

SKRIPSI

**PENGEMBANGAN MESIN PENGERING REMPAH-
REMPAH SISTEM DEHUMIDIFIKASI DAN POMPA
KALOR**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

I GUSTI BAGUS FINAN ADITYA

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2023**

SKRIPSI

PENGEMBANGAN MESIN PENGERING REMPAH- REMPAH SISTEM DEHUMIDIFIKASI DAN POMPA KALOR



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

**I GUSTI BAGUS FINAN ADITYA
NIM. 1915234031**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGEMBANGAN MESIN PENGERING REMPAH-REMPAH SISTEM DEHUMIDIFIKASI DAN POMPA KALOR

Oleh

I GUSTI BAGUS FINAN ADITYA

NIM. 1915234031

Diajukan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas
Pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali

Disetujui oleh :

Pembimbing I

I Nengah Ardita, ST.MT
NIP. 196411301991031004

Pembimbing II

Achmad Wibolo, ST.MT
NIP. 196405051991031002



Dr.Ir.I Gede Santosa, M.Erg
NIP. 196609241993031003

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGEMBANGAN MESIN PENGERING REMPAH-REMPAH SISTEM DEHUMIDIFIKASI DAN POMPA KALOR

Oleh

I Gusti Bagus Finan Aditya

NIM. 1915234031

Skripsi ini telah dipertahankan di depan Tim Penguji dan diterima untuk dapat dicetak sebagai Buku Skripsi pada hari/tanggal:

Rabu 23 Agustus 2023

Tim Penguji

Penguji I : I Wayan Gede Santika, S.T, M.Sc,
Ph.D.

NIP : 197402282005011002

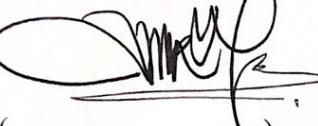
Tanda Tangan



(.....)

Penguji II : Prof. I Nyoman Suamir, ST., M.Sc.,
Ph.D.

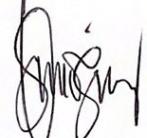
NIP : 196503251991031002



(.....)

Penguji III : Dr. I Made Rai Jaya Widanta, SS.
M.Hum

NIP : 197310272001121002



(.....)

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : I Gusti Bagus Finan Aditya

NIM : 1915234031

Program Studi : Teknologi Rekayasa Utilitas

Judul Skripsi : Pengembangan Mesin Pengering Rempah-Rempah sistem
Dehumidifikasi dan Pompa Kalor

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah Buku Skripsi ini bebas plagiat.
Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam Buku Skripsi ini, maka saya
bersedia menerima sanksi sesuai Peraturan Mendiknas RI No. 17 Tahun 2010 dan
Perundang-undangan yang berlaku.

Badung, 23 Agustus 2023

yang membuat pernyataan



I Gusti Bagus Finan Aditya

NIM. 1915234031

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan Buku Skripsi ini, penulis banyak menerima bimbingan, petunjuk dan bantuan serta dorongan dari berbagai pihak baik yang bersifat moral maupun material. Penulis secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada semua pihak yang telah membantu. Dengan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, penulis pada kesempatan ini menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE, M.eCom, selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Dr. Ir. I Gede Santosa, M.Erg, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Bapak I Kadek Ervan Hadi Wiryanta, ST., MT, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin.
4. Bapak Dr. Made Ery Arsana, ST, MT selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Utilitas.
5. Bapak I Nengah Ardita, ST.MT. selaku dosen pembimbing-1 yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dorongan, dan semangat kepada penulis, sehingga Proposal Skripsi ini dapat diselesaikan.
6. Bapak Achmad Wibolo, ST.MT. selaku dosen pembimbing-2 yang selalu memberikan dukungan, perhatian, semangat, dari awal menjadi mahasiswa hingga saat ini.
7. Segenap dosen dan seluruh staf akademik serta PLP yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas, ilmu, serta pendidikan pada penulisan hingga dapat menunjang dalam penyelesaian Proposal Skripsi.
8. Kedua orang tua tercinta yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta doa demi kelancaran dan kesuksesan dalam menyelesaikan Proposal Skripsi ini.
9. Kemudian terima kasih banyak untuk kakak dan adik tercinta yang telah memberikan dukungan serta perhatian kepada saya.
10. Teman-teman seperjuangan dalam menyelesaikan Proposal Skripsi tahun 2023 yang telah memberikan banyak masukan serta dukungan kepada penulis.
11. Sahabat-sahabat, juni, dope, kipurit ,dek moo, jambelito dan kupu-kupu mati terima kasih telah menjadi sahabat terbaik bagi penulis yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan motivasi hingga penulis dapat menyelesaikan buku Skripsi.

12. Serta masih banyak lagi pihak – pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian skripsi yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu, semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa membalas semua kebaikan yang telah diberikan.

Semoga Proposal Skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca umumnya, peneliti atau penulis, dan khususnya kepada civitas akademika Politeknik Negeri Bali.

