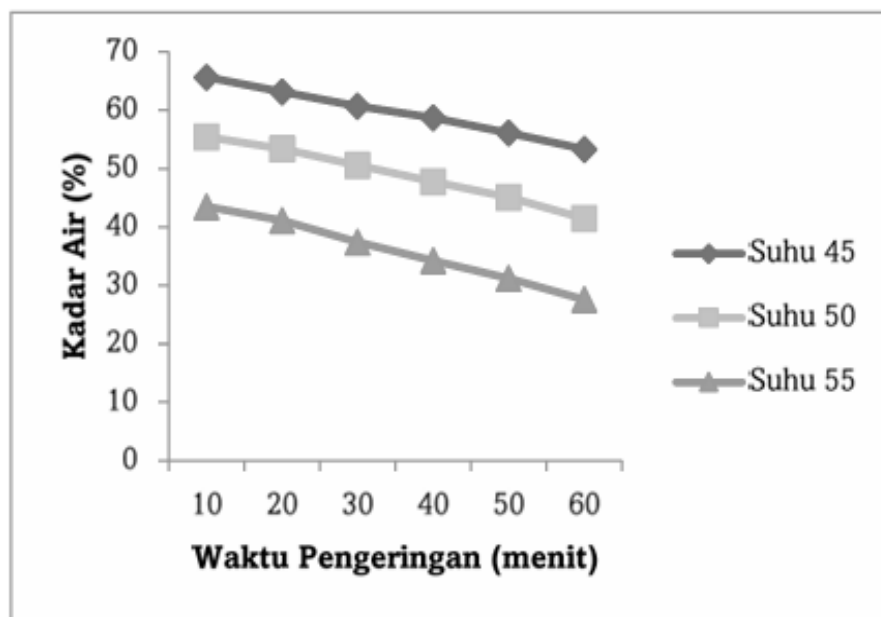


BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai pengeringan daun herbal telah dilakukan oleh Meilita & Tanggasari (2023) dalam penelitian berjudul “Karakteristik Pengeringan Daun Moringa oleifera Menggunakan Mesin Pengering Baki pada Berbagai Tingkat Suhu.” Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan memanfaatkan mesin tray dryer pada beberapa variasi suhu untuk mengeringkan daun kelor (*Moringa oleifera*). Parameter yang diamati meliputi laju pengeringan, kadar air akhir, serta kondisi suhu dan kelembaban selama proses berlangsung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan suhu mempercepat proses pengeringan dan menurunkan kadar air secara signifikan, namun suhu yang terlalu tinggi dapat mempengaruhi kualitas daun, seperti perubahan warna dan potensi penurunan kandungan nutrisi. Keunggulan penelitian ini terletak pada fokusnya terhadap karakteristik pengeringan daun kelor serta analisis pengaruh suhu terhadap kualitas bahan. Namun demikian, penelitian ini belum mengembangkan sistem monitoring suhu dan kelembaban secara otomatis berbasis mikrokontroler, sehingga masih bersifat analisis proses dan belum pada pengembangan sistem alat otomatis.



Gambar 2. 1 Grafik rata rata kadar air

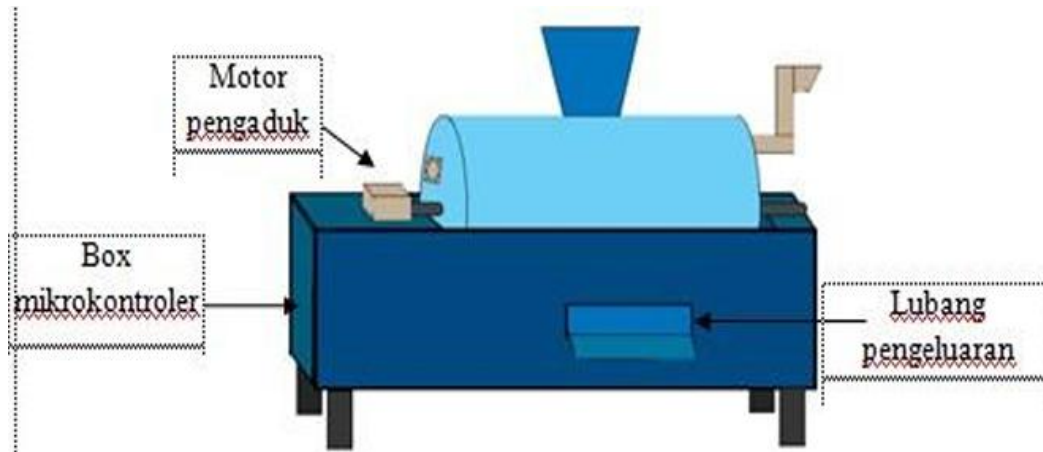
Penelitian lain yang relevan dilakukan oleh Nusa *dkk.* (2025) dengan judul “Rancang Bangun Lemari Pengering Daun Marungga (*Moringa oleifera*).” Penelitian ini merancang dan membangun lemari pengering berbasis pemanas listrik dalam ruang tertutup untuk mengeringkan daun marungga (kelor). Metode yang digunakan adalah perancangan alat dilanjutkan dengan pengujian waktu pengeringan dan pengamatan penurunan kadar air daun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lemari pengering mampu mempercepat proses pengeringan dibandingkan metode penjemuran tradisional dan memberikan kondisi ruang yang lebih terkontrol. Keunggulan penelitian ini adalah telah melakukan rancang bangun alat nyata untuk daun herbal dalam ruang tertutup. Namun, sistem yang digunakan masih bersifat konvensional dan belum dilengkapi dengan sistem monitoring suhu dan kelembaban berbasis sensor digital serta kontrol otomatis terintegrasi.



