

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP KADAR AIR BAWANG MERAH MENGGUNAKAN PERALATAN PENGERING BERBASIS *IOT* DENGAN TEKNOLOGI KOLEKTOR SURYA

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun oleh:

FAUZAN WAHYU PUTRA
2007230114



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Fauzan Wahyu Putra
NPM : 2007230114
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Kadar Air Bawang Merah Menggunakan Peralatan Pengereng Berbasis *IoT* Dengan Teknologi Kolektor Surya
Bidang Ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 26 Agustus 2024

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T.

Dosen Penguji II



Chandra A Siregar, S.T., M.T.

Dosen Penguji III



Iqbal Tanjung, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Mesin
Ketua



Chandra A Siregar, S.T., M.T.

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama lengkap : Fauzan Wahyu Putra
NPM : 2007230114
Tempat / Tanggal lahir : Medan, 25 April 2002
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul:

“ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP KADAR AIR BAWANG MERAH MENGGUNAKAN PERALATAN PENERING BERBASIS *IOT* DENGAN TEKNOLOGI KOLEKTOR SURYA”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakikatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan / kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 26 Agustus 2024



Fauzan Wahyu Putra

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan seminar hasil penelitian ini dengan judul **“Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Kadar Air Bawang Merah Menggunakan Peralatan Pengering Berbasis *IoT* Dengan Teknologi Kolektor Surya”**.


Banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih dan syukur yang tulus dan dalam kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian ini dengan baik.
2. Bapak Dr. Agussani M.AP., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Iqbal Tanjung, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir penulis yang selalu memberikan masukan, motivasi, serta ilmu yang bermanfaat bagi penulis dalam penyelesaian proposal.
4. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T dan Bapak Ahmad Marabdi, S.T., M.T., selaku Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan nasehat dan bimbingan dalam penyelesaian proposal penelitian penulis.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang terus mendukung seluruh kegiatan mahasiswa/i Fakultas Teknik dalam proses perkuliahan.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan banyak ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
7. Wahyudani S Putra dan Ade Anggraini, selaku kedua orang tua penulis yang selalu memberikan doa terbaiknya yang tiada henti untuk kesuksesan dan keberhasilan penulis selama proses perkuliahan.

8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan administrasi selama proses perkuliahan.
9. Bapak H. Muharnif M, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pendamping Akademik yang telah banyak memberikan masukan serta kritikan yang membangun dalam penyelesaian proposal penelitian penulis dan selama proses perkuliahan.
10. Kakanda Farissa Wahyu Putri dan Abangda Suryanto, selaku kakak kandung dan abang ipar penulis yang selalu memberikan dukungan serta motivasi selama proses perkuliahan.
11. Rani Anggraini, bagian dari hidup penulis yang selalu mendengarkan segala keluh kesah dari penulis, yang selalu banyak memberikan dukungan dalam berbagai bentuk dan cara, selalu ada untuk penulis dan menjadi rumah kedua untuk penulis saat penulis bingung, gelisah, tidak percaya diri, dan sebagainya
12. Abangda Dwiki Chandra, Abangda Septian, Aulia, Raihan Syahputra, Atif Juantoro, serta Aufa Afika Nainggolan selaku grup mesin yang terus memberikan semangat dan motivasi.
13. Virza Rizky Pratama, Mhd. Rizky, Afdawi Musa Hasibuan, Arya Dwirangga Putra, dan Abdurrohman, selaku teman-teman seperjuangan penulis selama berkuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
14. Teman-teman penulis di kelas B1-Pagi Teknik Mesin yang terus bersama-sama menjaga solidaritas dan semangat selama proses perkuliahan.

Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 26 Agustus 2024



Fauzan Wahyu Putra

ABSTRAK

Proses penanganan pascapanen bawang merah biasanya dilakukan secara tradisional dengan memanfaatkan radiasi atau sinar matahari sebagai media untuk proses pengeringan bawang merah. Proses pengeringan bawang merah tersebut diaplikasikan di area terbuka yang langsung dipaparkan oleh sinar matahari dengan waktu 7 hingga 9 hari untuk mencapai standar kadar air yang sesuai dengan aturan SNI. Temperatur dan kelembaban menjadi peranan penting yang harus diperhatikan dalam proses pengeringan pascapanen bawang merah. Sebab, ketika temperatur dan kelembaban tidak sesuai dengan standar, maka kualitas proses pengeringan juga tidak akan optimal dikarenakan bawang merah memiliki sifat yang mudah rusak dan tidak tahan lama, serta mudah membusuk. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa peralatan pengering bawang merah menggunakan kolektor surya dengan absorber besi dan pasir pantai, mengetahui temperatur dan kelembaban (*Relative Humidity*) yang memenuhi kualitas kadar air bawang merah, dan menemukan efisiensi proses pengeringan bawang merah dari standar mutu SNI 01-3159-1992. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan peralatan pengering bawang merah sebagai alat pengujian bawang merah untuk melihat pengaruh temperatur terhadap kadar air yang dihasilkan bawang merah ketika melalui proses pengeringan dengan absorber panas pasir besi yang ditambahkan geram besi hasil pembubutan dan didesain untuk dapat mengalirkan udara panas sebesar 45 °C ketika posisi puncak matahari dan 20 – 25 °C ketika pada malam hari. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pada kondisi efektif matahari, yaitu pukul 08:00 – 14:00 WIB didapat temperatur ruang pengering optimal pada temperatur $\pm 39,1$ °C dan temperatur dapat bertahan karena ruang pengering yang diisolasi dengan temperatur 31,8 °C pada pukul 20:00 WIB. Didapat penurunan massa sebesar 15,3% ini menunjukkan bahwa penurunan kadar air bawang merah dapat dilakukan telah mencapai target kadar air sebesar 85 – 80% dari total massa. Karena penurunan massa ini secara langsung mencerminkan hilangnya kelembaban bawang merah, maka dapat disimpulkan bahwa proses pengeringan berhasil menurunkan kadar air hingga mencapai tingkat yang sesuai dengan mutu standar, yakni standar yang ditetapkan oleh SNI tentang standar mutu nasional bawang merah sesuai dengan mutu I dengan kadar air maksimum 85 – 80% dengan kelembaban rata – rata 60 – 70%.

Kata kunci : Bawang merah, kolektor surya, absorber besi dan pasir pantai, kelembaban, temperatur, SNI.

ABSTRACT

The post-harvest handling process of shallots is usually done traditionally by utilizing radiation or sunlight as a medium for the shallot drying process. The shallot drying process is applied in an open area directly exposed to sunlight with a time of 7 to 9 days to reach the standard moisture content in accordance with SNI rules. Temperature and humidity play an important role in the shallot post-harvest drying process. Because, when the temperature and humidity are not in accordance with the standards, the quality of the drying process will also not be optimal because shallots have perishable properties and are not durable, and easily rot. The purpose of this research is to analyze shallot drying equipment using solar collectors with iron absorber and beach sand, determine the temperature and humidity (Relative Humidity) that meet the quality of shallot water content, and find the efficiency of the shallot drying process from the SNI 01-3159-1992 quality standard. The method used in this research is to use shallot drying equipment as a shallot testing tool to see the effect of temperature on the water content produced by shallots when going through the drying process with an iron sand heat absorber added to the iron grinds from turning and designed to be able to flow hot air at 45 °C when the peak position of the sun and 20 - 25 °C when at night. The results of this study show that under effective solar conditions, namely 08:00 - 14:00 WIB, the optimal drying room temperature is obtained at a temperature of ± 39.1 °C and the temperature can be maintained because the drying room is isolated with a temperature of 31.8 °C at 20:00 WIB. The mass reduction of 15.3% shows that the reduction in shallot water content can be done has reached the target water content of 85 - 80% of the total mass. Since this decrease in mass directly reflects the loss of moisture of shallots, it can be concluded that the drying process succeeded in reducing the moisture content to reach a level that is in accordance with the standard quality, namely the standard set by SNI concerning the national quality standard of shallots in accordance with quality I with a maximum moisture content of 85 - 80% with an average humidity of 60 - 70%.

Keywords : Shallots, solar collectors, iron absorber and beach sand, temperature, humidity (Relative Humidity), SNI

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR NOTASI	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Bawang Merah	5
2.2 Proses Pengeringan	7
2.2.1 Metode Pengeringan	8
2.2.2 Parameter Pengeringan	8
2.3 Kriteria Penyimpanan Pascapanen	11
2.4 Perpindahan Panas	12
2.4.1 Perpindahan Panas Secara Konduksi	12
2.4.2 Perpindahan Panas Secara Konveksi	13
2.4.3 Perpindahan Panas Secara Radiasi	14
2.5 Termodinamika Untuk Proses Pengeringan	14
2.6 Kolektor Surya	15
2.7 Absorber	16
BAB 3 METODE PENELITIAN	17
3.1 Tempat dan Waktu	17
3.1.1 Tempat Penelitian	17
3.1.2 Waktu Penelitian	17
3.2 Bahan dan Alat	18
3.2.1 Bahan Penelitian	18
3.2.2 Alat Penelitian	19
3.3 Bagan Alir Penelitian	22
3.4 Rancangan Alat Penelitian	23
3.5 Prosedur Penelitian	25
3.6 Variabel Yang Akan Diteliti	26
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Hasil Penelitian	27
4.2 Analisa Penelitian	28

4.2.1	Distribusi temperatur dan kelembaban	28
4.2.2	Pengaruh Penggunaan Teknologi Kolektor Surya	29
4.3	Pembahasan Penelitian	30
4.3.1	Pengaruh Temperatur dan Kelembaban	30
4.3.2	Penurunan Massa Bawang Merah	31
4.3.4	Interpretasi Kadar Air Bahan	32
4.3.4	Proses Pengeringan Bawang Merah	33
BAB 5	KESIMPULAN	35
5.1	Kesimpulan	35
5.2	Saran	35
	DAFTAR PUSTAKA	36
	LAMPIRAN	
	Lampiran 1. Hasil Penelitian	
	Lampiran 2. Gambar Teknik	
	Lampiran 3. Lembar Asistensi	
	Lampiran 4. SK Pembimbing	
	Lampiran 5. Berita Acara Seminar Hasil Penelitian	
	Lampiran 6. Daftar Riwayat Hidup	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bawang merah	5
Gambar 2.2 Laju perpindahan panas secara konduksi pada dinding datar	13
Gambar 2.3 Laju perpindahan panas secara konveksi	13
Gambar 2.4 Laju perpindahan secara radiasi	14
Gambar 2.5 Penyerapan radiasi matahari oleh kolektor	15
Gambar 2.6 Posisi matahari terhadap permukaan bidang datar di bumi	16
Gambar 2.7 Absorber geram besi dan pasir pantai	16
Gambar 3.1 Bawang merah pengujian	18
Gambar 3.2 Geram besi dan pasir pantai	18
Gambar 3.3 Peralatan pengering bawang merah	19
Gambar 3.4 Timbangan gantung	21
Gambar 3.5 Bagan alir penelitian	22
Gambar 3.6 Alat penelitian pengering bawang merah	24
Gambar 4.1 Proses instalasi alat pengering bawang merah	27
Gambar 4.2 Distribusi temperatur dan kelembaban pada ruang pengering	29
Gambar 4.3 Grafik temperatur dan kelembaban ruang pengering	30
Gambar 4.4 Hasil penurunan massa bawang merah selama 3 hari pengeringan	31
Gambar 4.5 Hasil pengeringan konvensional dan teknologi kolektor surya	33

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Standar nasional bawang merah SNI 01-3159-1992	7
Tabel 2. Jadwal dan kegiatan penelitian	17
Tabel 3. Spesifikasi alat	24
Tabel 4. Hasil pengujian bawang merah	27
Tabel 5. Hasil pengamatan rata-rata temperatur dan kelembaban	28
Tabel 6. Massa bawang merah	32

DAFTAR NOTASI

KA (bb)	=	Kadar air bahan berdasarkan bahan basah (<i>wet basis</i>) (%)
W_b	=	Berat bahan basah sebelum pengeringan (kg)
W_k	=	Berat bahan kering setelah pengeringan (kg)
Q_{konduksi}	=	Laju perpindahan panas konduksi (J/s atau Watt)
$\frac{dT}{dx}$	=	Selisih perubahan temperatur yang terjadi terhadap jarak (K/m)
h	=	Koefisien perpindahan panas konveksi ($W/m^2 \cdot K$)
k	=	Konduktivitas ($W/m^2 \cdot K$)
Q_{konveksi}	=	Laju perpindahan panas konveksi (J/s atau Watt)
A	=	Luas penampang atau luas permukaan (m^2)
T_w	=	Temperatur dinding atau permukaan (K)
T_{∞}	=	Temperatur fluida atau lingkungan (K)
Q_{pancaran}	=	Laju perpindahan panas radiasi (J/s atau Watt)
σ	=	Konstanta Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} W/m^2 \cdot K^4$)
Q	=	Jumlah panas yang ditransfer (J/s atau Watt)
C_p	=	Kapasitas panas spesifik fluida (J/Kg. K)
ΔT	=	$T_{in} - T_{out}$ (K)
\dot{m}	=	Massa zat (ρ_{udara} x volume ruang pengering) (kg/s)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu komoditas produk pertanian di Indonesia yang sering ditemui dan dikonsumsi oleh hampir setiap penduduk di daerah kota maupun desa adalah bawang merah. Bawang merah (*Allium Ascalonicum L.*) merupakan komoditas hortikultura berjenis umbi-umbian yang umumnya tumbuh di tanah dengan proses pertumbuhan yang dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu penanaman, jenis tanah yang digunakan, temperatur dan kelembaban yang tidak sesuai dengan standar, kondisi penyimpanan bawang merah yang tidak sesuai, pertumbuhan bakteri dan jamur (penyakit tanaman), penyiraman, pemeliharaan, hingga penanganan pascapanen (Listianawati 2014).