Badung, 23 Agustus 2023

I Gusti Bagus Finan Aditya

ABSTRAK

Pengeringan merupakan proses pengurangan kadar air sampai <10% sehingga dapat disimpan dalam jangka waktu lama dan terhindar dari jamur. Untuk tanaman obat diperlukan pengeringan dengan temperatur rendah (35°C –45°C) sehingga tidak merusak khasiat yang terkandung. Dalam hal ini dibutuhkan sistem pengeringan heat pump dehumidifikasi yang hemat energi, dan efisiensi waktu serta tidak bergantung cuaca. Pengembangan mesin pengering ini bertujuan untuk agar proses pengeringan berjalan secara kontinyu. Pengeringan dilakukan dengan 3 perlakuan kapasitas bahan yakni 1000, 1500 dan 2000 selama 8 jam. Untuk data yang di ambil pada penelitian ini adalah data temperatur refrigerasi, data temperatur ruang pengering, data kelembaban pada ruang pengering dan data tekanan rendah dan tekanan tinggi.

Dari hasil penelitian ini disimpulkan bahwa pengembangan mesin pengering ini mampu mengeringkan jahe dengan efektif hingga kadar air yang diinginkan, yaitu kurang dari 10%, dalam waktu 8 jam untuk kapasitas 1000, 1500, dan 2000 gram dengan kadar air masing-masing sebesar 5%, 7%, dan 9%. Performa sistem refrigerasi dari mesin ini juga menunjukkan efisiensi yang baik dengan nilai Coefficient of Performance (COP) pada berbagai tahap proses. Namun, ditemukan bahwa konsumsi energi dalam proses pengeringan jahe sampai kadar air <10% meningkat dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, yaitu sebesar 2 kWh untuk kapasitas 1500 gram, dibandingkan dengan 1,65 kWh pada penelitian sebelumnya. Meskipun demikian, pengembangan mesin ini telah berhasil mengurangi waktu proses pengeringan, yaitu dari 9 jam menjadi 8 jam. Dengan demikian, pengembangan mesin pengering rempah-rempah dengan sistem dehumidifikasi dan pompa kalor ini memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi energi, memperbaiki performa pengeringan, dan mengurangi waktu pengeringan rempah-rempah, yang pada gilirannya dapat memberikan kontribusi positif terhadap produksi dan kualitas rempah-rempah yang dihasilkan.

Kata kunci: pompa kalor, dehumidifikasi, pengering jahe

DEVELOPMENT OF A SPICE DRYING MACHINE WITH A DEHUMIDIFICATION SYSTEM AND HEAT PUMP

Abstract

Drying is a process of reducing the water content to <10% so that it can be stored for a long time and protected from mold. Medicinal plants require drying at low temperatures (35°C – 45°C) so as not to damage the properties they contain. In this case, a dehumidification heat pump drying system is needed which is energy efficient, time efficient and does not depend on the weather. The development of this drying machine aims to make the drying process run continuously. Drying was carried out with 3 treatments of material capacities, namely 1000, 1500 and 2000 for 8 hours. The data taken in this study were refrigeration temperature data, drying room temperature data, humidity data in the drying chamber and low pressure and high pressure data.

From the results of this study it was concluded that the development of this drying machine is able to dry ginger effectively to the desired moisture content, which is less than 10%, within 8 hours for a capacity of 1000, 1500 and 2000 grams with a moisture content of 5 each. 5%, 7%, and 9%. The performance of the refrigeration system of this machine also shows good efficiency with Coefficient of Performance (COP) values at various stages of the process. However, it was found that the energy consumption in the process of drying ginger to a moisture content of <10% increased compared to the previous study, which was 2 kWh for a capacity of 1500 grams, compared to 1.65 kWh in the previous study. Nonetheless, the development of this machine has succeeded in reducing the drying process time, from 9 hours to 8 hours. Thus, the development of a spice drying machine with a dehumidification system and heat pump has the potential to increase energy efficiency, improve drying performance, and reduce the drying time of spices, which in turn can make a positive contribution to the production and quality of spices produced. generated.

Keywords : *heat pump, dehumidification, drying ginger*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadapan Tuhan yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Buku Skripsi ini yang berjudul: Pengembangan Mesin Pengering Rempah-Rempah Sistem Dehumidifikasi dan Pompa Kalor tepat pada waktunya. Penyusunan Buku Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk kelulusan program Pendidikan pada jenjang Sarjana Terapan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

Penulis menyadari Buku Skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran sebagai pembelajaran demi penyempurnaan karya-karya ilmiah penulis di masa yang akan datang.

