ISSN:2723-2999, Volume 7 No.2, Oktober 2026

PERENCANAAN SISTEM KENDALI DAN MONITORING SUHU SERTA TINGKAT KELEMBAPAN RUANG PEMBAKARAN SECARA REAL TIME PADA MESIN ROTARY DRYER MULTI FUNGSI KAPASITAS 100 KG

Agung Wahyu Prasetyo[1]),Suko Wiyanto[2]),dan Aman Aldino[3])
[1]),[2])Politeknik Angkatan Darat ,Batu Indonesia
[3])Politeknik Negeri Malang, Malang Indonesia
E – mail : agungwp2115@gmail.com

ABSTRAK

Proses pengeringan menggunakan mesin *rotary dryer* memerlukan kondisi suhu dan kelembapan yang stabil untuk menjamin efisiensi proses pengeringan serta menjaga kualitas produk yang dihasilkan. Pada proses pengeringan hasil pertanian seperti gabah, jagung, kacang tanah, dan kakao, pengendalian suhu yang tidak stabil dapat menyebabkan proses pengeringan menjadi tidak optimal, sehingga kadar air bahan tidak merata dan kualitas hasil pengeringan menurun. Selain itu, kelembapan udara pada ruang pembakaran juga sangat mempengaruhi laju penguapan air dari bahan. Pada banyak mesin *rotary dryer* konvensional, pemantauan suhu dan kelembapan masih dilakukan secara manual sehingga operator mengalami kesulitan dalam mengontrol kondisi ruang pengering secara kontinu dan akurat. Kondisi tersebut dapat menyebabkan pemborosan energi, ketidaktercapaian kadar air target, serta menurunkan efisiensi kerja mesin pengering. Penelitian ini bertujuan merancang sistem kendali dan monitoring suhu serta tingkat kelembapan ruang pembakaran secara real time pada mesin *rotary dryer* multifungsi kapasitas 100 kg. Sistem dirancang menggunakan sensor suhu RTD PT100, sensor kelembapan DHT22, mikrokontroler Arduino Mega sebagai pusat kendali, relay sebagai pengontrol burner LPG, serta HMI touchscreen 7 inch sebagai media monitoring. Metode penelitian menggunakan pendekatan perancangan sistem yang meliputi desain perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, perakitan sistem, serta pengujian kinerja alat. Data yang diperoleh dari sensor diolah oleh mikrokontroler kemudian ditampilkan secara real time melalui HMI sehingga operator dapat memantau kondisi suhu, kelembapan, dan status kerja sistem secara langsung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu memantau suhu dan kelembapan ruang pembakaran secara real time dengan baik. Sistem kendali mampu menjaga suhu ruang pengering mendekati nilai *setpoint* 60°C dengan fluktuasi yang relatif kecil, sedangkan sensor kelembapan mampu menunjukkan penurunan nilai RH secara bertahap selama proses pengeringan berlangsung. Implementasi sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi proses pengeringan, menjaga kualitas hasil pengeringan, mengurangi kesalahan operasional, serta membantu operator dalam melakukan pengawasan proses pengeringan secara lebih efektif dan terkontrol.

Kata kunci: *rotary dryer*, monitoring real time, kendali suhu, kelembapan, Arduino Mega, ruang pembakaran.

PENDAHULUAN

Proses pengeringan merupakan salah satu tahapan penting dalam berbagai sektor industri, terutama pada industri pengolahan hasil pertanian dan biomassa. Proses ini bertujuan untuk mengurangi kadar air bahan sehingga meningkatkan daya simpan serta kualitas produk. Salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam proses pengeringan skala industri adalah mesin rotary dryer. Mesin ini bekerja dengan prinsip pemanasan dan perputaran material secara kontinu sehingga memungkinkan proses pengeringan berlangsung secara merata.

Namun demikian, performa mesin rotary dryer sangat dipengaruhi oleh kondisi suhu dan kelembapan pada ruang pembakaran. Ketidakstabilan suhu dapat menyebabkan proses pengeringan menjadi tidak optimal sehingga menghasilkan produk dengan kualitas yang tidak konsisten. Selain itu, tingkat kelembapan yang tidak terkontrol juga dapat mempengaruhi efisiensi proses pengeringan dan konsumsi energi mesin.

