

**PENGARUH VARIASI RPM KIPAS TERHADAP LAJU
PENGERINGAN PADA MESIN HEAT VACUUM DRYER
BERKAPASITAS 50 KG DENGAN BEBAN BUAH
*STRAWBERRY***

SKIRPSI



DISUSUN OLEH :

NAMA : ALVIAN VEBRIANTO

NIM : 2011005

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2024

**PENGARUH VARIASI RPM KIPAS TERHADAP LAJU PENGERINGAN
PADA MESIN HEAT VACUUM DRYER BERKAPASITAS 50 KG
DENGAN BEBAN BUAH *STRAWBERRY***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST)

Jurusan Teknik Mesin

DISUSUN OLEH :

NAMA : ALVIAN VEBRIANTO

NIM : 2011005

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

2024

LEMBAR PERSETUJUAN

Skripsi

PENGARUH VARIASI RPM KIPAS TERHADAP LAJU PENGERINGAN
PADA MESIN HEAT VACUUM DRYER BERKAPASITAS 50 KG
DENGAN BEBAN BUAH *STRAWBERRY*



DISUSUN OLEH :

NAMA : ALVIAN VEBRIANTO

NIM : 2011005

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin S-1



Dr. Eko Yohanes Setyawan, S.T., M.T
NIP.P.1031400477

Diperiksa / Disetujui
Dosen Pembimbing

Sibut, S.T., M.T.
NIP.Y.1030300379



PT BINA (PERSERO) MALANG
BANK NISQA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : J. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : J. Raya Karangrejo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : ALVIAN VEBRIANTO
NIM : 2011005
Jurusan / Bidang : Teknik Mesin S-1
Judul Skripsi : PENGARUH VARIASI RPM KIPAS TERHADAP LAJU
PENGERINGAN PADA MESIN HEAT VACUUM DRYER
BERKAPASITAS 50 KG DENGAN BEBAN BUAH
STRAWBERRY

Dipertahankan dihadapkan Tim Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) Pada :

Hari / Tanggal : Selasa, 23 Juli 2024

Dengan Nilai : 84,75 (A)

Panitia Penguji Skripsi

Ketua

Dr. Eko Yohanes Setyawan, S.T., M.T
NIP.P.1031400477

Sekretaris

Tutut Nani Prihatmi, SS., S.Pd, M.Pd
NIP.P.1031500493

Anggota Penguji

Penguji 1

Tito Arif Sutrisno, S.Pd., M.T
NIP.P.1032100598

Penguji 2

Febi Rahmadianto, S.T., M.T
NIP.P.1031500490

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : ALVIAN VEBRIANTO

NIM : 2011005

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

Menyatakan

Bahwa skripsi yang saya buat ini adalah hasil karya saya sendiri dan bukan hasil dari karya orang lain, kecuali kutipan yang telah disebutkan sumbernya.

Demikian surat pernyataan keaslian ini saya buat dengan data yang sebenarnya.

Malang,.....



Alvian Vebrianto

2011005

LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI

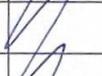
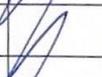
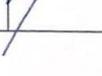
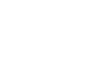
Nama : ALVIAN VEBRIANTO

NIM : 2011005

Jurusan / Bidang : Teknik Mesin S-1

Judul Skripsi : PENGARUH VARIASI RPM KIPAS TERHADAP LAJU
PENGERINGAN PADA MESIN HEAT VACUUM
DRYER BERKAPASITAS 50 KG DENGAN BEBAN
BUAH *STRAWBERRY*

Dosen Pembimbing : Sibut, S.T., M.T.

No	Materi Bimbingan	Waktu Bimbingan	Paraf Dosen Pembimbing
1	Pengajuan Judul Skripsi	5 Maret 2024	
2	Konsultasi BAB I	14 Maret 2024	
3	Konsultasi BAB II	22 Maret 2024	
4	Konsultasi BAB III	1 April 2024	
5	Daftar Seminar Proposal	16 Mei 2024	
6	Seminar Proposal	17 Mei 2024	
7	Konsultasi BAB IV	16 Juni 2024	
8	Konsultasi BAB V	16 Juni 2024	
9	Daftar Seminar Hasil	2 Juli 2024	
10	Seminar Hasil	3 Juli 2024	
11	Daftar Ujian Sidang Skripsi	18 Juli 2024	
12	Sidang Ujian Skripsi	23 Juli 2024	

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : ALVIAN VEBRIANTO
NIM : 2011005
Jurusan / Bidang : Teknik Mesin S-1
Judul Skripsi : PENGARUH VARIASI RPM KIPAS TERHADAP LAJU
PENGERINGAN PADA MESIN HEAT VACUUM
DRYER BERKAPASITAS 50 KG DENGAN BEBAN
BUAH *STRAWBERRY*
Dosen Pembimbing : Sibut, S.T., M.T.

Tanggal Mengajukan Skripsi : 5 Maret 2024
Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 14 Agustus 2024
Telah Diselesaikan Dengan Nilai : 84,75

Diperiksa / Disetujui
Dosen Pembimbing



Sibut, S.T., M.T
NIP.Y.1030300379

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, atas rahmat karunia serta hidayah yang telah diberikan. Sholawat serta salam juga penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta para sahabat dan keluarganya. Dengan rahmat Allah SWT, penulis sebagai mahasiswa Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang dapat menyelesaikan tugas akhir berupa skripsi dengan judul “PENGARUH VARIASI RPM KIPAS TERHADAP LAJU PENGERINGAN PADA MESIN HEAT VACUUM DRYER BERKAPASITAS 50 KG DENGAN BEBAN BUAH *STRAWBERRY*” sebagai syarat kelulusan dan sebagai penerapan ilmu selama masa perkuliahan.

Penyusunan skripsi ini tentu tidak lepas dari adanya bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu saya sebagai penyusun skripsi ini ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Awan Uji Krismanto, S.T., M.T., Ph.D. Selaku rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Dr. Eng I Komang Somawirata, S.T., M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Dr. Eko Yohanes Setyawan, S.T., M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Sibut, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing Skripsi, Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang.
5. Bapak Dosen Penguji I dan Penguji II Program Studi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.
6. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberi doa, dukungan dan semangat dalam menghadapi semua kesulitan apapun untuk penulis.
7. Rekan – rekan mahasiswa Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang yang banyak memberikan semangat dalam kesulitan penyusunan skripsi maupun dalam penelitian.

Saya berharap dengan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, maka penulis mengharapkan kritik dan saran dari Bapak/Ibu Dosen demi kebaikan menuju ke arah yang lebih baik. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun bagi pembaca dalam melakukan penelitian dan studi.

Malang,



Alvian Vebrianto

**PENGARUH VARIASI RPM KIPAS TERHADAP LAJU PENGERINGAN
PADA MESIN HEAT VACUUM DRYER BERKAPASITAS 50 KG
DENGAN BEBAN BUAH *STRAWBERRY***

Alvian Vebrianto ¹⁾ Sibut²⁾

Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang.
Jl. Raya Karanglo KM. 2, Tasikmadu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur
Email : alvianvebrianto123@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara dengan iklim tropis, yang membuat cuaca tidak menentu. Kondisi cuaca yang tidak menentu terutama saat musim hujan akan mengakibatkan proses pengeringan alami berlangsung tidak optimal, menjadikan hasil pertanian rusak karena lembabnya udara. Penelitian ini mengkaji penggunaan mesin Heat Vacuum Dryer untuk mengeringkan buah *strawberry*, dengan fokus pada pengaruh variasi RPM kipas terhadap kadar air yang teruapkan dan laju pengeringan. *Strawberry* dipilih karena nilai ekonominya yang tinggi namun rentan terhadap kerusakan akibat kadar air tinggi (89,9%). Metode pengeringan mekanis diperlukan untuk mengatasi keterbatasan pengeringan alami yang bergantung pada cuaca. Eksperimen dilakukan dengan membandingkan penggunaan kipas pada 2000 RPM dan 4000 RPM. Hasil menunjukkan bahwa RPM 2000 memberikan kinerja lebih baik, dengan rata-rata kadar air yang teruapkan 19,86% dan laju pengeringan 3,97%, dibandingkan RPM 4000 yang menghasilkan kadar air yang teruapkan 17,29% dan laju pengeringan 3,46%. Penelitian menyimpulkan bahwa RPM kipas perlu disesuaikan dengan kapasitas pemanas untuk mengoptimalkan suhu ruang pengering dan efektivitas proses. Peningkatan RPM meningkatkan volume dan distribusi udara panas, namun harus diimbangi dengan kapasitas pemanas yang memadai untuk hasil optimal.

Kata kunci : *heat vacuum dryer*, laju pengeringan, variasi rpm kipas, kadar air, *strawberry*.

***EFFECT OF FAN RPM VARIATION ON DRYING RATE IN A 50KG
CAPACITY HEAT VACUUM DRYER MACHINE WITH STRAWBERRY
FRUIT LOAD***

Alvian Vebrianto ¹⁾ Sibut²⁾

*Mechanical Engineering S-1, National Institute of Technology Malang.
Jl. Raya Karanglo KM. 2, Tasikmadu, Kec. Lowokwaru, Malang City, East Java
Email : alvianvebrianto123@gmail.com*

ABSTRACT

Indonesia is a country with a tropical climate, which makes the weather erratic. Erratic weather conditions, especially during the rainy season, will cause the natural drying process to take place not optimally, making agricultural products damaged due to humid air. This study examines the use of a Heat Vacuum Dryer machine to dry strawberry fruit, focusing on the effect of fan RPM variation on evaporated water content and drying rate. Strawberry was chosen due to its high economic value but susceptibility to damage due to high moisture content (89.9%). Mechanical drying methods are needed to overcome the limitations of weather-dependent natural drying. Experiments were conducted by comparing the use of fans at 2000 RPM and 4000 RPM. Results showed that 2000 RPM gave better performance, with an average evaporated moisture content of 19.86% and drying rate of 3.97%, compared to 4000 RPM which resulted in an evaporated moisture content of 17.29% and drying rate of 3.46%. The study concluded that the fan RPM needs to be adjusted to the capacity of the heater to optimize the drying chamber temperature and process effectiveness. Increasing RPM increases the volume and distribution of hot air, but must be balanced with adequate heater capacity for optimal results.

Keywords: heat vacuum dryer, drying rate, fan rpm variation, moisture content, strawberry.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI	v
LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah.....	4
1.3 Batasan masalah	4
1.4 Tujuan penelitian.....	5
1.5 Manfaat penelitian	5
1.6 Metode penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
2.2 Perpindahan Panas.....	7
2.3 Elemen Pemanas.....	10
2.3.1 Material Elemen Pemanas	10
2.3.2 Konstruksi Elemen Pemanas	12

2.4	Komponen Mesin Heat Vacuum Dryer	13
2.5	Pengeringan	14
2.5.1	Prinsip Dasar Pengeringan	16
2.5.2	Laju Pengeringan Konstan	18
2.5.3	Laju Pengeringan Menurun	18
2.5.4	Mekanisme Pengeringan	19
2.5.5	Faktor Pengeringan	20
2.5.6	Metode Umum Pengeringan	22
2.6	Kadar Air	22
2.7	Kipas (<i>Fan</i>)	23
BAB III METODE PENELITIAN		25
3.1	Metode Penelitian	25
3.2	Tempat Penelitian	25
3.3	Variabel Penelitian	26
3.4	Instrumen Penelitian	26
3.5	Diagram Alur Penelitian	33
3.6	Prosedur Pengambilan Data	35
3.6.1	Alat Ukur yang Digunakan	36
3.7	Teknik Pengumpulan Data	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		39
4.1	Analisis Data Kadar Air	39
4.2	Data analisis Laju Pengeringan	44
4.3	Pembahasan	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		50
5.1	Kesimpulan	50
5.2	Saran	50

DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Komponen Mesin Pengering.....	13
Gambar 3. 1 Elemen Pemanas	27
Gambar 3. 2 Thermostat.....	27
Gambar 3. 3 Fan.....	28
Gambar 3. 4 Tachometer.....	29
Gambar 3. 5 Rellay	29
Gambar 3. 6 Stainless Stell	30
Gambar 3. 7 Power Supply	31
Gambar 3. 8 Saklar.....	31
Gambar 3. 9 Tombangan Digital.....	32
Gambar 3. 10 Diagram Alur Penelitian.....	33
Gambar 4. 1 Indikator Suhu 30°C.....	39
Gambar 4. 2 Kadar Air Dengan 2000 RPM.....	41
Gambar 4. 3 Kadar Air Dengan 4000 RPM.....	42
Gambar 4. 4 Indikator Suhu 30°C.....	44
Gambar 4. 5 Laju Pengeringan Dengan 2000 RPM.....	46
Gambar 4. 6 Laju Pengeringan Dengan 4000 RPM.....	47
Gambar 4. 7 Suhu Elemen Pemanas 2000 RPM.....	48
Gambar 4. 8 Suhu Elemen Pemanas 4000 RPM.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Kadar Air.....	37
Tabel 3. 2 Laju Pengeringan	37
Tabel 4. 1 Pengujian dengan menggunakan 2000 rpm	38
Tabel 4. 2 Kadar air setiap jam yang teruap menggunakan 2000 rpm.....	39
Tabel 4. 3 Pengujian menggunakan 2000 rpm.....	39
Tabel 4. 4 Kadar air setiap jam yang teruap menggunakan 4000 rpm.....	39
Tabel 4. 5 Laju pengeringan dengan 2000 RPM.....	42
Tabel 4. 6 Laju pengeringan dengan 4000 RPM.....	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini kebutuhan pangan merupakan kebutuhan pokok yang setiap tahunnya meningkat. Hal ini dipengaruhi oleh kepadatan penduduk yang ada di Indonesia. Seiring berkembangnya teknologi masyarakat pun menjadi selektif terhadap apa yang akan dikonsumsi, tidak hanya mempertimbangkan rasanya yang lezat namun juga kandungan gizi serta berbagai unsur lain. Seperti, Cepat saji, praktis, tahan lama dan tidak membutuhkan tempat penyimpanan yang besar. Oleh karena itu, konsumen cenderung memilih produk produk yang praktis atau bisa dikatakan sebagai produk instan. Pada umumnya produk tersebut memiliki tekstur seperti bubuk atau butiran butiran halus yang berfungsi untuk mempermudah konsumen saat ingin menggunakannya. Selain mudah larut dengan menggunakan air dingin maupun air panas, produk instan memiliki keunggulan lain seperti mudah dalam penyajian.