Dari beberapa faktor tersebut, dibutuhkan proses penanganan yang optimal pascapanen agar bawang merah yang diproduksi memiliki kualitas yang baik dan tingkat produksinya tetap terstruktur (Kusumawati 2017). Penanganan pascapanen biasanya dilakukan secara tradisional dengan memanfaatkan radiasi atau sinar matahari sebagai media untuk proses pengeringan bawang merah. Bawang merah disusun dan diletakkan ditempat yang terkena sinar matahari langsung, bahkan terkadang langsung diletakkan begitu saja di atas tanah. Meskipun metode ini dianggap ekonomis dan umum digunakan, terdapat kelemahan yang terletak pada kontaminasi lingkungan sekitar yang dapat menurunkan kualitas dan produksi bawang merah.

Metode pengeringan tersebut masih digunakan oleh kebanyakan para petani di Kabupaten Karo, Sumatera Utara terutama para petani di desa Pangambaten Kecamatan Merek dengan mengaplikasikan proses pengeringan bawang merah secara konvensional yang memanfaatkan panas dari radiasi matahari. Proses pengeringan bawang merah tersebut diaplikasikan di area terbuka yang langsung dipaparkan oleh sinar matahari dengan waktu 7 hingga 9 hari untuk mencapai standar kadar air yang sesuai dengan aturan SNI (Fitria 2017).

Proses pengeringan tersebut memakan waktu yang cukup lama dikarenakan sebagian Kecamatan di Kabupaten Karo berada pada ketinggian antara 500 – 1000

meter dari atas permukaan laut memiliki jumlah curah hujan rata-rata tahunan sebesar 1553 mm dengan curah hujan rata-rata bulanan sebesar 129 mm. Untuk temperatur dan kelembaban, daerah Karo terdiri atas iklim tropis pada ketinggian kurang dari 500 meter dari permukaan laut, sub tropis pada ketinggian 500-1000 meter dan iklim dingin pada ketinggian lebih dari 1000 meter dari permukaan laut. Rata-rata temperatur udara di Kabupaten Karo sebesar 19,8 °C dengan temperatur maksimum 25,8 °C dan temperatur minimumnya 14,3 °C. Kelembaban rata-rata 96,2% dengan nilai kelembaban maksimum pada sore dan malam hari dan kelembaban terendah pada pagi hari (Ir. Sumihar Hutapea 2001).

Temperatur dan kelembaban menjadi peranan penting yang harus diperhatikan dalam proses pengeringan pascapanen bawang merah. Sebab, ketika temperatur dan kelembaban tidak sesuai dengan standar, maka kualitas proses pengeringan juga tidak akan optimal. Penanganan pascapanen yang buruk dapat menyebabkan kerusakan dan nilai jual bawang berkurang. Akibatnya, proses penyimpanan dan pengeringan harus ditingkatkan dengan menerapkan prinsip-prinsip yang terkandung dalam teknologi pengeringan buatan (Yanti dkk. 2021).

Teknologi pengering buatan tersebut pernah digunakan oleh Farid Isnain dalam penelitiannya (Syuhada, Sary, dan Isnain 2018) yang menggunakan kolektor surya sebagai media untuk menangkap radiasi matahari dalam alat pengering yang digunakannya untuk mengeringkan buah kakao. Terbukti, teknologi ini menghasilkan pengeringan biji kakao yang sudah cukup baik dimana kadar air yang terkandung sudah sesuai SNI biji kakao dan kadar air biji kakao tersebut sudah mencapai hingga 7 – 8%, biji tidak mudah pecah, dan tidak ada kotoran.

Penggunaan teknologi dalam proses pengeringan dapat menjadi solusi dari permasalahan penanganan pascapanen bawang merah sesuai dengan standar mutu SNI 01-3159-1992. Pemanfaatan teknologi kolektor surya dapat menjadi solusi sebagai pembangkit energi panas yang memanfaatkan radiasi matahari, sehingga dapat menjaga kualitas temperatur dan kelembaban dari proses pengeringan menggunakan alat pengering (Syuhada, Sary, dan Siregar 2020). Maka, berdasarkan hal tersebut peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Kadar Air Bawang Merah Menggunakan Peralatan Pengering Berbasis *IoT* Dengan Teknologi Kolektor Surya”.

1.2 Rumusan Masalah

Pada proses pengeringan secara konvensional, bawang merah memerlukan waktu 6 – 10 hari untuk memperoleh pengeringan yang baik sesuai dengan standar mutu dan kebutuhan pasar. Pada saat mendung ataupun berawan, proses pengeringan dapat terhambat sebab sangat bergantung pada kondisi cuaca. Selain itu, proses pengeringan menggunakan metode tersebut juga dapat memakan waktu yang cukup lama, karena pancaran dari radiasi matahari tidak optimal saat proses pengeringan. Tak hanya itu, temperatur dan kelembaban udara juga dapat mempengaruhi percepatan pengeringan karena dilakukan di area terbuka, sehingga pengeringan menjadi tidak efektif. Kualitas bawang merah juga menjadi kurang sesuai dengan standar kebutuhan pasar, sebab tidak adanya kontrol di area terbuka untuk menjaga bawang merah terhindar dari penyakit tanaman, gangguan hama, binatang liar, pembusukan dan sebagainya, hingga tak jarang pula bawang merah juga sampai mengalami gagal panen.

1.3 Ruang Lingkup

Berdasarkan permasalahan yang terdapat dalam penelitian ini, ruang lingkup untuk penelitian ini berfokus terhadap penggunaan kolektor surya dengan absorber besi dan pasir pantai, pengaruh temperatur terhadap kadar air bawang merah yang akan dianalisis berdasarkan temperatur ruang pengering, kelembaban, dan waktu proses pengeringan. Selanjutnya, hasil penelitian akan dituangkan dalam grafik temperatur dan kelembaban terhadap waktu.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Menganalisa temperatur dan kelembaban pada peralatan pengering bawang merah berbasis *IoT* menggunakan kolektor surya.
2. Mengetahui temperatur dan kelembaban (*Relative Humidity*) pada peralatan pengering bawang merah berbasis *IoT* menggunakan kolektor surya yang memenuhi kualitas kadar air bawang merah.

3. Menemukan efisiensi proses pengeringan bawang merah pada peralatan pengering bawang merah berbasis *IoT* menggunakan kolektor surya dari standar mutu SNI 01-3159-1992.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Didapat hasil analisa temperatur dan kelembaban peralatan pengering bawang merah berbasis *IoT* menggunakan kolektor surya.
2. Didapat temperatur dan kelembaban (*Relative Humidity*) pada peralatan pengering bawang merah berbasis *IoT* menggunakan kolektor surya yang memenuhi standar kualitas kadar air bawang merah.
3. Didapat kualitas panen bawang merah dan efisiensi pengeringan yang sesuai dengan standar mutu SNI 01-3159-1992.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bawang Merah

Bawang merah merupakan salah satu jenis bawang yang banyak ditemukan di dataran tinggi. Bawang merah mendapatkan namanya dari warna ungu kemerahan pada kulit dan dagingnya. Bawang merah memiliki tekstur atau lapisan yang mirip dengan bawang bombay, namun lebih kecil. Meski tidak sekuat bawang putih, bawang merah mempunyai aroma yang menyengat dan wangi yang sedikit pedas. Bawang merah biasanya dipanen secara utuh. Bawang merah memiliki tekstur yang lunak sehingga mudah digiling sebagai bumbu masakan. Jika bawang merah disimpan dalam waktu lama tanpa dikupas, cangkang baru dapat terbentuk. (Kusumawati 2017)



Gambar 2.1 Bawang merah (Nasution, Chandra, dan Aulia 2023)

Tanaman bawang merah tumbuh pada kedalaman tanah antara 15 – 20 cm dan memiliki struktur serabut dengan sistem perakaran yang dangkal dan bercabang terpecah. Jumlah akarnya bisa mencapai 20 – 200 akar, dengan diameter berkisar 5 – 2 mm, dan perakarannya bercabang dan membentuk sekitar 3 – 5 akar. Batang sejati bawang merah adalah "*discus*" yang berbentuk cakram tipis dan pendek, tempat akar dan titik tumbuh melekat. Batang semu di atas *discus* terdiri dari pelapah – pelapah daun; di dalam tanah, batang ini berubah fungsi menjadi umbi lapis.

Daun bawang merah berwarna hijau muda hingga tua dan berbentuk silindris kecil dengan panjang antara 50 – 70 cm. Ujungnya runcing dan berlubang, serta

tangkai yang agak pendek menampung daun – daun tersebut. Bunga bawang merah tumbuh dari titik tumbuh (ujung tanaman) hingga panjang 30 hingga 90 cm. Di ujungnya terdapat antara 50 – 200 kuntum bunga yang tersusun dalam bentuk payung. Setiap kuntum bunga memiliki satu putik, enam benang sari berwarna hijau atau kekuning-kuningan, lima hingga enam helai daun bunga berwarna putih, dan bakal buah berbentuk hampir segitiga. Buahnya berbentuk bulat dengan ujung tumpul dan memiliki 2 – 3 butir biji di sekitarnya. Biji tersebut berbentuk pipih dan pada awalnya bening atau putih, tetapi ketika mereka matang, mereka menjadi hitam. Menurut (Wibowo 2001) menyatakan bahwa berdasarkan warna umbinya, bawang merah dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu:

1. Kelompok yang umbinya merah tua, seperti kultivar Medan, Sri Sakate, Maja dan Gugur.
2. Kelompok yang umbinya kuning muda pucat, seperti kultivar Sumenep.
3. Kelompok yang umbinya kuning kemerahan, seperti kultivar Lampung, Bima, ampenan, dan sebagainya.

Tanaman bawang berasal dari Syiria dan digunakan sebagai bahan penyedap masakan beberapa ribu tahun yang lalu. Bawang merah mulai ditanam di Eropa Timur, Eropa Barat, dan Spanyol pada sekitar abad ke – 8. Setelah itu, ia mulai menyebar ke dataran Amerika, Asia Timur, dan Asia Tenggara. Pada abad ke – 19, bawang merah menjadi tanaman komersial yang penting di banyak negara di seluruh dunia. Jepang, Amerika Serikat, Rumania, Italia, Meksiko, dan Texas adalah beberapa negara yang menghasilkan bawang merah. (Listianawati 2014)

Sebagai jenis umbi-umbian, bawang merah mudah rusak dan tidak tahan lama. Oleh karena itu, penanganan pascapanen yang baik diperlukan untuk menjaga kualitas dan tingkat produksi. Proses pengeringan adalah bagian penting dari penanganan pascapanen yang sangat memengaruhi kualitas bawang merah. Ini karena kadar air bawang yang tinggi dapat merusak mikroorganisme dalam bawang merah dan menyebabkan pembusukan. Kadar air yang ideal untuk bawang merah adalah 85% – 80%, yang dapat mencegah pertumbuhan mikroorganisme dan memperpanjang masa penyimpanan. Tabel 1 menunjukkan standar mutu bawang merah sesuai dengan SNI.

Tabel 1. Standar nasional bawang merah SNI 01-3159-1992 (DSN 1992)

No.	Karakteristik	Mutu I	Mutu II	Sub Standar
1	Kadar air, % (b/b) maks	85 – 80	80 – 75	> 80
2	Busuk, % (b/b) maks	1	2	> 1
3	Kerusakan, % (b/b) maks	5	8	> 8
4	Kotoran, % (b/b) maks	0	0	0
5	Diameter (cm) min	1,7	1,3	> 1,7
6	Kekerasan	Keras	Cukup keras	> Cukup keras

Menilai kualitas pengeringan bawang merah yang efektif bukanlah hal yang sederhana. Bawang merah yang telah melalui proses pengeringan harus menunjukkan warna merah cerah setelah dibersihkan dari kotoran. Bawang merah seharusnya tidak memiliki warna hitam dan tidak boleh bertekstur lembek, karena ini menandakan gejala awal pembusukan. Selain itu, kulit bawang merah sebaiknya tidak terlalu kering.

2.2 Proses Pengeringan

Pengeringan adalah proses yang menggunakan energi panas untuk mengurangi kadar air pada suatu bahan untuk mencapai keseimbangan kadar air dengan kondisi udara normal. Selama proses pengeringan, temperatur disesuaikan untuk mencegah penurunan kadar air bawang merah yang tiba-tiba, yang dapat menyebabkan kerusakan pada bahan yang sedang dikeringkan (Hasan, Syuhada, dan Hamdani 2012).