Pada sistem konvensional, pemantauan suhu dan kelembapan ruang pembakaran masih banyak dilakukan secara manual menggunakan alat ukur sederhana. Metode ini memiliki beberapa keterbatasan, seperti keterlambatan dalam membaca perubahan kondisi sistem dan potensi kesalahan manusia dalam pengambilan keputusan operasional. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem monitoring dan kendali otomatis yang mampu memantau kondisi ruang pembakaran secara real time**.**

Perkembangan teknologi sensor dan sistem mikrokontroler saat ini memungkinkan pengembangan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) maupun sistem kontrol otomatis yang mampu memberikan informasi kondisi sistem secara cepat dan akurat. Dengan memanfaatkan teknologi tersebut, operator dapat memantau kondisi mesin secara kontinu dan melakukan pengendalian

proses pengeringan secara lebih efektif.Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem kendali dan monitoring suhu serta tingkat kelembapan ruang pembakaran secara real time pada mesin rotary dryer multifungsi dengan kapasitas 100 kg**.** Sistem yang dirancang diharapkan mampu meningkatkan efisiensi proses pengeringan serta mempermudah operator dalam melakukan pengawasan terhadap kondisi mesin.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian mengenai sistem pengering berbasis *rotary dryer* telah banyak dilakukan untuk meningkatkan efisiensi proses pengeringan serta menjaga kualitas hasil pertanian. Penggunaan sistem kendali suhu dan monitoring kelembapan menjadi salah satu pengembangan penting dalam teknologi pengering modern karena proses pengeringan sangat dipengaruhi oleh kestabilan suhu dan kondisi udara pengering. Pada penelitian ini, sistem dirancang menggunakan sensor suhu, sensor kelembapan, mikrokontroler, dan sistem monitoring real time untuk meningkatkan efektivitas proses pengeringan.

Mujumdar (2014) dalam *Handbook of Industrial Drying* menjelaskan bahwa proses pengeringan merupakan proses perpindahan panas dan massa yang bertujuan untuk mengurangi kandungan air pada bahan hingga mencapai kondisi aman untuk penyimpanan. Pada sistem *rotary dryer*, udara panas dialirkan secara kontinu ke dalam drum pengering sehingga terjadi proses perpindahan panas konveksi dan evaporasi air dari bahan. Teori ini menjadi dasar dalam pengembangan sistem kendali suhu pada mesin *rotary dryer*.

Chen dan Mujumdar (2017) menjelaskan bahwa performa *rotary dryer* sangat dipengaruhi oleh kestabilan suhu ruang pengering dan distribusi aliran udara panas. Ketidakstabilan suhu dapat menyebabkan hasil pengeringan tidak merata dan menurunkan kualitas bahan. Oleh karena itu, sistem pengendalian suhu diperlukan agar suhu tetap berada pada rentang kerja yang optimal selama proses pengeringan berlangsung.

Penelitian oleh Zhang, Wang, dan Li (2021) membahas sistem monitoring real time berbasis teknologi IoT pada proses pengeringan industri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring real time mampu membantu operator dalam memantau kondisi suhu dan kelembapan secara lebih cepat dan akurat dibandingkan metode manual. Penggunaan sensor dan mikrokontroler juga mampu meningkatkan efisiensi energi selama proses pengeringan berlangsung.

Li, Chen, dan Zhao (2022) mengembangkan sistem kontrol cerdas berbasis mikrokontroler pada mesin *rotary dryer*. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan sistem kendali otomatis mampu menjaga kestabilan suhu pengering dan meningkatkan kualitas hasil pengeringan. Sistem ini juga mampu mengurangi ketergantungan terhadap operator karena proses pengendalian dilakukan secara otomatis berdasarkan pembacaan sensor.

Rahman, Islam, dan Hasan (2023) melakukan penelitian mengenai pengembangan sistem monitoring suhu real time pada mesin pengering industri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis sensor mampu memberikan data suhu secara kontinu dan memiliki tingkat akurasi yang baik dibandingkan pengukuran manual. Sistem monitoring ini dinilai efektif dalam membantu proses pengawasan kondisi mesin pengering.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu tersebut, dapat diketahui bahwa penggunaan sistem kendali suhu dan monitoring kelembapan berbasis mikrokontroler mampu meningkatkan stabilitas proses pengeringan dan kualitas hasil pengeringan. Namun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada sistem pengering kapasitas kecil dan belum banyak mengintegrasikan sistem monitoring suhu dan kelembapan secara real time pada mesin *rotary dryer* kapasitas 100 kg. Oleh karena itu, penelitian ini melakukan pengembangan berupa perancangan sistem kendali suhu dan monitoring kelembapan berbasis Arduino Mega, sensor RTD PT100, sensor DHT22, relay, dan HMI touchscreen pada mesin *rotary dryer* multifungsi kapasitas 100 kg agar proses pengeringan menjadi lebih stabil, efisien, dan terkontrol.

