrid</i> .....	30
10	Tabel suhu, daya dan energi pada proses pengeringan <i>Hybrid</i> .....	31
11	Tabel suhu, daya dan energi pada proses pengeringan <i>Non-Hybrid</i> .....	32
12	Perhitungan Penghematan Energi .....	33
13	Tabel sifat udara [diambil dari Singh dan Heldman, 2009].....	34
14	Tabel sifat Gula aren [diambil dari Rao, dkk, 2009] .....	35
15	Hasil Pengukuran Kecepatan Udara dan Luas Penampang Udara Pengering .....	36
16	Perhitungan Energi Udara Pengering.....	37
17	Panas Laten Penguapan pada Suhu 60 °C.....	39
18	Perhitungan Energi yang Diuapkan untuk Pengeringan .....	40
19	Perhitungan Efisiensi Mesin pada Pengeringan.....	41

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Salah satu bahan baku yang bisa digunakan untuk membuat gula semut adalah nira yang berasal dari tanaman aren. Namun selain dari nira segar, gula semut juga dapat berasal dari gula aren cetak yang diserut untuk mendapatkan butiran gula semut. Setelah itu dilanjutkan dengan pengkristalan dan pengeringan.

Menurut Fahrizal, dkk (2019), tujuan dari pengeringan gula semut adalah menurunkan kadar air bahan sampai mencapai sekitar 3% sehingga aman untuk disimpan dalam waktu yang lama. Pengeringan gula semut umumnya dilakukan dengan pengeringan matahari (penjemuran). Metode ini dipilih karena mempunyai kelebihan yaitu tidak membutuhkan biaya untuk menyediakan sumber panas. Namun demikian, pengeringan dengan metode ini kurang bagus untuk produk pangan karena kebersihannya sulit untuk diawasi. Salah satu metode pengeringan yang dapat digunakan untuk mengeringkan gula semut adalah dengan menggunakan alat pengering tipe rak.

Menurut Panggabean, dkk (2017), berbagai macam alat pengering telah banyak dibuat dan diteliti, mulai dari yang sederhana sampai modern, namun masih memiliki kekurangan, salah satunya dari segi efisiensi.

Melihat keadaan saat ini, sudah dirancang prototipe mesin pengering tipe rak berenergi listrik kapasitas 3 kg yang dilengkapi mekanisme *Hybrid Oven* dengan *Dryer*. Alat pengering *Hybrid* yang telah dirancang ini belum diketahui kinerjanya bila mekanisme hibridnya berbasis waktu tetap dan menggunakan bahan gula semut. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan uji kinerja alat pengering *Hybrid oven* pada pengeringan gula semut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana kaidah *Hybrid* berbasis waktu tetap yang dapat diterapkan ke mesin pengering?
2. Apakah penerapan mekanisme *Hybrid oven-dryer* memengaruhi kinerja mesin pengering tipe rak?

3. Belum diketahui mutu gula semut hasil pengeringan dengan metode *Hybrid*.

### **1.3 Tujuan dan Kegunaan**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja mesin pengering tipe rak dengan mekanisme *Hybrid* berbasis waktu tetap.

Kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai informasi bagi perancang untuk meningkatkan efisiensi mesin.
2. Sebagai informasi bagi masyarakat mengenai kinerja mesin pengering tipe rak berenergi listrik yang dilengkapi mekanisme *Hybrid oven-dryer*.

### **1.4 Batasan Masalah**

1. Pengujian dilakukan pada mesin kapasitas kecil yaitu 3-5 kg.
2. Menggunakan gula semut dari gula kelapa cetak.
3. Suhu udara pengering yang digunakan adalah 60 °C.
4. Pengeringan gula semut sampai pada kadar air SNI yaitu 3,0 % bb.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Pengertian dan Tujuan Pengeringan**

Pengeringan merupakan proses mengurangi kadar air yang terdapat pada suatu bahan, dengan cara penerapan panas. Panas dapat disuplai baik oleh udara panas maupun dari energi matahari. Pengeringan mencegah pertumbuhan bakteri pada bahan sehingga digunakan sebagai cara untuk mengawetkan bahan makanan (Valarmathi, et.al. 2017).