Badung, 23 Agustus 2023

I Gusti Bagus Finan Aditya

DAFTAR ISI

Skripsi	ii
Lembar Pengesahan	iii
Lembar Persetujuan	iv
Surat Pernyataan Bebas Plagiat.....	v
Ucapan Terima Kasih.....	vi
Abstrak dalam Bahasa Indonesia	vii
<i>Abstract</i> dalam Bahasa Inggris.....	viii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi.....	x
Daftar Tabel	xiv
Daftar Gambar.....	xv

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.4.1 Tujuan umum.....	4
1.4.2 Tujuan khusus	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.5.1 Manfaat bagi penulis.....	5
1.5.2 Manfaat bagi mahasiswa.....	5
1.5.3 Manfaat bagi Politeknik Negeri Bali	5
1.5.4 Manfaat bagi masyarakat	5

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Rempah-Rempah	6
2.1.1 Pengolahan rempah-rempah	7
2.2 Refrigerasi	8
2.3 Siklus Kompresi Uap.....	9

2.4	Komponen Utama Siklus Kompresi Uap	12
2.5	Pompa Kalor	14
2.5.1	Jenis-jenis mesin pompa kalor	16
2.5.2	Faktor-faktor yang mempengaruhi pengeringan.....	16
2.6	Pengering Sistem Pompa Kalor	16
2.7	Analisis Kinerja Mesin Pengering Pompa Kalor.....	17
2.7.1	Nilai laju ekstrasi uap spesifik atau <i>specific moisture extraction rate</i> (SMER)	18
2.7.2	Konsumsi energi spesifik atau <i>specific energy consumtion</i> (SEC)	18
2.7.3	Laju aliran massa refrigeran	19
2.7.4	Efisiensi mesin siklus kompresi uap	19
2.7.5	Total <i>performance</i> (TP)	20
2.7.6	Kinerja performansi dari pompa kalor (COP_{aktual}).....	20
2.7.7	Kinerja performansi ideal dari pompa kalor (COP_{ideal}).....	20
2.8	Proses Defumidifikasi.....	21
2.9	Parameter Dehumidifikasi	21
2.10	Pengertian <i>Psychrometric</i>	24
2.10.1	Proses-proses pada diagram <i>Psychrometric</i>	25
2.10.2	Sifat-sifat <i>Psychrometric</i>	27
2.11	Analisis pada Sistem Tata Udara (<i>Psychrometric Chart</i>).....	29
2.11.1	Laju aliran volume udara (v)	29
2.11.2	Laju Pengeringan (\dot{m}_d).....	29
2.11.3	Laju aliran massa udara (\dot{m}_{udara})	29
2.11.4	Kapasitas jahe yang dapat dikeringkan.....	30
2.11.5	Perhitungan energi pengeringan jahe.....	30
2.11.6	Perhitungan kapasitas jahe	31
2.11.7	Kebutuhan energi untuk proses pengeringan.....	32

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Jenis Penelitian	33
3.1.1	Rancang bangun modifikasi (redesain).....	34
3.2	Alur Penelitian	38

3.3	Lokasi Waktu Penelitian.....	39
3.4	Penentuan Sumber Data dan Penempatan Alat Ukur	40
3.5	Sumber Daya Penelitian	42
3.6	Instrumen Penelitian	43
3.7	Prosedur Penelitian	47
3.7.1	Langkah persiapan	48
3.7.2	Langkah pengambilan data	49

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil Penelitian.....	51
4.1.1	Karakteristik pengeringan.....	51
4.1.2	Performansi pengeringan	51
4.1.3	Konsumsi energi	51
4.2	Perhitungan Sistem Refrigerasi yang Akan di Redesain	52
4.3	Perhitungan Energi Pengeringan Jahe	55
4.4	Perhitungan Kapasitas Jahe	57
4.5	Hasil Perancangan Redesain Mesin Pengering Rempah-Rempah Dengan Sistem Dehumidifikasi dan Pompa Kalor	57
4.6	Alat dan Bahan Redesain Mesin Pengering Rempah-Rempah.....	58
4.7	Pembuatan Jalur Sekat Pada Kondensor	58
4.7.1	Membuat sekat pada kondensor dan di saluran <i>ducting</i> keluar evaporator	59
4.7.2	Membuat dudukan kompresor	60
4.7.3	Menambahkan <i>fan</i> pada belakang kompresor.....	60
4.7.4	Mengelas setiap sambungan pada pipa tembaga	61
4.7.5	Melakukan pemvakuman dan pengetesan kebocoran pada setiap sambungan pipa tembaga	62
4.7.6	Menutup semua rongga-rongga ducting dengan menggunakan lem silent dan isolasi aluminium	63
4.7.7	Menutup selah-selah dari kondensor	64
4.8	Data Hasil Pengujian	64
4.9	Analisis Data Sistem Refrigerasi.....	67

4.9.1	Data temperature	67
4.9.2	Analisis kinerja sistem refrigerasi.....	70
4.9.3	Analisis data sistem tata udara	76
4.9.4	Data temperatur udara	77
4.9.5	Data kelembaban udara	79
4.10	Analisa Proses Pengeringan pada Diagram <i>Psychrometric</i>	81
4.11	Analisis Data Pengeringan Produk	84
4.12	Analisa Konsumsi Energi	86
4.13	Analisa Kinerja Mesin Pengering	87
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	90
5.2	Saran.....	90
	Daftar Pustaka	92
	Lampiran	94