Mesin *rotary dryer* merupakan alat pengering yang bekerja dengan prinsip perputaran drum silinder dan aliran udara panas untuk mengurangi kadar air pada bahan. Mesin ini banyak digunakan dalam proses pengeringan hasil pertanian seperti gabah, jagung, kacang tanah, dan kakao karena mampu menghasilkan proses pengeringan yang lebih cepat dan merata dibandingkan metode pengeringan konvensional. Pada proses kerjanya, bahan dimasukkan ke dalam drum yang berputar secara kontinu, kemudian udara panas dari burner LPG dialirkan menggunakan blower ke dalam ruang pengering. Kontak antara udara panas dan bahan menyebabkan terjadinya perpindahan panas sehingga kandungan air di dalam bahan menguap secara bertahap. Penggunaan *rotary dryer* dinilai lebih efisien karena mampu bekerja secara kontinu, memiliki kapasitas pengeringan besar, dan menghasilkan kualitas pengeringan yang lebih seragam.

Proses pengeringan pada mesin *rotary dryer* melibatkan perpindahan energi panas dari udara panas menuju bahan yang dikeringkan. Mekanisme perpindahan panas yang dominan pada sistem ini adalah konveksi paksa karena udara panas dipaksa mengalir menggunakan blower. Semakin besar aliran udara panas yang diberikan, maka laju perpindahan panas juga akan meningkat. Semakin besar perbedaan suhu antara udara panas dan bahan, maka proses pengeringan akan berlangsung lebih

cepat. Pada pengeringan bahan pertanian, suhu operasi harus dijaga agar tidak terlalu tinggi karena dapat merusak kualitas bahan. Oleh karena itu, suhu pengeringan pada penelitian ini ditetapkan sebesar 60°C untuk menjaga kualitas bahan tetap baik.

Selain perpindahan panas, proses pengeringan juga melibatkan perpindahan massa berupa penguapan air dari dalam bahan menuju udara pengering. Laju pengeringan dipengaruhi oleh suhu udara, kelembapan relatif, dan kecepatan aliran udara. Semakin rendah kelembapan relatif udara, maka kemampuan udara dalam menyerap uap air akan semakin besar sehingga proses pengeringan berlangsung lebih efektif. Monitoring kelembapan sangat penting untuk mengetahui kondisi udara pengering dan menentukan kapan bahan telah mencapai kadar air yang aman untuk penyimpanan.

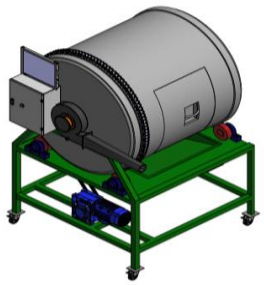
Sensor RTD (*Resistance Temperature Detector*) PT100 merupakan sensor suhu yang bekerja berdasarkan perubahan hambatan listrik akibat perubahan suhu. Sensor ini memiliki nilai hambatan sebesar 100 Ω pada suhu 0°C dan nilai hambatannya akan meningkat seiring kenaikan suhu. Sensor PT100 memiliki tingkat akurasi yang tinggi, stabil, dan tahan terhadap suhu tinggi sehingga sangat cocok digunakan pada sistem pengering berbasis panas seperti *rotary dryer*. Pada penelitian ini, sensor PT100 digunakan untuk memonitor suhu ruang pengering secara real time agar suhu tetap berada pada nilai *setpoint* yang telah ditentukan.

DHT22 merupakan sensor digital yang mampu membaca suhu dan kelembapan udara secara real time. Sensor ini menggunakan sensor kelembapan kapasitif dan thermistor internal untuk menghasilkan data digital yang dapat langsung diproses oleh mikrokontroler. DHT22 memiliki rentang pengukuran kelembapan 0–100% RH dengan akurasi ±2% RH dan rentang suhu −40°C hingga 80°C. Pada sistem *rotary dryer*, sensor DHT22 digunakan untuk memonitor kelembapan udara di dalam ruang pengering sehingga operator dapat mengetahui efektivitas proses pengeringan secara langsung.

Arduino Mega 2560 merupakan papan mikrokontroler berbasis ATmega2560 yang digunakan sebagai pusat kendali sistem. Arduino Mega memiliki jumlah pin input dan output yang cukup banyak sehingga mampu menghubungkan berbagai sensor dan aktuator dalam satu sistem. Pada penelitian ini, Arduino Mega berfungsi untuk membaca data dari sensor PT100 dan DHT22, mengolah data sesuai program yang telah dirancang, mengontrol relay, serta menampilkan data monitoring pada HMI touchscreen secara real time.

Relay merupakan komponen elektromagnetik yang digunakan sebagai saklar otomatis untuk memutus dan menghubungkan arus listrik. Pada sistem *rotary dryer*, relay digunakan untuk mengontrol kerja burner LPG berdasarkan suhu yang terbaca oleh sensor PT100. Ketika suhu berada di bawah nilai *setpoint*, relay akan mengaktifkan burner LPG, sedangkan ketika suhu telah mencapai atau melebihi *setpoint*, relay akan memutus arus listrik sehingga burner mati secara otomatis. Sistem ini memungkinkan proses pengendalian suhu berlangsung lebih stabil dan efisien.

HMI (*Human Machine Interface*) touchscreen 7 inch digunakan sebagai media monitoring dan interface antara operator dengan sistem kendali mesin *rotary dryer*. HMI mampu menampilkan data suhu, kelembapan, nilai *setpoint*, dan status kerja sistem secara real time dengan tampilan yang lebih interaktif dan mudah dipahami. Selain sebagai media monitoring, HMI juga mempermudah operator dalam melakukan pengawasan terhadap proses pengeringan tanpa perlu melakukan pengukuran manual secara langsung.



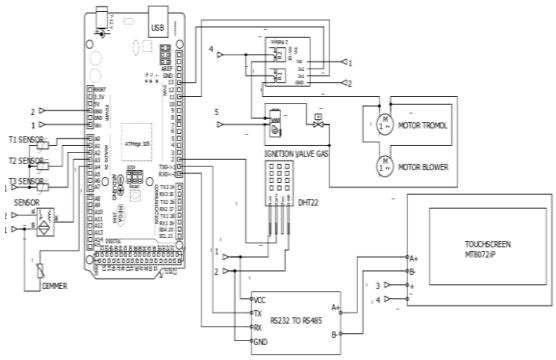
Gambar 1. Mesin *Rotary dryer*

METODE PENELITIAN

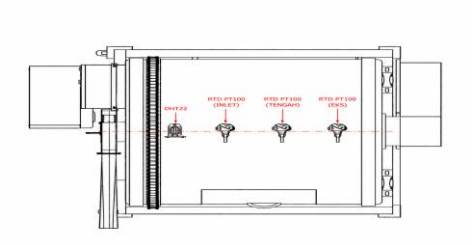
Penelitian ini menggunakan metode perancangan sistem (system design) yang bertujuan untuk merancang sistem kendali dan monitoring suhu serta tingkat kelembapan ruang pembakaran pada mesin rotary dryer multifungsi kapasitas 100 kg secara real time. Tahapan penelitian diawali dengan studi literatur untuk memperoleh pemahaman mengenai prinsip kerja mesin rotary dryer, karakteristik proses pengeringan, serta teknologi sensor yang digunakan dalam sistem monitoring suhu dan kelembapan. Selanjutnya dilakukan tahap perancangan sistem yang meliputi desain perangkat keras dan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras dilakukan dengan menentukan komponen utama sistem seperti sensor suhu dan kelembapan yang dipasang pada ruang pembakaran, mikrokontroler sebagai unit pengolah data, serta modul komunikasi untuk menampilkan data monitoring secara real time.

Tahap berikutnya adalah pengembangan perangkat lunak yang berfungsi untuk membaca data dari sensor secara berkala, mengolah data yang diperoleh, serta menampilkan hasil monitoring pada sistem antarmuka sehingga operator dapat memantau kondisi mesin secara langsung. Setelah proses perancangan selesai, sistem kemudian diimplementasikan pada mesin rotary dryer untuk dilakukan pengujian kinerja sistem. Pengujian dilakukan dengan mengamati kemampuan sensor

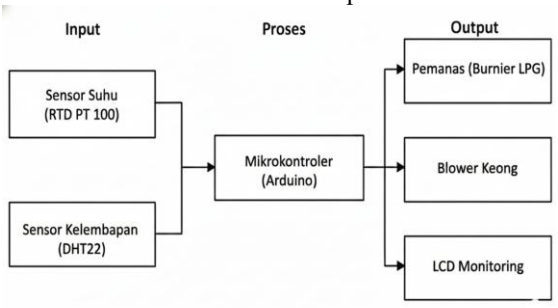
dalam membaca perubahan suhu dan kelembapan serta kemampuan sistem dalam menampilkan data monitoring secara real time. Data hasil pengujian selanjutnya dianalisis untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan sensor dan performa sistem kendali dalam menjaga stabilitas suhu ruang pembakaran selama proses pengeringan berlangsung.



Gambar 2. Konsep desain sistem control



Gambar 3. Desain Penempatan Sensor



Gambar 4. Gambar Blok Diagram

Tabel 1. Hasil Pengujian Stabilitas Suhu (Set Point 60°C)

Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa suhu ruang pembakaran dapat dipertahankan mendekati nilai set point dengan deviasi yang relatif kecil.

HASIL PENGUJIAN KELEMBAPAN BAHAN SETELAH PROSES PENGERINGAN

Jenis Bahan	Kelembapan Awal (%)	Kelembapan Akhir (%)	Lama Pengeringan (menit)
Gabah	22	14	40
Jagung	24	13	45
Kacang Tanah	18	10	35
Kakao	55	7	120

Tabel 2. Hasil Pengujian Kelembapan Bahan Setelah Proses Pengeringan

Tabel tersebut menunjukkan bahwa mesin rotary dryer mampu menurunkan tingkat

HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kendali dan monitoring suhu serta tingkat kelembapan yang dirancang pada mesin rotary dryer multifungsi kapasitas 100 kg mampu bekerja dengan baik dalam memantau kondisi ruang pembakaran secara real time. Sistem yang terdiri dari sensor suhu dan kelembapan, mikrokontroler sebagai pengolah data, serta antarmuka monitoring mampu membaca perubahan kondisi lingkungan ruang pembakaran secara kontinu selama proses pengeringan berlangsung. Data yang diperoleh dari sensor kemudian diproses oleh mikrokontroler dan ditampilkan pada sistem monitoring sehingga operator dapat mengetahui kondisi suhu dan kelembapan secara langsung tanpa harus melakukan pengukuran secara manual.Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan selama proses pengoperasian mesin rotary dryer, sistem monitoring mampu menampilkan data suhu dan kelembapan secara stabil dengan interval pembacaan sensor yang relatif cepat. Suhu ruang pembakaran dapat dipertahankan mendekati nilai set point yang telah ditentukan sehingga proses pengeringan dapat berlangsung secara lebih stabil. Selain itu, perubahan tingkat kelembapan yang terjadi selama proses pengeringan juga dapat terdeteksi dengan baik oleh sistem sehingga memberikan informasi yang penting bagi operator dalam melakukan pengendalian proses pembakaran.

Implementasi sistem monitoring ini juga memberikan peningkatan efisiensi dalam proses pengoperasian mesin rotary dryer. Operator dapat memantau kondisi mesin secara langsung melalui sistem monitoring sehingga potensi kesalahan dalam proses pengawasan dapat diminimalkan. Dengan demikian, sistem kendali dan monitoring yang dirancang mampu meningkatkan stabilitas suhu ruang pembakaran serta membantu proses pengeringan berlangsung secara lebih optimal.

HASIL PENGUJIAN STABILITAS SUHU

Waktu (menit)	Suhu Set Point (°C)	Suhu Terukur (°C)	Selisih (°C)
0	60	58	2
5	60	59	1
10	60	60	0
15	60	61	1
20	60	60	0
25	60	59	1

kelembapan bahan secara signifikan sehingga bahan hasil pengeringan memiliki kadar air yang lebih rendah dan sesuai dengan standar penyimpanan.

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, sistem kendali dan monitoring suhu serta tingkat kelembapan pada mesin rotary dryer multifungsi kapasitas 100 kg menunjukkan kinerja yang cukup baik dalam menjaga kestabilan kondisi ruang pembakaran selama proses pengeringan. Hasil pengujian stabilitas suhu menunjukkan bahwa suhu ruang pembakaran dapat dipertahankan mendekati nilai set point 60°C dengan selisih yang relatif kecil. Hal ini menunjukkan bahwa sistem kendali yang dirancang mampu merespons perubahan suhu secara cepat sehingga suhu ruang pembakaran tetap berada pada rentang operasional yang diinginkan. Stabilitas suhu tersebut sangat penting dalam proses pengeringan karena suhu yang terlalu tinggi dapat merusak kualitas bahan, sedangkan suhu yang terlalu rendah dapat memperlambat proses pengeringan.

Selain pengendalian suhu, sistem monitoring juga mampu memantau perubahan tingkat kelembapan bahan selama proses pengeringan berlangsung. Berdasarkan hasil pengujian pada beberapa komoditas seperti gabah, jagung, kacang tanah, dan kakao, terlihat bahwa mesin rotary dryer mampu menurunkan kadar kelembapan bahan secara signifikan. Penurunan kadar air ini menunjukkan bahwa sistem pengering yang digunakan mampu mempercepat proses evaporasi air dari bahan sehingga bahan hasil pengeringan memiliki kadar air yang lebih rendah dan sesuai dengan standar penyimpanan. Kemampuan sistem dalam memantau kondisi suhu dan kelembapan secara real time juga memberikan kemudahan bagi operator dalam melakukan pengawasan terhadap proses pengeringan sehingga efisiensi operasional mesin dapat meningkat.

Dengan adanya sistem monitoring berbasis sensor dan mikrokontroler, proses pengawasan mesin rotary dryer dapat dilakukan secara lebih efektif dibandingkan dengan metode konvensional yang masih menggunakan pengukuran manual. Sistem ini memungkinkan operator untuk mengetahui kondisi mesin secara langsung serta mengambil tindakan pengendalian apabila terjadi perubahan kondisi yang tidak diinginkan. Oleh karena itu, penerapan sistem kendali dan monitoring suhu serta kelembapan pada mesin rotary dryer dapat meningkatkan stabilitas proses pengeringan, memperbaiki kualitas hasil pengeringan, serta mendukung efisiensi kerja mesin secara keseluruhan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, serta pengujian sistem yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem kendali dan monitoring suhu serta tingkat kelembapan pada ruang pembakaran mesin *rotary dryer* multifungsi kapasitas 100 kg mampu bekerja dengan baik dan sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem yang dirancang menggunakan sensor suhu RTD PT100, sensor kelembapan DHT22, mikrokontroler Arduino Mega, relay, serta HMI touchscreen 7 inch mampu bekerja secara terintegrasi dalam melakukan proses monitoring dan pengendalian kondisi ruang pengering secara real time.

Sensor suhu RTD PT100 mampu mendeteksi perubahan suhu ruang pembakaran dengan tingkat akurasi yang baik dan stabil selama proses pengeringan berlangsung. Data suhu yang diperoleh kemudian diproses oleh Arduino Mega untuk mengontrol kerja relay dan burner LPG secara otomatis menggunakan sistem kendali ON–OFF. Berdasarkan hasil pengujian, suhu ruang pembakaran mampu dipertahankan mendekati nilai *setpoint* 60°C dengan deviasi yang relatif kecil, yaitu berada pada rentang 58°C hingga 62°C. Hal ini menunjukkan bahwa sistem kendali yang dirancang mampu menjaga kestabilan suhu ruang pengering sehingga proses pengeringan dapat berlangsung secara lebih efektif dan terkontrol.

Selain pengendalian suhu, sistem monitoring kelembapan menggunakan sensor DHT22 juga menunjukkan hasil yang baik dalam membaca perubahan kelembapan relatif (*Relative Humidity/RH*) selama proses pengeringan berlangsung. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kelembapan mengalami penurunan secara bertahap dari kondisi awal sekitar 80% hingga mencapai kisaran 33% pada akhir proses pengeringan. Penurunan nilai kelembapan tersebut menunjukkan bahwa proses perpindahan panas dan penguapan air dari bahan berlangsung dengan baik, sehingga kadar air bahan dapat dikurangi secara efektif.

Hasil pengujian pada beberapa komoditas seperti gabah, jagung, kacang tanah, dan kakao menunjukkan bahwa mesin *rotary dryer* mampu menurunkan kadar air bahan hingga mencapai standar penyimpanan yang aman. Pada gabah dan jagung, kadar air akhir dapat diturunkan hingga sekitar 14%, sedangkan pada kacang tanah dan kakao mampu mencapai kadar air yang lebih rendah sesuai kebutuhan penyimpanan. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem pengering yang dirancang mampu bekerja secara optimal dalam membantu proses pengeringan berbagai jenis bahan pertanian.

Penggunaan HMI touchscreen 7 inch sebagai media monitoring juga memberikan kemudahan bagi operator dalam memantau kondisi sistem secara langsung. Data suhu, kelembapan, nilai *setpoint*, serta status kerja burner dapat ditampilkan secara real time dengan tampilan yang jelas dan mudah dipahami. Dengan adanya sistem monitoring ini,

operator tidak perlu lagi melakukan pengukuran secara manual sehingga proses pengawasan menjadi lebih efektif dan efisien.

Sebelum sistem kendali otomatis diterapkan, proses pengeringan pada mesin *rotary dryer* masih sangat bergantung pada pengamatan manual operator. Kondisi tersebut menyebabkan suhu ruang pengering sering mengalami fluktuasi sehingga kualitas hasil pengeringan kurang stabil dan konsumsi energi menjadi kurang efisien. Namun setelah sistem kendali dan monitoring diterapkan, proses pengeringan menjadi lebih stabil, terkontrol, dan mampu meminimalkan kesalahan operasional selama proses berlangsung.

Dengan demikian, penerapan sistem kendali dan monitoring suhu serta kelembapan pada mesin *rotary dryer* multifungsi kapasitas 100 kg mampu meningkatkan efisiensi proses pengeringan, menjaga kualitas hasil pengeringan, mempercepat proses pengeringan, serta mendukung kinerja mesin secara lebih optimal dalam kegiatan pengolahan hasil pertanian. Sistem ini juga berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai teknologi pengering modern berbasis otomatisasi pada sektor pertanian dan industri pengolahan hasil pangan.

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, sistem kendali suhu yang digunakan dapat dikembangkan menggunakan metode kontrol yang lebih modern seperti PID (*Proportional Integral Derivative*) agar kestabilan suhu menjadi lebih presisi dan mampu mengurangi fluktuasi suhu selama proses pengeringan. Selain itu, sistem monitoring dapat dikembangkan berbasis *Internet of Things* (IoT) sehingga data suhu dan kelembapan dapat dipantau dari jarak jauh menggunakan smartphone atau komputer secara real time. Penambahan sensor kadar air secara langsung pada bahan juga disarankan agar tingkat kekeringan bahan dapat diketahui dengan lebih akurat. Pengembangan pada sistem distribusi udara panas dan desain blower juga perlu dilakukan agar penyebaran panas di dalam drum lebih merata sehingga proses pengeringan menjadi lebih cepat dan efisien. Selain itu, penggunaan sumber energi alternatif seperti panel surya dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi ketergantungan terhadap sumber listrik utama. Dengan adanya pengembangan tersebut, diharapkan sistem kendali dan monitoring pada mesin *rotary dryer* dapat menjadi lebih modern, efisien, dan mampu mendukung peningkatan kualitas proses pengeringan hasil pertanian secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. S. Mujumdar, *Handbook of Industrial Drying*, 4th ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2014.

[2] I. C. Kemp, B. C. Fyhr, S. Laurent, M. Roques, C. E. Groenewold, E. Tsotsas, and A. A. Sereno, "Methods for processing experimental drying kinetics data," *Drying Technology*, vol. 19, no. 1, pp. 15–34, 2016.

[3] G. Chen and A. S. Mujumdar, "Rotary dryers: Applications and design," *Drying Technology*, vol. 35, no. 3, pp. 263–281, 2017.

[4] M. I. Khan and A. Kumar, "Design and analysis of rotary dryer system," *International Journal of Engineering Research and Technology*, vol. 9, no. 4, pp. 324–330, 2020.

[5] H. Zhang, J. Wang, and X. Li, "Real-time monitoring system for industrial drying process based on IoT technology," *Journal of Cleaner Production*, vol. 286, p. 125457, 2021.

[6] R. P. Singh and D. R. Heldman, *Introduction to Food Engineering*, 5th ed. Academic Press, 2018.

[7] Y. Li, S. Chen, and W. Zhao, "Intelligent control system for rotary dryer based on microcontroller technology," *Sensors*, vol. 22, no. 9, p. 3351, 2022.

[8] M. Rahman, M. Islam, and M. Hasan, "Development of real-time temperature monitoring system for industrial dryers," *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, vol. 10, no. 1, pp. 85–92, 2023.