Pengering adalah proses menurunkan kelembaban suatu zat hingga mencapai tingkat kelembaban tertentu. Karena perbedaan kadar uap air antara udara dan bahan yang sedang dikeringkan, air evaporasi dari bahan ke udara. Untuk mencapai tingkat kering tertentu, udara harus memiliki kadar uap air atau kelembaban yang lebih rendah daripada bahan yang sedang dikeringkan (Treybal 1981). Ada beberapa faktor yang dapat memengaruhi laju pengeringan suatu bahan, yaitu sifat fisik bahan; karakteristik alat pengering (efisiensi perpindahan panas); karakteristik lingkungan (temperatur, kelembaban, dan kecepatan udara); dan karakteristik alat pengering ataupun yang dapat juga disebut dengan efisiensi perpindahan panas (Buckle, K.A, Edward G.H 1987).

2.2.1 Metode Pengeringan

Dalam proses pengeringan, terdapat dua metode yang digunakan untuk mengeringkan suatu bahan, yaitu: pengeringan alami menggunakan sinar matahari sebagai sumber panas, dan pengeringan buatan atau yang dikenal sebagai pengeringan mekanis dengan menggunakan peralatan khusus. Jenis pengeringan buatan dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yakni pengeringan adiabatik dan pengeringan isotermik. (Ichsan 2018)

Pengeringan adiabatik melibatkan pemindahan panas ke peralatan pengering oleh udara yang dipanaskan. Udara yang sudah dipanaskan memberikan panas kepada bahan yang akan dikeringkan dan sekaligus membawa uap air yang dikeluarkan oleh bahan tersebut. Sumber panas udara dapat berasal dari pembakaran kayu, minyak, atau pemanasan dengan tenaga listrik. Pengeringan isotermik, di sisi lain, didasarkan pada kontak langsung antara bahan pangan dan lembaran logam yang dipanaskan. Beberapa metode juga menggunakan pompa vakum untuk menghilangkan uap air dari bahan. (Susanto, Tri and Saneto 1994)

2.2.2 Parameter Pengeringan

Beberapa parameter yang mempengaruhi waktu yang dibutuhkan pada proses pengeringan (Brooker, D.B., Bakker-Arkema, F.W. and Hall 1974), antara lain:

a. Temperatur udara pengering

Laju penguapan air selama proses pengeringan sangat dipengaruhi oleh kenaikan temperatur. Meningkatkan temperatur pengeringan memerlukan lebih sedikit panas untuk menguapkan kelembaban di dalam bahan. Temperatur pada saat pengeringan mempengaruhi waktu pengeringan dan kualitas bahan. Semakin tinggi temperatur udara pengering maka semakin cepat pula proses pengeringannya. Penggunaan temperatur tinggi dapat mengurangi biaya pengeringan untuk volume besar tanpa merusak bahan. Temperatur dalam ruang penyimpanan untuk memperoleh hasil yang baik setelah penyimpanan barang dalam jangka waktu lama, temperatur penyimpanan yang relatif konstan harus dijaga. Fluktuasi temperatur dapat menyebabkan terbentuknya kondensasi pada bahan, yang pada akhirnya merangsang pembentukan jamur dan proses pembusukan. Fluktuasi temperatur di ruang penyimpanan diatasi dengan menggunakan isolasi dan pendinginan yang

tepat, serta dengan menjaga perbedaan temperatur antara zat pendingin dan temperatur ruangan tetap kecil setiap saat. Ruang penyimpanan harus dilengkapi dengan termostat atau perangkat kontrol lainnya dan dipantau dari waktu ke waktu (Nur Komar, S. Rakhmadiono, dan Lina Kurnia 2001).

b. Kelembaban relatif udara pengering (*Relative Humidity*)

Kelembaban relatif (RH) didefinisikan sebagai rasio kandungan uap air di udara terhadap kandungan uap air jenuh atau maksimum pada temperatur yang sama, yang dinyatakan dalam persentase. Kelembaban relatif di ruang penyimpanan berhubungan langsung dengan ketahanan kualitas bahan yang disimpan. Kelembaban yang rendah dapat menyebabkan bahan menjadi layu dan menyusut (*shriveling*), sedangkan kelembaban yang tinggi dapat mempercepat proses pembusukan, terutama jika terjadi fluktuasi temperatur atau fluktuasi ruangan. Kelembaban relatif 100% juga menyebabkan kondensasi air sehingga mempersulit pengendalian jamur.

Kelembaban atau kelembaban relatif (RH) mempengaruhi pergerakan zat cair dari dalam suatu bahan ke permukaannya. Kelembaban relatif juga menentukan sejauh mana udara kering dapat menahan uap air pada permukaan bahan. Peningkatan kelembaban relatif udara pengering memperlambat proses pengeringan karena udara menyerap dan menyimpan lebih sedikit uap air dibandingkan udara dengan kelembaban relatif lebih rendah. Laju penguapan air dapat diukur dengan selisih tekanan uap air antara udara yang mengalir dengan permukaan bahan yang dikeringkan. Besarnya tekanan uap jenuh dipengaruhi oleh temperatur dan kelembaban relatif. Ketika temperatur meningkat, kelembaban relatif menurun, sehingga tekanan uap jenuhnya meningkat dan sebaliknya.

Menurut (Nur Komar, S. Rakhmadiono, dan Lina Kurnia 2001) kelembaban yang tepat merupakan salah satu cara untuk mencegah hilangnya kelembaban melalui penyerapan dari udara sekaligus memastikan bahan yang disimpan aman dari pertumbuhan mikroba. Untuk mencapai kelembaban yang cukup, maka harus menggunakan insulasi yang memadai, menghindari kebocoran, dan menyediakan permukaan sejuk yang cukup luas. Hal ini dapat mengurangi perbedaan temperatur antara permukaan pendingin dan material.

c. Laju aliran udara pengering

Selama proses pengeringan, udara berperan sebagai penghantar panas, berperan untuk menguapkan uap air pada bahan dan melepaskan uap air. Air dikeluarkan dari material dalam bentuk uap dan harus segera dikeluarkan dari material. Jika tidak segera dihilangkan, air dapat mengisi atmosfer di sekitar permukaan material, sehingga memperlambat pembuangan air lebih lanjut. Arus udara yang bergerak cepat membawa uap air menjauh dari permukaan material dan mencegahnya menjadi jenuh di permukaan material. Semakin banyak udara yang mengalir, maka semakin besar kemampuannya untuk mengangkut dan menahan air sampai ke permukaan material.

d. Kadar air bahan

Kadar air bahan sering berubah selama proses pengeringan. Variasi ini dapat disebabkan oleh ketebalan tumpukan bahan, kelembaban relatif (RH) udara pengering, dan kadar air awal bahan. Untuk mengatasi hal ini, Anda dapat mengurangi ketebalan tumpukan bahan, meningkatkan kecepatan aliran udara pengering, dan membuat pengadukan pada bahan. Jumlah air dalam bahan adalah komponen yang memengaruhi kecepatan proses pengeringan. Semakin tinggi kadar air suatu bahan, semakin banyak energi yang diperlukan untuk proses pengeringan. Bahan yang mengandung air mencakup:

1. Kandungan air, jumlah air yang terkandung dalam produk pertanian dan perikanan diukur dengan menggunakan metode basah dan kering.
2. Kandungan air kesetimbangan, merupakan kadar air dalam produk pertanian yang berada dalam keseimbangan termodinamika dengan lingkungannya, yang diungkapkan melalui teknik basah dan kering.

Kadar air suatu bahan dapat dinyatakan dalam 2 metode, yaitu berdasarkan bahan kering (*dry basis*) dan berdasarkan bahan basah (*wet basis*) yang merupakan perbandingan berat air di dalam bahan tersebut dan berat bahan basah. Persamaan untuk menentukan kadar air menurut (Winarno 1993), yaitu:

$$KA(bb) = \frac{W_b - W_k}{W_b} \times 100\% \quad (2.1)$$

2.3 Kriteria Penyimpanan Pascapanen

Bawang merah harus disimpan di lokasi tertentu yang ramah lingkungan agar mendapatkan kualitas yang baik. Selain itu, pengolahan bawang merah juga mempengaruhi kualitas produk. Bawang merah dianggap baik jika umbinya cukup tua, tidak rusak, dan cukup kering saat dipanen. Penyimpanan secara konvensional dilakukan pada ruang penyimpanan dengan temperatur 25 – 30 °C, kelembaban relatif 70 – 80%, dan sirkulasi udara (ventilasi) yang baik. Bawang merah juga diawetkan dengan menggunakan teknik pendinginan. Kondisi optimal untuk metode ini adalah udara pada temperatur 0°C dan kelembaban relatif 60 – 70% (Nur Komar, S. Rakhmadiono, dan Lina Kurnia 2001).

Menurut (Brooker, D.B., Bakker-Arkema, F.W. and Hall 1974), terdapat beberapa periode pengeringan pascapanen; yaitu periode pengeringan (*Drying Period*). Periode ini diperlukan jika umbi baru diambil dari lahan yang permukaannya terlalu lembab. Jika cuaca bagus pada saat panen, umbi cukup diletakkan di lahan dan tidak perlu melalui proses penjemuran. Pengeringan berakhir ketika beratnya menyusut sekitar 15 sampai 20%. Periode penyembuhan (*Curing Period*). Periode ini diperlukan apabila perkembangan tahap dorman alami belum sepenuhnya selesai selama proses penyembuhan di lapangan. Tujuan dari proses penyembuhan ini adalah untuk melindungi umbi bawang merah dari mikroorganisme dan menurunkan laju respirasi umbi. Proses penyembuhan di lokasi biasanya memakan waktu satu hingga dua minggu. Kondisi ideal untuk fase penyembuhan adalah temperatur di bawah 35 °C dan kelembaban relatif di bawah 50%. Periode pendinginan (*Cooling Period*). Periode ini membantu menurunkan temperatur bawang merah. Pendinginan ini harus dilakukan dengan benar untuk mencegah pengeringan yang tidak merata. Periode penyimpanan (*Holding Period*) yakni, setelah didinginkan hingga mencapai temperatur penyimpanan, bawang merah harus disimpan dengan fluktuasi temperatur yang rendah. Kondisi ideal adalah temperatur 0 °C dan kelembaban relatif 65 – 75%. Periode pengondisian (*Conditioning Period*) bawang merah harus dipersiapkan untuk pengemasan atau pengolahan lebih lanjut. Bawang yang ditempatkan langsung dari ruang pendinginan ke lingkungan bertemperatur relatif tinggi akan mengalami pengembunan.

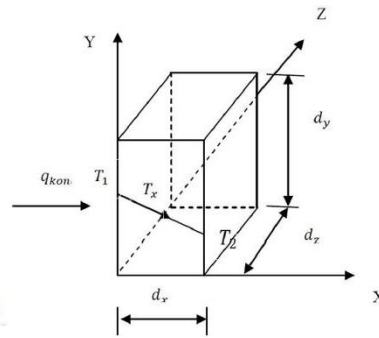
2.4 Perpindahan Panas

Perpindahan panas merujuk pada proses transfer energi dari satu lokasi ke lokasi lainnya karena terdapat perbedaan temperatur. Ketika fluida dengan temperatur tertentu mengalir melalui permukaan dengan temperatur yang berbeda, maka energi panas akan berpindah dari satu wilayah ke wilayah lainnya (Tuliza 2011). Perpindahan panas adalah ilmu yang mempelajari tentang menjelaskan perpindahan energi yang disebabkan oleh perbedaan temperatur antara benda atau bahan yang berbeda. Perpindahan energi terjadi ketika dua sistem pada temperatur berbeda bersentuhan. Proses terjadinya perpindahan energi ini disebut perpindahan panas. Perpindahan panas terjadi apabila terdapat perbedaan temperatur antara dua bagian suatu benda dan panas mengalir dari temperatur yang lebih tinggi ke temperatur yang lebih rendah (Rokhimi 2015). Perpindahan panas terdiri dari 3 cara, yaitu: perpindahan panas secara konduksi, perpindahan panas secara konveksi, dan perpindahan panas secara radiasi.