Gambar 2. 2 Mesin *Dryer*

Pada komoditas lain, penelitian mengenai sistem pengering otomatis berbasis mikrokontroler dilakukan oleh Kusumawardani *dkk.* (2023) dalam penelitian berjudul “Rancang Bangun Alat Pengering Gabah Berbasis Arduino uno.” Penelitian ini menggunakan Arduino uno sebagai pengendali utama dengan sensor DHT22 untuk membaca suhu dan kelembaban ruang pengering. Sistem dilengkapi *Heater* dan *Blower* yang bekerja secara otomatis berdasarkan pembacaan sensor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat mampu mengontrol kondisi ruang pengering secara otomatis hingga mencapai parameter tertentu dan mempercepat

proses pengeringan dibandingkan metode konvensional. Keunggulan penelitian ini adalah integrasi sistem monitoring suhu dan kelembaban dalam satu sistem kontrol otomatis berbasis mikrokontroler. Namun, objek penelitian berupa gabah memiliki karakteristik fisik yang berbeda dengan daun herbal yang lebih tipis dan sensitif terhadap suhu tinggi, sehingga pendekatan kontrol yang digunakan belum tentu sesuai untuk bahan herbal.



Gambar 2. 3 Desain Mekanik Dehydrator Gabah

Selanjutnya, penelitian oleh Agung *dkk.* (2024) berjudul “Rancang Bangun Alat Pengering Rumput Laut Berbasis Mikrokontroler Arduino uno” mengembangkan sistem pengering tertutup menggunakan elemen pemanas dan sensor DHT11 untuk memonitor suhu dan kelembaban ruang pengering. Metode yang digunakan meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak serta pengujian kinerja alat terhadap waktu pengeringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pengering tertutup mampu mempercepat proses pengeringan dibanding metode alami serta memberikan pemantauan kondisi ruang secara digital melalui tampilan LCD. Keunggulan penelitian ini terletak pada penerapan mikrokontroler dan sensor lingkungan dalam sistem pengering. Akan tetapi, sistem kontrol lebih berfokus pada pengaturan suhu dan belum mengoptimalkan pengendalian kelembaban secara spesifik, serta tidak dirancang untuk bahan yang sensitif terhadap panas seperti daun herbal.



Gambar 2. 4 Box Pengering Rumput

Penelitian mengenai sistem kontrol lingkungan dilakukan oleh Mauhib & Hermawan (2025) dalam penelitian berjudul “Perancangan Sistem Monitoring dan Pengendalian Suhu serta Kelembaban Ruang Berbasis *Arduino*.” Metode yang digunakan adalah perancangan sistem berbasis *Arduino* dengan sensor DHT22 untuk membaca suhu dan kelembaban, serta aktuator berupa kipas atau pemanas yang bekerja otomatis sesuai parameter yang ditentukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga kestabilan suhu dan kelembaban ruang secara otomatis dan menampilkan data secara real-time. Keunggulan penelitian ini adalah integrasi sensor dan aktuator dalam satu sistem monitoring dan kontrol otomatis. Namun penelitian ini tidak diterapkan pada sistem pengeringan bahan pertanian atau herbal secara langsung.



Gambar 2. 5 Alat Uji Sistem Kontrol Lingkungan

Berdasarkan uraian beberapa penelitian terdahulu tersebut, dapat diketahui bahwa penelitian pengeringan daun kelor lebih banyak berfokus pada analisis karakteristik pengeringan dan kualitas hasil, sedangkan penelitian rancang bangun alat pengering otomatis berbasis mikrokontroler lebih banyak diterapkan pada komoditas lain seperti gabah dan rumput laut. Hingga saat ini, belum ditemukan penelitian yang secara khusus mengintegrasikan rancang bangun alat pengering daun herbal otomatis dengan sistem monitoring suhu dan kelembaban dalam satu ruang pengering tertutup. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kekosongan tersebut dengan merancang sistem pengering yang lebih sesuai dengan karakteristik daun herbal yang sensitif terhadap suhu dan kelembaban.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Metode	Kelebihan	Kekurangan
1	Karakteristik Pengeringan Daun Moringa oleifera Menggunakan Mesin Pengering Baki pada Berbagai Tingkat Suhu (Meilita & Tanggasari, 2023)	Metode eksperimental menggunakan tray dryer dengan variasi suhu dan pengamatan laju pengeringan serta kadar air.	Fokus pada karakteristik pengeringan daun kelor dan analisis pengaruh suhu terhadap kualitas.	Tidak mengembangkan sistem monitoring dan kontrol otomatis berbasis mikrokontroler.
2	Rancang Bangun Lemari Pengering Daun Marungga (Moringa oleifera) (Nusa dkk., 2025)	Perancangan dan pembuatan lemari pengering berbasis pemanas listrik, dilanjutkan pengujian waktu dan kadar air.	Melakukan rancang bangun alat pengering tertutup untuk daun herbal.	Sistem masih konvensional dan belum dilengkapi monitoring suhu serta kelembaban otomatis.
3	Rancang Bangun Alat Pengering Gabah Berbasis <i>Arduino uno</i> (Kusumawardani dkk., 2023)	Perancangan alat berbasis <i>Arduino uno</i> dengan sensor DHT22 serta pengujian kinerja sistem.	Integrasi sensor dan aktuator dalam sistem kontrol otomatis suhu dan kelembaban.	Diterapkan pada gabah, bukan daun herbal yang lebih sensitif terhadap suhu.
4	Rancang Bangun Alat Pengering Rumput Laut Berbasis Mikrokontroler	Perancangan perangkat keras dan lunak sistem pengering tertutup berbasis <i>Arduino</i>	Monitoring kondisi ruang pengering secara digital	Kontrol kelembaban belum optimal dan tidak dirancang untuk bahan