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Pengaplikasian Sistem Refrigerasi.....	9
Tabel 3.1	Tabel pelaksanaan.....	40
Tabel 3.2	Tabel pengambilan data Sistem Refrigerasi	41
Tabel 3.3	Tabel pengambilan data Sistem Tata Udara	41
Tabel 3.4	Tabel pengambilan data proses pengeringan bahan.....	42
Tabel 3.5	Tabel pengambilan data konsumsi energi listrik	42
Tabel 3.6	Spesifikasi <i>Showcase</i>	43
Tabel 4.1	Data hasil pengujian sistem refrigerasi dan tata udara jahe 1000 gram	66
Tabel 4.2	Data temperatur rata-rata sistem refrigerasi bekerja (<i>on</i>) untuk produk 1000 gram	70
Tabel 4.3	Data temperatur rata-rata sistem refrigerasi bekerja (<i>on</i>) untuk produk 1500 gram	70
Tabel 4.4	Data temperatur rata-rata sistem refrigerasi bekerja (<i>on</i>) untuk produk 2000 gram	70
Tabel 4.5	Data rata-rata pengujian dengan kapasitas 1000 gram.....	81
Tabel 4.6	Data rata-rata pengujian dengan kapasitas 1500 gram.....	82
Tabel 4.7	Data rata-rata pengujian dengan kapasitas 2000 gram.....	82
Tabel 4.8	Data hasil perhitungan dengan kapasitas 1000 gram.....	83
Tabel 4.9	Data hasil perhitungan dengan kapasitas 1500 gram.....	83
Tabel 4.10	Data hasil perhitungan dengan kapasitas 2000 gram.....	83
Tabel 4.11	Data hasil perhitungan kinerja mesin pengering kapasitas produk 1000 gram.....	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Rempah-rempah yang sudah dikeringkan	6
Gambar 2.2	Siklus kompresi uap	10
Gambar 2.3	PH diagram.....	10
Gambar 2.4	Kompresor torak.....	13
Gambar 2.5	<i>Air cooler condensor</i>	13
Gambar 2.6	Pipa kapiler.....	14
Gambar 2.7	Evaporator	14
Gambar 2.8	Refrigerator dan pompa kalor (<i>heat pump</i>)	15
Gambar 2.9	Skematik pompa kalor.....	17
Gambar 2.10	Siklus <i>refrigerant dehumidifier</i>	21
Gambar 2.11	Proses udara pada mesin pengering rempah-rempah yang terjadi dalam diagram <i>psychrometric</i>	24
Gambar 2.12	Proses udara pada diagram <i>psychrometric chart</i>	25
Gambar 3.1	Skematik mesin pengering dehumidifikasi dan pompa kalor ...	33
Gambar 3.2	Skematik mesin pengering sebelum di redesain	35
Gambar 3.3	Skematik mesin pengering sesudah di redesain	35
Gambar 3.4	Tampak depan mesin pengering setelah di redesain	36
Gambar 3.5	Tampak di dalam mesin pengering setelah di redesain.....	36
Gambar 3.6	Tampak samping dan belakang mesin pengering setelah di redesain.....	36
Gambar 3.7	Alur penelitian	39
Gambar 3.8	Skematik lokasi penempatan alat ukur pada mesin pengering rempah-rempah.....	41
Gambar 3.9	<i>Showcase</i>	43
Gambar 3.10	<i>Clamp meter</i>	44
Gambar 3.11	<i>Pressure gauge</i>	44
Gambar 3.12	<i>Thermostat</i>	44
Gambar 3.13	<i>Thermocouple</i>	45

Gambar 3.14	<i>Manifold gauge</i>	45
Gambar 3.15	Timbangan <i>portable</i>	45
Gambar 3.16	<i>Moisture meter</i>	46
Gambar 3.17	Akuisisi data	46
Gambar 3.18	Anemometer	46
Gambar 3.19	<i>Humidity controller</i>	47
Gambar 4.1	Tampilan awal aplikasi <i>collpack</i>	53
Gambar 4.2	Tampilan <i>refrigerant utilities</i>	53
Gambar 4.3	Tampilan diagram log p-h	54
Gambar 4.4	Tampilan <i>cycle input</i>	54
Gambar 4.5	Diagram p-h.....	55
Gambar 4.6	Siklus kompresi uap dalam diagram p-h pada mesin pengering	55
Gambar 4.7	Jalur sekat yang masuk ke kondensor	59
Gambar 4.8	Posisi masuknya sekat ke kondensor.....	60
Gambar 4.9	Posisi kompresor	60
Gambar 4.10	Tempat pemasangan <i>fan</i> untuk kompresor.....	61
Gambar 4.11	Pengelasan pipa tembaga	62
Gambar 4.12	Memvakum sistem.....	63
Gambar 4.13	Pengetesan kebocoran dengan busa sabun	63
Gambar 4.14	Mengelem celah-celah yang berlubang	63
Gambar 4.15	Mengisolasi selah-selah yang berlubang dengan isolasi aluminium.....	64
Gambar 4.16	Menutup celah kondensor.....	64
Gambar 4.17	Grafik temperatur refrigerant terhadap waktu kapasitas produk 1000 gram.....	67
Gambar 4.18	Grafik temperatur refrigerant terhadap waktu kapasitas produk 1500 gram.....	68
Gambar 4.19	Grafik temperatur refrigerant terhadap waktu kapasitas produk 2000 gram.....	69
Gambar 4.20	Tampilan awal aplikasi <i>collpack</i>	71