2.4.1 Perpindahan Panas Secara Konduksi

Konduksi adalah mekanisme perpindahan panas dari suatu lokasi dengan temperatur lebih tinggi ke lokasi dengan temperatur lebih rendah dalam suatu medium (baik itu padat, cair, atau gas), atau antar medium yang berkontak langsung (Incropera dkk. 2007). Kalor tidak mengalir pada bahan logam karena konduksi. Sebaliknya, ketika molekul-molekul logam berada di atas sumber panas, mereka berinteraksi dengan molekul-molekul di sekitarnya, mengakibatkan sebagian panas ditransfer. Molekul-molekul yang berada di daerah yang lebih panas memiliki energi rata-rata yang lebih tinggi. Saat molekul berenergi rendah bertabrakan dengan molekul berenergi tinggi, sebagian energi mereka dialihkan ke molekul berenergi rendah (Ir. Syerly Klara 2008). Dalam kasus ini, panas ditransfer dari plat atap ke ruangan yang menyimpan panas.

$$Q_{konduksi} = -kA \left(\frac{dT}{dx} \right) \quad (2.2)$$

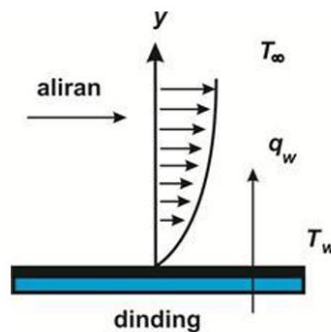


Gambar 2.2 Laju perpindahan panas secara konduksi pada dinding datar (Junianto, Astawa, dan Suarnadwipa 2017)

2.4.2 Perpindahan Panas Secara Konveksi

Proses konveksi terjadi ketika energi panas ditransfer antara permukaan dan fluida (cair atau gas) yang mengalir di atasnya karena perbedaan temperatur (Incropera dkk. 2007). Berdasarkan aliran fluida, perpindahan panas konveksi terbagi menjadi dua jenis: konveksi bebas (disebabkan oleh temperatur) dan konveksi paksa (disebabkan oleh gaya dari luar, seperti pompa atau kipas). Kehadiran aliran fluida sangat penting untuk mekanisme perpindahan panas konveksi. Perubahan temperatur menyebabkan proses konveksi alami, yang mengubah massa jenis fluida, sehingga fluida dengan temperatur lebih tinggi menjadi lebih ringan. Akibatnya, fluida mengalir secara alami tanpa pengaruh luar. Sebaliknya, konveksi paksa terjadi ketika fluida sebagai medium perpindahan panas diarahkan untuk mengalir, seperti yang dilakukan dengan kipas atau pompa (Riupassa dan Allo 2019). Perpindahan panas secara konveksi terjadi pada permukaan atap dan ruang yang terperangkap panas dalam penelitian ini.

$$Q_{konveksi} = hA(T_w - T_\infty) \quad (2.3)$$

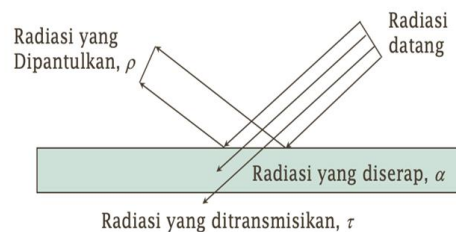


Gambar 2.3 Laju perpindahan panas secara konveksi (Whitelaw 1967)

2.4.3 Perpindahan Panas Secara Radiasi

Perpindahan panas secara radiasi, terjadi tanpa medium perantara. Saat energi radiasi menyentuh permukaan atau materi tertentu, sebagian dapat dipantulkan (refleksi), diserap (absorpsi), dan diteruskan (transmisi). Komponen yang dipantulkan disebut reflektivitas (ρ), yang diserap disebut absorptivitas (α), dan yang diteruskan disebut transmisivitas (τ) (Whitelaw 1967). Radiasi terjadi ketika panas berpindah melalui gelombang elektromagnetik atau paket energi, juga dikenal sebagai foton. Foton ini dapat menyebar jauh tanpa berinteraksi dengan medium. Inilah sebabnya perpindahan panas radiasi dalam ruang hampa udara sangat besar. Selain itu, temperatur benda yang bersangkutan sebanding dengan jumlah energi yang dipancarkan. Dua fitur ini membedakan perpindahan panas konduksi dan konveksi dengan radiasi. Radiasi panas adalah distribusi energi yang terjadi tanpa adanya zat perantara saat gelombang cahaya berpindah dari satu zat ke zat lainnya. Berapa besar radiasi suatu benda tergantung pada temperaturnya dan jarak darinya. Pancaran radiasi yang dihasilkan lebih besar jika temperaturnya lebih tinggi, dan pancaran panasnya lebih kecil jika jaraknya lebih jauh (Johan, Ana, dan N 2016). Pada bagian atap penelitian yang terpapar radiasi matahari, panas berpindah melalui radiasi.

$$Q_{\text{pancaran}} = \sigma AT^4 \quad (2.4)$$



Gambar 2.4 Laju perpindahan secara radiasi (Incropera dkk. 2007)

2.5 Termodinamika Untuk Proses Pengeringan

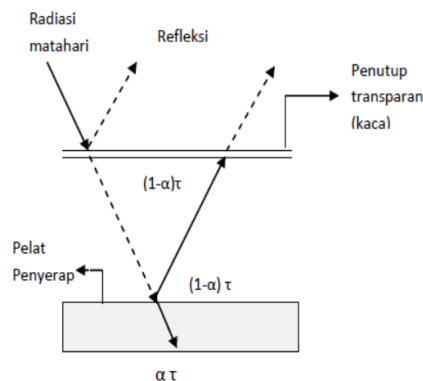
Energi panas diperlukan untuk mengurangi kadar air dalam bahan atau zat. Dalam pengeringan bawang merah, proses termodinamika melibatkan penyaluran energi panas ke bawang merah yang akan dikeringkan, dan kemudian bawang merah menyerap energi panas sehingga mengurangi kadar air dalam bawang merah (Syuhada, Sary, dan Isnan 2018). Suatu persamaan dapat digunakan untuk

menghitung jumlah energi yang diperlukan sehingga dapat meningkatkan temperatur ruang pengering, yaitu:

$$Q = \dot{m} \times C_p \times \Delta T \quad (2.5)$$

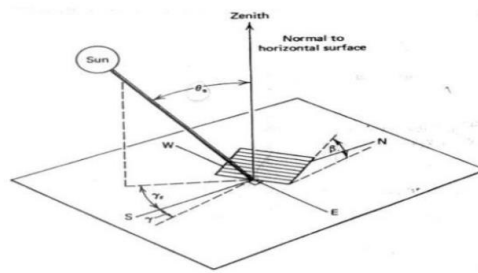
2.6 Kolektor Surya

Kolektor surya merupakan alat yang diperlukan sebagai pengubah energi radiasi cahaya matahari melalui proses konversi, sehingga dapat menghasilkan panas dan digunakan sebagai alat pengering. Kolektor surya memiliki bentuk persegi panjang dan mampu menangkap intensitas radiasi cahaya matahari untuk meningkatkan efektivitas pemanfaatan energi sebagai pengering dan menghasilkan panas (Wilis dan Santosa 2014). Radiasi pada sinar matahari dipantulkan oleh kaca dan diserap oleh absorber pada kolektor surya yang selanjutnya akan dikonversikan menjadi energi panas dan didistribusikan terhadap fluida yang bersirkulasi pada kolektor surya sebagai aplikasi pemanas.



Gambar 2.5 Penyerapan radiasi matahari oleh kolektor (Incropera dkk. 2007)

Secara literal, radiasi sinar matahari, atau sinar matahari, adalah gelombang pendek yang diserap oleh bagian penyerap kolektor surya. Energi yang diserap kemudian diubah menjadi panas. Untuk mencapai penyerapan radiasi yang optimal, kolektor surya harus ditempatkan pada sudut kemiringan yang tepat. Pengamatan menunjukkan bahwa kolektor surya dengan sudut kemiringan sekitar 15° dapat mencapai tingkat penyerapan radiasi terbaik (Syuhada, Sary, dan Isnan 2018). Hubungan geometrik antara radiasi surya dengan permukaan bumi pada beberapa sudut ditunjukkan pada gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2.6 Posisi matahari terhadap permukaan bidang datar di bumi
(Duffie 1991)

2.7 Absorber

Absorber adalah bagian yang sangat penting dari setiap kolektor surya. Absorber menangkap radiasi matahari dan mengubahnya menjadi panas, kemudian ditransfer ke fluida kerja. Absorber berfungsi untuk menyerap radiasi surya dan mengkonversikan menjadi panas (Arikundo dan Hazwi 2014). Energi termal yang dihasilkan biasanya digunakan untuk mengeringkan biji-bijian, buah-buahan, sayuran, dan bahan pangan lainnya. Dengan kata lain, tugas utama absorber adalah menyerap radiasi matahari (Syuhada, Maulana, dan Shalahuddin 2018).



Gambar 2.7 Absorber geram besi dan pasir pantai
(Nasution, Chandra, dan Aulia 2023)

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan dan pertanian bawang merah. Penelitian ini secara berkelanjutan dilaksanakan dimulai dari penyediaan alat dan bahan, studi literatur, penulisan proposal, pengujian peralatan pengering bawang merah, pengambilan data, analisa data, penulisan laporan akhir, dan sidang sarjana

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini direncanakan selama 6 bulan, dimulai dari disetujuinya penulisan proposal tugas akhir, seminar proposal tugas akhir, pengambilan data, pengolahan data, seminar hasil sampai sidang akhir.

Tabel 2. Jadwal dan kegiatan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi literatur	■	■				
2	Penyediaan alat dan bahan		■	■	■		
3	Penulisan proposal			■	■	■	
4	Pengujian peralatan pengering bawang merah				■	■	
5	Pengambilan data					■	
6	Analisa data						■
7	Penulisan laporan akhir						■
8	Sidang sarjana						■

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bawang merah

Sesuai dengan penelitian yang akan diteliti bawang merah digunakan sebagai objek penelitian untuk mengetahui pengaruh temperatur yang dihasilkan oleh peralatan pengering bawang merah sehingga dapat menurunkan kadar air bawang merah agar sesuai dengan standar mutu yang telah ditetapkan oleh SNI 01-3159-1992.



Gambar 3.1 Bawang merah pengujian (Nasution, Chandra, dan Aulia 2023)

2. Geram besi dan pasir pantai

Pada penelitian ini digunakan geram besi, besi, dan pasir pantai yang berfungsi sebagai absorber (komponen yang menyerap panas dari sinar matahari) pada peralatan pengering bawang merah.



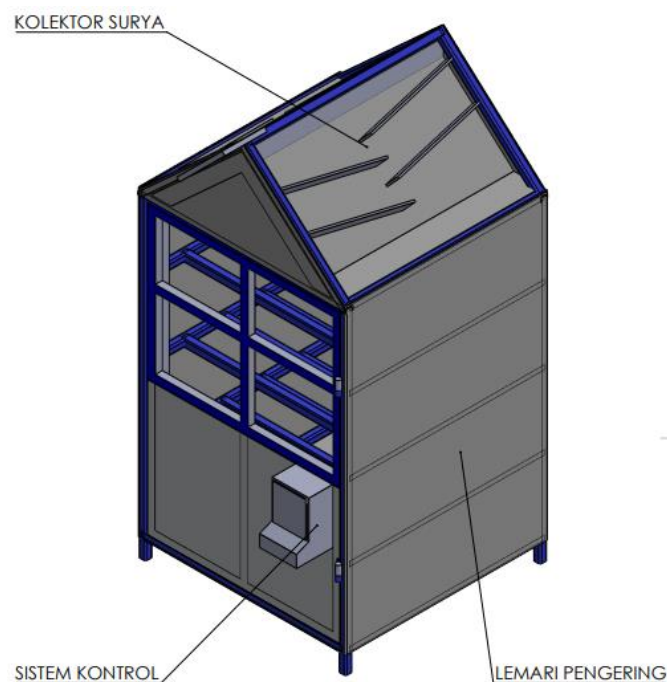
Gambar 3.2 Geram besi dan pasir pantai (Nasution, Chandra, dan Aulia 2023)

3.2.2 Alat Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Peralatan pengering bawang merah

Peralatan pengering bawang merah yang digunakan dalam penelitian, terdiri dari dua komponen, yakni kolektor surya yang terletak di atap pengering dan ruang pengering. Kolektor surya tersebut terbuat dari baja dengan absorber pasir besi yang ditambahkan geram besi. Kolektor surya ini dirancang untuk dapat mengalirkan udara panas 35°C pada kondisi puncak matahari dan 20 – 25 °C pada malam hari. Alat pengering ini dilengkapi dengan sensor temperatur dan kelembaban, sehingga memudahkan petani bawang merah memantau proses pengeringan. Untuk menstabilkan udara panas di dalam ruang pengering, dinding bagian dalamnya dilapisi dengan plat seng, sehingga pengeringan menjadi lebih efektif. Sedangkan, untuk pintu ruang pengering terbuat dari bahan *acrylic*, sehingga petani juga dapat mengamati proses pengeringan yang lebih baik. Lalu terdapat ruang pengering bawang merah yang disesuaikan dengan kebutuhan penelitian bawang merah kapasitas pengeringan 100 kg. Alat pengering ini berdimensi 1 x 1 x 1,2 meter dan memiliki 12 rak pengering.



Gambar 3.3 Peralatan pengering bawang merah
(Nasution, Chandra, dan Aulia 2023)

Untuk melakukan pengujian dengan peralatan pengering bawang merah. Maka, dilaksanakan beberapa tata cara kerja untuk mengoperasikan peralatan pengering bawang merah adalah sebagai berikut.