No	Judul Penelitian	Metode	Kelebihan	Kekurangan
	<i>Arduino uno</i> (Agung dkk., 2024)	dengan sensor DHT11.	dan sistem modern.	sensitif seperti daun herbal.
5	Perancangan Sistem Monitoring dan Pengendalian Suhu serta Kelembaban Ruang Berbasis <i>Arduino</i> (Mauhib & Hermawan, 2025)	Perancangan sistem monitoring suhu dan kelembaban menggunakan <i>Arduino</i> dan sensor DHT22 dengan aktuator otomatis.	Integrasi monitoring dan kontrol otomatis secara real-time.	Tidak diterapkan pada sistem pengeringan bahan pertanian atau herbal.
6	Pengaruh Teknologi Pengeringan Terhadap Mutu Simplisia Seledri	Prinsip Kontrol <i>Open-Loop</i> : <i>Arduino</i> membaca nilai suhu dan kelembaban real-time dari sensor SHT31, lalu membandingkannya dengan <i>setpoint</i> yang ditentukan. Jika suhu berada di bawah nilai <i>setpoint</i> , <i>Arduino</i> memerintahkan relay untuk menyalakan <i>heater</i> , dan sebaliknya.	Pengujian Produk Multivariabel: Menguji variasi respons dari 4 jenis bahan alami berbeda (insulin, kelor, jambu biji, dan bidara) serta mengevaluasi penyusutan massa spesifik pada suhu pengondisian 35–40°C.	Ketidakmerataan Aliran Udara Panas: Adanya selisih waktu pengeringan yang cukup signifikan antara Loyang 1 dan Loyang 2 (misalnya daun kelor 35 menit vs 1 jam 15 menit), menunjukkan bahwa sirkulasi dari <i>blower</i> belum terdistribusi secara homogen di seluruh ruang pengering.

2.2 Landasan Teori

Landasan Teori Merupakan teori-teori yang terhubung atau Berfungsi sebagai pedoman atau acuan peneliti tidak menyimpang dari tujuan awal yang telah ditetapkan.

2.2.1 Tanaman Herbal

Tanaman herbal adalah tumbuhan yang mengandung senyawa aktif alami seperti flavonoid, tanin, minyak atsiri, vitamin, dan mineral yang bermanfaat bagi kesehatan, sehingga banyak dimanfaatkan sebagai minuman teh herbal. Beberapa tanaman yang sering dijadikan teh antara lain daun mint, rosella, serai, daun sirsak, jahe, dan pandan, yang memiliki manfaat seperti meningkatkan daya tahan tubuh, membantu pencernaan, serta memberikan efek relaksasi. Agar daun herbal dapat dikonsumsi dalam bentuk teh dengan kualitas baik, daun harus melalui proses

pengeringan untuk menurunkan kadar air hingga sekitar 3–7% agar tidak mudah berjamur dan aroma tetap terjaga. Proses pengeringan yang baik biasanya dilakukan pada suhu 40–60°C agar kandungan nutrisi tidak rusak (Bahar *dkk.*, 2025).



Gambar 2. 6 Tanaman Herbal

Selain kandungan senyawa aktifnya, tanaman herbal juga memiliki karakteristik fisik yang mempengaruhi proses pengeringan, seperti ketebalan daun, luas permukaan, struktur jaringan, serta kadar air awal. Daun herbal umumnya memiliki kadar air awal yang cukup tinggi, berkisar antara 70–90% berat basah, sehingga sangat rentan terhadap pertumbuhan mikroorganisme apabila tidak segera dikeringkan. Kadar air yang tinggi dapat mempercepat proses pembusukan dan menurunkan kualitas daun, baik dari segi warna, aroma, maupun kandungan zat aktifnya. Proses pengeringan bertujuan untuk menurunkan kadar air hingga mencapai kondisi aman penyimpanan, yaitu sekitar 3–7%, sehingga aktivitas mikroba dan reaksi enzimatik dapat ditekan. Namun, suhu pengeringan yang terlalu tinggi dapat merusak senyawa bioaktif seperti flavonoid dan minyak atsiri yang mudah menguap. Oleh karena itu, pengeringan daun herbal umumnya dilakukan pada suhu rendah hingga sedang, yaitu antara 40–60°C, agar kualitas warna tetap hijau alami, aroma tetap terjaga, serta kandungan nutrisi tidak mengalami degradasi yang signifikan. Setiap jenis daun herbal memiliki karakteristik yang berbeda, sehingga memerlukan parameter pengeringan yang berbeda pula. Misalnya, daun kelor dan daun insulin memiliki struktur daun yang lebih tipis sehingga lebih cepat kering dibandingkan daun jambu biji yang memiliki tekstur lebih tebal. Perbedaan karakteristik ini menjadi dasar dalam perancangan sistem pengering otomatis yang