Indonesia merupakan negara dengan iklim tropis, yang membuat cuaca tidak menentu. Kondisi cuaca yang tidak menentu terutama saat musim hujan akan mengakibatkan proses pengeringan alami berlangsung tidak optimal, menjadikan hasil pertanian rusak karena lembabnya udara. Proses pengeringan dengan sinar matahari juga tidak higienis karena ditempatkan pada tempat terbuka yang menyebabkan biji kenari akan terkontaminasi. Di samping itu, pada musim hujan pengeringan berlangsung sangat lambat. Pengeringan yang belum sempurna ini bahkan dapat mengakibatkan produk menjamur kemudian membusuk sehingga harga jualnya turun drastis (Risnawati, dkk., 2017). Umumnya bahan pangan dengan kandungan air (*Aw*) tinggi akan beresiko tinggi terhadap gangguan aktivitas mikroba (Napitupulu, dkk., 2012). Aktivitas mikroba tersebut akan menyebabkan kerusakan bahan pangan seperti pembusukan dan penjamuran. Tingkat kekeringan yang rendah berdampak pada kualitas dan harga produk. Akibatnya, harga jual produk menjadi rendah dan petani pun mengalami kerugian yang tidak sedikit (Wicaksono, 2012).

Mencegah kerugian yang dialami para petani, maka pengeringan padi menjadi hal yang penting agar selanjutnya dapat diolah menjadi beras. Pengeringan

dilakukan untuk mencegah perkecambahan biji, mempertahankan kualitas bijian, dan mencapai level kadar air dimana tidak memungkinkan bakteri dan jamur berkembang (Hall, 1970). Selain itu, pengeringan bahan pangan dilakukan sebagai alternatif untuk menanggulangi bahan pangan yang berlebihan, terutama saat panen raya. Bahan pangan juga dapat disimpan lebih tahan lama sehingga penjualan dapat disesuaikan dengan kebutuhan pasar (Dendang, dkk., 2016). Pengeringan padi dapat dilakukan dengan dua macam cara yaitu pengeringan alami dan pengeringan buatan (Hall, 1957). Menurut Pratomo (1970), pengeringan cara alami sudah kurang praktis lagi bilamana bahan yang dikeringkan dalam jumlah banyak, dimana untuk mencapai kadar air yang diinginkan memerlukan waktu yang relatif lama, tenaga kerja yang banyak dan tempat luas, serta keadaan iklim yang tidak menentu dapat menimbulkan kesukaran- kesukaran dalam penjemuran. Sistem pengeringan buatan diperlukan sebagai alternatif untuk mengatasi hal tersebut. Berbagai macam bentuk mesin pengering beredar di masyarakat. Spin Dry Pad adalah salah satunya, mesin putar pengering padi dengan memanfaatkan udara panas dari elemen pemanas listrik (Adhim, dkk., 2013). Namun, alat ini memiliki kekurangan pada sirkulasi udara panas dan uap air sehingga menghambat laju pengeringan.

Proses pengolahan merupakan hal yang mempengaruhi kualitas dari produk tersebut, dalam hal kandungan gizi serta ketahanan produk. Pengolahan pasca panen merupakan awal yang menentukan kualitas dari produk. Biasanya pada saat pemanenan, petani cenderung menyimpan hasil panennya dengan wadah seadanya. Namun cara tersebut tidak dapat mengawetkan suatu produk pangan dengan kurun waktu yang lama karena terpengaruh oleh naik turunnya suhu di lingkungan tersebut yang mempengaruhi produk pangan seperti ikan, daging, dan buah-buahan cepat membusuk. Pembusukan tersebut maka akan mengubah warna, aroma serta kualitas dari produk tersebut. Saat ini perkembangan teknologi di sektor pangan yang berguna untuk menjaga kualitas suatu produk semakin berkembang.

Pengeringan yang baik adalah pengeringan yang bisa memberikan efek yang minimal terhadap perubahan fisik seperti pengerutan (shrinkage), pengembangan (puffing), kristalisasi, bentuk transisi glass (glass transition) (Mujumdar, 2003; Brooker, 1974) selain itu pengeringan yang baik adalah pengeringan yang bisa

meminimalkan beberapa reaksi kimia dan biokimia yang baik diinginkan maupun yang tidak diinginkan, sehingga pengeringan dapat berlangsung tanpa memberikan perubahan warna, tekstur, bau, dan kandungan nutrisi dari produk.

Strawberry adalah buah yang mengandung banyak zat gizi dan senyawa bioaktif, diantaranya senyawa fenolik, vitamin C, flavonoid, dan ellagic acid (Ingrid & Santoso, 2015). Strawberry salah satu komoditas buah - buahan yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan pangsa pasar yang baik, karena strawberry dapat dikonsumsi dalam bentuk buah segar ataupun yang diolah dalam bentuk sirup, jam, stop dan produk pengembangan lainnya. Strawberry akan dikembangkan menjadi produk pangan terbaru untuk meningkatkan masa simpan produk dengan mempertahankan nilai gizi yang ada didalam buah strawberry (Sukasih & Setyadjit, 2019).

Menurut Ebook Pangan (2006) suhu kritis stroberi pada suhu 36 – 38°C. Kerusakan buah stroberi pada suhu kritis ini berupa pelunakan, benyek dan busuk. Dari pengamatan suhu 10 °C dan 30 °C masuk ke dalam kategori aman untuk stroberi sedangkan untuk suhu 45 °C sudah melewati suhu kritis stroberi. Persyaratan atau standar kadar air buah kering sangat beragam. Standar Nasional Indonesia (SNI 01-3710-1995) mempersyaratkan kadar air buah kering secara umum maksimum 31% b/b (BSN, 1995).

Strawberry merupakan buah yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi, namun juga mudah mengalami kerusakan. Hal ini disebabkan oleh tekstur buah yang lembut dan tidak memiliki serat sehingga sangat sensitif terhadap gesekan fisik, suhu, dan sinar. Selain itu, *strawberry* memiliki kadar air tinggi (89,9 %) sehingga mikroorganisme akan tumbuh dengan cepat. Laju respirasi stroberi sangat tinggi yaitu 20 - 40 mg CO₂/kg/jam proporsional dengan laju kerusakan buah (Santoso dan Purwoko 1986). Respirasi adalah proses yang pembakaran karbohidrat pada makhluk hidup oleh oksigen menjadi energi CO₂ dan H₂O (Ikrawan dkk., 2017). Intensitas respirasi dianggap sebagai ukuran laju jalannya metabolisme. Laju respirasi yang tinggi akan mengakibatkan umur simpan yang pendek (Pantastico, 1997).

Berdasarkan permasalahan yang dijabarkan diatas, memberikan pemikiran untuk merancang mesin pengering yang menggunakan elemen pemanas dan dibantu dengan kipas untuk mendistribusikan udara panas dari elemen pemanas tersebut ke chamber – chamber atau rak yang diisi oleh berbagai bahan makanan yang akan dikeringkan. Guna agar membantu untuk kebutuhan para petani serta nelayan untuk mengurangi gagal produksi dari hasil panennya yang disebabkan oleh cuaca yang tidak menentu.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan maka perlu dirumuskan permasalahan yang ada yaitu :

- 1) Berapa persen kadar air pada buah *strawberry* yang hilang dalam menggunakan mesin *Heat Vacuum Dryer*?
- 2) Berapa laju pengeringan pada buah *strawberry* menggunakan mesin pengering yang memanfaatkan udara panas dari elemen pemanas listrik.

1.3 Batasan masalah

Batasan masalah disini dibuat dengan tujuan sebagai pembatas apa yang akan diteliti dan dibahas pada penelitian ini, sehingga tidak menimbulkan suatu permasalahan atau pernyataan di luar penelitian yang dilakukan. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tempat dan Pelaksanaan Simulasi
 - a. Pembuatan alat di bengkel
 - b. Simulasi dilaksanakan di Laboratorium Pendingin Konversi Energi kampus 2 ITN Malang prodi Teknik Mesin S-1
 - c. Pelaksanaan simulasi tanggal 1 April – 3 Juli 2024
2. Variabel Penelitian
 - a. Variabel Bebas : - Kecepatan putaran kipas ± 2000 RPM
- Kecepatan putaran kipas ± 4000 RPM
 - b. Variabel Terikat : - Nilai kadar air pada *strawberry* yang teruapkan
- Nilai laju pengeringan *strawberry*
 - c. Variabel Terkontrol : - Suhu pada mesin yang digunakan yaitu $\pm 30^{\circ}\text{C}$

- Objek yang dikeringkan berupa buah *strawberry*
- 3. Hanya membandingkan RPM pada kipas untuk mendapatkan hasil pengeringan yang terbaik
- 4. Ukuran ruangan pengering yaitu panjang 100 cm, lebar 80 cm dan tinggi 150 cm dengan kapasitas maksimum 50 kg. Material yang digunakan adalah Stainless steel. Karena material ini merupakan tipe yang sering beredar di pasaran (Aszul K, 2020) Penggunaan material ini bertujuan untuk memberikan struktur yang kuat namun ringan yang kekuatan materialnya sudah diuji karena sifatnya yang tahan lama dan tidak mudah berkarat maka membuat Mesin Heat Vacuum Dryer menjadi lebih awet serta aman untuk mengeringkan makanan.
- 5. Menggunakan elemen pemanas paduan logam dengan daya 500 watt yang dapat mencapai suhu maksimum 1425°C

1.4 Tujuan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan diatas, maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

- 1) Untuk mengetahui kadar buah *strawberry* yang terangkat.
- 2) Untuk mengetahui laju pengeringan pada buah *strawberry* selama proses pengeringan dengan menggunakan beberapa rpm pada kipas.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini, antara lain

- 1) Sebagai salah satu pengembangan teknologi pengeringan makanan.
- 2) Sebagai informasi mengenai perhitungan tentang kadar air pada *strawberry* dan laju pengeringannya dengan menggunakan mesin Heat Vacuum Dryer.

1.6 Metode penelitian

Dalam menyusun skripsi ini penulis memperoleh data dengan menggunakan metode – metode sebagai berikut :

1. Metode Observasi

Yaitu metode pengumpulan data secara langsung dengan memperhatikan dan menganalisis konstruksi dari masing – masing variasi rpm pada extra fan. Dalam metode ini penulis melihat cara kerja extra fan

2. Metode Kepustakaan

Yaitu metode pengumpulan data yang diambil dari jurnal, modul dan juga penelitian yang sebelumnya sudah pernah dilakukan. Dengan metode ini dapat menunjang data-data yang didapat agar lebih spesifik

3. Metode Kuantitatif

karena model analisis datanya bersifat statistik untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan sehingga pada kesimpulan akhir akan diketahui bagaimana pengaruh jumlah RPM pada kipas terhadap laju pengeringan untuk kemudian dijadikan saran atau rekomendasi dari penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Meriadi dkk (2018) Dalam proses pengeringan biji-bijian selama ini para petani masih menggunakan sistem manual yaitu menjemur dibawah matahari, sehingga menghabiskan waktu beberapa hari untuk mengeringkan biji-bijian tersebut. Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah membuat mesin pengering yang bisa mengeringkan biji-bijian tersebut tanpa perlu menghabiskan banyak waktu. Banyak data yang harus diperoleh dalam penyusunan tugas akhir ini yaitu menggunakan metode literature, metode tanya jawab, dan metode eksperimen. Hasil yang ingin dicapai adalah mesin pengering ini bisa bekerja secara optimal sehingga menghasilkan hasil pengeringan yang baik.

(Mujumdar, 2003; Brooker, 1974) Pengeringan yang baik adalah pengeringan yang bisa memberikan efek yang minimal terhadap perubahan fisik seperti pengerutan (shrinkage), pengembangan (puffing), kristalisasi, bentuk transisi glass (glass transition).

Ebook Pangan (2006) suhu kritis stroberi pada suhu 36 – 38°C. Kerusakan buah stroberi pada suhu kritis ini berupa pelunakan, benyek dan busuk. Dari pengamatan suhu 10°C dan 30°C masuk ke dalam kategori aman untuk stroberi sedangkan untuk suhu 45°C sudah melewati suhu kritis stroberi.

Standar Nasional Indonesia (SNI 01-3710-1995) mempersyaratkan bahwa kadar air buah kering secara umum maksimum 31% b/b (BSN, 1995).

2.2 Perpindahan Panas

Dalam proses pengeringan terjadi proses perpindahan panas yang terbagi menjadi tiga cara yaitu konduksi (hantaran), konveksi, dan radiasi (sinaran).

A. Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi adalah proses dengan panas mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah

di dalam suatu medium (baik padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Dalam aliran panas konduksi, perpindahan energi terjadi karena hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Menurut teori kinetic, suhu elemen suatu zat sebanding dengan energi kinetik rata-rata molekul –molekul yang membentuk elemen itu. Energy yang dimiliki oleh suatu elemen zat yang disebabkan oleh kecepatan dan positif relatif molekul-molekulnya disebut energy dalam. Jadi, semakin cepat molekul-molekul bergerak, semakin tinggi suhu maupun energy dalam elemen zat. Bila molekul-molekul di satu daerah memperoleh energy kinetic rata-rata yang lebih besar daripada yang dimiliki oleh molekul-molekul disuatu daerah yang berdekatan, sebagaimana diwujudkan oleh adanya beda suhu, maka molekul-molekul yang memiliki energy yang lebih besar itu akan memindahkan sebagian energinya kepada molekul-molekul didaerah yang bersuhu lebih rendah. Konduksi adalah satu-satunya mekanisme dimana panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak tembus cahaya. Konduksi penting pula dalam fluida fluida, tetapi di dalam medium yang bukan padat biasanya tergabung dengan konveksi. (Frank Kreith,dkk)

B. Perpindahan panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah proses perpindahan energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cairan atau gas. (Frank Kreith,dkk).

Perpindahan energi melalui konveksi dari suatu permukaan yang memiliki suhu di atas suhu fluida sekitarnya terjadi dalam beberapa tahap. Pertama, panas akan mengalir melalui konduksi dari permukaan ke partikel-partikel fluida yang berdekatan. Energi yang dipindahkan ini akan meningkatkan suhu dan energi dalam partikel-partikel fluida tersebut. Selanjutnya, partikel-partikel fluida tersebut akan bergerak ke daerah yang memiliki suhu lebih rendah dalam fluida di mana mereka berada, di mana

mereka akan bercampur dan mentransfer sebagian energinya kepada partikel-partikel fluida lainnya. Perpindahan panas melalui konveksi terjadi melalui dua mekanisme, yaitu:

1. Konveksi bebas/konveksi alamiah (*free convection/natural convection*) Adalah perpindahan panas yang disebabkan oleh beda suhu dan beda rapat saja dan tidak ada tenaga dari luar yang mendorongnya.

Contoh : plat panas dibiarkan berada di udara sekitar tanpa ada sumber gerakan dari luar.

2. Konveksi paksaan (*forced convection*)

Adalah perpindahan panas yang aliran panas yang aliran gas atau cairannya disebabkan adanya tenaga dari luar.

Contoh : plat panas dihembus udara dengan kipas/blower.

C. Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah proses di mana energi panas mengalir dari benda yang memiliki suhu tinggi ke benda yang memiliki suhu rendah, bahkan jika kedua benda tersebut terpisah dalam ruang hampa. Panas dalam bentuk radiasi dipancarkan oleh sebuah benda dalam bentuk gelombang energi yang memiliki berbagai panjang gelombang. Perambatan panas radiasi dalam ruang mirip dengan perambatan cahaya dan dapat dijelaskan menggunakan teori gelombang. Ketika gelombang radiasi bertemu dengan suatu benda, energinya akan diserap oleh permukaan benda tersebut. (Frank Kreith,dkk)

Benda yang mampu memancarkan panas secara optimal disebut radiator yang sempurna dan dikenal sebagai benda hitam. Benda yang tidak mampu memancarkan panas secara optimal disebut benda abu-abu. Benda hitam, emisivitasnya berharga satu, sedangkan untuk benda abu-abu, nilai emisivitasnya selalu lebih kecil dari satu (Luqman Buchori, 2004).

Terdapat beberapa sumber radiasi yang kita kenal dalam kehidupan sehari-hari, seperti televisi, lampu, microwave oven untuk memanaskan makanan, komputer, dan lain-lain. Radiasi ini berbentuk gelombang elektromagnetik

atau foton, yang dikenal karena tidak memiliki massa dan muatan listrik. Contoh-contoh radiasi ini meliputi sinar gamma dan sinar-X, serta termasuk dalam kategori radiasi tampak seperti cahaya lampu, sinar matahari, gelombang mikro, radar, dan sinyal ponsel. (BATAN, 2008)

2.3 Elemen Pemanas

Elemen pemanas adalah komponen yang terdiri dari bahan penghantar listrik dan bahan isolasi, yang dirancang untuk tujuan pemanasan.

2.3.1 Material Elemen Pemanas

Material yang digunakan sebagai elemen pemanas biasanya adalah konduktor listrik yang baik. Namun, untuk mencapai tingkat disipasi panas yang lebih tinggi, terkadang konduktor listrik dicampur dengan bahan lain yang dapat meningkatkan kemampuan panas yang dihasilkan. Contohnya adalah lapisan isolator atau keramik yang membungkus bagian konduktor. Berdasarkan materialnya, elemen pemanas dapat terdiri dari:

A. Elemen metalik

Elemen metalik adalah elemen pemanas konvensional yang terbuat dari gulungan, lempengan, atau lembaran logam yang bersifat konduktif dan menghasilkan panas ketika dialiri listrik. Namun, selama operasi pemanasan yang berkelanjutan, elemen metalik rentan mengalami degradasi karena oksidasi permukaan yang terjadi selama proses pemanasan. Oleh karena itu, pemilihan jenis logam yang tepat untuk aplikasi pemanasan sangat penting untuk meningkatkan efisiensi penggunaan elemen pemanas. Pemilihan komposisi logam bergantung pada suhu operasional, resistivitas material, koefisien resistansi terhadap perubahan suhu, resistansi terhadap korosi, kekuatan mekanis, kemudahan dalam pembentukan, dan biaya. Tingkat keakuratan resistivitas elemen metalik biasanya sekitar $\pm 5\%$. Beberapa jenis campuran logam yang umum digunakan sebagai elemen metalik meliputi nikel-kromium, besi-nikel-kromium, dan besi-krom-aluminium.

Campuran besi-krom-aluminium mampu beroperasi pada suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan nikel-kromium. Logam-logam khusus seperti platina, tantalum, molibdenum, dan lainnya biasanya digunakan untuk keperluan khusus di laboratorium. (Meriadi, dkk. 2018)

B. Elemen lembaran (*sheathed elements*)

Untuk melindungi bagian elemen dalam berbagai kondisi lingkungan yang berbeda pada aplikasi pemanasan, terkadang bagian logam dari elemen tersebut dilapisi dengan lapisan isolasi. Lapisan ini berfungsi untuk memisahkan bagian logam elemen dengan lingkungan luar. Elemen yang memiliki konstruksi seperti ini dikenal sebagai elemen lembaran (*sheathed elements*), dan sering digunakan dalam peralatan rumah tangga seperti kompor, pemanas air celup, dan elemen pemanas ketel. Elemen lembaran ini terdiri dari kumparan koil yang dilapisi dengan bubuk magnesium oksida murni, yang membungkus logam seperti tembaga, nikel, atau stainless steel dalam bentuk lembaran. Daya yang dapat dihasilkan oleh elemen ini biasanya dinyatakan dalam watt per satuan luasnya (cm^2 lembaran). Selain magnesium oksida, dalam aplikasi industri, mika juga digunakan sebagai bahan pelapis isolasi pada elemen pemanas. Pemilihan bahan ini bergantung pada kebutuhan penggunaan yang mempertimbangkan kemampuan transfer panas, sifat mekanis dan listrik, serta ketahanan terhadap korosi.

C. Elemen keramik

Elemen keramik biasanya digunakan untuk aplikasi pemanasan dengan suhu yang sangat tinggi. Material yang digunakan dapat berupa silikon karbida, *molybdenum disilicide*, *lanthanum chromite*, dan *zirkonia* yang memiliki karakter konduktor listrik yang memungkinkan material tersebut berfungsi sebagai elemen pemanas. Selain itu dapat juga digunakan material grafit untuk aplikasi pemanasan tanpa menggunakan oksigen. Konstruksinya dapat berupa kawat spiral elemen metalik yang dilapisi lapisan keramik tebal dan kompak yang melindungi

bagian metal elemen. Elemen metal yang digunakan biasanya memiliki tingkat resistansi yang rendah sehingga dapat menghasilkan panas maksimal. Karena sifat bahan keramik yang mudah pecah dan retak, maka bagian penopang elemen jenis ini harus memberi ruang gerak yang leluasa sehingga elemen keramik dapat menyesuaikan pemuaian dan penyusutan yang terjadi selama proses pemanasan tanpa menyebabkan elemen ini pecah dan retak. Karakteristik resistivitas elemen keramik dibandingkan dengan elemen logam (metalik)

2.3.2 Konstruksi Elemen Pemanas

Konstruksi elemen pemanas baik yang menggunakan material logam, lembaran maupun keramik sangat tergantung kepada aplikasi pemakaian dari elemen tersebut. Hal yang perlu diperhatikan dalam konstruksi elemen pemanas adalah penggunaan material yang akan digunakan sebagai terminal atau lead dari elemen yang akan dipasang. Untuk elemen yang akan digunakan pada aplikasi dengan kondisi kelembaban tinggi, sebaiknya digunakan terminal yang tahan terhadap karat dan memiliki kemampuan untuk menahan arus yang melewati elemen tanpa mengalami kerusakan. Lead yang dipilih juga harus memiliki resistansi yang rendah dan mampu menangani besar daya pemanas (*joule heating*) yang terjadi selama proses pemanasan. Bentuk konstruksi yang umum digunakan pada elemen pemanas dapat bervariasi tergantung pada kebutuhan aplikasi dan sifat – sifat material yang digunakan.

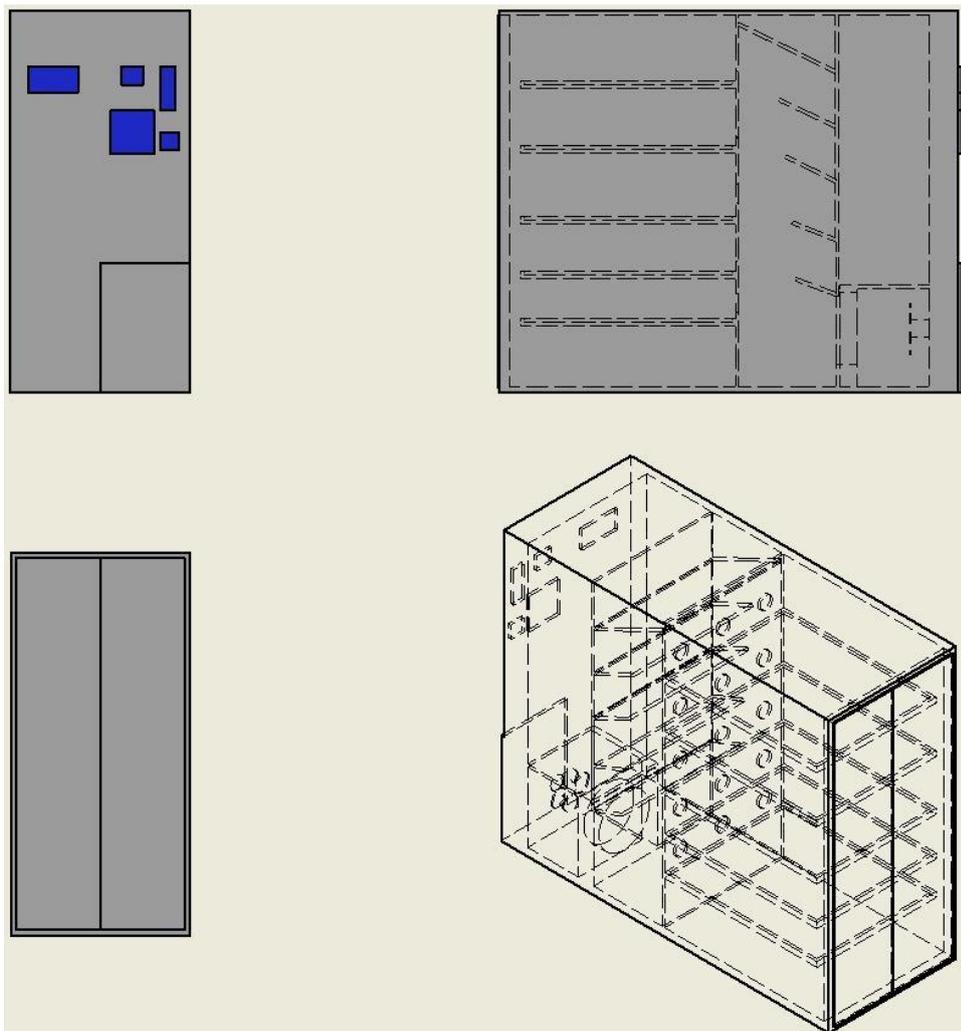
Ketika suatu logam dipanaskan, pemuaian yang lebih tinggi akan menyebabkan logam tersebut memanjang, sedangkan logam dengan koefisien pemuaian yang lebih rendah akan memuai lebih sedikit. Elemen pemanas berfungsi sebagai perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi panas. Elemen ini digunakan sebagai sumber panas dalam berbagai aplikasi, seperti pada alat pengering, oven, dan setrika listrik, dengan prinsip kerja yang serupa untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga. Elemen pemanas yang digunakan harus memenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut :

1. Tahan lama pada suhu yang dikehendaki
2. Pada suhu yang dikehendaki mekanik harus kuat
3. Koefisien muai kecil, pada suhu yang dikehendaki tidak mengalami perubahan bentuk
4. Mempunyai tahanan jenis tinggi

Ketika dua logam bersentuhan dan memiliki suhu yang berbeda, terjadi perpindahan panas dari benda yang lebih panas ke benda yang lebih dingin. Proses ini menyebabkan kedua benda mencapai kesetimbangan termal, di mana suhu keduanya akan menjadi sama.