Gambar 4.21	Tampilan <i>refrigerant utilities</i>	71
Gambar 4.22	Tampilan diagram log p-h	72
Gambar 4.23	Tampilan <i>cycle input</i>	72
Gambar 4.24	Diagram p-h.....	73
Gambar 4.25	<i>Cycle info</i>	73
Gambar 4.26	Nilai enthalpy untuk masing-masing titik	74
Gambar 4.27	Grafik kinerja sistem refrigerasi terhadap waktu setiap sistem bekerja	75
Gambar 4.28	Grafik temperatur udara terhadap waktu dengan kapasitas produk 1000 gram.....	77
Gambar 4.29	Grafik temperatur udara terhadap waktu dengan kapasitas produk 1500 gram.....	78
Gambar 4.30	Grafik temperatur udara terhadap waktu dengan kapasitas produk 2000 gram.....	78
Gambar 4.31	Grafik kelembaban udara terhadap waktu dengan kapasitas produk 1000 gram.....	79
Gambar 4.32	Grafik kelembaban udara terhadap waktu dengan kapasitas produk 1500 gram.....	80
Gambar 4.33	Grafik kelembaban udara terhadap waktu dengan kapasitas produk 2000 gram.....	80
Gambar 4.34	Proses udara pada diagram <i>psychrometric</i> untuk kapasitas produk 2000 gram.....	82
Gambar 4.35	Grafik kadar air jahe terhadap waktu dengan kapasitas produk 1000, 1500 dan 2000 gram	85
Gambar 4.36	Grafik massa jahe terhadap waktu dengan kapasitas produk 1000, 1500 dan 2000 gram	85
Gambar 4.37	Grafik konsumsi energi kapasitas 1500 gram terhadap waktu Pengeringan.....	86
Gambar 3.38	Grafik konsumsi energi kapasitas 1500 gram pada penelitian terdahulu dengan sekarang terhadap waktu pengeringan	86

Gambar 4.39 Grafik perbandingan SMER dan SEC terhadap waktu
dengan kapasitas 2000 gram..... 89

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Erwanto (2018) tanaman rempah-rempah memerlukan pengeringan dengan temperature rendah (35°C sampai dengan 45°C) sehingga tidak merusak khasiat yang terkandung di dalamnya. Salah satu contoh tanaman rempah-rempah adalah jahe. Jahe (*Zingiber officinale*), adalah tumbuhan yang rimpangnya sering digunakan sebagai rempah-rempah dan bahan baku obat tradisional. Tanaman jahe di Indonesia ada tiga jenis yang dibudidayakan yaitu jahe merah, jahe putih gajah, dan jahe putih emprit. Jahe merupakan tanaman yang mudah mengalami perubahan fisik, fisiologis, dan kimia. Tanaman jahe memerlukan penanganan yang cepat, sehingga tidak terjadi penurunan mutu pada tanaman jahe dan memiliki umur simpan lebih lama. Oleh karena itu, setelah tanaman jahe dipanen perlu penanganan pasca panen yang tepat, salah satu cara yang dapat diterapkan yaitu dengan mengeringkan jahe.

Namun dalam pengeringan, suhu memegang peranan penting dalam proses pengeringan, dalam menjaga nilai mutu pada bahan. Proses pengeringan merupakan salah satu indikator yang penting, dalam menentukan kadar air pada jahe yang tertuang pada standar mutu SNI 01-3393-1994 yaitu 10%. Penggunaan suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan penurunan nilai gizi yang terdapat pada jahe (Tropik *et al.*, 2020). Selain itu, suhu pengeringan dapat mengakibatkan terjadinya perubahan karakteristik kimia sehingga mengurangi mutu pada produk yang dihasilkan (Winangsih *et al.*, 2013).