memungkinkan pemilihan menu sesuai jenis daun, sehingga suhu dan waktu pengeringan dapat disesuaikan secara optimal.

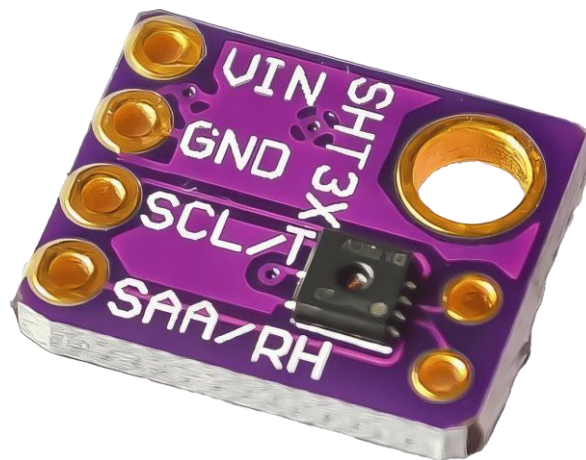
2.2.2 Sensor SHT31

Sensor *SHT31* merupakan sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu (*temperature*) dan kelembaban relatif (*humidity*) secara akurat dalam satu modul terintegrasi. Sensor ini diproduksi oleh *Sensirion*, perusahaan asal Swiss yang dikenal dalam pengembangan sensor presisi tinggi. *SHT31* termasuk dalam seri *SHT3x* yang dirancang untuk berbagai aplikasi seperti otomasi industri, sistem kontrol lingkungan, perangkat *IoT*, serta sistem berbasis mikrokontroler (Mauhib & Hermawan, 2025). Sensor *SHT31* bekerja menggunakan elemen pengukur kelembaban kapasitif dan sensor suhu berbasis *bandgap*. Data analog yang dihasilkan oleh elemen sensor kemudian diproses oleh rangkaian internal dan dikonversi menjadi data digital. Selanjutnya data suhu dan kelembaban dikirimkan ke mikrokontroler melalui komunikasi *I2C*. Dengan metode komunikasi digital ini, proses pembacaan data menjadi lebih stabil, akurat, serta lebih tahan terhadap gangguan dibandingkan dengan sensor analog.

Sensor *SHT31* memiliki tingkat akurasi suhu sekitar $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ dan akurasi kelembaban sekitar $\pm 2\%$ *RH* (*Relative Humidity*), sehingga mampu memberikan hasil pengukuran yang cukup presisi untuk berbagai aplikasi pengendalian lingkungan. Selain itu sensor ini juga memiliki respon yang cepat, konsumsi daya yang rendah, serta stabilitas jangka panjang yang baik. Karakteristik tersebut menjadikan sensor *SHT31* sangat sesuai digunakan pada sistem yang membutuhkan pemantauan suhu dan kelembaban secara terus-menerus, seperti inkubator, ruang penyimpanan bahan pangan, serta alat pengering daun herbal (*dehydrator*) untuk produksi teh herbal. Dalam penelitian ini, sensor *SHT31* digunakan untuk memonitor kondisi suhu dan kelembaban di dalam ruang pengering daun herbal. Sensor ini memiliki rentang pengukuran suhu sekitar -40°C hingga 125°C , sehingga sangat sesuai dengan sistem pemanas (*Heater*) yang digunakan pada alat pengering. Pada proses pengeringan daun herbal umumnya suhu yang digunakan berada pada kisaran 40°C hingga 60°C , sehingga masih berada dalam rentang kerja optimal sensor *SHT31*. Dengan demikian, sensor ini mampu memberikan

pembacaan suhu dan kelembaban secara stabil selama proses pengeringan berlangsung.

Pemilihan sensor *SHT31* dalam penelitian ini juga didasarkan pada beberapa pertimbangan dibandingkan dengan sensor suhu lainnya seperti *RTD* (*Resistance Temperature Detector*). Sensor *RTD* pada umumnya hanya digunakan untuk mengukur suhu saja dan tidak dapat mengukur kelembaban udara. Selain itu, penggunaan sensor *RTD* memerlukan rangkaian tambahan seperti penguat sinyal dan konverter analog ke digital agar dapat dibaca oleh mikrokontroler. Hal ini membuat sistem menjadi lebih kompleks. Sebaliknya sensor *SHT31* telah dilengkapi dengan sensor suhu dan kelembaban dalam satu modul serta memiliki antarmuka komunikasi digital yang langsung dapat dihubungkan dengan mikrokontroler seperti *Arduino*. Dengan demikian penggunaan sensor *SHT31* dapat menyederhanakan sistem perancangan alat, meningkatkan efisiensi pembacaan data, serta memungkinkan proses *monitoring* suhu dan kelembaban dilakukan secara *real-time* dalam satu sistem yang terintegrasi.