2.4 Komponen Mesin Heat Vacuum Dryer

Mesin *Heat Vacuum Dryer* terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain:



Gambar 2. 1 Komponen Mesin Pengering

1. Ruang bejana (*Chamber*): komponen ini memiliki fungsi untuk meletakkan bahan uji (spesimen) yang akan dikeringkan. Biasanya berbentuk rak dan memiliki pintu yang dapat diakses untuk memasukkan dan mengeluarkan bahan (spesimen). Komponen ini terbuat dari bahan yang tahan terhadap suhu rendah seperti stainless steel. Ruang pengeringan ini berkapasitas ± 50 kg yang didapat dari volume ruang pengeringan sebesar 60x50x150 dan kemudian dibagi dengan massa jenis *stainless steel* sebesar 7990 kg/m³.
2. Elemen Pemanas: Elemen pemanas merupakan alat yang digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi panas, komponennya terdiri dari resistor pemanas dan aksesoris. Elemen tersebut terbuat dari beberapa paduan tahan logam seperti Fe-Cr-AiI dan Ni-Cr(Fe) yang dapat menghasilkan yang cukup panas untuk membuat elemen bersinar merah panas, sekitar 1112°F (600°C) atau lebih. Panas dihasilkan oleh aliran arus listrik melalui resistor melalui proses yang dikenal sebagai Pemanasan Joule . Elemen pemanas ini berfungsi untuk memanaskan air atau udara dengan menggunakan bahan yang memiliki konduktivitas panas tinggi guna mencapai efisiensi optimal.
3. Sistem vakum (*Vacuum System*): adalah bagian dari *Heat Vacuum Dryer* yang memiliki fungsi untuk menghisap udara lembab dari ruang pengering, serta untuk menghilangkan bau yang timbul dari proses penguapan pada objek yang sedang dikeringkan.

2.5 Pengeringan

Pengeringan adalah proses pemanasan teratur yang digunakan untuk menghilangkan sebagian besar air dari suatu bahan dengan menguapkannya. Proses ini berbeda dengan dehidrasi, yang bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam bahan dengan cara mengeluarkan atau menghilangkan air dalam jumlah yang lebih besar. Dehidrasi ini bertujuan untuk meningkatkan umur simpan bahan.

Pengeringan menurut James C Atuonwu (2011) pada dasarnya adalah proses pengurangan kadar air dari suatu bahan atau pemisahan yang relatif kecil dari bahan dengan menggunakan energi panas. Hasil dari proses pengeringan adalah bahan kering yang mempunyai kadar air yang lebih rendah. Pada proses pengeringan ini air diuapkan menggunakan udara tidak jenuh yang dihembuskan pada bahan yang akan dikeringkan. Air (atau cairan lain) menguap pada suhu yang lebih rendah dari titik didihnya karena adanya perbedaan kandungan uap air pada bidang antar-muka bahan padat-gas dengan kandungan uap air pada fasa gas. Gas panas disebut medium pengering, menyediakan panas yang diperlukan untuk penguapan air dan sekaligus membawa air keluar. Dengan tujuan dari pengeringan yaitu :

- a. Pengawetan bahan
- b. Mengurangi biaya transportasi bahan dan pengemasan
- c. Mempermudah penanganan dari bahan untuk proses selanjutnya
- d. Mendapatkan mutu hasil yang diinginkan

Perubahan jumlah kandungan udara yang terkandung dalam bahan yang akan digunakan dalam setiap satuan berat dan waktu disebut sebagai laju pengeringan. Semakin rendah kadar air suatu bahan pangan maka semakin lambat laju penurunan kadar airnya (Dessy, 2016) dalam (Sushanti et al., 2018). Semakin tinggi suhu pengeringan maka semakin banyak energi yang diberikan dan semakin cepat laju pengeringan (Nufrianto, 2018). Laju pengeringan dibagi menjadi dua macam yaitu, laju konstan dan laju penurunan. pangan agar lebih panjang atau tahan lama. (Muarif, 2013). Pada data analisis laju pengeringan didapat rumus sebagai berikut (Arhamsyah, Dkk, 2018) :

$$L = \frac{M_1 - M_2}{t}$$

Keterangan :

L = Laju pengeringan per Jam (%/jam)

M_1 = Kadar air rata-rata sebelum dikeringkan (%)

M_2 = Kadar air rata-rata setelah dikeringkan (%)

t = Waktu yang diperlukan untuk menurunkan kadar air (jam).

2.5.1 Prinsip Dasar Pengeringan

Pengeringan adalah suatu proses penguapan air dari bahan basah dengan media pengering menyangkut proses perpindahan panas dan massa yang terjadi secara bersamaan. Proses perpindahan massa yang terjadi adalah dengan cara konveksi serta perpindahan panas secara konduksi dan radiasi tetap terjadi dalam jumlah yang relatif kecil yang terjadi antara medium pengering dengan bahan. Selanjutnya setelah terjadi penguapan air, uap air yang terbentuk harus dipindahkan melalui struktur bahan ke medium sekitarnya. Proses ini akan menyakut aliran fluida dengan cairan harus ditransfer melalui struktur bahan selama proses pengeringan berlangsung.

Panas harus disediakan untuk menguapkan air dan air harus mendifusi melalui berbagai macam tahanan agar dapat lepas dari bahan dan berbentuk uap air yang bebas. Lama proses pengeringan tergantung pada bahan yang dikeringkan dan cara pemanasan yang digunakan. Adapun penguapan air dalam bahan terjadi dalam 3 tahapan, yaitu: pemanasan pendahuluan atau penyesuaian temperatur bahan yang dikeringkan, pengeringan dengan kecepatan konstan (Constant Rate Period), dan pengeringan dengan kecepatan menurun (Falling Rate Period) (Treyball, 1983), yaitu :

1. Periode Pengeringan dengan laju tetap (*Constant rate period*)

Pada periode ini bahan-bahan yang dikeringkan memiliki kecepatan pengeringan yang konstan. Bahan basah mempunyai kandungan air yang akan membentuk lapisan air di permukaan. Proses penguapan pada periode ini terjadi pada titik air tak terikat, dimana suhu pada bahan sama dengan suhu bola basah udara pengering. Periode pengeringan laju tetap dapat dianggap dalam keadaan steady.

2. Periode pengeringan dengan laju menurun (*Falling Rate Period*)

Pada periode ini air yang diuapkan sangat kecil dan membutuhkan waktu pengeringan yang lama. Di periode ini air tidak cukup lagi untuk membuat lapisan air pada permukaan bahan sehingga permukaan tidak lagi basah. Selanjutnya pengeringan terjadi lebih lambat. Panas untuk evaporasi ditransfer dari permukaan bahan dan air dari dalam bahan berpindah keluar dengan cara difusi dan perpindahan secara kapiler pada bahan. Mekanisme keluarnya air dari dalam bahan selama pengeringan adalah sebagai berikut:

- a. Air bergerak melalui tekanan kapiler.
- b. Penarikan air disebabkan oleh perbedaan konsentrasi luran di setiap bagian bahan.
- c. Penarikan air ke permukaan bahan disebabkan oleh absorpsi dari lapisan permukaan komponen padatan dari bahan.
- d. Perpindahan air dari bahan ke udara disebabkan oleh perbedaan tekanan uap Adapun beberapa faktor yang perlu diperhatikan menurut Hardianti dkk. (2017) untuk memperoleh kecepatan pengeringan maksimum:

- Luas permukaan

Semakin luas permukaan bahan maka akan semakin cepat bahan menjadi kering. Biasanya bahan yang akan dikeringkan dipotong-potong untuk mempercepat pengeringan, karena perlakuan tersebut menyebabkan permukaan bahan semakin luas.

- Suhu

Semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan akan semakin cepat proses perpindahan panas berlangsung, sehingga mengakibatkan proses pengeringan semakin cepat dan semakin tinggi suhu udara pengering maka semakin besar energi panas yang digunakan untuk melakukan proses perpindahan panas, sehingga perpindahan massa dan proses pengeringan berlangsung dengan cepat.

- Kecepatan udara

Udara bergerak dengan kecepatan tinggi berguna untuk mengambil uap air dari bahan yang dikeringkan. Selain itu, udara yang bergerak ini dapat mencegah terjadinya udara jenuh yang dapat memperlambat pengeringan.

- Kelembapan udara

Semakin lembab udara di dalam ruang pengering dan sekitarnya maka akan semakin lama proses pengeringan berlangsung, begitu juga sebaliknya. Karena udara kering dapat mengabsorpsi dan menahan uap air.

- Waktu

Semakin lama waktu pengeringan maka perpindahan massa air dari bahan yang dikeringkan ke udara pengering akan semakin banyak, sehingga bahan akan semakin kering.

2.5.2 Laju Pengeringan Konstan

Sebelum laju pengeringan menurun, ada laju pengeringan yang konstan. Karena perpindahan udara internal lebih kecil dari perpindahan udara pada permukaan material, lajunya tetap konstan (Brooker et al., 1981, dalam Manalu et al., 2012). Air yang menguap terdiri atas dua yaitu air bebas dan air terikat. Air bebas terdapat pada permukaan bahan pangan yang akan pertama kali mengalami penguapan, apabila air yang berada di permukaan bahan pangan sudah habis, maka akan terjadi perpindahan air dan uap air yang berada pada bagian dalam bahan akan ke permukaan bahan pangan secara berkala (Nining, 2015). Dalam persamaan laju pengeringan konstan variabel X adalah t (waktu) dan variabel Y adalah penurunan kadar air ($M_t - M_0$) dimana M_t adalah kadar air pada waktu t dan M_0 adalah kadar air pada waktu 0. Untuk korelasi sederhana variabel X dan Y ditunjukkan untuk nilai R. Sedangkan persentase pengaruh variabel X dan Y ditunjukkan oleh nilai R^2 . (Eviyani & Sushanti, 2021)

2.5.3 Laju Pengeringan Menurun

Selama periode laju pengeringan berkurang, air yang diuapkan melalui

permukaan bahan lebih besar daripada air yang ditransfer dari bagian dalam bahan ke permukaan bahan. Dua proses yang menyebabkan proses pengeringan menjadi lambat adalah difusi kadar air dari dalam bahan ke permukaan bahan dan perpindahan kadar air dari permukaan bahan ke udara bebas (Hall, 1980 dalam Wicaksono, 2019). Pada laju pengeringan menurun, ditetapkan terlebih dahulu nilai besarnya kadar air keseimbangan (M_e) dari persamaan $dM/dt = -K(M - M_e)$ dimana M merupakan kadar air bahan pada lama pengeringan waktu t (jam). Kadar air M ditunjukkan sebagai sumbu X dan dM/dt sebagai sumbu Y yang menghasilkan Kx . (Eviyani & Sushanti, 2021)

2.5.4 Mekanisme Pengeringan

Udara dalam proses pengeringan berperan sebagai sumber panas untuk memanaskan bahan, yang menyebabkan air dalam bahan menguap. Selain itu, udara juga berfungsi sebagai pengangkut uap air yang dihasilkan oleh bahan yang sedang dikeringkan. Peningkatan kecepatan udara akan meningkatkan kecepatan pengeringan. Ketika kadar air bahan mendekati kesetimbangannya, waktu yang dibutuhkan untuk pengeringan juga akan meningkat, atau dengan kata lain, prosesnya akan lebih lambat (Muarif, 2013). Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pengeringan suatu bahan pangan adalah (Buckle et al, 1987):

1. Sifat fisik dan kimia dari bahan pangan.
2. Pengaturan susunan bahan pangan.
3. Sifat fisik dari lingkungan sekitar alat pengering.
4. Proses pemindahan dari media pemanas ke bahan yang dikeringkan melalui dua tahapan proses selama pengeringan yaitu:
 - a) Proses perpindahan panas terjadinya penguapan air dari bahan yang dikeringkan,
 - b) Proses perubahan air yang terkandung dalam media yang dikeringkan menguapkan air menjadi gas.

2.5.5 Faktor Pengeringan

Proses pengeringan bahan pangan dipengaruhi oleh banyak faktor dimana secara umum faktor-faktor tersebut dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu:

1. Faktor Internal

Faktor internal merupakan faktor yang berasal dari bahan pangan tersebut.