- a. Pastikan instalasi kabel dalam kondisi yang baik, instalasi kabel yang baik dapat memaksimalkan proses pengeringan tanpa adanya gangguan ataupun korsleting yang terjadi ketika peralatan pengering bawang merah dioperasikan dan dapat meminimalisir kecelakaan kerja.
- b. Pastikan sensor dapat bekerja dengan baik, sensor harus dipastikan dapat bekerja dengan baik agar nantinya dapat membaca temperatur ruang udara pengering dan kelembaban selama proses pengeringan berlangsung. Sehingga, proses pengeringan dapat berjalan dengan baik.
- c. Pastikan *solar charge* dapat mengalirkan arus listrik, *solar charge* berfungsi untuk menyuplai daya pada sensor dan sistem kontrol dalam proses pengeringan bawang merah. Apabila *solar charge* tidak dapat bekerja dengan baik, maka suplai energi matahari yang telah diserap oleh *solar charge* dapat terganggu dan dapat menyebabkan proses pengeringan bawang merah tidak maksimal.
- d. Hidupkan monitor LCD yang terdapat dalam *box* sistem kontrol. Untuk melihat indikator temperatur dan kelembaban dapat dibaca dengan baik.
- e. Timbang bawang merah yang akan dikeringkan sebelum dimasukkan ke dalam lemari pengering. Catat massa bawang yang sudah ditimbang agar dapat membuat perbandingan antara massa bawang merah sebelum dikeringkan dan setelah dikeringkan.
- f. Koneksikan sistem kontrol dengan *smartphone* untuk mengontrol temperatur pada lemari pengering. Fungsinya adalah untuk memantau naik turunnya temperatur dan kelembaban secara *real time*, sehingga dapat dicek secara berkala.
- g. Timbang bawang merah hingga tercapai massa bawang hilang 15% dari jumlah awal. Setelah proses pengeringan selesai, timbang dan hitung kembali bawang merah yang telah dikeringkan untuk menjadi perbandingan antara massa bawang merah sebelum dan sesudah dikeringkan. Sehingga, dapat dilihat ketercapaian dari proses pengeringan yang sesuai dengan mutu SNI.

2. Timbangan gantung

Timbangan gantung digunakan untuk melihat massa bawang merah setelah dikeringkan dengan cara menggantungkannya pada pengait timbangan. Biasanya timbangan ini terdiri dari pengait yang terdapat dibagian bawah yang digunakan untuk menggantung benda yang akan diukur massanya. Timbangan ini digunakan dalam berbagai kebutuhan termasuk di pasar untuk menimbang massa dagangan pedagang, untuk kebutuhan industri contohnya menimbang bahan baku, dan sebagainya.



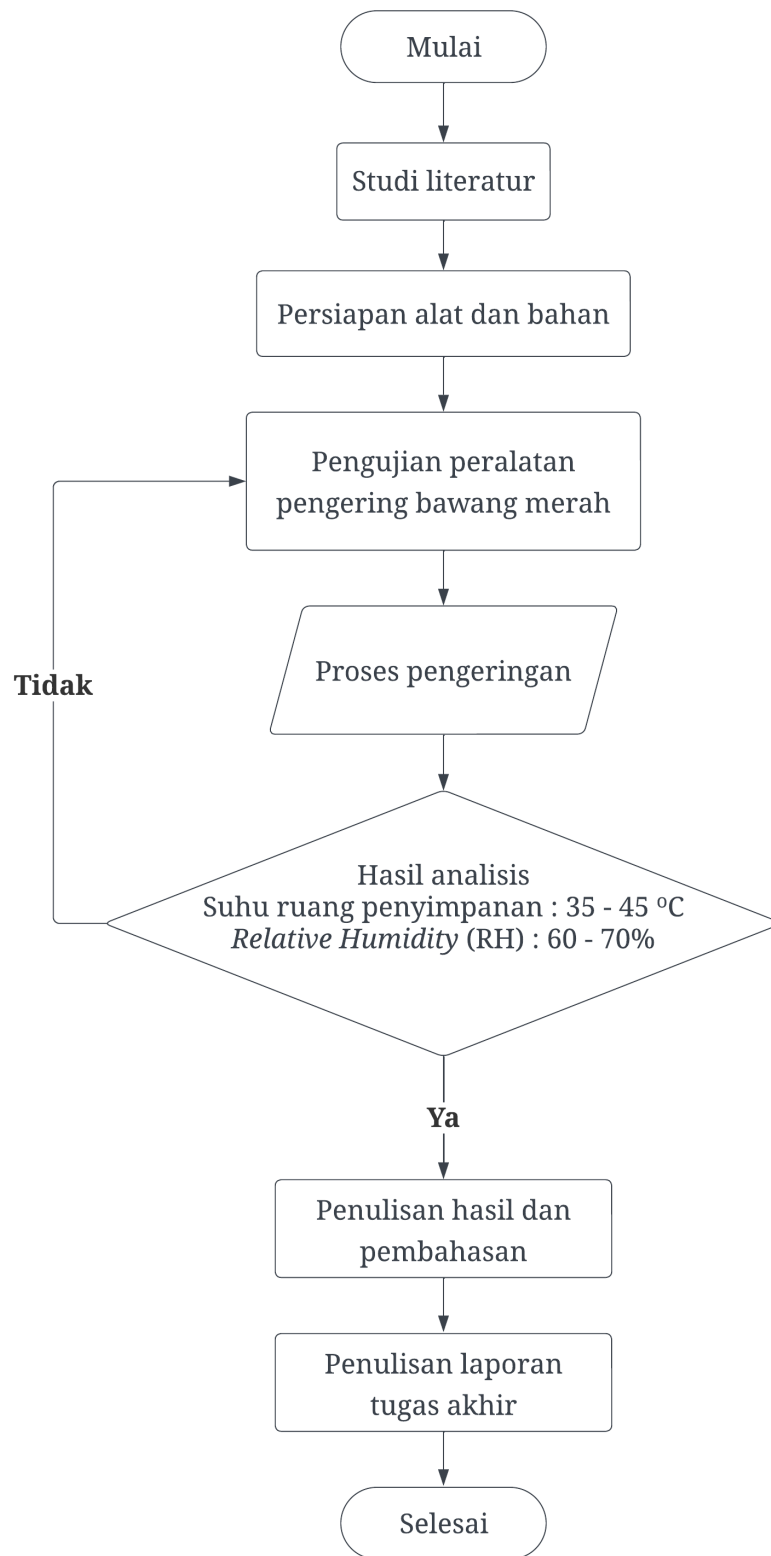
Gambar 3.4 Timbangan gantung (Nasution, Chandra, dan Aulia 2023)

Untuk cara kerja timbangan gantung sendiri terdiri dari beberapa langkah, yaitu:

1. Bawang merah yang akan dikeringkan, ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui massa awalnya dengan cara digantungkan ke pengait yang berada di bawah timbangan.
2. Setelah bawang merah tergantung, timbangan akan mengukur gaya gravitasi yang bekerja pada bawang merah, kemudian dikonversi menjadi nilai massa yang bisa dilihat pada jarum ukur timbangan.
3. Sebelum digunakan, timbangan gantung sebaiknya dikalibrasi terlebih dahulu untuk memastikan akurasi telah sesuai.

3.3 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.



Gambar 3.5 Bagan alir penelitian (Putra 2023)

3.4 Rancangan Alat Penelitian

Rancangan penelitian yang dilaksanakan dalam penelitian ini akan menggunakan alat pengering bawang merah sebagai media untuk melakukan pengujian pada bawang merah. Rancangan penelitian ini berfokus pada penggunaan kolektor dan bahan kolektor pada peralatan pengering ataupun dapat juga disebut dengan teknologi kolektor surya. Sebab kedua hal tersebut memiliki fungsi penting yang dapat mempengaruhi tercapainya kondisi optimal temperatur dan kelembaban yang dihasilkan dari kolektor tersebut di dalam ruang pengering.

1. Penggunaan teknologi kolektor

Penggunaan kolektor pada rancangan penelitian ini terdiri dari penggunaan absorber dan *solar cell*. Absorber yang digunakan berfungsi untuk membantu mempercepat proses pengeringan, sebab absorber tersebut mampu untuk menangkap radiasi matahari yang nantinya dikonversi menjadi energi termal, kemudian energi termal tersebut dialirkan ke dalam ruang pengering yang mengakibatkan meningkatnya temperatur ruang serta mengurangi kelembaban dari ruang pengering pada saat proses pengujian bahan berlangsung. Sedangkan, *solar cell* digunakan sebagai komponen dalam sistem pengering yang berperan untuk menghasilkan listrik dari energi radiasi matahari. Listrik yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk mengoperasikan sistem kontrol yang terdapat pada alat pengering. Selain itu, *solar cell* juga dapat menyimpan energi listrik tersebut sebagai cadangan energi ketika radiasi matahari berangsur – angsur berkurang.

2. Bahan kolektor

Kolektor yang digunakan terdiri dari dua bahan, yakni kolektor panas yang dihasilkan dari absorber besi dan pasir pantai. Absorber besi dan pasir pantai tersebut dapat menghasilkan konduktivitas termal yang tinggi dan dapat menyerap dan memindahkan panas ke dalam ruang pengering. Selain itu, kedua absorber tersebut memiliki kemampuan untuk menyimpan dan mempertahankan panas lebih lama, sehingga panas tetap tersedia untuk proses pengeringan walaupun pada saat pengujian intensitas radiasi matahari secara berkala menurun ataupun berkurang. Temperatur yang tinggi dan dapat bertahan lama tersebut akan mempercepat

penguapan air yang terkandung pada bawang merah, sehingga kandungan air yang terdapat pada bawang merah berkurang dengan cepat dan mencapai target kadar air sesuai standar mutu SNI.



Gambar 3.6 Alat penelitian pengering bawang merah
(Nasution, Chandra, dan Aulia 2023)

Tabel 3. Spesifikasi alat

Dimensi atap kolektor	Panjang 1120 x lebar 1090 x tinggi 507 mm
Dimensi lemari pengering	Panjang 1120 x lebar 1090 x tinggi 1660 mm
Panel surya	1 buah (MS – 10W Poly)
<i>Solar charge</i>	1 buah (12/24V – 10A)
Baterai	12V
Arduino uno	1 buah
Jumlah rak	12 buah
Sudut atap kolektor	45°
Absorber panas	Geram besi dan pasir pantai
Sensor DHT11	1 buah (temperatur 0-50 °C & kelembaban 20-80%)
Mikrokontroler ESP8266	1 buah
Plat	Tebal 1 mm
Acrylic	Tebal 3 mm
Seng	Tebal 1 mm

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini menggunakan peralatan pengering bawang merah sebagai alat untuk meneliti objek bawang merah untuk melihat pengaruh temperatur terhadap kadar air yang dihasilkan bawang merah ketika melalui proses pengeringan menggunakan peralatan pengering bawang merah.
2. Bawang merah akan ditimbang terlebih dahulu ketika akan dikeringkan. Setelah didapat massa bawang merah, kemudian dicatat datanya untuk menjadi perbandingan setelah bawang merah melalui proses pengeringan.
3. Proses pengeringan bawang merah ditargetkan berlangsung selama 3 hari dengan waktu 12 jam per hari.
4. Kolektor surya, sistem kontrol, dan lemari pengering berperan penting dalam pengeringan bawang merah pada peralatan pengering bawang merah dikarenakan panas matahari akan diterima dan diserap oleh kolektor surya. Kolektor surya ini mampu untuk mengalirkan udara panas sebesar 45 °C. Sistem kontrol berperan untuk memonitoring temperatur dan kelembaban lemari pengering meskipun sedang tidak berada di lokasi dimana alat tersebut digunakan. Lalu, lemari pengering berfungsi untuk ruangan penyimpanan bawang merah dengan dinding lemari yang dibuat dengan seng yang berfungsi untuk memaksimalkan panas yang masuk kedalam ruang pengering selama pengeringan bawang merah berlangsung.
5. Selama proses pengeringan bawang merah, dilakukan pengambilan data temperatur ruangan dan temperatur absorber, serta intensitas cahaya matahari untuk dianalisa setelah pengujian.
6. Analisa data yang telah didapat untuk menghitung kadar air yang berkurang dari bawang merah, sehingga didapatkan kadar air bawang merah berkurang 15% dari jumlah awal.
7. Membuat laporan akhir untuk pertanggungjawaban penelitian.
8. Membuat kesimpulan dari hasil pengujian untuk memberikan pernyataan terkait keberhasilan pengujian.

3.6 Variabel Yang Akan Diteliti

Adapun variabel pada penelitian ini terdiri dari 2 bagian, yaitu variabel independen (bebas) dan dependen (terikat). Variabel independen adalah variabel yang mempengaruhi variabel dependen. Untuk variabel independen dalam penelitian ini adalah absorber geram besi dan pasir pantai. Variabel dependen adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel independen. Untuk variabel dependen dalam penelitian ini adalah temperatur dan kelembaban (*Relative Humidity*).

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Tabel 4. Hasil pengujian bawang merah

Waktu Pengeringan (Hari)	Massa Bawang (Kg)
Pertama	95,7
Kedua	89,2
Ketiga	84,8

Dari hasil pengujian pada alat pengering bawang merah menggunakan teknologi kolektor surya dengan absorber besi dan pasir pantai, maka diperoleh data temperatur rata-rata ruang pengering, kelembaban, dan laju penurunan massa. Proses pengujian pengeringan bawang merah dilakukan selama 3 hari dengan massa awal bawang merah sebesar 100 kg. Pada hari pertama, massa bawang merah menunjukkan penurunan massa sebanyak 4,3 kg dalam satu hari pengeringan. Pada hari kedua, massa bawang merah tercatat menurun hingga 89,2 kg, dengan penurunan massa tambahan sebesar 6,5 kg dari total massa awal. Dan pada hari terakhir pengujian pengeringan, massa bawang merah berkurang kembali menjadi 84,8 kg yang artinya pada hari tersebut bawang merah kehilangan massa sebesar 4,4 kg dari massa awal. Penurunan massa ini menunjukkan adanya kadar air bahan yang menguap secara bertahap dengan penurunan massa yang menonjol terjadi pada hari pertama dan kedua.



