

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jali

Jali (*Coix lacryma-jobi* L.) adalah tanaman sereal yang berpotensi sebagai sumber pangan fungsional karena memiliki kandungan karbohidrat, lemak, serat, dan antioksidan yang sudah banyak dimanfaatkan sebagai makanan pokok oleh berbagai masyarakat di dunia (Purnomo & Pratiwi, 2025). Terdapat beberapa varietas biji jali, termasuk *Lacryma-jobi*, *Stenocarpa*, *Monilifer*, dan *Ma-yuen* mengandung polisakarida dan oligosakarida yang berpotensi sebagai prebiotik, sehingga memberikan manfaat untuk kesehatan (Arianty *et al.*, 2024). Oleh karena itu, biji jali membutuhkan proses pengeringan yang dapat mempertahankan mutu dan daya tahan simpan agar dapat bertahan lebih lama. Proses pengeringan menggunakan media *Solar Dome Dryer* berbasis IoT menjadi salah satu cara pengeringan yang efektif dan dapat menurunkan kadar air lebih cepat. Gambar biji jali dapat di lihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Biji Jali
Sumber: <https://gizifpok.upi.edu>

2.2 Pengeringan

Pengeringan adalah salah satu teknik pengawetan alami yang dilakukan dengan menghilangkan sebagian air dari bahan pangan basah melalui pemanasan sehingga pertumbuhan mikroorganisme dan mencegah berbagai reaksi kimia serta biokimia yang dapat menurunkan kualitas pangan. Oleh karena itu, pangan yang

telah dikeringkan menjadi lebih tahan lama dan stabil selama penyimpanan (Sembiring *et al.*, 2022). Proses ini dilakukan melalui perpindahan panas dan massa air dari bahan ke udara pengering sehingga makanan menjadi lebih tahan lama dan stabil selama penyimpanan. (Santi *et al.*, 2021). Secara umum, proses pengeringan terdiri dari dua tahap utama yaitu persiapan media pengering dan pelaksanaan proses pengeringan bahan (Asiah & Djaeni, 2021). Dalam pengeringan biji jali, metode *Solar Dome Dryer* digunakan untuk memanfaatkan energi matahari secara efisien dalam proses pengeringan serta diintegrasikan dengan IoT.

2.3 *Solar Dome Dryer* (SDD)

Solar Dome Dryer (SDD) merupakan teknologi pengeringan pasif yang memanfaatkan energi matahari dalam secara terkontrol untuk meningkatkan efisiensi proses pengeringan, dengan mempertahankan kondisi suhu dan kelembapan pada tingkat yang ideal (G. Ramadhan *et al.*, 2025). Berbeda dengan pengeringan langsung dibawah sinar matahari, dimana biji jali dijemur diluar ruangan tanpa pengaturan suhu atau kelembapan, teknologi ini menawarkan pengendalian yang lebih baik (Taufiqurrahman, 2025). Meskipun pengeringan secara langsung menggunakan sinar matahari langsung relatif murah dan umum diterapkan didaerah beriklim cerah, metode ini memiliki sejumlah keterbatasan. Beberapa keterbatasan tersebut meliputi ketergantungan pada kondisi cuaca, ketidakstabilan laju pengeringan akibat perubahan intensitas sinar matahari, serta paparan terhadap kontaminasi dari debu, serangga, dan hujan (Ridho *et al.*, 2025). Gambar *Solar Dome Dryer* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Solar Dome Dryer* (SDD)
Sumber: <https://www.inclusivebusiness.net>

2.4 Suhu Udara

Suhu udara merupakan faktor lingkungan yang sangat memengaruhi proses pengeringan bahan pertanian, termasuk biji-bijain. Suhu udara sangat memengaruhi proses pengeringan bahan pertanian karena suhu yang lebih tinggi dapat mempercepat penguapan air dan mengurangi kadar air pada bahan (Muna, 2026). Penelitian sebelumnya pada bubuk cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) menunjukkan bahwa peningkatan suhu dan waktu pengeringan pada suhu 50°C selama 12 jam akan menghasilkan kadar air 0,78% dan pada suhu 70°C selama 60 jam akan menghasilkan kadar air 0,6%, sehingga pengaturan suhu dan durasi pengeringan merupakan faktor penting bagi kualitas dan umur simpan produk (Saputri *et al.*, 2022). Oleh sebab itu, penerapan sistem pemantauan dan pengendalian berbasis *Internet of Things* (IoT) menjadi krusial untuk memastikan suhu udara tetap pada tingkat yang optimal, sehingga proses pengeringan berjalan lebih efisien.