Gambar 2. 7 Sensor SHT 31

Dalam penerapannya pada alat pengering daun herbal otomatis, sensor SHT31 dipasang di dalam ruang pengering pada posisi yang mampu merepresentasikan kondisi udara secara menyeluruh. Penempatan sensor harus mempertimbangkan aliran udara dari *Blower* dan sumber panas dari *Heater* agar data yang terbaca benar-benar menggambarkan kondisi aktual di sekitar daun herbal. Sensor ini bekerja secara kontinu selama proses pengeringan berlangsung,

sehingga perubahan suhu dan kelembaban sekecil apa pun dapat terdeteksi oleh sistem. Data suhu dan kelembaban yang diperoleh dari sensor kemudian dikirimkan ke mikrokontroler untuk diproses sesuai dengan parameter yang telah ditentukan berdasarkan jenis daun yang dipilih. Apabila terjadi perubahan kondisi yang tidak sesuai dengan setpoint, sistem akan secara otomatis menyesuaikan kerja aktuator seperti *Heater* dan *Blower*. Dengan mekanisme ini, kestabilan suhu di dalam ruang pengering dapat terjaga dan proses pengeringan dapat berlangsung secara lebih terkontrol. Keberadaan sensor SHT31 juga berperan penting dalam meningkatkan efisiensi energi. Dengan adanya pembacaan suhu secara real-time, *Heater* tidak bekerja secara terus-menerus, melainkan hanya aktif ketika suhu berada di bawah batas yang ditentukan. Hal ini membantu mengurangi konsumsi daya listrik sekaligus memperpanjang umur komponen pemanas. Selain itu, pemantauan kelembaban membantu memastikan bahwa udara di dalam ruang pengering tidak terlalu lembap, sehingga proses penguapan kadar air pada daun dapat berlangsung secara optimal.

2.2.3 Heater

Heater merupakan komponen utama pada alat pengering daun herbal (dehydrator) yang berfungsi sebagai sumber panas untuk menurunkan kadar air daun hingga mencapai kondisi kering yang optimal. *Heater* bekerja dengan mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui elemen pemanas, kemudian panas tersebut didistribusikan ke seluruh ruang pengering dengan bantuan fan atau *Blower* agar proses pengeringan berlangsung merata. Suhu pengeringan biasanya dijaga pada kisaran 40–60°C agar kualitas warna, aroma, dan kandungan nutrisi daun herbal tetap terjaga (Istiqphara & Adliani, 2019). Pada sistem Smart Herbal Tea Dehydrator, *Heater* dikendalikan oleh mikrokontroler melalui relay atau solid state relay (SSR). Sistem ini memungkinkan suhu dikontrol secara otomatis berdasarkan pembacaan sensor suhu dan kelembaban, sehingga proses pengeringan lebih stabil dibandingkan metode tradisional. Dengan kontrol otomatis, risiko daun gosong atau terlalu lembap dapat diminimalkan. Jenis *Heater* yang umum digunakan antara lain elemen kawat nichrome dan *Heater* keramik PTC. Pemilihan daya *Heater* harus disesuaikan dengan ukuran ruang pengering agar panas yang dihasilkan cukup namun tetap efisien. Selain itu, aspek keselamatan seperti isolasi

panas dan sistem pengaman listrik perlu diperhatikan agar alat dapat beroperasi dengan aman dan tahan lama.



Gambar 2. 8 *Heater*

Selain berdasarkan jenis elemen pemanasnya, *Heater* juga dapat dibedakan berdasarkan mekanisme perpindahan panas yang dihasilkannya, yaitu melalui konduksi, konveksi, dan radiasi. Pada perpindahan panas secara konduksi, panas disalurkan melalui kontak langsung antara elemen pemanas dengan media atau permukaan tertentu. Pada konveksi, panas dipindahkan melalui aliran fluida seperti udara atau cairan, sedangkan pada radiasi, panas dipancarkan dalam bentuk gelombang elektromagnetik tanpa memerlukan media perantara. Dalam praktiknya, sebagian besar sistem pemanas memanfaatkan kombinasi dari ketiga mekanisme tersebut untuk memperoleh distribusi panas yang lebih merata. Efisiensi *Heater* dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kualitas material elemen pemanas, desain konstruksi, sistem isolasi panas, serta kestabilan tegangan suplai listrik. Material seperti nichrome banyak digunakan karena memiliki resistansi tinggi, titik leleh yang tinggi, serta ketahanan terhadap oksidasi pada suhu tinggi. Sementara itu, *Heater* berbasis keramik atau PTC memiliki keunggulan dalam pengaturan suhu yang lebih stabil karena karakteristik materialnya yang mampu membatasi kenaikan suhu secara alami.