Gambar 4.1 Proses instalasi alat pengering bawang merah

4.2 Analisa Penelitian

4.2.1 Distribusi temperatur dan kelembaban

Tabel 5. Hasil pengamatan rata-rata temperatur dan kelembaban

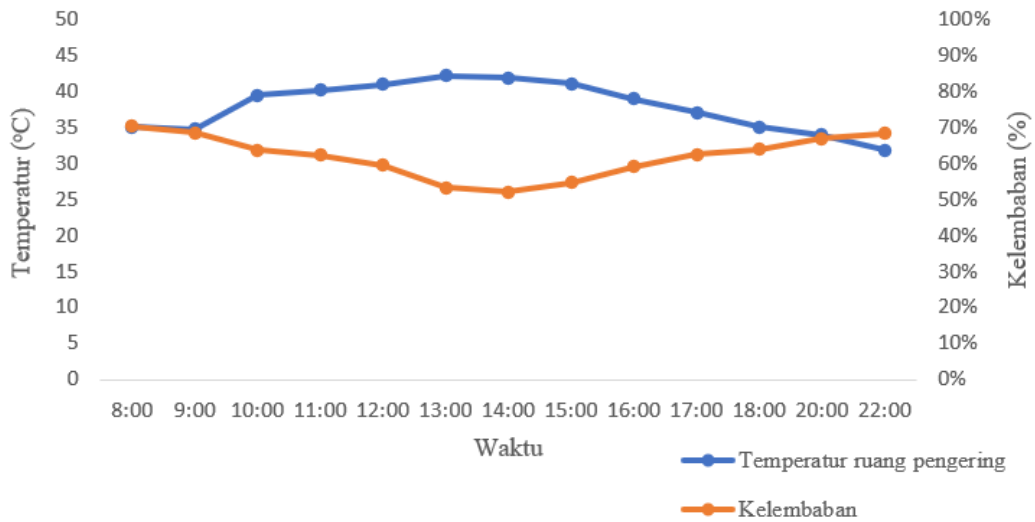
Waktu	Temperatur rata – rata ruang pengering (°C)	Kelembaban rata-rata (%)
08:00	35	70.2
09:00	34,7	68.4
10:00	39,4	63.6
11:00	40.1	62.2
12:00	40,9	59.4
13:00	42,1	53.2
14:00	41,8	52.1
15:00	41	54.7
16:00	38,9	59
17:00	37	62.5
18:00	35	63.8
20:00	33,9	66.8
22:00	31,8	68.2

Proses pengeringan dilakukan selama 12 jam/hari dengan pengamatan berfokus pada temperatur dan kelembaban ruang pengering. Data di atas menunjukkan bahwa mulai dari pukul 08:00 WIB sampai 20:00 WIB temperatur ruang pengering cenderung mengalami peningkatan dari pagi sampai pada puncaknya di pukul 13:00 WIB berada di temperatur 42,1 °C di siang hari. Setelah itu, temperatur berangsur-angsur mulai menunjukkan penurunan menjelang malam hari hingga mencapai temperatur minimum 31,8 °C pada pukul 22:00 WIB.

Meningkat dan menurunnya temperatur ruang pengering dapat mempengaruhi persentase kelembaban di ruang pengering, hal tersebut dapat dibuktikan dengan kelembaban yang menurun secara signifikan, khususnya pada pukul 08:00 – 13:00 WIB, dimana kelembaban menurun dari 70,2% menjadi 53,2%. Setelah mencapai titik terendah tersebut, kelembaban menunjukkan peningkatan kembali yang diikuti dengan penurunan temperatur ruang hingga mencapai 68,2% pada pukul 22:00 WIB.

Perubahan temperatur dan kelembaban ini menjelaskan terkait adanya kenaikan temperatur dapat mengakibatkan terjadinya penurunan persentase kelembaban dan begitu pula sebaliknya. Sebab, pada saat temperatur ruang pengering naik, kemampuan udara panas yang terperangkap di ruang pengering untuk menyerap uap air dari permukaan bahan mengalami peningkatan. Sebaliknya,

jika temperatur mengalami penurunan, kemampuan udara panas yang ada di dalam ruang pengering untuk menahan uap air juga ikut menurun. Distribusi temperatur dan kelembaban pada ruang pengering dapat diplot seperti pada gambar dibawah ini.



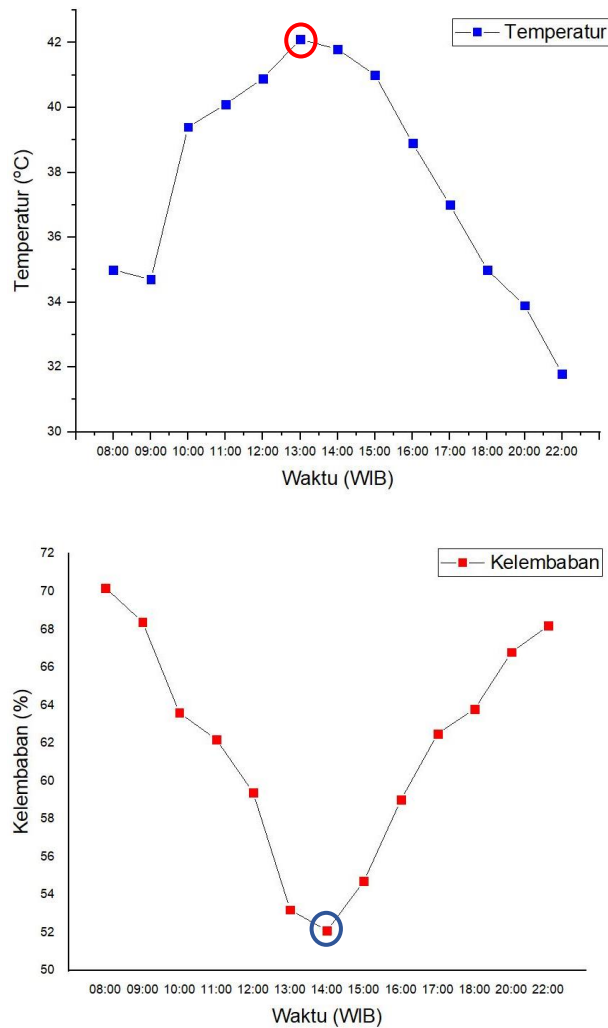
Gambar 4.2 Distribusi temperatur dan kelembaban pada ruang pengering

4.2.2 Pengaruh Penggunaan Teknologi Kolektor Surya

Penggunaan kolektor surya sangat berperan selama proses pengeringan bawang merah. Geram besi dan pasir pantai yang diletakkan pada atap kolektor sebagai absorber pada alat pengering tersebut mampu untuk menyerap radiasi matahari dan menghasilkan temperatur ruang yang efektif dalam proses pengeringan yang berlangsung selama 3 hari pengujian. Selain itu, penggunaan *solar cell* yang melengkapi teknologi alat pengering tersebut juga memiliki dampak yang positif untuk mempercepat proses pengeringan. Listrik yang dihasilkan dari *solar cell* tersebut dapat digunakan untuk menjalankan fungsional *IoT* dan kontroler yang terdapat pada alat pengering yang berfungsi sebagai kontrol suhu dan kelembaban, sehingga dapat dimonitoring dan dijaga agar temperatur dan kelembaban sesuai dengan standar mutu pengeringan. Penggunaan teknologi kolektor surya pada alat pengering terbukti memiliki pengaruh terhadap hasil dari temperatur ruang pengering dapat dipertahankan dan dapat stabil pada 30 – 45 °C dengan kelembaban rata-rata 60 – 70% selama proses pengeringan berlangsung.

4.3 Pembahasan Penelitian

4.3.1 Pengaruh Temperatur dan Kelembaban

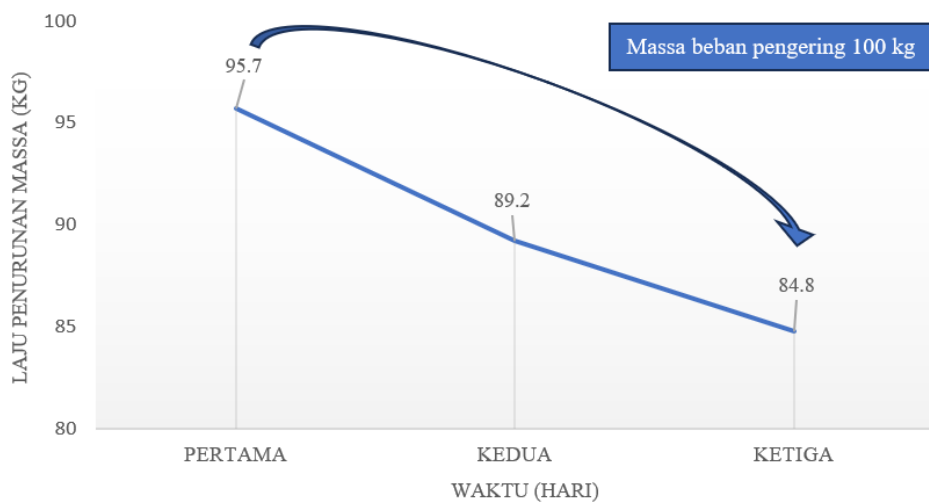


Gambar 4.3 Grafik temperatur dan kelembaban ruang pengering

Grafik di atas menunjukkan bahwa temperatur maksimum yang terdapat dalam ruang pengering setelah melalui proses pengeringan mencapai 42,1 °C pada pukul 13:00 WIB dengan kelembaban yang turun hingga 52,1%. Temperatur maksimum ini berpengaruh untuk mempercepat proses penguapan air dari bawang merah, sehingga kadar air dalam bawang merah dapat berkurang lebih cepat. Pada proses pengeringan menunjukkan bahwa kenaikan temperatur menyebabkan percepatan terhadap penguapan kadar air yang ditandai dengan berkurangnya persentase kelembaban.

Penurunan kelembaban selama temperatur maksimum ini merupakan indikasi bahwa udara di ruang pengering menjadi lebih efektif dalam menyerap uap air bahan yang diuapkan. Namun, setelah melewati fase puncak matahari, yakni kondisi saat temperatur ruang pengering maksimum menunjukkan bahwa penguapan kadar air diikuti oleh persentase kelembaban yang kembali meningkat. Hasil pengujian pukul 08:00 sampai 14:00 WIB pada kondisi efektif matahari, menunjukkan temperatur ruang pengering optimal pada temperatur $\pm 39,1$ °C dan temperatur dapat stabil hingga akhir proses pengeringan karena ruang pengering diisolasi dengan temperatur 31,8 °C pada pukul 20:00 WIB.

4.3.2 Penurunan Massa Bawang Merah



Gambar 4.4 Hasil penurunan massa bawang merah selama 3 hari pengeringan

Penurunan massa bawang merah diamati selama 3 hari proses pengeringan secara berturut-turut dengan massa awal pengeringan sebesar 100 kg. Hari pertama proses pengeringan bawang merah menggunakan alat pengering dengan teknologi kolektor surya, massa berkurang menjadi 95,7 kg (dengan penurunan sebesar 4,3%). Kemudian, di hari kedua menjadi 89,2 kg (penurunan massa bertambah 6,5%). Dan pada hari ketiga menjadi 84,8 kg (penurunan massa bertambah kembali 4,4%) dengan total penurunan massa sebesar 14,2 kg. Dari data tersebut, mengindikasikan bahwa pengurangan kadar air bahan pada pengujian bawang merah merupakan proses pengeringan yang berlangsung secara efektif.

4.3.4 Interpretasi Kadar Air Bahan

Pada proses pengujian temperatur untuk mengeringkan bawang merah menggunakan peralatan pengering berbasis *IoT* dengan teknologi kolektor surya diperoleh hasil perhitungan kadar air sebagai berikut.

Tabel 6. Massa bawang merah

Massa awal bawang merah (sebelum dikeringkan)	: 100 kg = 100000 g
Massa akhir bawang merah (setelah dikeringkan)	: 84,8 kg = 84800 g

$$KA (bb) = \left(\frac{W_b - W_k}{W_b} \right) \times 100 \%$$

$$KA (bb) = \left(\frac{100000 - 84800}{100000} \right) \times 100 \%$$

$$KA (bb) = (0,1520) \times 100 \%$$

$$KA (bb) = 15,20 \%$$

Maka, massa bawang merah setelah dikeringkan:

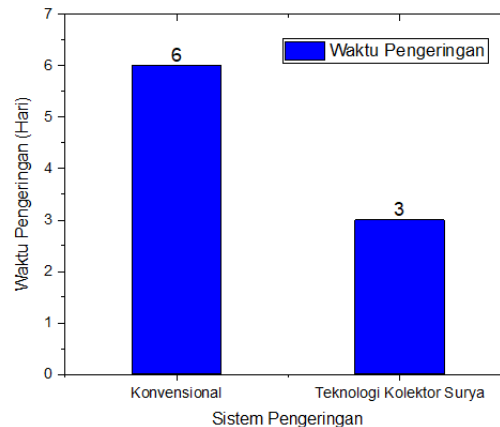
$$KA_{akhir} = KA_{awal} - KA (bb)$$

$$KA_{akhir} = 100 \% - 15,20 \%$$

$$KA_{akhir} = 84,80 \%$$

Penurunan massa sebesar 15,20% ini menunjukkan bahwa penurunan kadar air bawang merah dapat dilakukan telah mencapai target kadar air sebesar 85 – 80% dari total massa. Karena penurunan massa ini secara langsung mencerminkan hilangnya kelembaban bawang merah, maka dapat disimpulkan bahwa proses pengeringan berhasil menurunkan kadar air hingga mencapai tingkat standar yang telah ditetapkan oleh SNI 01-3159-1992 tentang standar mutu nasional bawang merah sesuai dengan mutu I dengan kadar air maksimum 85 – 80% dengan kelembaban 60 – 70%. Bawang merah yang telah melalui proses pengeringan menunjukkan warna merah cerah setelah dibersihkan, tidak berwarna hitam dan tidak memiliki tekstur yang lembek, serta kulitnya tidak terlalu kering.