2.5 Kelembapan Relatif (RH)

Kelembapan relatif (RH) merupakan perbandingan antara jumlah uap air yang terkandung dalam udara pada suatu waktu dengan kapasitas maksimum uap air yang dapat ditahan oleh udara pada suhu yang sama, dinyatakan dalam persen (%) (Widhiantari *et al.*, 2025). Dengan kata lain, RH menunjukkan tingkat kejenuhan udara terhadap uap air: nilai RH yang tinggi menandakan udara hampir penuh dengan uap air dan memiliki sedikit ruang untuk menampung uap tambahan, sedangkan nilai RH yang rendah berarti udara masih mampu menyerap lebih banyak uap air. RH memiliki peran penting dalam proses pengeringan karena memengaruhi kecepatan perpindahan massa, yaitu laju keluarnya uap air dari bahan ke udara sekitar (Sale & Nairfana, 2024).

Dalam pengeringan biji jali (*Coix lacryma-jobi* L.), tingkat kelembapan relatif (RH) yang rendah akan mempercepat proses penguapan air dari biji, sehingga kadar air dalam biji menurun lebih cepat (Dani *et al.*, 2025). Sebaliknya, jika RH terlalu tinggi, penguapan air menjadi lebih lambat dan biji sulit mencapai kadar air yang seimbang (Saputra *et al.*, 2023). Oleh karena itu, pengaturan RH yang tepat sangat

penting untuk mempertahankan kualitas biji jali sekaligus meningkatkan efisiensi proses pengeringan (Ante *et al.*, 2023). Alat ukur *Termohygrometer* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Alat *Termohygrometer*
Sumber: <https://indolabutama.com>

2.6 Kinetika Pengeringan dan Model Page

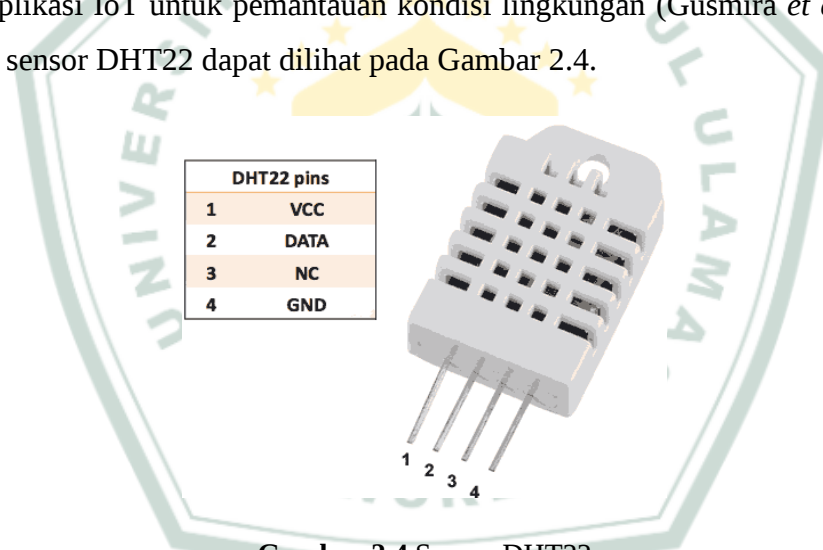
Kinetika pengeringan menjelaskan mengenai perubahan kadar air dalam bahan utama yaitu biji jali untuk penelitian terhadap waktu pada pengeringan tertentu (Hawa *et al.*, 2023). Pada penelitian pengeringan hasil pertanian, model yang sering diterapkan adalah model pengeringan lapisan tipis (*thin-layer drying*), yaitu pendekatan *lumped* yang menunjukkan hubungan *Moisture ratio* (MR) terhadap waktu menggunakan persamaan matematis empiris atau semi-empiris (D. A. Agustin *et al.*, 2025). Pemodelan *thin-layer* ini penting karena untuk mengetahui estimasi waktu pada proses pengeringan, evaluasi perfoma proses untuk menilai seberapa baik proses pengeringan berjalan serta kebutuhan desain, dan pengendalian (kontrol) (Mukhlis, 2024).

2.7 DHT22

DHT22 merupakan sensor pengukur suhu dan kelembapan relatif dengan *output* berupa sinyal digital serta memiliki 4 pin yaitu *power supply*, data *signal*, null, dan *ground* (Yonatan *et al.*, 2025). DHT22 memiliki tingkat akurasi yang lebih

tinggi daripada DHT11 dengan kesalahan relatif sebesar 4% untuk pengukuran suhu dan 18% untuk pengukuran kelembapan (Puspasari *et al.*, 2020).