Dari sisi performa, *Heater* memiliki parameter penting seperti daya (watt), tegangan kerja, dan suhu maksimum operasi. Daya *Heater* menentukan jumlah

energi panas yang dapat dihasilkan dalam satuan waktu, sehingga pemilihan daya harus disesuaikan dengan kebutuhan proses pemanasan. Tegangan kerja harus sesuai dengan sumber listrik yang tersedia agar *Heater* dapat beroperasi dengan optimal dan aman. Selain itu, suhu maksimum operasi menjadi batas penting agar elemen pemanas tidak mengalami kerusakan akibat *overheating*. Dalam penggunaannya, aspek keselamatan menjadi pertimbangan utama. *Heater* yang beroperasi pada suhu tinggi berpotensi menimbulkan risiko seperti korsleting listrik, kebakaran, atau kerusakan material di sekitarnya apabila tidak dilengkapi sistem pengaman yang memadai. Oleh karena itu, banyak *Heater* dilengkapi dengan komponen proteksi seperti thermostat, thermal *cutoff*, sekering (*fuse*), dan sistem grounding untuk mengurangi risiko bahaya listrik. Ventilasi yang baik dan penggunaan bahan isolator panas juga diperlukan untuk menjaga stabilitas suhu sekaligus melindungi komponen lain di sekitarnya. Secara umum *Heater* merupakan perangkat pemanas yang memiliki peran penting dalam berbagai aplikasi rumah tangga maupun industri, seperti oven, inkubator, pengering, pemanas ruangan, hingga proses manufaktur yang membutuhkan temperatur tertentu. Keunggulan utama *Heater* terletak pada kemampuannya menghasilkan panas secara cepat, stabil, dan dapat dikontrol sesuai kebutuhan. Dengan perkembangan teknologi, sistem pemanas modern kini dirancang semakin efisien, hemat energi, dan aman, sehingga mampu mendukung berbagai proses yang memerlukan pengaturan suhu secara presisi dan berkelanjutan.

2.2.4 Blower

Blower merupakan komponen penting pada alat pengering daun herbal (*dehydrator*) yang berfungsi untuk mensirkulasikan udara panas di dalam ruang pengering. Dengan adanya aliran udara yang merata, panas dari *Heater* dapat tersebar ke seluruh bagian daun sehingga proses pengeringan menjadi lebih cepat, merata, dan efisien. *Blower* ini bekerja langsung menggunakan tegangan listrik AC 220V dan umumnya berbentuk kipas aksial berukuran 120 mm dengan rangka logam atau plastik yang kuat (Sembiring, B. S. B., dkk. (2022)). Pada Smart Herbal Tea *Dehydrator*, *Blower* membantu mengontrol kelembaban di dalam ruang pengering dengan cara membuang udara lembap dan menggantinya dengan udara panas baru dari *Heater* . Hal ini mencegah daun menjadi lembek atau berjamur serta

menjaga kualitas warna, aroma, dan kandungan nutrisi teh herbal. *Blower* biasanya dikendalikan oleh mikrokontroler melalui *relay* sehingga dapat menyala otomatis saat suhu atau kelembaban melebihi batas tertentu. Penggunaan *Blower* juga harus memperhatikan aspek keselamatan dan pemasangan yang benar, seperti posisi aliran udara, pelindung kipas, serta ventilasi ruang pengering. Dengan pemilihan *Blower* yang tepat dan sistem kontrol otomatis, proses pengeringan daun herbal menjadi lebih stabil, hemat energi, dan menghasilkan teh herbal berkualitas tinggi.



Gambar 2. 9 Blower

Selain berdasarkan jenis dan prinsip kerjanya, *Blower* juga memiliki karakteristik operasional yang perlu diperhatikan, seperti tingkat kebisingan, konsumsi daya listrik, serta kestabilan putaran motor. Tingkat kebisingan menjadi salah satu faktor penting terutama pada penggunaan di lingkungan kerja atau ruang tertutup, sehingga desain baling-baling dan kualitas motor sangat mempengaruhi kenyamanan operasional. Konsumsi daya listrik berkaitan dengan efisiensi energi, di mana *Blower* dengan desain aerodinamis yang baik umumnya mampu menghasilkan aliran udara optimal dengan penggunaan daya yang lebih hemat. Dari segi konstruksi, *Blower* biasanya terdiri dari motor penggerak, poros (*shaft*), impeller atau baling-baling, serta casing atau rumah *Blower* yang berfungsi mengarahkan aliran udara. Casing dirancang sedemikian rupa agar aliran udara dapat terfokus dan tidak mengalami turbulensi berlebihan yang dapat menurunkan efisiensi. Pada beberapa jenis *Blower*, terdapat filter udara untuk menyaring partikel debu agar udara yang dialirkan tetap bersih dan komponen internal terlindungi dari kotoran. Dalam pengoperasiannya, *Blower* memerlukan sistem proteksi seperti pengaman arus lebih dan ventilasi motor untuk mencegah terjadinya overheating. Motor yang bekerja terus-menerus dalam waktu lama dapat mengalami peningkatan suhu, sehingga pendinginan yang baik menjadi faktor penting dalam menjaga umur pakai perangkat. Pemeriksaan rutin terhadap kondisi baling-baling, bantalan

(bearing), serta kebersihan saluran udara juga diperlukan untuk memastikan performa tetap optimal. Secara umum *Blower* merupakan komponen penting dalam berbagai sistem yang memerlukan pergerakan udara secara kontinu dan terkontrol. Keandalannya dalam menghasilkan aliran udara yang stabil menjadikannya banyak digunakan dalam aplikasi rumah tangga maupun industri, terutama pada proses yang membutuhkan distribusi udara yang merata dan efisien.

2.2.5 Rockwool

Rockwool adalah material isolasi panas yang terbuat dari serat mineral hasil peleburan batuan alam seperti basalt yang kemudian dipintal menjadi serat halus dan dibentuk dalam bentuk lembaran atau panel. Material ini memiliki kemampuan menahan panas yang sangat baik karena struktur seratnya mampu memperlambat perpindahan kalor secara konduksi, konveksi, maupun radiasi. Oleh karena itu, *Rockwool* banyak digunakan sebagai bahan isolasi pada oven, ruang pemanas, dan peralatan industri yang membutuhkan kestabilan suhu (Nasuha, 2020). Dalam mesin dehydrator daun herbal, *Rockwool* berfungsi sebagai lapisan isolasi pada dinding ruang pengering untuk menjaga agar panas dari *Heater* tidak keluar ke lingkungan sekitar. Dengan adanya isolasi ini, suhu di dalam ruang pengering menjadi lebih stabil dan merata, sehingga proses pengeringan daun herbal dapat berlangsung optimal pada kisaran suhu 40–60°C. Selain itu, penggunaan *Rockwool* membantu mengurangi konsumsi energi karena *Heater* tidak perlu bekerja terus-menerus untuk mempertahankan suhu. *Rockwool* juga memiliki keunggulan lain seperti tahan terhadap suhu tinggi, tidak mudah terbakar, serta memiliki daya tahan yang baik terhadap kelembaban. Sifat ini membuatnya aman dan cocok digunakan pada alat pengering berbasis listrik. Dengan penggunaan *Rockwool* yang tepat, sistem dehydrator menjadi lebih efisien, aman, dan mampu menghasilkan daun herbal kering berkualitas untuk diolah menjadi teh herbal. Selain meningkatkan efisiensi energi, *Rockwool* juga membuat alat lebih aman karena tahan suhu tinggi dan tidak mudah terbakar, serta membantu meredam suara dari *fan* atau *Blower*. Dengan isolasi yang baik, kontrol suhu otomatis, dan sirkulasi udara yang merata, mesin dehydrator dapat menghasilkan daun herbal kering yang higienis.



Gambar 2. 10 Rockwool

Selain sifat termalnya, *Rockwool* juga memiliki kemampuan peredam suara (akustik) yang baik karena struktur seratnya mampu menyerap gelombang suara dan mengurangi pantulan. Kemampuan ini menjadikan *Rockwool* sering digunakan pada bangunan untuk mengurangi kebisingan dari luar maupun dari dalam ruangan. Struktur serat yang tidak beraturan membantu memecah gelombang suara sehingga energi bunyi berkurang secara signifikan. Dari segi ketahanan, *Rockwool* tergolong material yang stabil secara kimia dan tidak mudah mengalami degradasi akibat perubahan suhu ekstrem. Material ini juga tidak bersifat korosif terhadap logam dan memiliki daya tahan yang baik terhadap tekanan maupun getaran. Selain itu, *Rockwool* tidak mudah terbakar dan termasuk dalam kategori material tahan api, sehingga sering digunakan pada aplikasi yang memerlukan standar keselamatan tinggi. Dalam penggunaannya, pemasangan *Rockwool* biasanya disesuaikan dengan ketebalan dan kepadatan tertentu untuk mencapai tingkat isolasi yang diinginkan. Kombinasi antara ketebalan material dan kualitas pemasangan sangat mempengaruhi efektivitas isolasi panas. Untuk menjaga performa optimal, *Rockwool* sebaiknya dipasang dalam kondisi kering dan terlindungi dari paparan air berlebih, meskipun material ini relatif tahan terhadap kelembaban.

2.2.6 Arduino uno

Arduino uno merupakan papan mikrokontroler berbasis ATmega328P yang dikembangkan oleh Arduino sebagai platform open-source untuk pengembangan sistem kendali dan otomasi. Arduino uno memiliki 14 pin digital input/output (6 di antaranya mendukung PWM), 6 pin analog input, tegangan operasi 5V, serta clock

16 MHz yang memungkinkan pemrosesan data secara real-time. Papan ini dapat diprogram menggunakan Arduino IDE dengan bahasa berbasis C/C++, sehingga memudahkan integrasi dengan berbagai sensor dan aktuator (Badarudin, 2024). Dalam rancang bangun alat pengering daun herbal otomatis dengan sistem monitoring suhu dan kelembaban, Arduino uno berfungsi sebagai pusat pengendali (controller) yang menerima data dari sensor suhu dan kelembaban, kemudian memprosesnya sesuai algoritma yang telah diprogram. Berdasarkan data tersebut, Arduino mengontrol aktuator seperti *Heater* dan *Blower* melalui relay atau solid state relay (SSR) untuk menjaga kondisi ruang pengering tetap stabil pada kisaran suhu 40–60°C. Sistem ini bekerja dengan prinsip closed-loop control, di mana pembacaan sensor dilakukan secara terus-menerus untuk memastikan suhu dan kelembaban berada pada batas yang telah ditentukan.