Pada saat ini masyarakat masih menggunakan metode pengeringan dengan penjemuran langsung (*sun drying*) dan menggunakan alat pengering buatan jenis pengering udara panas (*hot air drying*). Pengeringan konvensional tersebut memiliki kelemahan yaitu suhu dan kelembaban tidak terkontrol, memerlukan area penjemuran yang luas, tergantung pada cuaca, memerlukan waktu pengeringan lama, suhu pengeringan yang tinggi, pengeringan dilakukan di luar ruangan dan

akibatnya jahe mudah terkontaminasi dengan debu dan kotoran Huda (2008). Alat pengering ini kurang sesuai untuk mengeringkan tanaman obat (bahan yang sensitif terhadap panas). Obat-obatan herbal harus dikeringkan pada temperatur rendah (sekitar 30 – 45°C) dan kelembaban yang rendah untuk mempertahankan khasiatnya sebagai tanaman obat, karena dengan suhu yang tinggi dapat merusak zat-zat yang dimiliki oleh jahe. Karena itu maka dibutuhkan mesin pengering rempah-rempah dengan sistem dehumidifikasi dan pompa kalor yang hemat energi, efisiensi terhadap waktu dan tidak tergantung pada cuaca.

Pengembangan mesin pengering rempah-rempah dengan sistem dehumidifikasi dan pompa kalor dapat dilakukan dengan menggabungkan dua teknologi yaitu dehumidifikasi dan pompa kalor. Sistem dehumidifikasi digunakan untuk menghilangkan kelembapan dari udara sebelum digunakan untuk mengeringkan rempah-rempah (khususnya pengeringan jahe). Sedangkan pompa kalor digunakan untuk memanfaatkan panas yang dihasilkan oleh proses dehumidifikasi untuk digunakan sebagai sumber panas dalam proses pengeringan. Dengan menggabungkan kedua teknologi ini, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi waktu pengeringan rempah-rempah. Selain itu, pengembangan mesin pengering rempah-rempah dengan sistem dehumidifikasi dan pompa kalor juga dapat dilakukan dengan menambahkan kontrol suhu dan kelembapan yang optimal untuk proses pengeringan. Kontrol suhu yang tepat akan memastikan bahwa rempah-rempah tidak terlalu panas sehingga tidak merusak kualitas rempah-rempah, sementara kontrol kelembapan yang tepat akan memastikan bahwa rempah-rempah benar-benar kering sebelum diangkut. Selain itu, pengembangan mesin ini juga dapat dilakukan dengan menambahkan sistem pengumpulan data dan analisis untuk mengevaluasi efisiensi proses pengeringan dan mengoptimalkan kinerja mesin. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan agar cara kerja sistem berjalan secara kontinyu yang akan berpengaruh dalam hasil pengeringan rempah-rempah tersebut.

Pada penelitian sebelumnya, ditemukan kekurangan pada alat pengering rempah-rempah ini, yaitu sistem menerima panas berlebih atau *overheat* yang disebabkan oleh buangan panas dari kompresor dan kondensor, sehingga alat tidak

bisa bekerja secara kontinyu atau sering hidup mati. Dengan kondisi mesin yang sering hidup mati akan menyebabkan terjadinya perubahan suhu yang tidak setabil sehingga proses pengeringan tidak berjalan optimal.

Maka itu, peneliti ingin mengembangkan kembali atau melakukan redesain alat pengering rempah–rempah ini yaitu dengan memberi sekat antara kondensor dan kompresor, sehingga panas yang dihasilkan oleh kompresor dan kondensor bisa diatur untuk proses pengeringan dan sistem dapat bekerja secara kontinyu.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam Pengembangan Mesin Pengering dengan Sistem Dehumidifikasi dan Pompa Kalor adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimanakah karakteristik pengeringan rempah-rempah dengan sistem dehumidifikasi dan pompa kalor setelah mesin tersebut dikembangkan ?
- b. Bagaimana hasil kinerja performansi mesin siklus kompresi uap setelah dikembangkan yang digunakan untuk proses pengeringan rempah-rempah?
- c. Bagaimana konsumsi energi mesin pengering rempah-rempah dengan sistem dehumidifikasi dan pompa kalor setelah dikembangkan untuk proses pengeringan rempah-rempah?

1.3 Batasan Masalah

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan adanya pembatasan cakupan penelitian, adapun batasan-batasan masalah pada penelitian ini diantaranya yaitu :

- a. Mesin pengering bekerja menggunakan siklus kompresi uap, dengan komponen utama : kompresor, kondensor, alat ekspansi dan evaporator.
- b. Refrigeran yang digunakan yakni R-134a.
- c. Mesin pengering bekerja dengan aliran udara pengering sistem tertutup (*closed drying*) serta bekerja dengan sumber energi listrik PLN.
- d. Rempah-rempah yang akan digunakan untuk pengeringan adalah jahe.

1.4 Tujuan Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian ini, penulis memiliki tujuan yang

diharapkan dapat tercapai kedepannya. Adapun tujuan yang diharapkan yaitu berupa tujuan umum dan tujuan khusus seperti :

1.4.1 Tujuan umum

Tujuan umum yang diharapkan oleh penulis dalam melaksanakan penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

- a. Untuk mengimplementasikan ilmu-ilmu yang diperoleh selama mengikuti perkuliahan di jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.
- b. Mengembangkan ilmu pengetahuan yang diperoleh di masa perkuliahan, menerapkan dan menuangkan ke dalam bentuk proposal penelitian skripsi.
- c. Untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik dalam menyelesaikan pendidikan jenjang Sarjana Terapan program studi Teknologi Rekayasa Utilitas-MEP di Politeknik Negeri Bali.