Sensor DHT22 mampu mengukur suhu dalam rentang -40°C hingga 125°C serta kelembapan antara 0% hingga 100%, merupakan komponen penting dalam sistem IoT (Suwandi, 2023). Sensor ini mudah diintegrasikan dengan Arduino, memberikan kestabilan tinggi dan kalibrasi yang sangat presisi (Yonatan *et al.*, 2025). Dengan menggunakan sensor ini, pemantauan suhu dan kelembapan di biji jali dapat dilakukan secara langsung, sehingga memungkinkan tindakan cepat terhadap berbagai permasalahan yang timbul (Ramawardana & Iskandar, 2025). Sensor ini dikenal karena kemudahan penggunaannya, tingkat stabilitas yang baik, serta kemampuan kalibrasi yang tepat. DHT22 dapat dengan mudah diintegrasikan dengan *platform* mikrokontroler seperti Arduino, sehingga ideal untuk digunakan dalam aplikasi IoT untuk pemantauan kondisi lingkungan (Gusmira *et al.*, 2024). Gambar sensor DHT22 dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Sensor DHT22

Sumber: <https://shop.gevaelektronika.it>

2.8 ESP32

NodeMCU ESP32 adalah sistem berdaya rendah yang menggunakan chip (SoC) dengan kemampuan Wi-Fi dan *Bluetooth* dua mode (Abdillah *et al.*, 2024). ESP32 dilengkapi dengan mikroprosesor *Tensilica Xtensa LX6* yang bisa berupa *dual-core* atau *single-core* dengan kecepatan hingga 240 MHz (Visayas *et al.*, 2024). *Chip* ini sudah mengintegrasikan berbagai komponen seperti antenna bawaan,

switch, RF balun, *power amplifier*, *amplifier* penerima berisik rendah, filter, serta modul manajemen daya (Visayas *et al.*, 2024). Sebagai penerus dari ESP8266 yang populer untuk aplikasi IoT, ESP32 menawarkan CPU yang lebih kuat, konektivitas Wi-Fi yang lebih cepat, jumlah GPIO yang lebih banyak, serta dukungan untuk *Bluetooth Low Energy* (Sanaris & Suharjo, 2020). Gambar mikrokontroler ESP32 dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Mikrokontroler ESP32
Sumber: <https://www.amazon.sa>

2.9 LCD 16C

LDC merupakan salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai media tampilan data berupa angka dan huruf (Komputer & Informasi, 2024). LCD terkenal dengan memiliki konsumsi daya yang rendah serta memerlukan arus dalam skala *mikroampere*, sehingga sangat efisien digunakan pada perangkat *portable* dengan sumber daya terbatas (As'ad *et al.*, 2021). LCD banyak digunakan dalam perangkat elektronik sederhana seperti kalkulator, jam digital, dan alat ukur seperti multimeter karena karakteristiknya yang efisien dalam konsumsi daya serta memiliki ukuran layar yang sesuai (Indriani *et al.*, 2025). Teknologi ini mampu menampilkan informasi secara jelas dan mudah dibaca, sehingga mendukung kenyamanan pengguna dalam berbagai aplikasi (Susanta, 2025).

Salah satu jenis LCD yang banyak di gunakan dalam mikrokontroler adalah LCD 16×2 dengan antar muka I2C (Zidan & Badarudin, 2024) . Modul ini memanfaatkan IC *controller Hitachi* HD44780 dan mendukung komunikasi serial berkecepatan tinggi melalui protokol I2C, sehingga mampu menampilkan hingga 16 karakter dalam dua baris (Fauzi *et al.*, 2024). I2C menawarkan kepraktisan lebih karena hanya memerlukan dua jalur utama, yaitu SDA (data) dan SCL (*clock*), serta suplai daya +5V dan *ground* (Siddiq *et al.*, 2023). Gambar 2.6. menunjukkan Gambar LCD I6C.