Gambar 2. 11 Arduino uno

Selain spesifikasi dasarnya, Arduino uno juga memiliki kemudahan dalam proses pemrograman karena didukung oleh perangkat lunak Arduino IDE yang bersifat *open-source* dan *user-friendly*. Bahasa pemrograman yang digunakan berbasis C/C++ dengan struktur yang sederhana, sehingga memudahkan dalam pengembangan berbagai aplikasi sistem kendali dan otomasi. Ketersediaan berbagai library tambahan juga menjadi keunggulan tersendiri karena memungkinkan integrasi dengan beragam sensor, modul komunikasi, dan aktuator tanpa harus membuat kode dari awal. Arduino uno memiliki memori flash untuk

menyimpan program, SRAM untuk penyimpanan data sementara saat program berjalan, serta EEPROM untuk menyimpan data permanen. Kombinasi memori tersebut memungkinkan mikrokontroler menjalankan instruksi secara *real-time* dan mengelola input maupun output dengan respons yang cepat. Selain itu, Arduino juga dilengkapi dengan fitur komunikasi seperti UART (Serial), I2C, dan SPI yang memungkinkan pertukaran data dengan perangkat lain secara efisien. Dari sisi perangkat keras, Arduino uno dirancang dengan tata letak pin yang sistematis sehingga memudahkan proses perakitan dan pengembangan rangkaian. Papan ini juga mendukung suplai daya melalui USB maupun adaptor eksternal, sehingga fleksibel dalam berbagai kebutuhan penggunaan. Stabilitas tegangan 5V yang dihasilkan regulator internal memungkinkan komponen eksternal dapat bekerja dengan aman sesuai spesifikasi.

2.2.7 Teh Herbal

Teh herbal merupakan minuman yang dibuat dari berbagai jenis tanaman yang telah dikeringkan, seperti daun kelor, daun insulin, daun jambu biji, dan daun bidara. Daun-daun tersebut diketahui memiliki kandungan senyawa bioaktif seperti flavonoid, antioksidan, serta vitamin yang bermanfaat bagi kesehatan. Salah satu tahapan penting dalam proses pembuatan teh herbal adalah proses pengeringan daun, yang bertujuan untuk menurunkan kadar air sehingga daun dapat disimpan lebih lama tanpa mengalami kerusakan akibat pertumbuhan mikroorganisme (Pandiangan & Nainggolan, 2021).

Proses pengeringan daun herbal harus dilakukan pada suhu yang tidak terlalu tinggi agar kualitas daun seperti warna, aroma, dan kandungan senyawa aktif tetap terjaga. Penelitian yang dilakukan oleh (Meilita & Tanggasari, 2023) mengenai karakteristik pengeringan daun kelor (*Moringa oleifera*) menunjukkan bahwa suhu pengeringan sekitar 45–50°C mampu menurunkan kadar air secara efektif tanpa merusak kualitas daun. Berdasarkan penelitian tersebut, pada penelitian ini parameter suhu pengeringan untuk daun kelor ditetapkan pada rentang 45–50°C dengan waktu pengeringan sekitar 60–90 menit. Pada jenis daun herbal lain seperti daun insulin, proses pengeringan juga dilakukan pada suhu yang relatif rendah untuk menjaga kandungan senyawa bioaktif di dalam daun. Berdasarkan penelitian mengenai pengeringan simplisia daun obat yang dikemukakan oleh

Prasetyo *dkk.* (2022), suhu pengeringan yang disarankan untuk daun herbal berkisar antara 40–50°C agar tidak merusak kandungan zat aktif. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan suhu pengeringan sekitar 45–50°C dengan waktu pengeringan 100–150 menit untuk daun insulin karena struktur daunnya lebih tebal dibandingkan daun kelor.

Selanjutnya, penelitian mengenai pengolahan daun jambu biji sebagai bahan teh herbal yang dilakukan oleh Sari *dkk.* (2021) menunjukkan bahwa proses pengeringan daun jambu biji dilakukan pada suhu sekitar 50°C agar senyawa flavonoid dan tanin tetap terjaga. Berdasarkan penelitian tersebut, pada sistem yang dirancang digunakan suhu pengeringan sekitar 50°C dengan waktu pengeringan 160–180 menit untuk daun jambu biji, karena daun ini memiliki tekstur yang lebih tebal dan kadar air awal yang cukup tinggi. Sementara itu, untuk daun jahe, penelitian mengenai pengeringan bahan herbal tipis yang dilakukan oleh Agung *dkk.* (2024) menunjukkan bahwa bahan herbal dengan ketebalan daun yang relatif tipis dapat dikeringkan pada suhu sekitar 50°C dengan waktu pengeringan yang lebih singkat. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan suhu pengeringan sekitar 50°C dengan waktu pengeringan sekitar 20 menit untuk daun jahe.