Cylinder: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin
Volume 11, Nomor 02, Oktober 2026
ISSN 2252-925X (Online)

Rancang Bangun Alat Pemanas dan Pengering Gabah Sistem FlatBed Dryer Kapasitas 2 Ton Berbasis Internet of Things (IoT)

Muhamad Sofian Rino Dwi Alirianto Devit
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya
E-mail: sofian.12024006196@student.atmajaya.ac.id

ABSTRAK

Proses pengeringan gabah merupakan tahapan penting dalam penanganan pascapanen yang berpengaruh terhadap kualitas beras dan daya simpan gabah. Metode pengeringan konvensional yang masih mengandalkan sinar matahari memiliki berbagai keterbatasan, seperti ketergantungan pada kondisi cuaca, waktu pengeringan yang relatif lama, serta tingkat kekeringan yang tidak merata. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun alat pengering gabah sistem *flatbed dryer* berkapasitas 2 ton berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk meningkatkan efektivitas proses pengeringan melalui sistem monitoring dan pengendalian secara *real-time*. Metode penelitian meliputi tahap perancangan mekanik dan elektronik, integrasi mikrokontroler ESP32 dengan sensor suhu dan kelembapan, pengembangan sistem monitoring berbasis *cloud*, serta pengujian kinerja alat berdasarkan parameter suhu ruang pengering, kelembapan, waktu pengeringan, konsumsi energi, dan kadar air gabah. Sistem dirancang mampu mengendalikan burner dan blower secara otomatis sehingga suhu pengeringan dipertahankan pada kisaran 40–60°C. Berdasarkan hasil perancangan dan simulasi pengujian, sistem diharapkan mampu menghasilkan distribusi suhu yang lebih merata, mempercepat penurunan kadar air gabah hingga mencapai standar penyimpanan sekitar 14% (basis basah), meningkatkan efisiensi penggunaan energi, serta memungkinkan pemantauan kondisi alat secara jarak jauh melalui perangkat bergerak. Penerapan teknologi IoT pada sistem bed dryer berkapasitas 2 ton diharapkan menjadi solusi yang lebih efektif, efisien, dan adaptif dalam mendukung modernisasi teknologi pascapanen serta meningkatkan kualitas dan nilai ekonomi gabah.

Kata kunci : bed dryer, gabah, Internet of Things, ESP32, pengeringan, monitoring real-time.

ABSTRACT

Grain drying is a crucial post-harvest process that significantly affects rice quality, storage stability, and market value. Conventional sun-drying methods are still widely practiced; however, they are highly dependent on weather conditions, require long drying periods, and often result in uneven moisture distribution. This study aims to design and develop a 2-ton capacity bed dryer integrated with Internet of Things (IoT) technology to improve drying efficiency through real-time monitoring and automatic control. The research methodology includes mechanical and electronic system design, integration of an ESP32 microcontroller with temperature and humidity sensors, development of a cloud-based monitoring platform, and performance evaluation based on drying chamber temperature, relative humidity, drying time, energy consumption, and final grain moisture content. The proposed system automatically regulates the burner and blower to maintain the drying temperature within the optimal range of 40–60°C, ensuring uniform heat distribution throughout the drying chamber. Based on the system design and preliminary performance evaluation, the proposed dryer is expected to achieve a more uniform drying process, reduce grain moisture content to the recommended storage level of approximately 14% wet basis, improve energy efficiency, and enable remote monitoring through mobile devices. The implementation of IoT technology in a 2-ton bed dryer is expected to provide an effective, efficient, and intelligent post-harvest solution that supports the modernization of grain drying systems while improving grain quality, operational efficiency, and productivity in the agricultural sector.

Keywords **:** *bed dryer, grain drying, Internet of Things (IoT), ESP32, real-time monitoring, post-harvest technology.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara agraris dengan komoditas padi sebagai sumber pangan utama masyarakat. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi gabah kering giling (GKG) nasional masih berada pada kisaran puluhan juta ton setiap tahun sehingga penanganan pascapanen menjadi faktor penting dalam menjaga kualitas dan kuantitas hasil produksi [1]. Salah satu tahapan kritis dalam penanganan pascapanen adalah proses pengeringan gabah. Pengeringan bertujuan menurunkan kadar air gabah dari sekitar 20–30% setelah panen menjadi sekitar 14% (basis basah) agar aman disimpan, digiling, dan dipasarkan [2]. Kegagalan dalam proses pengeringan dapat menyebabkan pertumbuhan jamur, peningkatan respirasi biji, penurunan mutu beras, serta kerugian ekonomi bagi petani dan pelaku usaha penggilingan.

Di Indonesia, proses pengeringan gabah masih didominasi metode penjemuran menggunakan sinar matahari karena biaya operasionalnya rendah dan mudah dilakukan. Namun, metode tersebut memiliki berbagai keterbatasan, antara lain sangat bergantung pada kondisi cuaca, memerlukan area penjemuran yang luas, membutuhkan waktu relatif lama, serta menghasilkan distribusi kadar air yang kurang merata [3]. Pada musim hujan, proses pengeringan sering mengalami keterlambatan sehingga kualitas gabah menurun akibat tingginya kadar air dan meningkatnya risiko kontaminasi mikroorganisme. Oleh karena itu, penggunaan mesin pengering (mechanical dryer) menjadi alternatif yang lebih efektif karena mampu menghasilkan proses pengeringan yang lebih cepat, terkendali, dan tidak dipengaruhi oleh kondisi lingkungan.

Salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam pengeringan gabah adalah bed dryer, yaitu sistem pengering yang mengalirkan udara panas melalui lapisan gabah sehingga distribusi panas menjadi lebih merata dibandingkan metode konvensional [4]. Sistem ini mampu mempertahankan kualitas fisik gabah, mempercepat penurunan kadar air, dan meningkatkan efisiensi proses pengeringan. Penelitian Andriyono et al. [5] berhasil merancang alat pengering biji-bijian sistem bed dryer dengan tungku pemanas tidak langsung berkapasitas dua ton yang menunjukkan performa pengeringan yang baik. Namun, sistem tersebut masih memerlukan pengawasan operator secara langsung untuk mengendalikan suhu dan kondisi ruang pengering.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memberikan peluang untuk meningkatkan kinerja mesin pengering melalui sistem monitoring dan pengendalian secara real-time. Teknologi IoT memungkinkan sensor suhu, kelembapan, dan parameter lainnya terhubung dengan jaringan internet sehingga data dapat dipantau dari jarak jauh menggunakan komputer maupun telepon pintar [6]. Selain itu, integrasi mikrokontroler seperti ESP32 memungkinkan pengoperasian burner, blower, dan aktuator lainnya dilakukan secara otomatis berdasarkan data sensor sehingga suhu ruang pengering dapat dipertahankan pada kondisi optimum. Penelitian Rais et al. [7] mengembangkan prototipe oven pengering gabah berbasis IoT yang mampu melakukan pemantauan suhu dan kelembapan secara daring, sedangkan Ariska [8] merancang smart dryer gabah berbasis Internet of Things dengan sistem monitoring yang mempermudah proses pengawasan. Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut masih dilakukan pada skala laboratorium atau kapasitas kecil sehingga implementasinya pada kapasitas yang lebih besar masih terbatas.

Berdasarkan penelitian terdahulu, pengembangan teknologi pengering gabah telah dilakukan melalui penerapan sistem *bed dryer*, penggunaan tungku pemanas tidak langsung, serta integrasi Internet of Things (IoT) untuk pemantauan suhu dan kelembapan. Andriyono et al. [3] mengembangkan alat pengering biji-bijian

tipe *bed dryer* dengan tungku pemanas tidak langsung berkapasitas dua ton, sedangkan Rais et al. [4] mengembangkan prototipe oven pengering gabah berbasis IoT. Ariska [5] juga mengembangkan prototipe *smart dryer* gabah berbasis IoT. Penelitian tersebut menjadi landasan dalam pengembangan sistem pengering gabah yang lebih terintegrasi.

Perbedaan penelitian ini terletak pada pengembangan sistem pengering gabah tipe *flatbed dryer* berkapasitas nominal dua ton dengan integrasi Programmable Logic Controller (PLC) sebagai pengendali aktuator dan ESP32 sebagai perangkat komunikasi data untuk pemantauan berbasis IoT. Sistem dirancang untuk mengintegrasikan fungsi mekanik, pengendalian, dan pemantauan dalam satu perangkat. Meskipun demikian, kontribusi tersebut perlu dievaluasi berdasarkan hasil pengujian aktual, terutama kestabilan pengendalian suhu, kemampuan pemantauan jarak jauh, kinerja pengaduk, perubahan kadar air gabah, serta konsumsi energi. [9],[10].

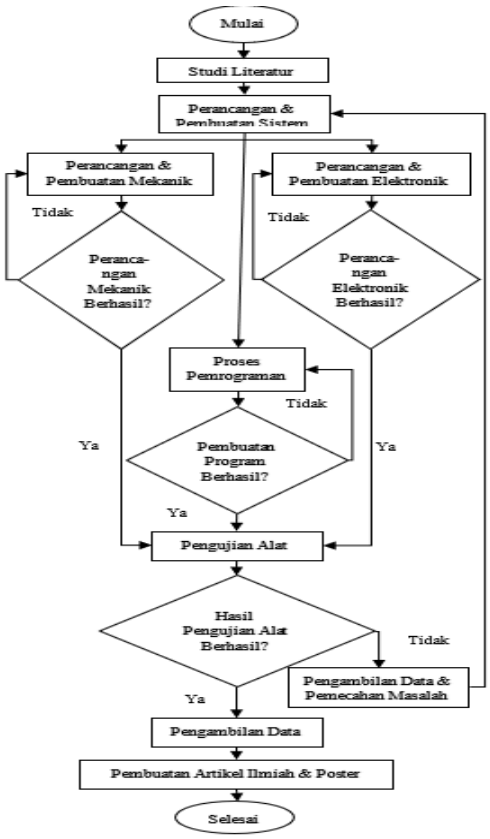
Dengan demikian, kontribusi penelitian ini diarahkan pada implementasi dan evaluasi integrasi sistem mekanik, kendali PLC, dan komunikasi IoT pada pengering gabah tipe *flatbed dryer* berkapasitas dua ton. Evaluasi kinerja tidak hanya didasarkan pada kemampuan pembacaan sensor, tetapi juga perlu mempertimbangkan keberhasilan penurunan kadar air gabah dan penggunaan energi selama proses pengeringan. Hasil evaluasi tersebut diharapkan dapat memberikan dasar teknis untuk pengembangan sistem pengering gabah yang lebih terukur dan terkendali.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Perancangan Sistem Pengering Gabah

Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem alat pengering gabah berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan mengintegrasikan *Programmable Logic Controller* (PLC) sebagai pengendali utama dan **ESP32** sebagai modul komunikasi data. Perancangan sistem disajikan dalam bentuk *flowchart* penelitian dan *block diagram* sistem. *Flowchart* menggambarkan tahapan penelitian mulai dari *literature review*, perancangan, fabrikasi, integrasi perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian, hingga analisis hasil. Sementara itu, *block diagram* menunjukkan hubungan antar komponen utama, meliputi sensor suhu dan kelembapan (DHT22), PLC, ESP32, blower, burner, motor pengaduk, dan aplikasi monitoring berbasis IoT. Integrasi PLC dan ESP32 memungkinkan sistem melakukan pengendalian proses pengeringan secara otomatis serta mengirimkan data suhu dan kelembapan secara *real-time* ke aplikasi monitoring sehingga kondisi alat dapat dipantau dari jarak jauh.

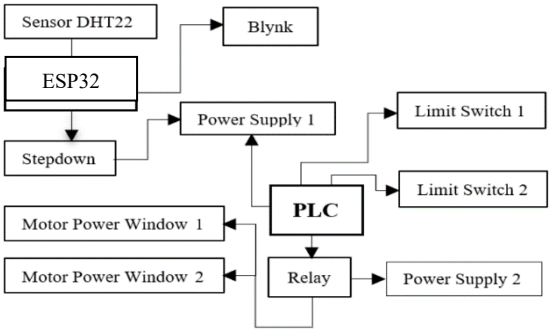
Pada metode ini merupakan diagram alir dan diagram blok sistem rancang alat pengering gabah menggunakan PLC dan ESP32 :



Gambar 1. Diagram alir

Pada Gambar 1 ditampilkan *flowchart* proses rancang bangun alat pengering gabah berbasis *Internet of Things* (IoT). Tahapan penelitian diawali dengan *literature review*

untuk memperoleh referensi yang berkaitan dengan teknologi pengering gabah, sistem *bed dryer*, serta penerapan IoT sebagai dasar dalam perancangan alat. Selanjutnya dilakukan proses perancangan dan pembuatan sistem yang mencakup tiga tahapan utama. Tahap pertama adalah *mechanical design*, yaitu merancang alat pengering gabah menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Tahap kedua adalah *control system design*, yang meliputi penyusunan program menggunakan *Arduino IDE* untuk mikrokontroler ESP32 serta *GX Works2* untuk pengendalian *Programmable Logic Controller* (PLC) apabila digunakan dalam sistem. Tahap ketiga adalah *electronic system design and assembly*, yang meliputi pemasangan sensor, aktuator, modul komunikasi, dan komponen pendukung lainnya. Setelah seluruh sistem selesai dirakit dan program berjalan sesuai dengan fungsi yang telah dirancang, dilakukan *performance testing* untuk memastikan seluruh komponen bekerja dengan baik. Data hasil pengujian kemudian dikumpulkan dan dianalisis sebagai dasar dalam mengevaluasi kinerja sistem. Tahap akhir penelitian adalah penyusunan artikel ilmiah berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang diperoleh.



Gambar 2. Diagram blok

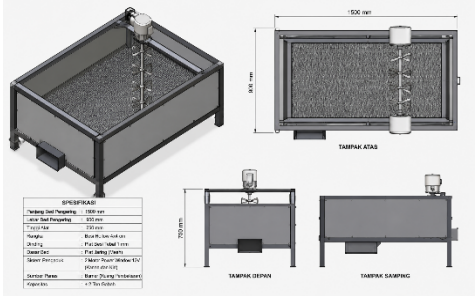
Berdasarkan *block diagram* pada Gambar 2, sistem diawali dengan sensor DHT22 yang berfungsi mendeteksi suhu dan kelembapan di dalam ruang pengering gabah. Data hasil pembacaan sensor dikirimkan ke ESP32 untuk diproses, kemudian diteruskan melalui jaringan *Internet of Things* (IoT) ke platform Blynk sehingga kondisi suhu dan kelembapan dapat dipantau secara *real-time* menggunakan *smartphone* atau komputer.

Catu daya (*power supply*) digunakan untuk menyuplai kebutuhan listrik seluruh komponen sistem. Tegangan dari *power supply* diturunkan menggunakan modul *step-down* agar sesuai dengan kebutuhan kerja ESP32, sedangkan PLC memperoleh suplai daya secara langsung dari *power supply* sesuai spesifikasi operasinya. Pada sistem kendali, limit switch dipasang sebagai sensor batas (*limit sensor*) untuk mendeteksi posisi akhir pergerakan aktuator sekaligus memberikan sinyal masukan kepada PLC.

Selanjutnya, PLC memproses sinyal dari *limit switch* dan mengendalikan `modul *relay* untuk mengaktifkan atau menonaktifkan aktuator sesuai logika program yang telah dirancang. *Relay* berfungsi menghubungkan sumber daya dari *power supply* ke motor *power window* sehingga motor dapat bergerak membuka atau menutup saluran udara pada ruang pengering. Motor *power window* 1 berputar searah jarum jam (*clockwise*), sedangkan motor *power window* 2 berputar berlawanan arah jarum jam (*counterclockwise*), sehingga mekanisme buka-tutup saluran udara dapat bekerja secara sinkron sesuai kondisi suhu dan kelembapan yang terdeteksi

2.2 Tempat dan Waktu Penelitian

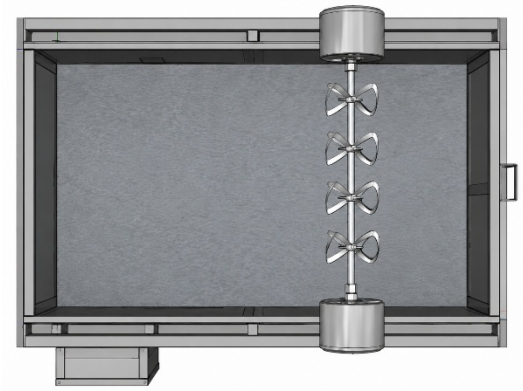
Tahap perancangan awal dilakukan menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* untuk menghasilkan desain mekanik dan sistem kontrol alat pengering gabah berbasis *Internet of Things* (IoT). Perancangan meliputi desain rangka, ruang pengering tipe *bed dryer*, sistem pemanas, saluran distribusi udara, serta penempatan komponen elektronik.



Gambar 3. desain awal

Desain mekanik alat ditunjukkan pada Gambar 3. Rangka dibuat menggunakan besi *hollow*, sedangkan ruang pengering menggunakan plat baja dan *perforated plate* sebagai media penyangga gabah agar aliran udara panas dapat terdistribusi secara merata. Sistem pengaduk yang ditunjukkan pada Gambar 4 digerakkan oleh dua motor *Motor induksi AC 3 fasa 1–2 HP* yang dikendalikan PLC melalui modul *relay* untuk meningkatkan keseragaman proses pengeringan.

Sistem kontrol mengintegrasikan PLC sebagai pengendali utama aktuator dan *ESP32* sebagai modul komunikasi IoT. Data suhu dan kelembapan dari sensor diproses oleh ESP32 dan dikirim ke platform *cloud* sehingga kondisi ruang pengering dapat dipantau secara *real-time* melalui komputer atau *smartphone*.



Gambar 4. sistem pengaduk

2.3 Prosedur Pengujian Kinerja Alat

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem pemanas dan pengering gabah tipe flatbed dryer berkapasitas nominal dua ton yang dilengkapi sistem kendali PLC dan monitoring berbasis IoT menggunakan ESP32. Parameter pengujian meliputi suhu ruang pengering, kelembapan relatif udara, kadar air gabah, waktu pengeringan, kinerja motor pengaduk, serta konsumsi energi selama proses pengeringan.

Sebelum pengujian, gabah yang digunakan diidentifikasi berdasarkan varietas, massa, dan kadar air awal. Pengukuran kadar air awal dilakukan menggunakan alat ukur kadar air gabah yang sesuai. Jenis bahan bakar yang digunakan, jumlah bahan bakar awal, kondisi lingkungan, serta kondisi operasi blower dan sistem pemanas dicatat sebagai bagian dari pengaturan eksperimen.

Selama pengujian, suhu dan kelembapan relatif udara diukur menggunakan sensor yang telah dipasang pada sistem. Data hasil pembacaan dicatat secara berkala dan dikirimkan melalui ESP32 ke platform monitoring IoT. Pengujian motor pengaduk dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem penggerak dalam beroperasi pada kondisi pembebanan yang ditentukan.

Pengukuran kadar air gabah dilakukan sebelum proses pengeringan, pada interval waktu selama proses berlangsung, dan setelah proses pengeringan selesai. Pengukuran tersebut diperlukan untuk mengetahui perubahan kadar air gabah secara langsung. Selain itu, konsumsi bahan bakar dan energi listrik dicatat selama pengujian sebagai dasar evaluasi penggunaan energi.

Seluruh hasil pengukuran kemudian dianalisis untuk mengevaluasi kestabilan suhu, perubahan kelembapan udara, laju penurunan kadar air gabah, durasi pengeringan, kinerja motor pengaduk, dan konsumsi energi. Pengujian dilakukan dengan mencatat kondisi operasi aktual agar hasil penelitian dapat ditelusuri dan direplikasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Rancang Bangun Alat

Hasil penelitian berupa alat pemanas dan pengering gabah tipe *flatbed dryer* dengan kapasitas nominal 2 ton yang dilengkapi sistem kendali berbasis Programmable Logic Controller (PLC) dan teknologi Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32. Komponen utama alat meliputi rangka, ruang pengering, sistem pemanas, blower, mekanisme pengaduk, sensor suhu dan kelembapan, serta sistem monitoring.

Rangka utama dibuat menggunakan besi *hollow*, sedangkan ruang pengering menggunakan pelat baja dengan *perforated plate* sebagai alas penyangga gabah.

Konfigurasi tersebut dirancang untuk memungkinkan aliran udara panas melewati lapisan gabah selama proses pengeringan. Sistem pemanas berfungsi menghasilkan udara panas, sedangkan blower membantu mengalirkan udara tersebut ke dalam ruang pengering.

Sistem kontrol mengintegrasikan PLC sebagai pengendali aktuator dan ESP32 sebagai perangkat komunikasi data untuk monitoring berbasis IoT. Data suhu dan kelembapan udara yang dibaca oleh sensor dikirimkan ke platform Blynk sehingga kondisi ruang pengering dapat dipantau melalui smartphone atau komputer. Integrasi tersebut mendukung pemantauan kondisi operasi tanpa mengharuskan operator selalu berada di dekat alat.

Meskipun demikian, keberhasilan perancangan dan fabrikasi belum secara langsung membuktikan peningkatan efisiensi pengeringan. Evaluasi kinerja alat perlu didasarkan pada hasil pengukuran perubahan kadar air gabah, waktu pengeringan, keseragaman hasil pengeringan, dan konsumsi energi. Parameter tersebut diperlukan untuk menilai kinerja pengering secara menyeluruh, tidak hanya berdasarkan keberhasilan integrasi sistem mekanik dan elektronik.

Gambar 5 menunjukkan hasil fabrikasi alat pengering gabah. Rangka dibuat menggunakan besi hollow, sedangkan ruang pengering menggunakan plat baja sebagai dinding dan perforated plate sebagai alas penyangga gabah. Sistem ini dirancang agar udara panas dari ruang pembakaran dapat terdistribusi secara merata ke seluruh bagian ruang pengering.



Gambar 5. Hasil Rancang Bangun Alat Pengering Gabah.

3.2. Kondisi dan Pengaturan Eksperimen

Pengujian kinerja alat pengering perlu dilakukan dengan kondisi awal gabah dan parameter operasi yang teridentifikasi. Informasi tersebut diperlukan agar hasil pengujian dapat direplikasi dan dibandingkan dengan penelitian terdahulu.

Tabel 1. Parameter dan Kondisi Pengujian Alat Pengering Gabah

No.	Parameter	Keterangan
1	Jenis alat	*Flatbed dryer*
2	Kapasitas nominal	2.000 kg gabah
3	Jenis gabah	Varietas aktual yang digunakan perlu dicatat
4	Massa gabah pengujian	Dicatat berdasarkan hasil penimbangan
5	Kadar air awal gabah	Diukur sebelum pengeringan
6	Target kadar air akhir	Sekitar 14% basis basah sebagai target pengujian
7	Sistem pemanas	Burner atau tungku pemanas sesuai konfigurasi aktual
8	Jenis bahan bakar	Dicatat sesuai bahan bakar yang benar-benar digunakan
9	Sensor suhu dan kelembapan	DHT22
10	Pengendali utama	PLC
11	Perangkat komunikasi IoT	ESP32
12	Platform monitoring	Blynk
13	Parameter operasi	Suhu, kelembapan relatif, waktu, kadar air gabah, dan konsumsi energi
14	Kondisi lingkungan	Suhu dan kelembapan udara sekitar saat pengujian

Tabel 1 menunjukkan parameter yang perlu dikendalikan atau dicatat dalam pengujian. Kapasitas nominal alat sebesar 2 ton tidak selalu menunjukkan bahwa setiap pengujian menggunakan gabah sebanyak 2.000 kg. Oleh karena itu, massa gabah aktual perlu dicatat berdasarkan hasil penimbangan.

Kadar air awal gabah merupakan parameter penting karena menentukan jumlah air yang harus diuapkan untuk mencapai kadar air akhir yang ditargetkan. Jenis gabah, kondisi awal bahan, ketebalan lapisan gabah, distribusi udara panas, dan kondisi lingkungan juga dapat memengaruhi hasil pengeringan.

Jenis bahan bakar perlu dicatat karena berkaitan dengan energi masukan dan biaya operasional. Apabila sistem menggunakan pembakaran sekam padi, jumlah sekam yang digunakan perlu ditimbang sebelum dan sesudah pengujian. Jika menggunakan bahan bakar lain, jenis dan jumlah aktualnya harus dilaporkan. Informasi tersebut diperlukan untuk mengevaluasi konsumsi energi dan efisiensi proses pengeringan.

3.3. Pengujian Suhu dan Kelembapan Udara

Pengujian sensor dilakukan untuk mengetahui perubahan kondisi udara di dalam ruang pengering selama sistem pemanas beroperasi. Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan relatif udara. Hasil pengujian yang tersedia disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter dan Kondisi Pengujian Alat Pengering Gabah

No.	Parameter	Keterangan
1	Jenis alat	*Flatbed dryer*
2	Kapasitas nominal	2.000 kg gabah
3	Jenis gabah	Varietas aktual yang digunakan perlu dicatat
4	Massa gabah pengujian	Dicatat berdasarkan hasil penimbangan
5	Kadar air awal gabah	Diukur sebelum pengeringan
6	Target kadar air akhir	Sekitar 14% basis basah sebagai target pengujian
7	Sistem pemanas	Burner atau tungku pemanas sesuai konfigurasi aktual
8	Jenis bahan bakar	Dicatat sesuai bahan bakar yang benar-benar digunakan
9	Sensor suhu dan kelembapan	DHT22
10	Pengendali utama	PLC
11	Perangkat komunikasi IoT	ESP32
12	Platform monitoring	Blynk
13	Parameter operasi	Suhu, kelembapan relatif, waktu, kadar air gabah, dan konsumsi energi
14	Kondisi lingkungan	Suhu dan kelembapan udara sekitar saat pengujian

Tabel 2 menunjukkan parameter yang perlu dikendalikan atau dicatat dalam pengujian. Kapasitas nominal alat sebesar 2 ton tidak selalu menunjukkan bahwa setiap pengujian menggunakan gabah sebanyak 2.000 kg. Oleh karena itu, massa gabah aktual perlu dicatat berdasarkan hasil penimbangan.

Kadar air awal gabah merupakan parameter penting karena menentukan jumlah air yang harus diuapkan untuk mencapai kadar air akhir yang ditargetkan. Jenis gabah, kondisi awal bahan, ketebalan lapisan gabah, distribusi udara panas, dan kondisi lingkungan juga dapat memengaruhi hasil pengeringan.

Jenis bahan bakar perlu dicatat karena berkaitan dengan energi masukan dan biaya operasional. Apabila sistem menggunakan pembakaran sekam padi, jumlah sekam yang digunakan perlu ditimbang sebelum dan sesudah pengujian. Jika menggunakan bahan bakar lain, jenis dan jumlah aktualnya harus dilaporkan. Informasi tersebut diperlukan untuk mengevaluasi konsumsi energi dan efisiensi proses pengeringan.

3.3 Pengujian Suhu dan Kelembapan Udara

Pengujian sensor dilakukan untuk mengetahui perubahan kondisi udara di dalam ruang pengering selama sistem pemanas beroperasi. Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan relatif udara. Hasil pengujian yang tersedia disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Suhu dan Kelembapan

No.	Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan relatif (%RH)
1	Awal	26	99
2	15 menit	32	99
3	45 menit	38	72
4	60 menit	33	61
5	90 menit	46	45
6	120 menit	51	34

Sumber: Data pengujian dalam naskah penelitian

Berdasarkan Tabel 3, suhu udara meningkat dari 26°C pada awal pengujian menjadi 51°C setelah 120 menit. Pada periode yang sama, kelembapan relatif udara menurun dari 99% RH menjadi 34% RH. Perubahan tersebut menunjukkan bahwa

kondisi termal dan kelembapan udara mengalami perubahan selama pengoperasian sistem pemanas.

Pada menit ke-60, suhu tercatat sebesar 33°C, lebih rendah daripada suhu pada menit ke-45 sebesar 38°C. Fluktuasi ini menunjukkan bahwa suhu tidak meningkat secara monoton. Penyebabnya belum dapat dipastikan tanpa data tambahan mengenai operasi burner, blower, dan kondisi lingkungan selama pengujian.

Penurunan kelembapan relatif udara seiring dengan peningkatan suhu dapat menunjukkan perubahan kondisi udara di ruang pengering. Akan tetapi, kelembapan relatif udara bukan merupakan ukuran langsung kadar air gabah. Oleh karena itu, data tersebut belum dapat digunakan untuk memastikan bahwa gabah telah mencapai kadar air akhir sebesar 14%.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa suhu dan kelembapan relatif udara dapat dipantau selama proses berlangsung. Untuk mengevaluasi akurasi sensor, diperlukan pembandingan dengan alat ukur referensi yang terkalibrasi. Sementara itu, evaluasi keberhasilan pengeringan memerlukan pengukuran kadar air gabah secara langsung.

3.4 Pengujian Perubahan Kadar Air Gabah

Kadar air gabah merupakan salah satu indikator utama keberhasilan proses pengeringan. Pengukuran kadar air dilakukan untuk mengetahui jumlah air yang dikeluarkan dari gabah selama proses berlangsung. Pengukuran idealnya dilakukan sebelum pengeringan, pada interval waktu tertentu, dan setelah pengeringan selesai.

Dalam naskah yang tersedia, data kadar air gabah awal dan akhir belum disajikan. Oleh karena itu, pencapaian kadar air akhir belum dapat dibuktikan melalui hasil pengukuran aktual. Untuk menjelaskan metode evaluasi, digunakan contoh perhitungan berdasarkan massa gabah 2.000 kg, kadar air awal 22% basis basah, dan target kadar air akhir 14% basis basah. Angka ini merupakan skenario perhitungan yang harus diganti atau dikonfirmasi menggunakan hasil eksperimen sebenarnya.

Tabel 4. Perhitungan Perubahan Kadar Air Gabah

Parameter	Nilai contoh
Massa gabah awal	2.000 kg
Kadar air awal	22% basis basah
Target kadar air akhir	14% basis basah
Massa bahan kering	1.560 kg
Massa gabah pada kadar air akhir	1.813,95 kg
Perkiraan massa air yang diuapkan	186,05 kg

Perhitungan tersebut mengasumsikan massa bahan kering tetap dan tidak terjadi kehilangan padatan selama proses. Nilai 186,05 kg bukan hasil pengukuran aktual, melainkan estimasi berdasarkan kondisi awal dan target kadar air yang diasumsikan.

Untuk mengetahui kinerja pengering yang sebenarnya, kadar air gabah harus diukur menggunakan alat ukur kadar air gabah yang sesuai. Hasil pengukuran tersebut kemudian digunakan untuk menentukan penurunan kadar air dan laju pengeringan. Pengambilan sampel dari beberapa posisi ruang pengering juga dapat digunakan untuk mengevaluasi keseragaman kadar air setelah proses pengeringan.

3.5 Pengujian Fungsi Sensor

Sistem monitoring menggunakan DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan relatif udara, sedangkan ESP32 berfungsi mengirimkan data sensor ke platform Blynk. PLC digunakan untuk menjalankan logika pengendalian aktuator sesuai dengan program yang diterapkan.

Fungsi sensor perlu dibedakan berdasarkan parameter yang diukur. DHT22 digunakan untuk memantau kondisi udara, sedangkan pengukuran kadar air gabah memerlukan instrumen yang sesuai untuk bahan biji-bijian. Sensor soil moisture yang disebutkan pada bagian hasil perlu dijelaskan secara terpisah apabila benar-benar digunakan dalam eksperimen.

Sensor soil moisture umumnya dirancang untuk mendeteksi kondisi kelembapan media tanah. Oleh karena itu, penggunaannya untuk mengukur kadar air gabah memerlukan metode kalibrasi dan validasi terhadap alat ukur kadar air gabah. Tanpa validasi tersebut, hasil pembacaan sensor

tidak dapat langsung dinyatakan sebagai kadar air gabah dalam persen.

Tabel 5. Fungsi dan Parameter Pengukuran Sensor

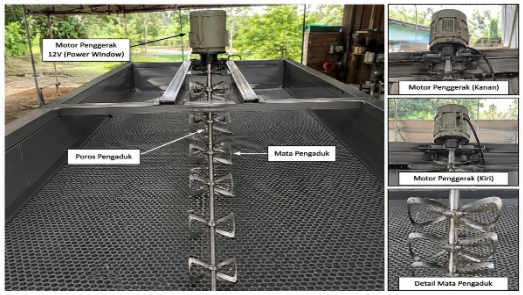
Perangkat	Parameter atau fungsi	Keterangan
DHT22	Suhu udara dan kelembapan relatif	Sensor utama untuk monitoring kondisi ruang pengering
Sensor *soil moisture*	Respons kelembapan media	Penggunaan pada gabah harus divalidasi
Alat ukur kadar air gabah	Kadar air gabah (%)	Diperlukan untuk evaluasi hasil pengeringan
ESP32	Komunikasi data	Mengirimkan data sensor ke platform IoT
PLC	Pengendalian aktuator	Menjalankan logika kontrol berdasarkan konfigurasi sistem

Berdasarkan fungsi tersebut, DHT22 dapat digunakan untuk memantau kondisi udara di dalam ruang pengering, tetapi tidak dapat menggantikan pengukuran kadar air gabah. Penambahan instrumen pengukur kadar air gabah akan memungkinkan proses pengeringan dievaluasi berdasarkan parameter yang secara langsung menunjukkan perubahan kandungan air bahan.

3.6 Sistem Pengaduk Gabah

Sistem pengaduk yang ditunjukkan pada **Gambar 6** menggunakan dua buah motor *Motor induksi AC 3 fasa 1–2 HP* sebagai penggerak poros pengaduk. Motor dikendalikan oleh PLC melalui modul *relay* sehingga mampu beroperasi secara otomatis sesuai logika kontrol yang telah diprogram.

Penggunaan sistem pengaduk bertujuan untuk meningkatkan keseragaman distribusi udara panas selama proses pengeringan sehingga kadar air gabah dapat berkurang secara lebih merata.



Gambar 6. Sistem Pengaduk Gabah

Pada Gambar 6. Alat ini juga menggunakan motor power window kanan dan kiri masing-masing 12 V sebagai sistem pengaduk.



Gambar 7. Plat jaring dan Sensor DHT22

Alat ini juga menggunakan plat jaring sebagai pembatas masuknya udara panas dapat dilihat pada Gambar 7. Bahwa sensor yang digunakan yaitu sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban. Pengujian pada penelitian ini dilakukan sebanyak dua kali yaitu menggunakan sensor soil moisture dan menggunakan sensor DHT22. Hasil pengujian sensor soil moisture dapat dilihat pada Tabel 1 dan hasil pengujian sensor DHT22 dapat dilihat pada Tabel 2.

3.7 Pengujian Sensor Soil Moisture

Tabel 6. Hasil Percobaan Menggunakan Sensor Soil Moisture

No	Waktu	Suhu	Kelembapan
1	Awal	26˚C	99%
2	15 Menit	32˚C	99%
3	45 Menit	38˚C	72%
4	60 Menit	33˚C	61%
5	90 Menit	46˚C	45%
6	120 Menit	51˚C	34%

Berdasarkan Tabel 6, suhu udara meningkat dari 26°C pada awal pengujian menjadi 51°C setelah 120 menit. Sementara itu, kelembapan relatif udara menurun dari 99% RH menjadi 34% RH. Perubahan tersebut menunjukkan bahwa kondisi termal dan kelembapan udara di dalam ruang pengering berubah selama pengujian berlangsung.

Pada menit ke-60, suhu tercatat sebesar 33°C setelah sebelumnya mencapai 38°C pada menit ke-45. Fluktuasi tersebut menunjukkan bahwa suhu tidak meningkat secara monoton selama pengujian. Kondisi

ini dapat berkaitan dengan perubahan operasi sistem pemanas, sirkulasi udara, atau kondisi pengukuran. Namun, penyebab pastinya belum dapat ditentukan karena catatan operasi burner, blower, dan kondisi lingkungan selama pengujian belum disajikan secara terperinci.

Penurunan kelembapan relatif udara seiring dengan peningkatan suhu menunjukkan perubahan kondisi udara di ruang pengering. Akan tetapi, kelembapan relatif udara merupakan parameter yang berbeda dari kadar air gabah. Oleh karena itu, penurunan kelembapan udara tidak dapat digunakan sebagai bukti langsung bahwa kadar air gabah telah mencapai standar penyimpanan.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sensor menghasilkan pembacaan suhu dan kelembapan pada berbagai waktu pengujian. Namun, kestabilan dan akurasi sensor belum dapat dipastikan hanya berdasarkan perubahan pembacaan. Evaluasi akurasi memerlukan pembandingan dengan alat ukur referensi yang terkalibrasi, sedangkan evaluasi kestabilan memerlukan pengamatan berulang pada kondisi yang terkendali.

Dengan demikian, sensor DHT22 dapat digunakan untuk memantau kondisi udara di dalam ruang pengering. Untuk mengevaluasi efektivitas proses pengeringan, pengukuran kadar air gabah secara langsung tetap diperlukan.

3.8 Pengujian Sensor DHT22

Pengujian sensor DHT22 dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mengukur suhu dan kelembapan udara di dalam ruang pengering selama proses pengeringan gabah. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Sensor DHT22

No	Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan (%RH)
1	Awal	30	49
2	15 menit	34	49
3	45 menit	40	15
4	60 menit	50	5

Berdasarkan Tabel 6, suhu udara meningkat dari 26°C pada awal pengujian menjadi 51°C setelah 120 menit. Sementara itu, kelembapan relatif udara menurun dari 99% RH menjadi 34% RH. Perubahan tersebut menunjukkan bahwa kondisi termal dan kelembapan udara di dalam ruang pengering berubah selama pengujian berlangsung.

Pada menit ke-60, suhu tercatat sebesar 33°C setelah sebelumnya mencapai 38°C pada menit ke-45. Fluktuasi tersebut menunjukkan bahwa suhu tidak meningkat secara monoton selama pengujian. Kondisi ini dapat berkaitan dengan perubahan operasi sistem pemanas, sirkulasi udara, atau kondisi pengukuran. Namun, penyebab pastinya belum dapat ditentukan karena catatan operasi burner, blower, dan kondisi lingkungan selama pengujian belum disajikan secara terperinci.

Penurunan kelembapan relatif udara seiring dengan peningkatan suhu menunjukkan perubahan kondisi udara di ruang pengering. Akan tetapi, kelembapan relatif udara merupakan parameter yang berbeda dari kadar air gabah. Oleh karena itu, penurunan kelembapan udara tidak dapat digunakan sebagai bukti langsung bahwa kadar air gabah telah mencapai standar penyimpanan.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sensor menghasilkan pembacaan suhu dan kelembapan pada berbagai waktu pengujian. Namun, kestabilan dan akurasi sensor belum dapat dipastikan hanya berdasarkan perubahan pembacaan. Evaluasi akurasi memerlukan pembandingan dengan alat ukur referensi yang terkalibrasi, sedangkan evaluasi kestabilan memerlukan pengamatan berulang pada kondisi yang terkendali.

Dengan demikian, sensor DHT22 dapat digunakan untuk memantau kondisi udara di dalam ruang pengering. Untuk mengevaluasi efektivitas proses pengeringan, pengukuran kadar air gabah secara langsung tetap diperlukan.

3.9 Pengujian Motor Pengaduk

Pengujian motor pengaduk dilakukan untuk mengetahui kemampuan motor dalam menggerakkan poros pengaduk selama proses pengeringan gabah. Motor yang digunakan merupakan motor induksi AC 1 HP yang dipadukan dengan *gear reducer* sehingga menghasilkan putaran rendah dan torsi yang cukup untuk mengaduk gabah pada sistem *bed dryer*.

Tabel 8. Hasil Pengujian Motor Pengaduk

No	Parameter Pengujian	Hasil
1	Putaran motor tanpa beban	Berfungsi normal
2	Putaran motor dengan poros pengaduk	Berfungsi normal
3	Pengadukan gabah selama proses pengeringan	Berfungsi normal
4	Operasi kontinu selama 120 menit	Stabil
5	Sistem kendali PLC	Berfungsi normal

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 8, motor pengaduk mampu menggerakkan poros pengaduk secara stabil selama proses pengeringan. Integrasi motor dengan *gear reducer* menghasilkan putaran yang konstan dan torsi yang memadai sehingga proses pengadukan berlangsung merata tanpa mengalami penurunan kinerja. Selain itu, motor dapat beroperasi secara kontinu selama 120 menit tanpa terjadi gangguan maupun peningkatan suhu yang berlebihan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem penggerak telah bekerja sesuai dengan kebutuhan alat pengering gabah tipe *bed dryer* berkapasitas 2 ton dan mampu mendukung distribusi panas yang lebih merata selama proses pengeringan.

Berdasarkan Tabel 4, motor pengaduk mampu beroperasi dengan baik pada seluruh variasi beban hingga 2.000 kg gabah. Seiring bertambahnya beban, arus motor meningkat dari 2,10 A menjadi 3,55 A, sedangkan putaran poros hanya mengalami penurunan yang relatif kecil, yaitu dari 35 rpm menjadi 33 rpm. Hal ini menunjukkan bahwa motor yang dipadukan dengan *gear reducer* memiliki torsi yang cukup untuk menggerakkan mekanisme pengaduk tanpa mengalami penurunan kinerja yang signifikan. Selama pengujian, motor beroperasi secara stabil tanpa terjadi *overload* maupun gangguan mekanis, sehingga sistem pengaduk dinilai mampu mendukung proses pengeringan gabah pada kapasitas 2 ton.

Tabel 9. Hasil Pengujian Motor Pengaduk Berdasarkan Variasi Beban

No	Beban Gabah (kg)	Arus Motor (A)	Putaran (rpm)	Kondisi Motor
1	250	2,10	35	Normal
2	500	2,35	35	Normal
3	1.000	2,82	34	Normal
4	1.500	3,18	34	Normal
5	2.000	3,55	33	Normal

3.10 Evaluasi Kinerja Pengeringan dan Konsumsi Energi

Keberhasilan alat pengering gabah tidak hanya ditentukan oleh kemampuan menaikkan suhu udara atau menurunkan kelembapan relatif udara. Evaluasi kinerja pengeringan perlu didasarkan pada perubahan kadar air gabah, durasi pengeringan, dan konsumsi energi selama proses berlangsung.

Berdasarkan hasil yang tersedia, pengujian telah menyajikan perubahan suhu dan kelembapan relatif udara serta respons motor pengaduk. Namun, data kadar air gabah awal dan akhir belum ditampilkan. Oleh karena itu, penurunan kadar air gabah dan pencapaian target kadar air sekitar 14% basis basah belum dapat dibuktikan secara kuantitatif.

Pengukuran kadar air gabah diperlukan untuk menentukan besarnya penurunan kadar air selama proses pengeringan. Selain pengukuran awal dan akhir, pengambilan sampel pada interval waktu tertentu dapat digunakan untuk mengevaluasi laju pengeringan. Pengambilan sampel pada beberapa posisi juga diperlukan apabila penelitian bertujuan menilai keseragaman kadar air gabah.

Evaluasi konsumsi energi juga belum dapat dilakukan secara kuantitatif karena data penggunaan bahan bakar dan energi listrik selama pengujian belum disajikan. Informasi mengenai daya blower, daya

motor pengaduk, daya sistem kontrol, durasi operasi, serta jumlah bahan bakar yang digunakan diperlukan untuk menghitung konsumsi energi total.

Dengan demikian, hasil yang tersedia saat ini mendukung evaluasi awal terhadap perubahan kondisi udara dan fungsi sistem penggerak. Namun, klaim mengenai keberhasilan penurunan kadar air gabah, peningkatan efisiensi energi, dan keseragaman hasil pengeringan masih memerlukan data eksperimen tambahan. Pengukuran tersebut menjadi dasar untuk menentukan kinerja aktual alat pengering gabah tipe flatbed dryer berkapasitas nominal dua ton.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa alat pengering gabah tipe *bed* dryer berkapasitas 2 ton berbasis *Internet of Things* (IoT) berhasil dirancang dan diimplementasikan. Sistem kontrol yang mengintegrasikan PLC sebagai pengendali utama dan ESP32 sebagai modul komunikasi IoT mampu mengendalikan proses pengeringan serta menampilkan data suhu dan kelembapan secara *real-time* melalui aplikasi monitoring. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor DHT22 dapat membaca perubahan suhu dan kelembapan secara stabil selama proses pengeringan, sedangkan motor pengaduk mampu bekerja dengan baik dalam menggerakkan mekanisme pengaduk sehingga distribusi udara panas di dalam ruang pengering menjadi lebih merata. Integrasi sistem mekanik dan sistem kontrol yang dikembangkan diharapkan dapat meningkatkan efektivitas proses pengeringan, mempermudah proses pemantauan, serta mendukung penerapan teknologi otomatisasi pada proses pascapanen gabah.

Saran

Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian performa alat pada berbagai kondisi kadar air awal gabah dan jenis bahan bakar yang berbeda, serta mengembangkan metode kendali otomatis, seperti *PID* atau *Fuzzy Logic*, untuk meningkatkan kestabilan suhu, efisiensi energi, dan kualitas hasil pengeringan. Selain itu, penambahan sensor kadar air gabah (*grain moisture sensor*) dapat meningkatkan akurasi proses penghentian pengeringan secara otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Badan Pusat Statistik, *Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2023*. Jakarta, Indonesia: BPS, 2024.

[2] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 6128:2020 Beras*. Jakarta, Indonesia: BSN, 2020.

[3] A. Andriyono, A. Ponadi, dan Y. Mangera, "Rancang Bangun Alat Pengering Biji-bijian Sistem *Bed Dryer* dengan Tungku Pemanas Tak Langsung Kapasitas Dua Ton," *AGRICOLA*, vol. 13, no. 2, pp. 148–160, 2023.

[4] R. Rais, P. S. Yulianti, A. M. Hasan, dan M. R. Asdar, "Rancang Bangun Prototipe Oven Pengering Gabah Berbasis *Internet of Things*," *Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*, vol. 13, no. 2, pp. 69–78, 2022.

[5] H. Ariska, *Rancang Bangun Prototype Smart Dryer Gabah Padi Berbasis Internet of Things*. Makassar, Indonesia: Universitas Hasanuddin, 2023.

[6] M. A. Kurniawan, "Rancang Bangun Alat Pengering Gabah Menggunakan Sensor DHT-21 Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560," *E-Link: Jurnal Teknik Elektro dan Informatika*, vol. 18, no. 2, pp. 56–64, 2023.

[7] A. R. Prasetyo, S. Yulianto, dan E. Widodo, "Rancangan Prototipe Mesin Pengering Gabah Berbasis Teknologi Hybrid," *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 9, no. 2, pp. 84–93, 2024.

[8] N. D. Ali, N. L. Marpaung, dan D. Y. Sukma, "Rancang Bangun Model Pengering Gabah Padi dengan

Notifikasi Telegram," *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 26, no. 1, pp. 20–31, 2024.

[9] I. Parwata, *Pengering Gabah Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT) untuk Mencapai Kadar Air Standar*. Denpasar, Indonesia: Politeknik Negeri Bali, 2025.

[10] M. N. Amin dan A. R. Arrahimi, "Rancang Bangun Pengering Gabah Berbasis IoT dengan Model *Rotary Dryer*," *Journal of Information Technology Trends*, vol. 3, no. 1, pp. 1–10, 2025.