Gambar 2.6 LCD I6C 16×2
Sumber: <https://digiwarestore.com>

2.10 Real Time Clock (RTC)

Real Time Clock (RTC) merupakan sebuah perangkat elektronika yang berupa chip yang di gunakan untuk menghitung waktu (dari detik hingga tahun) dengan sangat akurat serta menyimpan data waktu secara *real-time* (Safrilly & Badarudin, 2024). Karena jam beroperasi secara *real-time*, maka setelah data waktu di dapatkan, data tersebut langsung di simpan atau di kirim di perangkat lain melalui sistem antar muka (A. Saputra *et al.*, 2023). *Chip RTC* umumnya di temukan pada *motherboard PC*, hampir semua *PC* memanfaatkan *RTC* untuk menyimpan waktu secara *real-time*, *chip* ini juga dilengkapi oleh baterai yang di gunakan sebagai sumber daya cadangan, sehingga jam tetap berjalan meskipun *PC* dalam keadaan mati (Iqbar & Kartika, 2020). Modul ini biasanya dikendalikan oleh osilator kristal 32.768 kHz dan dapat diintegrasikan langsung ke dalam mikrokontroler, seperti seri

STM32F10x (Rahman & Gultom, 2022). Gambar *RTC* dapat di lihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 LCD I6C 16 × 2
Sumber: <https://ielectroney.com>

2.11 Relay

Relay menurut (Pratika *et al.*, 2021) merupakan komponen elektronik yang berfungsi sebagai saklar yang di kendalikan oleh arus listrik. *Relay* ini di gunakan untuk mengontrol beban arus bolak - balik (AC) melalui rangkaian elektronik arus searah (AC), meskipun keduanya memiliki tegangan yang berbeda. *Relay* dalam sistem elektronika berperan penting sebagai eksekutor sekaligus penghubung antara beban dan sistem kontrol elektronika. Sedangkan menurut (Noviani & Firasanto, 2025) *Relay* merupakan saklar daya untuk mengontrol perangkat beban seperti motor, lampu, pompa, atau alat elektronik lainnya yang memerlukan daya lebih besar daripada yang mampu disuplai langsung oleh pin I/O mikrokontroler. Melalui penggunaan *relay* , sinyal logika bertegangan rendah dari mikrokontroler (seperti 3,3 V atau 5 V) dapat digunakan untuk mengaktifkan rangkaian AC atau DC bertegangan dan arus tinggi, serta tetap menjaga isolasi listrik antara bagian kontrol dan bagian beban (Aryanto & Lestari, 2023).

Relay bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar, sehingga memungkinkan arus listrik kecil (daya rendah) mengendalikan aliran listrik dengan tegangan yang lebih tinggi. Titik kontak pada *relay* terdiri dari dua jenis (Ermanda, 2024), yaitu:

- 4.1 *Normally Close* (NC): Merupakan kondisi awal *relay* sebelum diaktifkan, di mana kontak berada dalam keadaan tertutup (*CLOSE*), sehingga arus dapat mengalir.

4.2 *Normally Open (NO)*: Merupakan kondisi awal *relay* sebelum diaktifkan, di mana kontak berada dalam keadaan terbuka (*OPEN*), sehingga arus belum mengalir.



Gambar 2.8 Relay 5V

Sumber: <https://www.depoke.in>

Gambar 2.8. merupakan *relay* yang umum di gunakan pada sistem berbasis mikrokontroler yaitu *relay* 5V. *Relay* ini menggunakan tegangan 5V DC pada kumparannya untuk mengaktifkan kontak (Rizki *et al.*, 2026). Salah satu keunggulan *relay* 5V adalah kemampuannya untuk bekerja secara kompatibel dengan rangkaian logika digital seperti Arduino, ESP32, dan *Raspberry Pi* (Utama *et al.*, 2022). Selain itu, *relay* ini mampu mengendalikan beban AC maupun DC yang membutuhkan arus lebih tinggi daripada yang dapat disuplai langsung oleh sistem kontrol (Ngani *et al.*, 2023). Karena fleksibilitas dan daya kendalinya, *relay* 5V banyak digunakan dalam aplikasi seperti otomasi rumah, pengendalian motor DC, sistem proteksi, serta rangkaian *switching* berbasis *Internet of Things* (IoT).

2.12 Output

Output pada sistem adalah hasil kerja dari suatu rangkaian atau perintah yang di hasilkan oleh mikrokontroler atau perangkat pengendali lainnya (Ngani *et al.*, 2023). Pada penelitian ini *output* pada *Solar Dome Dryer* (SDD), berperan penting dalam mengatur kondisi ruangan pengeringan agar sesuai dengan kebutuhan proses (Kusmiyati *et al.*, 2021). Secara umum, *output* berupa perangkat yang menerima sinyal dari sistem kontrol untuk kemudian melakukan kondisi tertentu (Ramadhan *et al.*, 2025). Misalnya, ketika sensor suhu dan kelembapan mendeteksi kondisi

ruang yang berbeda pada kondisi normal, maka mikrokontroler maka *output* tertentu, seperti *exhaust* (kipas/blower) untuk mengeluarkan udara atau *heater* untuk pemanas tambahan.