Pada umumnya, tujuan dari pengurangan kadar air pada bahan adalah untuk membendung pertumbuhan serta perkembangbiakan mikroba dan aktivitas enzim sehingga dapat memperpanjang masa simpan bahan (Trisnawati dalam Launda, dkk, 2017).

Menurut Afandi dalam Pratama (2019), pengeringan bahan pangan mempunyai tujuan dan kegunaan, yaitu antara lain: daya simpan pangan lebih lama, lebih awet karena menurunnya kadar air, nilai ekonomi meningkat atau bertahan, memudahkan pengemasan, pengangkutan dan penyimpanan karena volume berkurang, serta mempermudah dan mengurangi biaya transportasi.

### **2.2 Parameter Pengeringan**

#### **a. Suhu**

Penelitian yang dilaksanakan oleh Setiawan, dkk (2021), menunjukkan bahwa perbedaan suhu pengering berpengaruh nyata terhadap penurunan kadar air, yang berarti bahwa semakin tinggi suhu, semakin cepat proses pengeringan terjadi.

#### **b. Kecepatan Volumetrik Aliran Udara**

Untuk menguapkan aliran air pada bahan, dibutuhkan aliran udara sebagai pembawa panas. Uap air tersebut harus segera dikeluarkan agar tidak menyebabkan atmosfer pada permukaan bahan menjadi jenuh dan menyebabkan pengeluaran uap air selanjutnya menjadi lambat. Kemampuan udara dalam membawa serta menampung air di permukaan bahan dipengaruhi oleh besarnya volume udara yang mengalir (Syahrul, dkk, 2016).



### c. Kelembaban Udara (RH)

Pemindahan uap air dipengaruhi oleh kelembaban udara. Laju penguapan pada bahan akan lebih lambat jika kelembaban udara tinggi dibandingkan dengan kelembaban udara yang rendah (Syarif, dkk, 2021).

### d. Ukuran Bahan

Ukuran atau luas permukaan suatu bahan berpengaruh terhadap pengeringan. Semakin tebal ukuran suatu bahan, maka waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan bahan tersebut juga akan semakin lama (Harahap, 2020).

### e. Kadar Air

Massa air yang terdapat dalam bahan disebut kadar air. Kadar air dapat dinyatakan berdasarkan basis basah atau basis kering. Kadar air basis basah adalah persentase kandungan air yang terdapat dalam suatu bahan basah sedangkan kadar air basis kering adalah jumlah air pada setiap unit padatan kering dalam bahan (Asiah dan Djaeni, 2021).

Kadar air dapat dihitung berdasarkan persamaan (Asiah dan Djaeni, 2021):

$$Kadar\ air\ (\%bb) = \frac{m_{awal} - m_{akhir}}{m_{awal}} \times 100\% \quad (1)$$

dimana:

Kadar air = kadar air basis basah (%bb)

$m_{awal}$  = berat bahan sebelum dikeringkan (g)

$m_{akhir}$  = berat bahan setelah dikeringkan (g)

$$Kadar\ air\ (\%bk) = \frac{m_{awal} - m_{akhir}}{m_{akhir}} \times 100\% \quad (2)$$

dimana:

Kadar air = kadar air bahan berdasarkan basis kering (%bk).

$m_{awal}$  = berat bahan sebelum dikeringkan (g)

$m_{akhir}$  = berat bahan setelah dikeringkan (g)

### f. Laju Pengeringan

Laju pengeringan dapat dipahami sebagai seberapa cepat proses pengeringan suatu bahan berlangsung. Mengetahui laju pengeringan berguna untuk

memperkirakan berapa lama waktu yang diperlukan untuk mengeringkan suatu bahan hingga mencapai kadar air yang diinginkan (Asiah dan Djaeni, 2021).

Untuk menghitung laju pengeringan, dapat digunakan persamaan (Singh, 1984):

$$DR = \frac{W_w - W_t}{W_d} \times \frac{1}{t_n - (t_n - 1)} \quad (3)$$

dimana:

DR = Laju Pengeringan (gram H<sub>2</sub>O/kg padatan/jam)

W<sub>w</sub> = Berat awal bahan (gram)

W<sub>t</sub> = Berat bahan pada waktu t (gram)

W<sub>d</sub> = Berat bahan saat konstan (gram)

t<sub>n</sub> = Lama pengeringan waktu ke n (jam)

t<sub>n-1</sub> = Lama pengeringan waktu n-1

### 2.3 Efisiensi Pengeringan

Salah satu hal yang harus diperhatikan dalam proses pengeringan adalah efisiensi pengeringan. Efisiensi pengeringan adalah rasio antara jumlah energi yang dibutuhkan untuk menghilangkan air dari bahan dengan energi yang dihasilkan selama proses pengeringan. (Suhendar, dkk, 2017).

Untuk menghitung energi yang dimanfaatkan untuk pengeringan dapat menggunakan persamaan (Suhendar, dkk, 2017)

$$q_{uap} = W_{uap} \times H_{fg} \quad (5)$$

dimana:

q<sub>uap</sub> = energi yang dimanfaatkan untuk menguapkan bahan (kJ)

W<sub>uap</sub> = beban uap air (kg H<sub>2</sub>O)

H<sub>fg</sub> = panas laten penguapan (kJ/kg)

$$H_{fg} = 2,501 - (2,361 \times 10^{-3})T \quad (6)$$

dimana:

H<sub>fg</sub> = panas laten (kJ/kg)

T = suhu (°C)

$$q_{air} = m \times C_p \times \Delta T \quad (7)$$

dimana:

q<sub>air</sub> = energi yang dimanfaatkan untuk menaikkan suhu air bahan (kJ)

$m$  = massa air (kg)

$C_p$  = panas jenis air (kJ/kg °C)

$T_1$  = suhu mula-mula bahan (°C)

$T_2$  = suhu pengeringan (°C)

$$q_{gula} = m \times C_p \times \Delta T \quad (8)$$

dimana:

$q_{gula}$  = energi yang dimanfaatkan untuk menaikkan suhu bahan (kJ)

$m$  = massa gula (kg)

$C_p$  = panas jenis gula (kJ/kg °C)

$T_1$  = suhu mula-mula bahan (°C)

$T_2$  = suhu pengeringan (°C)

$$q_{total} = q_{uap} + q_{air} + q_{gula} \quad (9)$$

dimana:

$q_{uap}$  = energi yang dimanfaatkan untuk menguapkan air bahan (kJ)

$q_{air}$  = energi yang dimanfaatkan untuk menaikkan suhu air bahan (kJ)

$q_{gula}$  = energi yang dimanfaatkan untuk menaikkan suhu bahan (kJ)

Persamaan yang digunakan untuk menghitung efisiensi pengeringan adalah sebagai berikut (Suhendar, dkk, 2017):

$$\eta = \frac{q_{in}}{q_{tot}} \times 100\% \quad (10)$$

dimana:

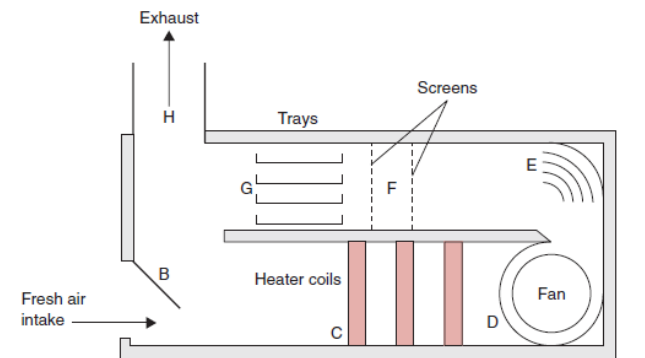
$\eta$  = efisiensi pengeringan (%)

$q_{tot}$  = energi yang dimanfaatkan untuk pengeringan (kJ)

$q_{in}$  = energi yang masuk ke dalam ruang pengering (kJ)

#### 2.4 Alat Pengering Tipe *Tray Dryer*

Karena setiap hasil pertanian berbeda baik dari bentuk, ukuran, mau pun tekstur, maka diperlukan ketelitian dalam memilih mesin pengering untuk mengeringkan setiap bahan. Selain itu, ikatan air dan jaringan ikatan pada setiap bahan tidak sama, sehingga kondisi pengeringannya pun berbeda-beda. Ada pun jenis-jenis mesin pengering untuk mengeringkan hasil pertanian yakni *tray dryer*, *spray dryer*, *rotary dryer*, *freeze dryer* dan *fluidized bed dryer* (Kartasapoetra, 1994).