1.4.2 Tujuan khusus

Tujuan khusus yang diharapkan oleh penulis dalam melaksanakan penelitian ini diantaranya sebagai berikut :

- a. Untuk mengetahui karakteristik pengeringan rempah-rempah setelah mesin tersebut dikembangkan dengan sistem dehumidifikasi dan pompa kalor.
- b. Untuk menentukan bagaimana kinerja performasi siklus kompresi uap dari mesin pengering rempah-rempah setelah dikembangkan.
- c. Untuk mengukur konsumsi energi dari mesin pengering rempah-rempah setelah mesin tersebut dikembangkan dengan sistem dehumidifikasi dan pompa kalor untuk proses pengeringan rempah-rempah.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan tentu dengan harapan memiliki manfaat yang dapat terasakan kedepannya. Adapun manfaat yang diharapkan dapat dirasakan oleh penulis sendiri, mahasiswa, Politeknik Negeri Bali, dan juga tentunya masyarakat.

1.5.1 Manfaat bagi penulis

Bagi penulis, dengan dilaksanakannya penelitian ini bermanfaat untuk mengaplikasikan ilmu dan pengetahuan yang selama ini diperoleh pada masa perkuliahan dan dengan terlaksananya penelitian ini, maka secara tidak langsung menambah wawasan penulis mengenai topik permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini.

1.5.2 Manfaat bagi mahasiswa

Manfaat bagi mahasiswa, sebagai referensi dan juga media pembelajaran dalam hal menambah wawasan dan melakukan penyusunan penelitian skripsi kedepannya terkait dengan penelitian mengenai pengembangan mesin pengering rempah-rempah dengan sistem dehumidifikasi dan pompa kalor.

1.5.3 Manfaat bagi Politeknik Negeri Bali

Penelitian ini juga diharapkan dapat bermanfaat bagi instansi yang memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian ini. Politeknik Negeri Bali dapat memanfaatkan penelitian ini sebagai bahan pendidikan di bidang Teknik Mesin di kemudian hari sehingga menjadi suatu pertimbangan untuk dapat dikembangkan lebih lanjut.

1.5.4 Manfaat bagi masyarakat

Dengan terselesaikannya penelitian ini, masyarakat dapat memanfaatkan penggunaan mesin pengering dengan sistem dehumidifikasi dan pompa kalor untuk mengeringkan tumbuhan herbal khususnya rempah-rempah, sehingga menghasilkan kualitas pengeringan yang baik, waktu pengeringan yang singkat, higienis dan terhindar dari bakteri pengotor.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian secara eksperimental pengembangan mesin pengering rempah-rempah dengan sistem *dehumidifikasi* dan pompa kalor telah dapat dilakukan dan berhasil dengan baik. Berdasarkan kajian dan analisis-analisis yang dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain :

1. Diperoleh temperatur udara masuk ruang pengering rata-rata sebesar 40°C dan kelembaban rata-rata 46%. Untuk temperatur dan kelembaban maksimum masuk ruang pengering yaitu 51°C dan 34% berturut-turut dan kecepatan aliran udara 2,5 m/s. Mesin ini mampu mengeringkan jahe sampai kadar air 5% dari kadar air awal 80% dengan waktu 8 jam untuk kapasitas 1000 gram, untuk kapasitas 1500 gram mampu mencapai 7% dengan waktu 8 jam, dan untuk kapasitas 2000 gram mampu mencapai kadar air 9% dengan waktu 8 jam.
2. Kinerja sistem refrigerasi mengindikasikan bahwa sistem dapat beroperasi secara efisien dengan tingkat performansi COP_{ref}, COP_{HP}, dan TP yakni masing-masing sebesar 3,1, 4,1, dan 7,2 berturut-turut.
3. Dalam proses pengeringan jahe sampai kadar air <10%, memiliki tingkat konsumsi energi yang cukup tinggi dari penelitian sebelumnya yakni untuk kapasitas 1500 gram sebesar 2 kWh, sedangkan pada penelitian sebelumnya hanya menkonsumsi energi sebesar 1,65 kWh. Akan tetapi setelah mesin tersebut dikembangkan, mesin tersebut mampu mengeringkan jahe selama 8 jam, sedangkan pada penelitian sebelumnya membutuhkan waktu 9 jam untuk proses pengeringan jahe sampai kadar air <10%.