2.13 Exhaust

Exhaust atau kipas adalah perangkat yang di gunakan untuk membuang udara dari dalam ruangan dan menggantinya dengan udara yang baru dari luar (Ramadhan *et al.*, 2025). Dalam sistem *exhaust* otomatis, pengendalian kipas dilakukan oleh mikrokontroler ESP32 yang merespons data dari sensor DHT22 (Erwanto *et al.*, 2025). Mikrokontroler ini menghasilkan sinyal kontrol untuk mengatur kecepatan putaran kipas sesuai dengan kondisi lingkungan (Syafriza *et al.*, 2024). Ketika suhu atau kelembapan ruangan melebihi ambang batas yang telah ditentukan, sistem akan meningkatkan kecepatan *exhaust* guna mempercepat sirkulasi udara dan menurunkan tingkat suhu serta kelembapan di dalam ruangan (Irfani *et al.*, 2025). Gambar 2.9. menunjukkan *exhaust*.



Gambar 2.9 Exhaust

Sumber: <https://lingolandedu.com>

2.14 Fan Heater

Fan heater adalah perangkat pemanas listrik tambahan yang digunakan untuk menaikkan temperatur udara pada ruang pengering sehingga proses penguapan air dari bahan dapat berlangsung lebih cepat, stabil, dan efisien (Borrong *et al.*, 2024). Pemanas bekerja dengan mengubah energi listrik menjadi energi panas yang kemudian disalurkan ke ruang pengering untuk meningkatkan suhu dalam ruang pengering (Pasoloran *et al.*, 2025). *Fan heater* berfungsi membantu sumber panas

utama agar suhu udara pengering mencapai kondisi optimal untuk menjaga kualitas hasil panen (D. A. P. Agustin *et al.*, 2025). *Fan heater* dapat di lihat pada Gambar 2.10. berikut ini.



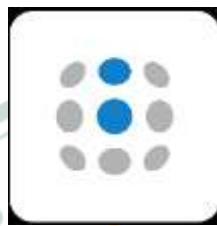
Gambar 2.10 *Fan heater*

Fan Heater pada Gambar 2.10 yang digunakan dalam sistem *Solar Dome Dryer* (SDD) adalah pemanas kipas PTC Portabel dengan konsumsi daya lebih efisien, dalam kisaran 400–500 Watt. Tidak seperti pemanas ruangan besar, perangkat ini dirancang khusus untuk memberikan pemanasan terarah ke area tertentu pada ruang berskala kecil dengan kebutuhan energi rendah. Elemen *Positive Temperature Coefficient* (PTC) pada pemanas ini mampu menghasilkan panas dengan cepat dan mempertahankan suhu yang stabil. Dengan spesifikasi ini, pemanas ini dapat membantu meningkatkan suhu di dalam kubah kecil atau digunakan sebagai pemanas tambahan di titik-titik tertentu untuk meningkatkan aliran udara panas di dalam sistem.

2.15 Ubidots

Ubidots merupakan *platform cloud* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dirancang untuk menghubungkan perangkat keras seperti mikrokontroler dengan sistem penyimpanan dan visualisasi data secara online (Cahyono & Silaban, 2024). Melalui layanan ini, data yang dikirimkan oleh sensor dapat disimpan secara *real-time* di *cloud* dan ditampilkan dalam bentuk grafik, tabel, atau indikator digital yang mudah dipahami (Setiabudi *et al.*, 2024). Ubidots menawarkan antarmuka yang intuitif dan mudah digunakan, sehingga mendukung integrasi berbagai jenis

mikrokontroler seperti ESP32, NodeMCU, dan Arduino (Tamsir *et al.*, 2023). Selain menampilkan data sensor, *platform* ini juga memungkinkan pengguna untuk melakukan pemantauan jarak jauh serta mengontrol perangkat yang terhubung. Berkat fitur-fitur tersebut, Ubidots menjadi pilihan praktis dalam kegiatan penelitian maupun implementasi sistem nyata, karena mendukung monitoring yang fleksibel, efisien, dan dapat diakses melalui komputer maupun perangkat *mobile* (Sutikno *et al.*, 2024). Logo Ubidots dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Logo Ubidots