4.3.4 Proses Pengeringan Bawang Merah



Gambar 4.5 Hasil pengeringan konvensional dan teknologi kolektor surya

Pada proses pengeringan secara konvensional, bawang merah memerlukan waktu 6 – 10 hari untuk memperoleh pengeringan yang baik sesuai dengan standar mutu dan kebutuhan pasar. Proses pengeringan tersebut terhambat ketika kondisi mendung ataupun berawan, sebab proses pengeringan sangat bergantung pada kondisi cuaca. Selain itu, proses pengeringan menggunakan metode tersebut juga dapat memakan waktu yang cukup lama dikarenakan radiasi matahari yang tidak optimal saat proses pengeringan, serta temperatur dan kelembaban udara berpengaruh terhadap percepatan pengeringan. Tak hanya itu, kualitas bawang merah juga menjadi kurang baik karena dipengaruhi oleh penyakit tanaman karena pengeringan dilakukan di area terbuka, gangguan hama, binatang liar, pembusukan dan sebagainya, hingga tak jarang pula bawang merah juga sampai mengalami gagal panen.

Dengan menggunakan alat pengering bawang merah berbasis *IoT* dengan teknologi kolektor surya ini, bawang merah yang dikeringkan dapat terlindungi dari faktor yang mengganggu tersebut, sehingga hasil panen menjadi lebih berkualitas. Selain itu, dengan menggunakan peralatan pengering bawang merah ini, dapat dicapai temperatur dan kelembaban yang sesuai standar mutu untuk pengeringan bawang merah dengan temperatur yang dapat dipertahankan di dalam ruang pengering 31 – 42 °C. Peralatan pengering bawang merah berbasis *IoT* dengan teknologi kolektor surya ini, menjadikan proses pengeringan hanya membutuhkan waktu 2 – 3 hari.

Peristiwa berkurangnya waktu proses pengeringan tersebut dapat terjadi dikarenakan adanya percepatan penguapan air pada bawang merah pada saat kondisi ketika temperatur meningkat, maka akan mempengaruhi laju penurunan massa yang menurun lebih cepat dibandingkan dengan proses pengeringan secara konvensional yang dapat tercermin dari perubahan persentase kadar air bawang merah selama 3 hari proses pengeringan. Tetapi, setelah melewati periode puncak temperatur dan persentase terendah kelembaban, laju penurunan massa mulai mengalami perlambatan. Hal tersebut membuktikan adanya hubungan antara temperatur ruang pengering dengan laju penurunan massa, dimana laju penurunan massa mencapai titik maksimumnya ketika temperatur juga mencapai titik tertinggi dan laju penurunan massa mengalami perlambatan pada saat temperatur menurun. Hal ini juga menunjukkan bahwa terdapat temperatur optimal yang akan mempengaruhi efisiensi proses pengeringan.

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengolahan data dan pembahasan hasil pengujian yang dilakukan maka, penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan sebagaimana yang tersebut di bawah ini:

- 1) Hasil pengujian pukul 08:00 sampai 14:00 WIB pada kondisi efektif matahari, menunjukkan temperatur ruang pengering optimal pada temperatur $\pm 39,1$ °C dan temperatur dapat stabil hingga akhir proses pengeringan karena ruang pengering diisolasi dengan temperatur 31,8 °C pada pukul 20:00 WIB dengan kelembaban didapat 50 – 70% per hari.
- 2) Dapat dicapai temperatur dan kelembaban yang sesuai standar mutu untuk pengeringan bawang merah dengan temperatur yang dapat dipertahankan di dalam ruang pengering 31 – 42 °C dan kelembaban rata-rata ruang pengering 65 – 70% dalam kurun waktu 3 hari yang menghilangkan kadar air sebesar 15,20% sesuai dengan standar mutu SNI.
- 3) Proses pengeringan berhasil menurunkan kadar air hingga mencapai tingkat yang sesuai mutu SNI 01-3159-1992 dengan standar mutu I dengan kadar air maksimum 85 – 80%, serta dapat meningkatkan efisiensi pengeringan selama 3 hari proses pengeringan dibandingkan dengan sistem pengeringan konvensional selama 6 – 10 hari proses pengeringan.

5.2 Saran

- 1) Dalam meningkatkan fungsi dari alat pengering kolektor surya, maka sebaiknya perlu dilakukan pengembangan penelitian, baik itu dengan memodifikasi lemari pengering ataupun memodifikasi variasi atap sehingga dapat meningkatkan kapasitas dan mempersingkat waktu pengeringan.
- 2) Untuk meningkatkan efisiensi dalam penelitian perlu untuk menambahkan sensor *loadcell* atau sensor yang mampu memantau berat bawang merah agar dapat lebih mudah dalam menimbang berat bawang secara berkala.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikundo, Fadly Rian, dan Mulfi Hazwi. 2014. “Rancang Bangun Prototype Kolektor Surya Tipe Plat Datar untuk Penghasil Panas pada Pengering Produk Pertanian dan Perkebunan.” *E-Dinamis* 8(4): 1–23.
- Brooker, D.B., Bakker-Arkema, F.W. and Hall, C.W. 1974. *Drying Cereal Grains*. AVI Publishing Company.
- Buckle, K.A, Edward G.H, Wooton M. 1987. *Ilmu Pangan*. Jakarta: UI Press.
<http://kin.perpusnas.go.id/DisplayData.aspx?pId=16366&pRegionCode=UKWMS&pClientId=710>.
- DSN. 1992. *Standar nasional indonesia, SNI 01-3159-1992 : Bawang merah*. Jakarta. <http://lib.kemenperin.go.id/neo/detail.php?id=192826>.
- Duffie, Jhon A. 1991. “Solar Engineering of Thermal Processes.” In John Wiley & Sons, 250–330.
- Fitria, Eka. 2017. “TEKNIK PENGERINGAN UNTUK MENINGKATKAN MUTU BAWANG MERAH (*Allium cepa* L) DI PROVINSI ACEH.” *adoc.pub*: 1–12. <https://adoc.pub/teknik-pengeringan-untuk-meningkatkan-mutu-bawang-merah-alli.html> (November 24, 2023).
- Hasan, Muhammad Thaib, Ahmad Syuhada, dan hamdani. 2012. “Kaji Ekperimental Karakteristik Pengeringan Ikan Bandeng pada alat pengering berbahan bakar gas.” *Jurnal Teknik Mesin Unsyiah* 1(2): 63–70.
- Ichsan, Muhammad. 2018. *KAJI KARAKTERISTIK PENGERINGAN CENGKEH DENGAN MENGGUNAKAN ENERGI BAHAN BAKAR GAS*. Banda Aceh. <https://etd.usk.ac.id/index.php?p=baca&bacaID=39436&page=11>.
- Incropera, Frank P., David P. Dewitt, Theodore L. Bergman, dan Adrienne S. Lavine. 2007. *Fundamentals of Heat Transfer*. Sixth Edit. ed. Stefanie Liebman. Los Angeles, USA: Jhon Wiley & Sons. <https://hyominsite.files.wordpress.com/2015/03/fundamentals-of-heat-and-mass-transfer-6th-edition.pdf>.
- Ir. Sumihar Hutapea, MS. 2001. *Analisis Agribisnis Kentang di Kabupaten Karo*. Medan: Universitas Medan Area. <https://repositori.uma.ac.id/handle/123456789/12781>.

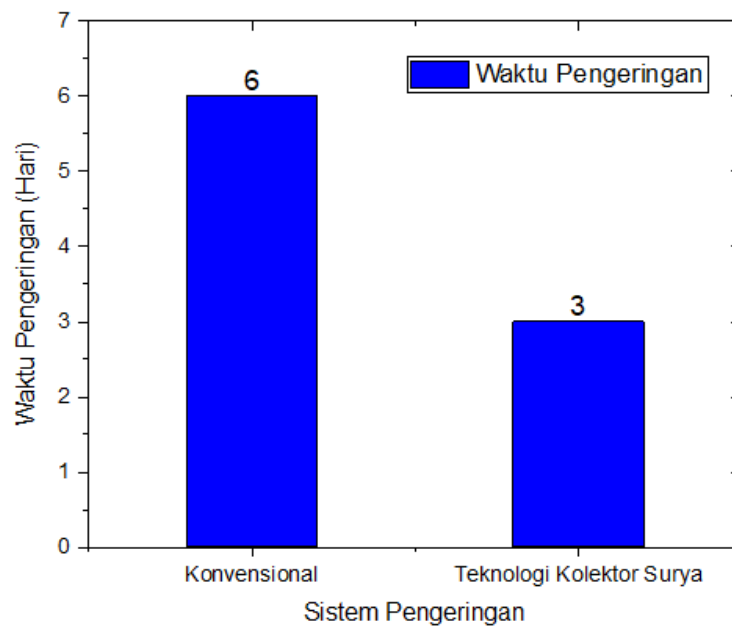
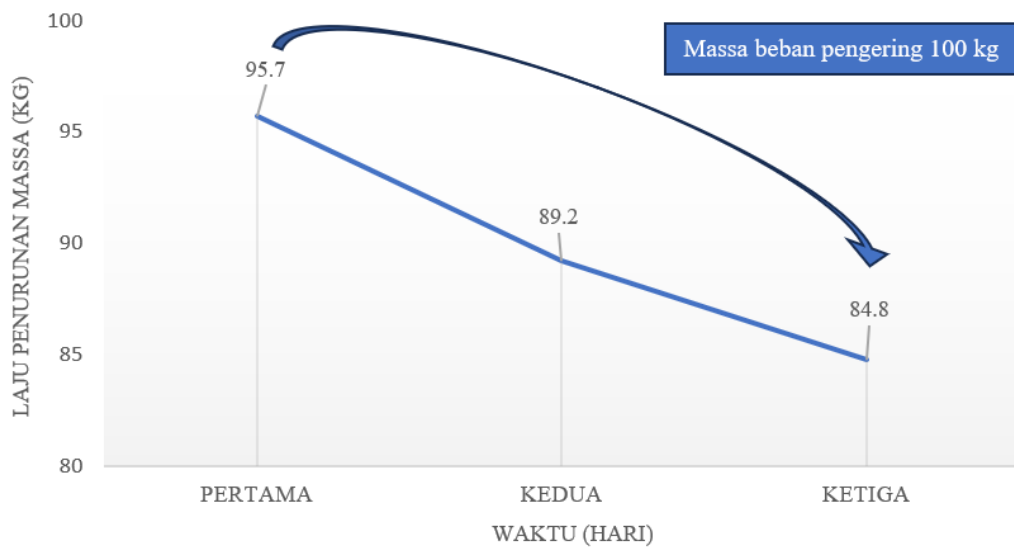
- Ir. Syerly Klara, M.T. 2008. *Peningkatan Keaktifan Mahasiswa Dengan Penerapan Metode Student Centre Learning Pada Mata Kuliah Perpindahan Panas*. Makassar. <https://123dok.com/document/y4kdgrkq-perpindahan-panas-ir-syerly-klara-mt-pdf.html>.
- Johan, Adib F, Mufarida Ana, dan Ahmad Efan N. 2016. “Analisis Laju Perpindahan Panas Radiasi Pada Inkubator.” *J-Proteksion, Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin* 01: 28–36.
- Junianto, Agus, Ketut Astawa, dan I Nengah Suarnadwipa. 2017. “Analisa Performansi Kolektor Surya Pada Plat Datar Dengan Penambahan Sirip Berlubang Berdiameter Berbeda Yang Disusun Secara Staggered.” *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika* 6(2): 205–10. <https://erepo.unud.ac.id/id/eprint/17094/1/0edcfcd48d80b2befc4a778c54a916f8.pdf>.
- Kusumawati, Meilisa. 2017. “Bawang Merah.” *kerjanya.net*. <https://www.kerjanya.net/faq/17922-bawang-merah.html> (November 26, 2023).
- Listianawati, Nita Nur. 2014. “Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Bawang Merah di Kabupaten Brebes.” *Laporan Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta* 53(9): 1–99.
- Nasution, Raihan Syahputra, Dwiki Chandra, dan Muhammad Aulia. 2023. *Laporan Kemajuan PKM-PI_Raihan Syahputra_UMSU*. Medan.
- Nur Komar, S. Rakhmadiono, dan Lina Kurnia. 2001. “Teknik penyimpanan bawang merah pasca panen di Jawa Timur.” *Jurnal Teknologi Pertanian*, 2(2): 79–95.
- Putra, Fauzan Wahyu. 2023. “Bagan Alir Penelitian.”
- Riupassa, Helen, dan Welby Girik Allo. 2019. “Analisis Konveksi Alami dan Paksa dengan Variasi Material.” *Jurnal Teknik Mesin* 8(1): 39–48. <http://ojs.ustj.ac.id/mesin/article/view/428>.
- Rokhimi, Intan. Pujayanto. 2015. “Alat Peraga Pembelajaran Laju Hantaran Kalor Konduksi.” *Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika* 6(1): 270–74.