5.2 Saran

Dari penelitian ini penulis sedikit memberikan saran, yang dapat dijadikan panduan dan perbaikan kedepannya untuk mendapatkan hasil yang lebih baik yaitu

antara lain :

1. Pada penelitian selanjutnya, perlu dilakukan desain mengenai sistem refrigerasi sesuai dengan kapasitas produk yang nantinya digunakan agar sistem dapat bekerja lebih maksimal dan mempercepat proses pengeringan.
2. Untuk selanjutnya diharapkan dalam proses pembuatan mesin pengering pastikan distribusi udara panas dari kondensor mengalir dari samping produk, sehingga masing-masing rak menerima distribusi temperatur merata.
3. Dalam melakukan pengujian pastikan semua alat ukur berfungsi dengan baik dan sebelumnya sudah dikalibrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Brooker, D.B., F.W. Bakker., and C.W. Arkema. 1974. *Drying Cereal Grains*. West Port. USA: The A VI Publishing Co. Inc.
- Carter Stanfield dan David Skavesb. 2010. *Fundamentals Of HVACR*. Second Edition Us Amerika: Person Edition.
- Endeustorial, 2021. Rempah-rempah kering. Terdapat pada <https://endeus.tv/artikel/rempah-kering>. Diakses pada tanggal 2 februari 2023.
- Erwanto. 2018. Mempelajari Karakteristik Pengeringan Jahe Merah (Zingiber Officianale Var. Rubrum) Menggunakan Alat Pengering Mekanis Tipe Rak, 38. Vol 2 No 2.
- Handoko k. 1981. *Teknik Lemari Es*. P.T Ichtiar Baru. Jakarta. Diakses pada tanggal 14 Januari 2022.
- Ilyas S. 1993. *Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan*. Jilid I. Teknik Pendinginan Ikan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan. Jakarta.
- Mahlia, T.M.I., et al., 2010. Clothes drying from room air conditioning waste heat: thermodynamics investigation. Arabian Journal for Science and Engineering. Vol 35 No 1B, 339-351.
- Marliyati. 2013. Ecoculinary tourism in Indonesia. dalam: Teguh, F and Avezzora, R (Eds 1), *Ecotourism and Sustainable Tourism Development in Indonesia*. Ministry of Tourism and Creative Economy, Republic of Indonesia.
- Oktay, Z., & Hepbasli, A. 2003. Performance evaluation of a heat pump assisted mechanical opener dryer. *Energy Conversion and Management*. 44(8): 1193-1207.
- Purnomo, C.B., Waluyo, B., Wibowo, R. 2015. Optimalisasi Penggunaan Refrigeran Musicool Untuk Meningkatkan Performa Sistem Refrigerasi Kompresi Uap Dengan Variabel Katup Ekspansi. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2015 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*. 17 November 2015, Jakarta. Indonesia. 2 pp.
- Setyawan, Andriyanto. 2011. *Sistem Tata Udara*. Bandung : Politeknik Negeri Bandung.
- Setyawan, I. 2020. *Pengkondisian Udara Atmosfir (1)*. Modul 5 (tambahan) Teknik Pendingin Universitas Gunadarma. Depok, Jawa Barat-Indonesia.
- Suntivarakorn, P. S. Satmarong, et al. 2010. An Experimental Study on Clothes Drying Using Waste Heat from Spilt Type Air Conditioner. *International Journal of Aerospace and Mechanical Engineering*. 5 (3): 168-173.

- Suyitno dan Kamarijani. 1990. *Bahan–bahan Pengemas*. PAU Pangan dan Gizi UGM, Yogyakarta.
- Tjukup Marnoto, Endang S, Mahreni, Syahri M. 2012. The Characteristic of Heat Pump Dehumidifier Drier in the Drying of Red Chili (*Capsicum annum L.*). *International Journal of Science and Engineering*. 3 (1): 22-25.
- Tropik, J. P., Farrel, R., Aulawi, T., & Darmawi, A. 2020. Analisis Mutu Simplisia Rimpang Jahe Merah (*Zingiber officinale Var. Rubrum*) dengan Suhu Pengeringan yang Berbeda Quality Analysis of Simplicia Red Ginger (*Zingiber officinale Var. Rubrum*) Rhizome with Different Drying Temperature. 7(1), 136– 143.
- Trott and T. Welc. 2000. *Refigeration and Air conditioning*. Delhi: Butter Worth – Heineman.
- Wicaksono, B.D.I. 2014. *Pemanfaatan Panas Buang Mesin Pendingin Untuk Pengeringan Pakaian*. Skripsi. Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
- Widodo, S. dan Syamsuri, H. 2008. *Sistem Refrigerasi dan Tata Udara*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Winangsih dan Prihastanti, E., Parman, S. 2013. Pengaruh Metode Pengeringan Terhadap Kualitas Simplisia Lempuyang Wangi (*Zingiber aromaticum L.*). Buletin Anatomi dan Fisiologi. 21(1), 19-25.
- Yudhi, K., Ruslani., Anggriawan, F. A. 2017. Analisa Kinerja Sistem Heating Dehumidifier menggunakan AC Split untuk Pengeringan Ikan. *Jurnal Teknologi Terapan*. 3 (1): 41–47.
- Zoel Huda, 2008. Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Farmakope Herbal Indonesia (Edisi I). Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 5 mei 2008