Faktor-faktor tersebut adalah:

a. Luas permukaan bahan pangan

Air menguap melalui permukaan bahan, sedangkan air yang berada di dalam bahan akan bergerak menuju permukaan sebelum menguap. Untuk mempercepat proses pengeringan, biasanya bahan pangan yang akan dikeringkan dipotong atau diiris terlebih dahulu. Tindakan ini akan memperluas area permukaan bahan, yang memungkinkan air lebih mudah keluar. Potongan kecil atau pembentukan lapisan tipis juga berguna untuk mengurangi jarak yang harus ditempuh oleh air untuk keluar dari bahan tersebut.

b. Kadar air bahan pangan sebelum dikeringkan

Semakin besar kadar air didalam bahan maka pengeringan yang terjadi akan semakin lambat.

c. Komposisi kimia bahan

Apabila bahan pangan tersebut memiliki komposisi kimia yang mampu mengikat air maka proses pengeringan akan berlangsung lebih lama.

d. Ukuran bahan pangan

Semakin tebal ukuran suatu bahan maka semakin lama proses pengeringan akibat sulitnya air yang berada di bagian tengah untuk menguap.

e. Tekanan parsial dalam bahan pangan

Tekanan parsial adalah tekanan gas individual dalam campuran gas pada

suhu yang sama. Semakin rendah tekanan parsial, semakin rendah pula kadar kelembapan udara, yang dapat mempengaruhi proses pengeringan. Prinsip pengeringan umumnya melibatkan dua proses, yaitu pemberian panas pada bahan yang akan dikeringkan dan pengeluaran air dari dalam bahan tersebut. Dua fenomena ini mencakup transfer panas ke dalam bahan dan transfer massa keluar dari bahan. Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam kecepatan pengeringan adalah:

- a) Luas permukaan
- b) Perbedaan suhu sekitar
- c) Kecepatan aliran udara
- d) Tekanan udara

2. Faktor Eksternal

Faktor eksternal merupakan faktor yang berasal dari lingkungan atau dari luar bahan pangan. Faktor-faktor tersebut adalah:

a. Suhu

Semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dan bahan pangan akan meningkatkan laju pemindahan panas pada bahan dan percepatan penghilangan air dari bahan tersebut. Namun, jika tidak dilakukan dengan benar, proses pengeringan dapat menyebabkan case hardening, yaitu kondisi di mana bagian luar bahan menjadi kering sementara bagian dalamnya masih basah. Untuk mengatasi hal ini, penting untuk menjaga suhu yang tepat dan merata pada seluruh permukaan bahan yang sedang dikeringkan agar dapat menghindari terjadinya case hardening.

b. Tekanan

Semakin rendah tekanan udara, semakin besar kemampuan udara untuk mengangkut air selama proses pengeringan karena udara yang memiliki tekanan rendah memiliki kerapatan yang lebih rendah. Hal ini memungkinkan udara untuk menampung lebih banyak uap air dan mengeluarkannya dari bahan yang sedang dikeringkan.

c. Kelembapan udara

Kelembapan udara mempengaruhi proses pengeringan di mana semakin rendah kelembabannya, pengeringan akan semakin cepat. Kelembapan yang rendah menyebabkan perbedaan konsentrasi antara udara dan spesimen menjadi lebih besar, sehingga mempercepat keluarnya uap air dari dalam spesimen.

2.5.6 Metode Umum Pengeringan

Menurut C. J. Geankoplis (1993) Metode dan proses pengeringan dapat diklasifikasikan dalam berbagai cara yang berbeda. Proses pengeringan dapat dikelompokkan sebagai :

- a. Pengeringan Batch adalah pengeringan dimana bahan yang dikeringkan dimasukkan ke dalam alat pengering dan didiamkan selama waktu yang ditentukan.
- b. Pengeringan Continue adalah pengeringan dimana bahan basah masuk secara sinambung dan bahan kering keluar secara sinambung dari alat pengering. Berdasarkan kondisi fisik yang digunakan untuk memberikan panas pada sistem dan memindahkan uap air
- c. Pengeringan kontak langsung Menggunakan udara panas sebagai medium pengering pada tekanan atmosfer. Pada proses ini uap yang terbentuk terbawa oleh udara
- d. Pengeringan Vakum Menggunakan logam sebagai medium pengontak panas atau menggunakan efek radiasi. Pada proses ini penguapan air berlangsung lebih cepat pada tekanan rendah
- e. Pengeringan beku (freeze drying) Pengeringan yang melibatkan proses sublimasi air dari material yang dibekukan dengan tekanan yang sangat rendah dan dihasilkan kualitas produk dari pengeringan yang tinggi. (Kunal A. Gaidhani, 2015)

2.6 Kadar Air

Kadar air dalam suatu bahan mengacu pada persentase berat air yang terkandung di dalamnya dibandingkan dengan berat total bahan tersebut. Kadar

air bisa dinyatakan dalam dua cara, yaitu kadar air berdasarkan bahan kering (dry basis) dan kadar air berdasarkan bahan basah (wet basis). Dalam konteks pengeringan bahan, kadar air memainkan peran penting karena berpengaruh pada durasi pengeringan, proses pengeringan secara keseluruhan, perubahan yang terjadi pada bahan, dan kondisi peralatan pengering selama proses tersebut berlangsung (Hall, 1957 dan Richey et al., 1961). Kecepatan pengeringan suatu bahan diukur dengan banyaknya air yang dapat dipindahkan atau diuapkan dalam setiap satuan waktu pengeringan (Richey et al., 1961). Pengukuran kadar air menurut Sudarmadji et al. (2007) dilakukan dengan metode pengeringan oven dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$X = \frac{(b.cawan+b.sampel)-(b.cawan+b.sampel \text{ setelah dikeringkan})}{berat \text{ bersih}} \times 100\%$$

2.7 Kipas (*Fan*)

Kipas angin (*fan*) adalah perangkat mekanis yang digunakan untuk membuat aliran gas kontinu seperti udara. Dalam setiap sistem pendingin, yang menggunakan gas sebagai penghantar, kipas angin adalah unit wajib yang menciptakan aliran udara dalam sistem. Sistem ini dapat dilihat dalam kipas angin sederhana yang digunakan di rumah tangga. Ketika membutuhkan tekanan yang tinggi diperlukan *blower* yang digunakan sebagai pengganti kipas angin. Sehingga, Fan dapat menghasilkan aliran gas dengan sedikit tekanan dan volume gas yang lebih besar, sementara blower dapat menghasilkan rasio tekanan yang relatif lebih tinggi dengan volume aliran gas yang lebih besar. Adapun jenis-jenis kipas angin (*fan*) antara lain (Rizki Fauzi, Academia.edu):

1. Berdasarkan pengaturan kecepatannya

Berdasarkan pengaturan kecepatannya, fan ada yang memiliki kecepatan sehingga dapat diatur kecepatannya dan ada pula memiliki kecepatan konstan.

2. Berdasarkan desainnya

a. Centrifugal fan

Centrifugal fan adalah mesin yang digunakan untuk menggerakkan udara atau gas lainnya. Fan ini menaikkan kecepatan dari aliran udara dengan bagian berputarnya. Fan ini memanfaatkan energi kinetik dari kipasnya untuk menaikkan tekanan udara.

b. *Axial fan*

Axial fan memakai gaya poros untuk menggerakkan udara atau gas, berputar dengan poros utama dengan kipas yang dipasang secara tegak lurus dari diameter luar poros. Axial fan biasa digunakan pada sistem ventilasi silindrikal pendek, yang aliran masuk dan keluarnya dapat dihubungkan.

3. Berdasarkan Penempatannya

a. *Exhaust fan*

Exhaust fan adalah *fan* yang ditempatkan setelah komponen utamanya sehingga fungsinya untuk menarik udara/gas ke arah komponen tersebut.

b. *Blower fan*

Blower fan adalah *fan* yang ditempatkan sebelum komponen utamanya sehingga fungsinya untuk mendorong udara/gas ke arah komponen tersebut (Rizki Fauzi, Academia.edu).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, karena menggunakan model analisis statistik untuk menguji hipotesis yang telah dirumuskan. Dengan demikian, pada kesimpulan akhir dapat ditarik kesimpulan mengenai pengaruh jumlah RPM pada kipas terhadap laju pengeringan. Hasil penelitian ini nantinya dapat dijadikan dasar untuk memberikan saran atau rekomendasi.

Metode yang digunakan adalah kuantitatif komparatif. Penelitian ini menerapkan pendekatan komparatif untuk membandingkan laju pengeringan pada mesin *Heat Vacuum Dryer* dengan variasi RPM pada kipasnya.

Tabel 3.1 Desain Penelitian

Kelompok	Objek	Perlakuan	Hasil
Eksperimen 1	A	X1	Y1
Eksperimen 2	A	X2	Y2

Keterangan tabel desain penelitian sebagai berikut :

A : Buah *Strawberry*

X1,X2 : Rpm yang digunakan kipas

Y1,Y2 : Hasil pengukuran laju pengeringan

3.2 Tempat Penelitian

Pengambilan data dan pembuatan alat dalam penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Institut Teknologi Nasional Malang yang memiliki alamat di JL. Raya Karanglo KM.2, Tasikmadu, Kec Lowokwaru, Kota Malang Jawa Timur pada tanggal 5 maret sampai selesai.

3.3 Variabel Penelitian

Di dalam penelitian ini terdapat tiga jenis variabel yang dipergunakan, diantaranya sebagai berikut:

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang nilainya ditentukan secara independen dan tidak dipengaruhi oleh variabel lainnya. Dalam konteks penelitian ini, variabel bebas adalah kipas yang memiliki 4 sudut.

2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung pada variabel bebasnya, dan tidak dapat ditentukan secara independen. Dalam penelitian ini, variabel terikat yang diamati adalah pengaruh putaran RPM kipas.

3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol pada penelitian ini yaitu :

- a. Suhu kerja mesin 70-80°C
- b. Suhu udara sekitar 28°C

3.4 Instrumen Penelitian

3.4.1 Alat dan bahan:

1) Elemen Pemanas

Elemen pemanas adalah komponen yang terdiri dari bahan penghantar listrik dan bahan isolasi yang dirancang untuk tujuan pemanasan. Dengan spesifikasi sebagai berikut:

Nama	Elemen Pemanas Paduan Logam
Voltage	AC 220V
Power	600 Watt
Dimensi	20 x 20 cm
Berat	50 gr



Gambar 3. 1 Elemen Pemanas

2) *Vacuum Fan*

Vacuum Fan digunakan untuk mengeluarkan udara dan gas dari suatu ruang tertutup. Pada alat ini digunakan untuk mengeluarkan bau dan dan air yang mengembun di dalam ruangan pengering.

3) *Thermostat*

Thermostat adalah bagian yang mengatur suhu di dalam bangunan. Pengguna dapat menetapkan suhu yang diinginkan, dan thermostat akan mengatur pengoperasian furnace dan AC untuk menjaga suhu tersebut.. Spesifikasi sebagai berikut:

Nama	Thermostat XH-W3001
Berat	200 gr
Dimensi	60 x 45 x 31 mm
Temperature range	-50-110°C
Voltage	220V Output



Gambar 3. 2 Thermostat

4) Kipas

Kipas berfungsi untuk menyebarkan udara panas ke produk yang sedang dikeringkan sehingga produk yang ditempatkan di dalam ruang pemanas menjadi kering. Kipas yang digunakan adalah Kipas mobil kijang dengan spesifikasi sebagai berikut:

Nama	Kipas kijang 4k/KF 20
Berat	1 kg
Dimensi	Diameter 20
Sudu	4



Gambar 3. 3 Fan

5) Tachometer

Tachometer digunakan untuk mengukur putaran kipas atau rpm. Tachometer yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Nama	DT-2234C +
Test range	2.5 – 99999 RPM
Ukuran	131x70x38 mm



Gambar 3. 4 Tachometer

6) Rellay AC

Rellay adalah komponen tambahan yang digunakan untuk mengurangi hambatan arus dalam rangkaian. Pemasangan relay dapat mempersingkat jalur rangkaian dan memastikan arus listrik mengalir tanpa banyak penurunan. Hal ini memungkinkan arus listrik disalurkan secara maksimal ke komponen lainnya.

Nama	Relay MY2N
Voltage	12, 24, 220V
Frekuensi	50 – 60 Hz
Pin	8 kaki



Gambar 3. 5 Rellay

7) Dimmer DC

Dimmer adalah komponen yang digunakan untuk mengontrol intensitas cahaya lampu, mengatur kecepatan putaran motor DC, dan mengatur panas pada heater. Spesifikasinya sebagai berikut:

Berat	0,13 kg
Voltage	DC 12 – 24V
Output	Max 30A
Ukuran	8,5 x 6,2 x 3,5 cm
Suhu kerja	20 - 70°C

8) Plat Stainless

Stainless steel adalah campuran besi dengan penambahan unsur seperti kromium, nikel, silikon, mangan, nitrogen, dan karbon. Sifat – sifat dari campuran akhir dapat diatur dengan mengatur jumlah elemen yang berbeda tersebut. Dalam mesin pemanas ini, plat stainless steel digunakan sebagai kerangka mesin pemanas dan juga dalam ruang pemanas itu sendiri. Pada mesin pemanas ini, plat stainless steel digunakan sebagai body dari mesin pemanas serta ruangan pemanas. Pada alat ini menggunakan plat dengan tebal 1mm dengan dimensi plat untuk ruangan pemanas 100x80x150



Gambar 3. 6 Stainless Stell

9) Plat Alumunium

Aluminium adalah logam unsur kimia yang mengandung beberapa elemen seperti oksigen, silikon, besi, kalsium, natrium, kalium, dan magnesium. Bahan

ini umumnya ditemukan dalam mineral aluminosilikat, yang berasal dari batuan kerak bumi. Dalam mesin ini, aluminium digunakan sebagai bahan penyekat antara ruang mesin, ruang pengering, dan loyang pada pemanas.

10) Power Supply

Power Supply adalah merupakan komponen yang digunakan untuk memasok atau menyediakan daya listrik ke seluruh komponen dalam sebuah sistem perangkat elektronik



Gambar 3. 7 Power Supply

11) Saklar

Saklar merupakan komponen yang penting pada sebuah alat elektronik, alat ini berfungsi sebagai pemutus atau menyambungkan daya listrik



Gambar 3. 8 Saklar

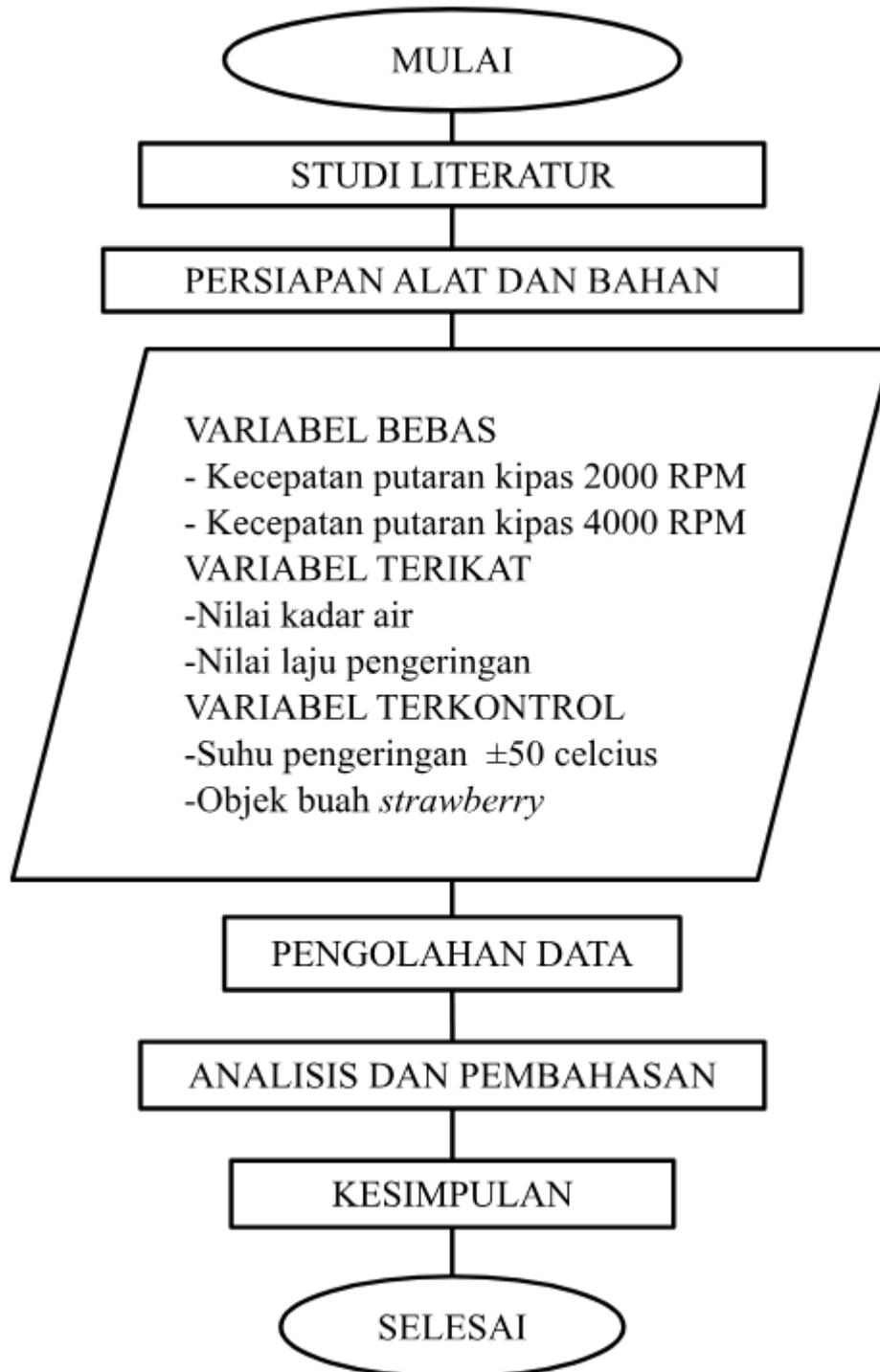
12) Timbangan Digital

Alat ini berfungsi untuk mengukur berat benda yang akan dijadikan objek dalam penelitian.



Gambar 3. 9 Tombangan Digital

3.5 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3. 10 Diagram Alur Penelitian

Alur penelitian sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah, pada tahap ini penelitian dimulai dengan studi literatur, perumusan masalah, dan tujuan penelitian.
 - a) Studi Literatur

Studi literatur adalah proses pengumpulan informasi dari berbagai sumber seperti jurnal ilmiah, buku, internet, artikel penelitian, dan lainnya. Informasi ini digunakan untuk mendukung penyusunan penelitian dengan memperoleh berbagai data dan keterangan yang relevan.
 - b) Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang dilakukan berfokus pada penetapan sasaran yang akan diteliti dan kemudian mencari solusi pemecahannya.
 - c) Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian disusun berdasarkan rumusan masalah yang sudah ditetapkan.
2. Menyiapkan alat dan bahan untuk penelitian yaitu stainless, kipas besar, kipas ac, dimmer dc, elemen pemanas, thermostat, alat las, rellay ac, thermometer, tachometer, toolbox dan lembar observasi.
3. Melakukan pengujian untuk mendapatkan data-data rpm kipas terhadap laju pengeringan mesin pemanas dan mengisikan data pada lembar observasi.
4. Sesudah mendapatkan hasil pengujian yang memenuhi syarat, langkah selanjutnya adalah analisis data.
5. Pembahasan, dilakukan untuk memaparkan hasil pengujian dan hasil data yang diperoleh sehingga penelitian dapat ditarik kesimpulan.
6. Selesai dan diartikan sebagai penyusunan laporan penelitian.

3.6 Prosedur Pengambilan Data

Langkah-langkah yang dilakukan untuk pengambilan data dalam penelitian ini yaitu:

1) Persiapan

Tahap persiapan adalah tahap awal penelitian sebelum melakukan pengambilan data penelitian, berikut tahap perisapan.

a. Studi Literatur

Studi literatur adalah proses pengumpulan informasi dari berbagai sumber seperti jurnal, buku, internet, artikel penelitian, dan lainnya. Tujuannya adalah untuk mendapatkan berbagai informasi dan keterangan yang mendukung penyusunan penelitian.

b. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dilakukan dengan fokus pada penentuan tujuan penelitian yang akan diselidiki serta mencari solusi untuk memecahkannya.

c. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian disusun berdasarkan rumusan masalah yang sudah ditetapkan.

d. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan

- Memastikan pemanas berfungsi dengan normal
- Pengecekan suhu pada ruangan pengering harus dalam keadaan stabil.
- Menyiapkan lembar observasi
- Kalibrasi alat pengukur berupa tachometer

2) Tahap Pengujian

Sesudah melakukan persiapan, maka selanjutnya melakukan pengujian dan pengambilan data dengan langkah berikut :

- a. Menyiapkan mesin Heat Vacuum Dryer dan objek yang akan dikeringkan.
- b. Timbang berat awal objek dengan alat ukur timbangan digital.
- c. Menghidupkan mesin Heat Vacuum Dryer sampai mencapai suhu yang diinginkan (pre-heat).
- d. Kondisikan kipas pada rpm yang sudah ditentukan dengan suhu pada ruangan pengering 30°C. Lalu ambil data dengan waktu 5 jam.
- e. Catat hasil pengukuran yang terdapat di tachometer dan timbangan digital kedalam lembar observasi.
- f. Matikan mesin, lalu mulai kembali pengujian sebanyak 2 kali dengan variasi putaran mesin ± 2000 dan ± 4000 rpm.

3) Pengecekan Data Hasil Uji Coba

Setelah menguji data untuk memastikan kelengkapan pengambilan data, langkah selanjutnya adalah menganalisis data tersebut untuk mencapai kesimpulan akhir dari penelitian ini.

4) Pembuatan Laporan

Tahap selanjutnya adalah membuat laporan penelitian dan mengambil kesimpulan dari penelitian sesuai dengan hasil pengolahan data.

3.6.1 Alat Ukur yang Digunakan

1) Tachometer

Tachometer merupakan alat yang berfungsi untuk mengukur kecepatan putaran pada kipas

2) Timbangan digital

Timbangan adalah alat yang digunakan untuk mengukur berat atau massa suatu benda atau zat.

3) Thermogun

Merupakan alat bantu yang mampu mengukur suhu atau temperatur tanpa menyentuh objek.

3.7 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan pengumpulan data hasil pengujian RPM kipas terhadap laju pengeringan pada mesin pemanas.

Tabel 3. 1 Kadar Air

Rak	0 menit/g r	60 menit/g r	120 menit/g r	180 menit/g r	240 menit/g r	300 menit/ gr	Kadar Air Strawberr y yang Teruapkan (%)
RATA - RATA							

Tabel 3. 2 Laju Pengeringan

Rak	Waktu (jam)	Kadar Air Awal (%)	Kadar Air Akhir (%)	Laju Pengeringan (%/jam)
RATA - RATA				

Tahap selanjutnya adalah tahap analisis data, yang merupakan proses sistematis untuk mengeksplorasi, menghitung, atau memproses seluruh data yang diperoleh dari penelitian. Analisis ini dilakukan sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan, dengan tujuan untuk mendapatkan pemahaman tentang pengaruh perbedaan jumlah RPM pada kipas terhadap laju pengeringan.

Berdasarkan permasalahan yang diformulasikan dalam hipotesis penelitian, teknik analisis data yang digunakan adalah metode statistik menggunakan Uji T. Uji T dipilih karena memungkinkan perbandingan antara dua variabel bebas. Tujuan dari pengujian hipotesis ini adalah untuk menilai pengaruh perbedaan jumlah RPM kipas terhadap laju pengeringan pada mesin pemanas.

Menurut Duwi Priyatno (2017:193) bahwa analisis data melibatkan penerapan teknik statistik dan rumus untuk mengolah hasil penelitian secara sistematis sesuai dengan prosedur yang dipilih oleh peneliti. Dalam penelitian ini, analisis data menggunakan teknik statistik uji T dengan tipe paired samples t-test, yang melibatkan pengujian perbedaan antara dua sampel yang berpasangan. Uji ini memerlukan uji prasyarat normalitas. Subyek yang digunakan dalam penelitian ini adalah kipas mobil Kijang, yang merupakan subjek yang sama tetapi mengalami perlakuan yang berbeda.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data Kadar Air

Buah *strawberry* memiliki rasa khas manis dan menyegarkan, serta banyak mengandung vitamin dan antioksidan yang berguna bagi kesehatan tubuh. Selain itu, stroberi memiliki kadar air tinggi 89,9 % cepat (Rukmana, 2008). Pengukuran kadar air menurut Sudarmaji et al. (2007) :

$$\frac{(b. \text{cawan} + b. \text{sampel}) - (b. \text{cawan} + b. \text{sampel setelah dikeringkan})}{\text{berat bersih}} \times 100\%$$



Gambar 4. 1 Indikator Suhu 30°C

Pengambilan data dalam penelitian ini, pengeringan *Strawberry* dilakukan selama 5 jam menggunakan suhu 30 °C dengan berat *strawberry* 100 gram serta berat loyang 750 gram. Maka diperoleh data kadar air *strawberry* yang teruapkan dengan variasi rpm 2.000 dan 4000 sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Pengujian dengan menggunakan 2000 rpm

Rak	0 menit/gr	60 menit/gr	120 menit/gr	180 menit/gr	240 menit/gr	300 menit/gr	Kadar Air Strawberry yang Teruapkan (%)
1	100	96,1	92,2	88,1	84	79,8	20,2
2	100	96,14	92,3	88,41	84,3	79,9	20
3	100	96,2	92,3	88,3	84,4	80,3	19,7
4	100	96,24	92,33	88,37	84,41	80,32	19,68
5	100	96,32	92,42	88,5	84,4	80,4	19,6
RATA - RATA							19,86

Tabel 4. 2 Kadar air setiap jam yang teruap menggunakan 2000 rpm

Rak	0 menit	60 menit	120 menit	180 menit	240 menit	300 menit
1	89,9	86	82,1	78,2	74,1	69,7
2	89,9	86,04	82,2	78,31	74,3	69,9
3	89,9	86,1	82,2	78,2	74,3	70,2
4	89,9	86,14	82,23	78,27	74,31	70,22
5	89,9	86,22	82,32	78,4	74,3	70,3

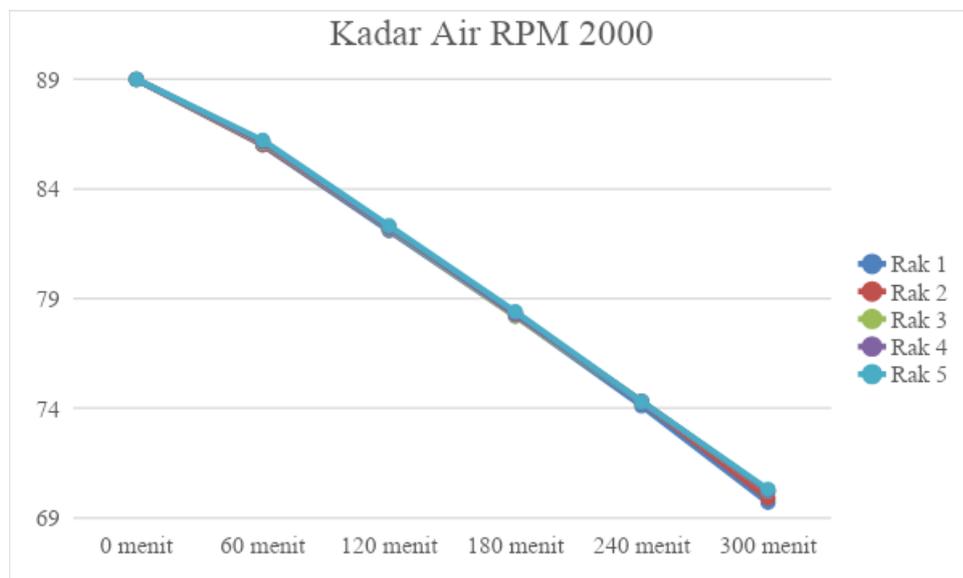
Tabel 4. 3 Pengujian menggunakan 4000 rpm

Rak	0 menit/gr	60 menit/gr	120 menit/gr	180 menit/gr	240 menit/gr	300 menit/gr	Kadar Air Strawberry yang Teruapkan (%)
1	100	96,4	93	89,4	85,8	82,24	17,76
2	100	96,48	92,96	89,44	85,93	82,43	17,57
3	100	96,53	93,06	89,6	86,16	82,71	17,29
4	100	96,59	93,17	89,77	86,36	82,93	17,07
5	100	96,64	93,28	89,94	86,61	83,25	16,75
RATA - RATA							17,29

Tabel 4. 4 Kadar air setiap jam yang teruap menggunakan 4000 rpm

Rak	0 menit	60 menit	120 menit	180 menit	240 menit	300 menit
1	89,9	86,3	82,9	79,3	75,7	72,14
2	89,9	86,38	82,86	79,3	75,79	72,33
3	89,9	86,43	82,98	79,52	76,08	72,61
4	89,9	86,49	83,07	79,67	76,27	72,83
5	89,9	86,54	83,18	79,84	76,51	73,15

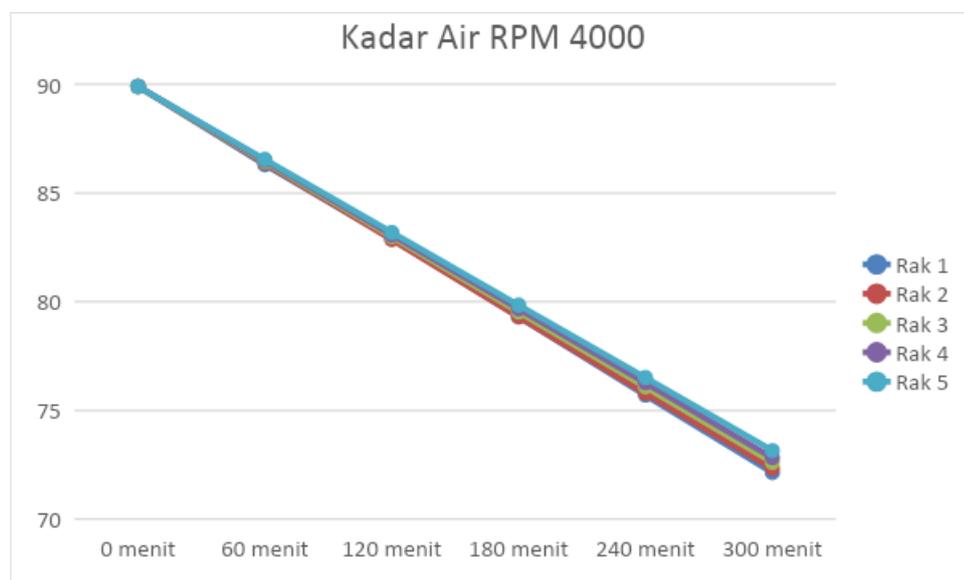
Berikut data – data kadar air pada strawberry setelah pengujian pada mesin *Heat Vacuum Dryer* yang disajikan dalam bentuk grafik seperti pada tabel 4.2



Gambar 4. 2 Kadar Air Dengan 2000 RPM

Pada gambar 4.2 menunjukkan hasil kadar air *strawberry* yang teruapkan menggunakan kipas pada 2000 rpm, suhu 30° dan dilakukan selama 5 jam mengalami penurunan yang cukup signifikan. Akan tetapi hasil pada setiap rak berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh letak pemanas yang berada di bawah, yang mengakibatkan loyang yang berada di bawah sendiri akan lebih cepat panas dari pada loyang yang berada di atas. Namun perbedaannya tidak jauh, hanya berkisar 0,4 gram. Pada rak pertama, kadar air awal *strawberry* 89,9%. Berkurang sebesar 20,2% dengan berat awal *strawberry* 100 gram menjadi

79,8 gram. Kemudian pada rak kedua kadar air *strawberry* berkurang sebesar 20% dengan berat *strawberry* yang awalnya 100 gram menjadi 79,9 gram. Lalu pada rak ketiga kadar air *strawberry* yang teruapkan sebesar 19,7% dengan berat awal *strawberry* 100 gram menjadi 80,3 gram. Pada rak keempat kadar air *strawberry* berkurang sebesar 19,68% dengan berat awal *strawberry* 100 gram menjadi 80,32 gram. Untuk rak kelima kadar air *strawberry* berkurang sebesar 19,6% dengan berat awal 100 gram menjadi 80,4 gram. Pada pengujian mesin *Heat Vacuum Dryer* menggunakan RPM 2000 dengan produk yang dikeringkan berupa *strawberry* didapatkan hasil paling maksimal pada rak 1.



Gambar 4. 3 Kadar Air Dengan 4000 RPM

Pada gambar 4.3 menunjukkan hasil kadar air ikan yang teruapkan menggunakan kipas pada 4000 rpm, suhu 30° dan dilakukan selama 5 jam mengalami penurunan yang kurang signifikan. Hal ini disebabkan oleh putaran RPM pada kipas yang terlalu tinggi dan mengakibatkan penurunan suhu pada pemanas dengan cepat. Hasil pada setiap rak pun juga berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh letak pemanas yang berada di bawah, yang mengakibatkan loyang yang berada di bawah sendiri akan lebih cepat panas dari pada loyang yang berada di atas. Pada rak pertama, kadar air awal *strawberry* 89,9%. Berkurang sebesar 17,76% dengan berat awal *strawberry* 100 gram menjadi 82,24 gram. Kemudian pada rak kedua kadar air *strawberry* berkurang sebesar

17,57% dengan berat *strawberry* yang awalnya 100 gram menjadi 82,43 gram. Lalu pada rak ketiga kadar air *strawberry* yang teruapkan sebesar 17,29% dengan berat awal *strawberry* 100 gram menjadi 82,71 gram. Pada rak keempat kadar air *strawberry* berkurang sebesar 17,07% dengan berat awal *strawberry* 100 gram menjadi 82,93 gram. Untuk rak kelima kadar air *strawberry* berkurang sebesar 16,75% dengan berat awal 100 gram menjadi 83,25 gram. Pada pengujian mesin *Heat Vacuum Dryer* menggunakan RPM 4000 dengan produk yang dikeringkan berupa *strawberry* didapatkan hasil paling maksimal pada rak 1.

4.2 Data analisis Laju Pengeringan

Pada data analisis laju pengeringan didapat rumus sebagai berikut (Arhamsyah. Dkk, 2018) :

$$L = \frac{M_1 - M_2}{t}$$

Keterangan :

L = Laju pengeringan per jam (%/jam)

M₁ = Kadar air rata – rata *strawberry* sebelum dikeringkan (%)

M₂ = Kadar air rata – rata *strawberry* sesudah dikeringkan (%)

T = Waktu yang diperlukan untuk menurunkan kadar air (jam)



Gambar 4. 4 Indikator Suhu 30°C

Dalam penelitian ini, pengeringan *strawberry* dilakukan selama 5 jam dengan menggunakan suhu 30 °C maka diperoleh data – data laju pengeringan *strawberry* dari mesin Heat Vacuum Dryer dengan variasi rpm 2.000 dan 4.000 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 5 Laju pengeringan dengan 2000 RPM

Rak	Waktu (jam)	Kadar Air Awal (%)	Kadar Air Akhir (%)	Laju Pengeringan (%/jam)
1	5	89,9	69,7	4,04
2	5	89,9	69,9	4
3	5	89,9	70,2	3,94
4	5	89,9	70,22	3,94
5	5	89,9	70,3	3,92
Rata - rata				3,97

Tabel 4. 6 Laju pengeringan dengan 4000 RPM

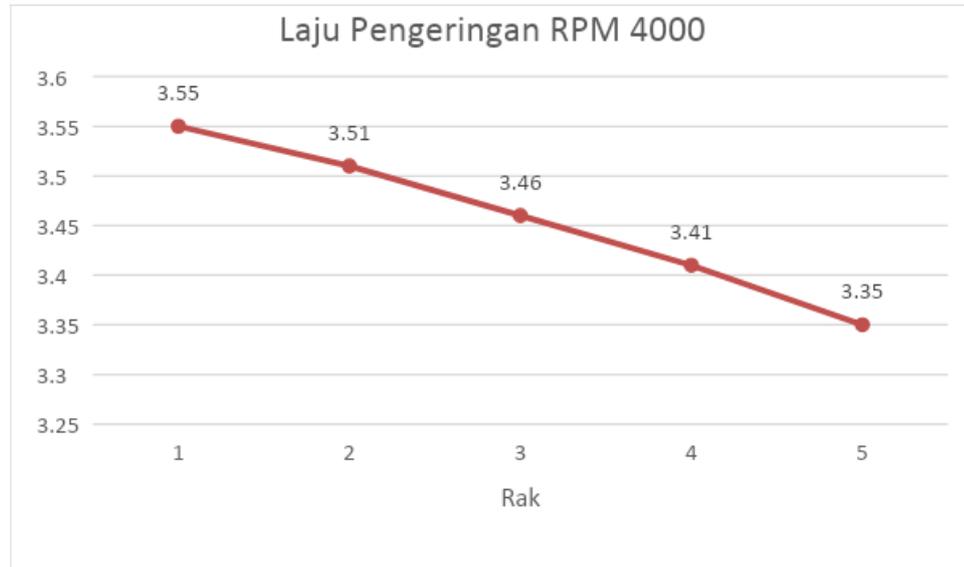
Rak	Waktu (jam)	Kadar Air Awal (%)	Kadar Air Akhir (%)	Laju Pengeringan (%/jam)
1	5	89,9	72,14	3,55
2	5	89,9	72,33	3,51
3	5	89,9	72,61	3,46
4	5	89,9	72,83	3,41
5	5	89,9	73,15	3,35
Rata - rata				3,46

Berikut data – data kadar air pada *strawberry* setelah pengujian pada mesin *Heat Vacuum Dryer* yang disajikan dalam bentuk grafik seperti pada tabel 4.5



Gambar 4. 5 Laju Pengeringan Dengan 2000 RPM

Pada gambar 4.5 menunjukkan hasil laju pengeringan *strawberry* yang menggunakan rpm kipas 2.000 dengan suhu 30°C. Diperoleh hasil yang tidak signifikan. Pada rak pertama laju pengeringan yang didapat sebesar 4,04%, kemudian pada rak kedua laju pengeringan yang didapat sebesar 4%, Lalu pada rak ketiga memperoleh 3,94%. Pada rak keempat memperoleh hasil laju pengeringan sebesar 3,94% dan untuk rak kelima diperoleh laju pengeringan sebesar 3,92%. Pada pengujian laju pengeringan dengan menggunakan mesin Heat Vacuum Dryer menggunakan putaran kipas dengan RPM 2000 mendapatkan hasil yang paling signifikan pada rak pertama.



Gambar 4. 6 Laju Pengeringan Dengan 4000 RPM

Pada gambar 4.6 menunjukkan hasil laju pengeringan *strawberry* yang menggunakan rpm kipas 4.000 dengan suhu 30°C. Diperoleh hasil yang tidak signifikan. Pada rak pertama laju pengeringan yang didapat sebesar 3,55%, kemudian pada rak kedua laju pengeringan yang didapat sebesar 3,51%, Lalu pada rak ketiga memperoleh 3,46%. Pada rak keempat memperoleh hasil laju pengeringan sebesar 3,41% dan untuk rak kelima diperoleh laju pengeringan sebesar 3,35%. Pada pengujian laju pengeringan dengan menggunakan mesin Heat Vacuum Dryer menggunakan putaran kipas dengan RPM 4000 mendapatkan hasil yang paling signifikan pada rak pertama.

4.3 Pembahasan

Berdasarkan data yang diperoleh, setelah dilakukan perbandingan antara beberapa variasi rpm pada kipas di mesin Heat Vacuum Dryer terjadi penurunan pada kadar air dan laju pengeringan yang signifikan pada RPM 2000. Pada RPM 2000 terjadi penurunan kadar air menggunakan waktu pengujian selama 5 jam dengan rata rata per jamnya 19,86% dan memiliki laju pengeringan paling signifikan pada rak pertama sebesar 4,04%.



Gambar 4. 7 Suhu Elemen Pemanas 2000 RPM



Gambar 4. 8 Suhu Elemen Pemanas 4000 RPM

Penambahan variasi RPM berdampak dengan udara panas yang dapat disirkulasikan ke rak-rak yang berada didalam ruangan pengering dengan baik. Akan tetapi, dari hasil data diatas terlalu besar RPM juga berdampak buruk pada sistem pemanas, hal ini dapat berpengaruh pada suhu pemanas yang tidak dapat mencapai suhu yang diinginkan. Karena pemanas tersebut terlalu cepat didinginkan oleh kipas dengan RPM yang terlalu besar. Maka dari itu RPM pada kipas yang digunakan harus menyesuaikan dengan kapasitas ruangan pengering dan juga sistem pemanas tersebut.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan mengenai pengaruh variasi RPM kipas terhadap kadar air yang teruapkan serta laju pengeringan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dapat disimpulkan bahwa pada RPM 2000 kadar air yang teruapkan lebih signifikan dibandingkan menggunakan RPM 4000. Tentunya hal itu dapat mempengaruhi kadar air strawberry yang teruapkan dan laju pengeringan. Dapat dilihat pada RPM 2000 dijelaskan bahwa kadar air yang teruapkan memiliki rata-rata 19,86% dan laju pengeringan sebesar 3,97% .Kemudian pada RPM 4000 kadar air yang teruapkan memiliki rata-rata 17,29% dan laju pengeringan 3,46%.
2. Area permukaan pada rak - rak pengering yang dialiri udara panas lebih luas dan merata. Karena bertambahnya volume udara panas yang masuk pada ruangan pengering dan bertambahnya area permukaan rak pengering yang dialiri udara panas, memberi dampak pada kinerja mesin Heat Vacuum Dryer menjadi lebih optimal.

5.2 Saran

1. Untuk kebutuhan skala besar mesin ini sangatlah cocok, namun untuk pengeringan dengan kapasitas yang kecil mesin ini justru tidak cocok karena cukup memakan banyak daya.
2. Mempertimbangkan kapasitas ruangan pengering serta pemanas yang digunakan, agar waktu yang dipakai pemanas untuk memanaskan ruangan pengering bisa lebih efisien.
3. Untuk rak pada ruangan pengering dapat ditambahkan lubang berukuran kecil, agar udara panas pada setiap rak bisa tersirkulasi secara merata dan aliran udara panas yang masuk pada ruangan pengering yang seharusnya didistribusikan dengan pipa agar udara panas dapat terfokuskan pada setiap rak secara merata.

DAFTAR PUSTAKA

- Meriadi, dkk. 2018. Perencanaan dan Pembuatan Alat Pengering Biji Coklat dengan Wadah Putar Menggunakan Pemanas Listrik. *Jurnal energi elektrik*. Vol. VII No. 2. Tahun 2018
- Muh. Arhamsyah, dkk. 2018. Modifikasi Mesin Pengering dengan Memanfaatkan Udara panas dari Elemen Pemanas Listrik, Vol 4. E-ISSN : 2614-7858.
- HARIANINGSIH, H. (2010). *Pemanfaatan limbah cangkang kepiting menjadi kitosan sebagai bahan pelapis (coater) pada buah stroberi* (Doctoral dissertation, Diponegoro University).
- MAHARANI, A. R. (2022). *PENGARUH WAKTU PENGGORENGAN TERHADAP KUALITAS KERIPIK STRAWBERRY SEBAGAI ALTERNATIF CEMILAN SEHAT UNTUK REMAJA DI MASA COVID-19* (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS BINAWAN).
- Agniati, K. I. (2017). *Kajian Pengaruh Jenis Pelapis Dan Suhu Pengeringan Terhadap Sifat Fisika Dan Kimia Buah Stroberi (Fragaria Sp) Selama Penyimpanan* (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik Unpas).
- Afifudin, S., Supriyadi, S., & Burhanuddin, A. (2020). Rancang Bangun Pemanggang Ikan Model Oven dengan Elemen Pemanas Listrik Tubular. In *Proceeding Science and Engineering National Seminar* (Vol. 5, No. 1, pp. 151-157).
- Monica, S. (2017). *Peningkatan Masa Simpan Buah Stroberi (Fragaria vesca) dengan Pemberian Edible Coating dari Pati Batang Aren (Arenga pinnata) dan Sari Jeruk Nipis (Citrus aurantifolia)* (Doctoral dissertation, UAJY).
- Jangam, S.V., C.L. Law, A.S. Mujumdar. 2010. *Drying of Foods, Vegetables and Fruits*. Singapore. pp31.
- Abdul Rizal, M. (2016). Pengeringan Temulawak dengan Heat Pump Drying Sederhana,(on line).

- Pratama, Y. S., Priyonggo, P., & Kusuma, G. E. (2023, November). Redesign Sistem Pengering Pada Mesin Freezer Multifungsi Dengan Memanfaatkan Panas Dari Kondensor. In *Proceedings Conference on Marine Engineering and its Application* (Vol. 6, No. 1).
- Santi, I. N., Utama, I. M. S., & Madrini, I. A. G. B. (2021). pengaruh suhu dan waktu pengeringan terhadap karakteristik fisikokimia buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton & Rose) kering. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 12(1), 69-80.
- Sudana, I. M., Baliarta, I. N. G., Arsana, M. E., & Agustriputra, I. (2020, November). Uji Mesin Pengering Jahe Sistem Dehumidifier Menggunakan Mesin Heat Pump 1 Pk. In *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)* (Vol. 6, No. 1, pp. 420-425).
- Manik, A. M., Karo-Karo, T., & Lubis, L. M. (2019). Pengaruh Suhu Pengeringan dan Lama Pengeringan Buah Asam Gelugur (*Garcinia atroviridis*) Terhadap Mutu Asam Potong. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertan*, 7(1), 1-10.
- Istianingsih, T., D. Efendi. 2013. Pengaruh umur panen dan suhu simpan terhadap umur simpan buah naga super red (*Hylocereus costaricensis*). *J. Hort. Indonesia*. 4(1): 54-61.
- Pertiwi, M. F. D., & Susanto, W. H. (2014). PENGARUH PROPORSI (BUAH: SUKROSA) DAN LAMA OSMOSIS TERHADAP KUALITAS SARI BUAH STROBERI (*Fragaria vesca* L)[IN PRESS APRIL 2014]. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2(2), 82-90.
- Supriyono.2003. Mengukur Faktor Faktor dalam Proses Pengeringan. Gramedia, Jakarta.
- Hasibuan, R. 2005. Proses Pengeringan. Fakultas Teknik Kimia. Universitas Sumatera Utara, Medan.

- Saputra, W., Widyasaputra, R., & Ruswanto, A. (2023). Kajian Lama Pengeringan Dan Ketebalan Irisan Terhadap Karakteristik Jeruk Lemon (Citrus Limon) Kering. *AGROFORETECH*, 1(3), 1934-1940.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 1995. Standar Nasional Indonesia: Buah Kering SNI 01-3710-1995. Jakarta
- Supriadi, A., & Nopianti, R. (2013). Pengaruh perbedaan suhu dan waktu pengeringan terhadap karakteristik ikan asin sepat siam (*Trichogaster pectoralis*) dengan menggunakan oven. *Jurnal Fishtech*, 2(1), 53-68.
- Habib, A., & Risnawati, R. (2017). Analisis Pendapatan dan Strategi Pengembangan Tanaman Ubi Jalar Sebagai Pendukung Program Diversifikasi Pangan di Sumatera Utara. *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian*, 21(1), 39-48.
- Hall CW. 1957. *Drying Farm Crops*. Michigan: Agricultural Consulting Associates, Inc.
- Hall CW. 1970. *Drying and Storage of Agricultural Crops*. Westpost Connecticut (US): Avi Publishing Company Inc.
- Napitupulu, F.H. dan Tua, P.M. 2017. Perancangan dan Pengujian Alat Pengering Kakao dengan Tipe Cabinet Dryer untuk Kapasitas 7,5 Kg Per-Siklus. *Jurnal Dinamis*. Vol. II. No.10. Jan : 8-18
- Risnawati., M. Rais., dan Lahming. 2017. Analisis Kelayakan Teknis dan Ekonomis Pada Pengeringan Biji Kenari (*Canarium Indicum L.*) Dengan Menggunakan Alat Pengering Tipe Cabinet Dryer. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, Vol. 3 No. 2 : S80-S92 UNM. Makassar.
- Sutijahartini, S. 1985. *Pengeringan*. Jurusan Teknologi Industri Pertanian, FATETA, Insitut Pertanian Bogor, Bogor
- Wicaksono, W. 2012. *Modifikasi Mesin Pengering Ikan Teri dengan Menggunakan Sistem Rotary*. Tugas Akhir pada Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang. Semarang.

- Dendang, N., Lahming., dan M,Rais. 2016. Pengaruh Lama dan Suhu Pengeringan Terhadap Mutu Bubuk Cabai Merah (*Capsium annum L.*) dengan Menggunakan Cabinet Dryer. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, Vol. 2 No. 2 : S30-S39. UNM. Makassar.
- Batán, J., Castro, L. P., & Guerra, N. P. (2008). Performance and intestinal coliform counts in weaned piglets fed a probiotic culture (*Lactobacillus casei* subsp. *casei* CECT 4043) or an antibiotic. *Journal of food protection*, 71(9), 1797-1805.
- Adhim, M. M., Wahyudi, M., Yunansha, D., Maulida, N., & Ayu, N. I. P. (2013, December). Spin Dry-pad: Mesin Putar Pengering Padi Berbasis Sistem Otomasi Untuk Meningkatkan Kualitas Dan Produktivitas Padi Ud Sumber Rejeki. In *Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional Program Kreativitas Mahasiswa-Teknologi 2013*. Indonesian Ministry of Research, Technology and Higher Education.
- Majumder, P. K., Yeh, J. J., George, D. J., Febbo, P. G., Kum, J., Xue, Q., ... & Sellers, W. R. (2003). Prostate intraepithelial neoplasia induced by prostate restricted Akt activation: the MPAKT model. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(13), 7841-7846.
- Sudarmadji, S., & Kuswanto, K. R. (2007). Kandungan fenol dan sifat antibakteri dari berbagai jenis ekstrak produk gambir (*Uncaria gambir Roxb.*). *Majalah Farmasi Indonesia*, 18(3), 141-146.
- Treyball, R. E. (1983). *Unit Operation. Mc Gr aw Hill Book, Co, New York.*
- Pratomo, M. "Teknologi Hasil Pertanian." (1970).
- Inggrid, M., & Santoso, H. (2015). Aktivitas antioksidan dan senyawa bioaktif dalam buah stroberi. *Research Report-Engineering Science*, 2.
- Sukasih, E., & Setyadjit, S. (2019). Teknologi Penanganan Buah Segar Stroberi Untuk Mempertahankan Mutu/Fresh Handling Techniques for Strawberry

to Maintain its Quality. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 38(1), 47.

Ebook Pangan (2006) suhu kritis stroberi pada suhu 36 – 38°C.

Pantastico, E. B., & Venter, F. (1997). *Physiological damage of tomato*.

Aszul K, 2020 Stainlees steel tipe 316L.

Mujumdar, A. S., & Beke, J. (2003). Grain drying: basic principles. *Handbook of postharvest technology: Cereals, fruits, vegetables, tea, and spices*, 119-139.

Kreith, F. (1962). *Principles of heat transfer*.

Buchori, L. (2004). Perpindahan Panas.

Atuonwu, J. C., Jin, X., van Straten, G., van Deventer Antonius, H. C., & Van Boxtel, J. B. (2011). Reducing energy consumption in food drying: Opportunities in desiccant adsorption and other dehumidification strategies. *Procedia Food Science*, 1, 1799-1805.

Dessy, M. P. T. (2016). *Pengaruh Ketebalan Terhadap Kinetika Pengeringan Ubi Kayu (Manihot Utilissima) Menggunakan Pengering Surya Secara Tidak Langsung (Indirect Solar Dryer) dan Penjemuran Langsung (Open Sun Drying)* (Doctoral dissertation).

Sushanti, G., & Sirwanti, S. (2018). Laju Pengeringan Chips Mocaf Menggunakan Cabinet Dryer. *Jurnal Galung Tropika*, 7(3), 229.

Nurfianto, dkk. 2021. Penentuan Konstanta Laju Pengeringan dan Kadar Air Keseimbangan Cumi – Cumi Kering, Vol 2. ISBN : 978-623-96172-3-3.

Mu'arif, A. (2013). *Pengaruh Suhu Penyimpanan Terhadap Angka Lempeng Total Telur Ayam Kampung* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surabaya).

- Hardianti, N., Damayanti, R. W., & Fahma, F. (2017). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Pengeringan Simplisia Menggunakan Solar Dryer dengan Konsep Udara Ekstra. *Prosiding Sains Nasional dan Teknologi, 1*(1).
- MANALU, M. H. (2017). ANALISIS THERMAL DAN REDESAIN ALAT PENGERING KAKAO MENGGUNAKAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD) DI USAHA MANDIRI DESA WIYONO KABUPATEN PESAWARAN.
- Nining Diah, M.T. (2015). Analisis Keekonomian Pengering Surya Resirkulasi ICDC Tipe Pancuran untuk Pengeringan Gabah (Doctoral dissertation, Universitas Darma Persada)
- Wicaksono, D. B. K. (2019). Analisis Kinerja Proses Pengeringan Kacang Panjang Tipe Tray Dryer Dengan Menggunakan Valve Microcontroller (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Hall, C.W. 1980. *Drying and storage of agricultural crops*. The AVI Publishing Ca.Inc. Westport Connecticut.
- Eviyani, H., & Sushanti, G. (2021). Penentuan Konstanta Laju Pengeringan Dan Kadar Air
- Buckle, K. A., R. A. Edwards, G. H. Fleet, dan M. Wootton. 1987. *Ilmu Pangan*. Penerjemah: H. Purnomo dan Adiono. UI-Press, Jakarta.
- Geankoplis, C. J. (1993). *Drying of process materials. Transport processes and unit operations*.
- Gaidhani, K. A., Harwalkar, M., Bhambere, D., & Nirgude, P. S. (2015). Lyophilization/freeze drying—a review. *World J. Pharm. Res, 4*(8), 516-543.
- Richey, C. B., Jacobson, P., & Hall, C. W. (1961). Agricultural engineers' handbook. *Soil Science, 92*(5), 351.

LAMPIRAN