Gambar 1. *Tray Dryer*

*Tray dryer* atau alat pengering tipe rak, merupakan ruang pengering berbentuk persegi yang didalamnya terdapat rak-rak yang digunakan sebagai wadah bahan yang akan dikeringkan. Rak alat pengering tipe ini terbuat dari logam dengan alas yang berlubang. Lubang pada alas rak bertujuan untuk mengalirkan udara panas dan uap air. Luas rak dan besar lubang-lubang alas rak bergantung pada bahan yang akan dikeringkan. Semakin kecil ukuran bahan yang akan dikeringkan, maka semakin kecil pula lubang-lubang alas rak yang digunakan (Mujumdar, 1995).

Prinsip kerja alat pengering tipe rak (*try dryer*) adalah udara pengering dari ruang pemanas akan bergerak menuju dasar rak dengan bantuan kipas. Dan melalui lubang-lubang yang terdapat pada dasar rak udara pengering tersebut akan mengalir melewati bahan yang dikeringkan dan melepaskan sebagian panasnya sehingga terjadi proses penguapan air dari bahan. Dengan demikian, semakin ke bagian atas rak suhu udara pengering semakin turun. Penurunan suhu ini harus diatur sedemikian rupa agar pada saat mencapai bagian atas bahan yang dikeringkan, udara pengering masih mempunyai suhu yang memungkinkan terjadinya penguapan air. Di samping itu kelembaban udara pengering pada saat mencapai bagian atas harus dipertahankan tetap tidak jenuh sehingga masih mampu menampung uap air yang dilepaskan. Di dalam penggunaan alat pengering tipe rak perlu diperhatikan pengaturan suhu, kecepatan aliran udara pengering, serta tebal tumpukan bahan yang akan dikeringkan sehingga hasil kering yang diharapkan dapat tercapai (Rachmawan, 2011).

## **2.5 Oven**

Pada umumnya, oven digunakan untuk memanaskan atau memanggang suatu bahan. Namun oven dapat pula menjadi salah satu alternatif pengeringan yang dapat digunakan untuk mengeringkan suatu hasil pertanian sebagai pengganti sinar matahari langsung. Oven dapat mengeringkan produk pada suhu yang dapat diatur secara konstan. Perpindahan panas secara konveksi adalah prinsip dasar pada pengeringan menggunakan oven. Proses pengeringan bahan terjadi dengan cara mengalirkan udara panas pada bahan dengan kecepatan tinggi (Subandi, dkk, 2015).

## **2.6 Pengeringan Gula Semut**

Gula semut adalah gula merah berbentuk bubuk yang dapat dibuat dari nira palma, yaitu suatu larutan gula cetak *palmae* yang telah dilebur kembali dengan penambahan air pada konsentrasi tertentu (Zuliana, dkk, 2016).

Menurut penelitian yang dilaksanakan oleh Pratiwi, dkk (2019), pemuatan gula semut dapat dilakukan dengan cara memanaskan gula kelapa, setelah itu diikuti dengan pegayakan. Gula kelapa yang masih berbentuk gula cetak awalnya dihancurkan lalu kemudian dipanaskan sambil terus diaduk sampai terbentuk kristal gula semut. Gula semut yang dibuat dari proses ini masih memiliki kadar air yang tinggi sehingga masih perlu dilakukan pengeringan untuk mengurangi kadar air pada gula.

Berdasarkan SNI 01-3743-1995 tentang standar gula palma, ditetapkan bahwa kadar air gula semut yaitu paling tinggi 3,0 % bb. Juga telah ditetapkan warna gula semut yaitu kuning kecoklatan sampai coklat dan rasa normal serta aroma khas (Fahrizal, dkk, 2017).