- Susanto, Tri and Saneto, Budi. 1994. *Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian*. Surabaya: Bina Ilmu.
- Syuhada, Ahmad, M. Ilham Maulana, dan Abraar Shalahuddin. 2018. “Pengaruh Material Absorber Terhadap Temperatur Keluaran Kolektor Surya.” *Jurnal Teknik Mesin* 8(Desember): 53–56. <https://jurnal.usk.ac.id/JTM/article/view/18232%0Ahttps://jurnal.usk.ac.id/JTM/article/download/18232/12945>.
- Syuhada, Ahmad, Ratna Sary, dan Farid Isnain. 2018. “Kaji Sistem pengering Kakao dengan Menggunakan Energi Hybrid (Energi Matahari dan Bahan Bakar Gas).” *Jurnal Teknik Mesin Unsyiah* 6(1): 17–24.
- Syuhada, Ahmad, Ratna Sary, dan Arie Hantama Siregar. 2020. “Kaji Pemanfaatan Atap Sebagai Pemanas Pada Sistem Pengering Bawang Merah (*Allium Ascalonicum* L.).” *Jurnal Teknik Mesin Unsyiah* 8(1): 19–25.
- Treybal, Robert E. 1981. *Mass Transfer Operations*. Third Edit. ed. Julienne V. and Madelaine Eichberg Brown. New York: McGraw-Hill Book Company. https://www.usb.ac.ir/FileStaff/6885_2019-4-27-19-27-38.pdf.
- Tuliza, I.S and Mursalim. 2011. “Pengeringan Lapis Tipis Biji Jagung Dengan Alat Pengering Sistem Fluidasi.” *Jurnal Keteknikan Pertanian* 25(1): 69–72. <https://media.neliti.com/media/publications/21586-ID-pengeringan-lapis-tipis-biji-jagung-dengan-alat-pengering-sistem-fluidasi.pdf>.
- Whitelaw, James H. 1967. “Conduction heat transfer.” *International Journal of Heat and Mass Transfer* 10(7): 1019.
- Wibowo, Singgih. 2001. *Budidaya Bawang : Bawang Putih, Bawang Merah, Bawang Bombay*. Banda Aceh: Penebar Swadaya.
- Wilis, Galuh Renggani, dan Irfan Santosa. 2014. “VARIASI SUDUT KEMIRINGAN KOLEKTOR SURYA SOLAR WATER HEATER.” *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST)*: 49–54.
- Winarno, F.G. 1993. *Pengantar Teknologi Bahan Pangan*. Jakarta: PT Gramedia.
- Yanti, Ardila Tri Yuli dkk. 2021. “Mesin Pengering Bawang Merah Menggunakan Double Blower Dan Sensor Temperatur Dht22 Arduino Di Desa Brangkolong Kecamatan Plampang, Sumbawa.” *Hexagon Jurnal Teknik dan Sains* 2(1): 1–7.

LAMPIRAN

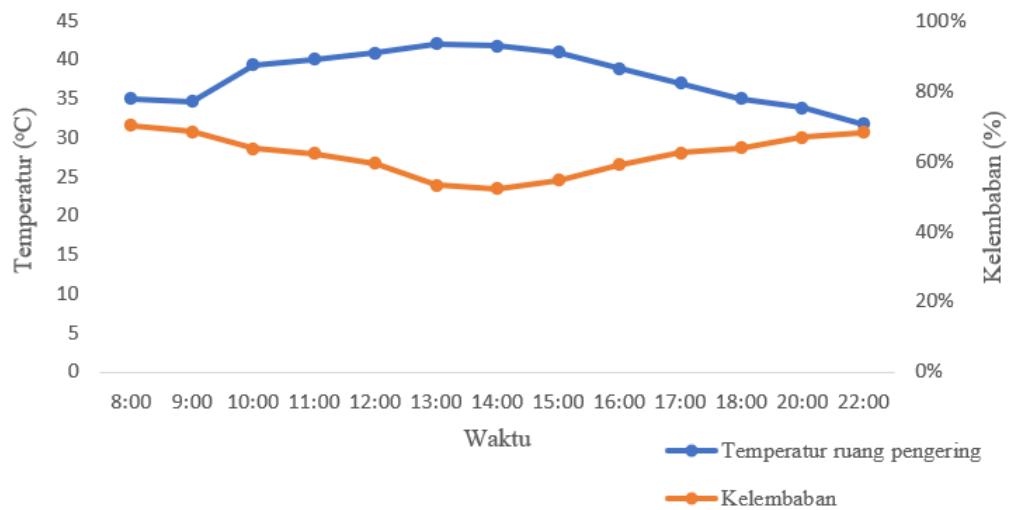
Hasil pengujian beban pengering (bawang merah)

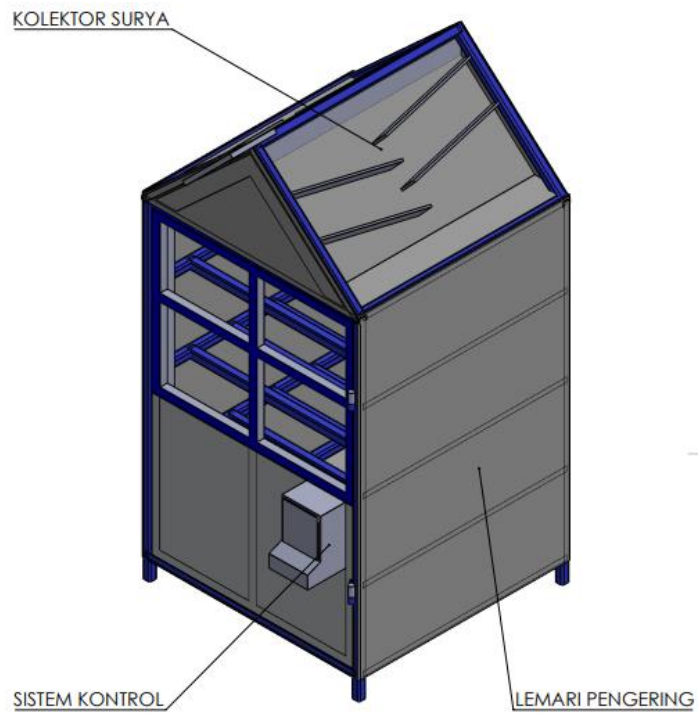
Waktu Pengeringan (Hari)	Massa Bawang (Kg)
Pertama	95,7
Kedua	89,2
Ketiga	84,8



Distribusi Temperatur dan Kelembaban Terhadap Waktu

Waktu	Temperatur ruang pengering (°C)	Kelembaban (%)
08:00	35	70.2
09:00	34,7	68.4
10:00	39,4	63.6
11:00	40.1	62.2
12:00	40,9	59.4
13:00	42,1	53.2
14:00	41,8	52.1
15:00	41	54.7
16:00	38,9	59
17:00	37	62.5
18:00	35	63.8
20:00	33,9	66.8
22:00	31,8	68.2



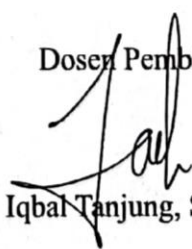


LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Kadar Air Bawang Merah Menggunakan Peralatan Pengering Berbasis *IoT* Dengan Teknologi Kolektor Surya
Nama : Fauzan Wahyu Putra
NPM : 2007230114
Dosen Pembimbing : Iqbal Tanjung, S.T., M.T.

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	Kamis / 15 Agustus 2024	Perbaiki Tujuan Perbaiki Latar Belakang	
2	Jumat / 16 Agustus 2024	Perbaiki Perhitungan	
3	Senin / 19 Agustus 2024	Perbaiki Grafik	
4	Rabu / 21 Agustus 2024	Perbaiki Analisa	
5	Jumat / 23 Agustus 2024	Perbaiki Kesimpulan	
6	Sabtu / 24 Agustus 2024	Perbaiki Lampiran	
7	Senin / 26 Agustus 2024	ACC Sidang	

Dosen Pembimbing


Iqbal Tanjung, S.T., M.T.



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya
Bila menjawab surat ini agar diastukan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1913/SK/BAN-PT/IAK.KP/PT/XI/2022
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fatak.umsu.ac.id> fatak@umsu.ac.id [umsu.medan](https://www.facebook.com/umsu.medan) [umsu.medan](https://www.instagram.com/umsu.medan) [umsu.medan](https://www.youtube.com/umsu.medan)
PEMENJAJAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUTUKAN
DOSEN PEMBIMBING

Nomor :1173/3AU/UMSU-07/F/2023

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin pada Tanggal 20 November 2023 dengan ini Menetapkan :

Nama : FAUZAN WAHYU PUTRA
NPM : 2007230114
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : V11 (TUJUH)
Judul Tugas Akhir : ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP KADAR AIR MENGGUNAKAN KOLEKTOR SURYA PADA PERALATAN PENGGERING BAWANG MERAH DENGAN ATSORBER BESI DAN PASIR PANTAI .

Dosen Pembimbing : IQBAL TANJUNG ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan, 07 Jum. Awal 1445 H
20 November 2023 M



Dekan

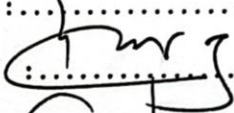
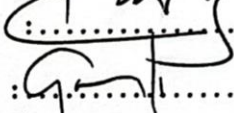
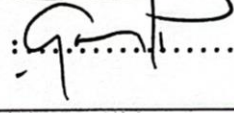
Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202

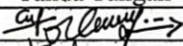





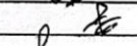

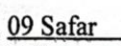



**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2023 – 2024**

Peserta seminar

Nama : Fauzan Wahyu Putra
 NPM : 2007230114
 Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Kadar Air Bawang Merah Menggunakan Kolektor Surya Pada Peralatan Pengering Bawang Merah Dengan Absorber Besi Dan Pasir Pantai

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Iqbal Tanjung, ST, MT	:..... 
Pembanding – I : Munawar Alfansury Siregar, ST, MT	:..... 
Pembanding – II : Chandra A Siregar, ST, MT	:..... 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2007230003	Firman Nanda Irawan	
2	2007230171	IQBAL SALEH HUTAGALUNG	
3	2007230046	Andi Kurniawan	
4	2007230039	Mam Nafawijaya	
5	2007230087	M. Iqbal	
6	2007230001	Muhammad Haikal	
7	2007230114	Fauzan Wahyu Putra	
8	1909230176	Ahmad Khairi Badri	
9	2007230027	Muhammad Fauzan	
10	2007230133	Rid Gilang Ramadhan	

Medan, 09 Safar 1446 H
14 Agustus 2024 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Fauzan Wahyu Putra
NPM : 2007230114
Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Kadar Air Bawang Merah Menggunakan Kolektor Surya Pada Peralatan Pengering Bawang Merah Dengan Absorber Besi Dan Pasir Pantai

Dosen Pembanding – I : Munawar Alfansury Siregar, ST, MT
Dosen Pembanding – II : Chandra A Siregar, ST, MT
Dosen Pembimbing – I : Iqbal Tanjung, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
.....
.....
.....
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan, 09 Safar 1446 H
14 Agustus 2024 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- I



Munawar Alfansury Siregar, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Fauzan Wahyu Putra
NPM : 2007230114
Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Kadar Air Bawang Merah Menggunakan Kolektor Surya Pada Peralatan Pengering Bawang Merah Dengan Absorber Besi Dan Pasir Pantai

Dosen Pembanding – I : Munawar Alfansury Siregar, ST, MT
Dosen Pembanding – II : Chandra A Siregar, ST, MT
Dosen Pembimbing – I : Iqbal Tanjung, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain : *lihat buku tugas akhir*
.....
.....
.....
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 09 Safar 1446 H
14 Agustus 2024 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- II



Chandra A Siregar, ST, MT

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. Identitas Diri

Nama Lengkap : Fauzan Wahyu Putra
Tempat / Tanggal lahir : Medan, 25 April 2002
Alamat : Jl. Keluarga, Gg. Durachman, Kelurahan Asam Kumbang, Kecamatan Medan Selayang, Medan
Jenis Kelamin : Laki-laki
Umur : 22 Tahun
Agama : Islam
Kewarganegaraan : Indonesia
Status : Belum menikah
Tinggi / Berat badan : 171 cm / 51 kg
E-mail : fauzanwahyuputra00@gmail.com
Nomor Telepon/HP : 0831 – 8280 – 0096
Motto hidup : Jangan pernah berfikir negatif tentang apa yang belum terjadi

B. Riwayat Pendidikan

Tahun 2008 – 2014 : SD Swasta Nurul Huda Medan
Tahun 2014 – 2017 : SMP Negeri 41 Medan
Tahun 2017 – 2020 : SMA Swasta Dharma Pancasila Medan
Tahun 2020 – 2024 : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara