

Perancangan Sistem Pengering Gabah Padi Dengan Implementasi Logika Fuzzy

Fathan Qaedi¹, Putra Fajar Sidiq², Supomo³

Instrumentasi dan Kontrol Industri, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Depok, 16425, Indonesia

E-mail: fathan.qaedi.te20@mhs.w.pnj.ac.id

E-mail: putra.fajarsidiq.te20@mhs.w.pnj.ac.id

E-mail: supomo@pnj.ac.id

Abstrak

Indonesia merupakan negara agraris dengan sektor pertanian yang memegang peranan penting bagi masyarakat, didukung oleh sumber daya alam yang melimpah dan lahan yang subur. Namun, pengembangan dan pengelolaan hasil pertanian di Indonesia masih bersifat tradisional, seperti proses pengeringan gabah yang mengandalkan sinar matahari. Ketidakpastian cuaca menjadi hambatan bagi petani untuk mengeringkan gabah hingga kadar air 14%. Inovasi diperlukan untuk mengatasi masalah ini, yaitu alat pengering gabah padi yang dapat digunakan kapan saja dan di mana saja. Alat ini dilengkapi dengan logika fuzzy sebagai metode pengontrolan, sensor DHT22 sebagai input variabel kontrol, dan mikrokontroler ESP32 sebagai hardware pemrosesan dan kontrol. Metode penelitian menggunakan eksperimen untuk merancang dan menguji keefektifan dan keakuratan aplikasi logika fuzzy Mamdani pada sistem pengering gabah otomatis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengeringkan gabah hingga kadar air $\leq 14\%$ dengan rata-rata persentase error sebesar 0.86% antara hasil pengukuran ESP32 dan MATLAB. Dengan demikian, alat ini diharapkan dapat meningkatkan produktivitas pertanian di Indonesia..

Kata Kunci: ESP 32, Fuzzy Logic, Kadar Air, Pengering Gabah Padi

Abstract

Indonesia is an agrarian country with the agricultural sector playing a crucial role for its society, supported by abundant natural resources and fertile land. However, the development and management of agricultural products in Indonesia are still traditional, such as the drying process of paddy which relies on sunlight. Weather unpredictability is a barrier for farmers to dry paddy to a moisture content of 14%. Innovation is needed to address this issue, namely a paddy drying machine that can be used anytime and anywhere. This machine is equipped with fuzzy logic as a control method, a DHT22 sensor as a control variable input, and an ESP32 microcontroller as the processing and control hardware. The research method uses experiments to design and test the effectiveness and accuracy of the Mamdani fuzzy logic application in the automatic paddy drying system. The research results show that this system is capable of drying paddy to a moisture content of $\leq 14\%$ with an average error percentage of 0.86% between ESP32 and MATLAB measurements. Thus, this tool is expected to increase agricultural productivity in Indonesia..

Keywords: ESP32, Fuzzy Logic, Moisture Content, Rice Grain Dryer

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara agraris karena sektor pertanian memegang peranan penting bagi masyarakat Indonesia yang bermata pencaharian dari bertani dengan sumber daya alam yang melimpah dan lahan yang subur. Lahan yang subur dapat menjanjikan pendapatan ekonomi dan peningkatan kesejahteraan bagi masyarakat, khususnya petani [1].

Pertanian padi di Indonesia diharapkan dapat meningkatkan produktivitas dan status ekonomi pendapatan petani[2]. Faktanya, Indonesia masih kesulitan menghasilkan produk beras berkualitas untuk

memenuhi kebutuhan pangan penduduk Indonesia yang besar. pemerintah Indonesia masih mengimpor beras meskipun tercatat sebagai penghasil beras terbanyak karena menurunnya kualitas beras. Menurunnya kualitas beras dapat terjadi akibat kadar air pada gabah giling lebih diatas 14% sehingga beras rusak saat proses penggilingan. Pengeringan gabah di Indonesia pada umumnya masih menggunakan sinar matahari, musim kemarau waktu proses pengeringan gabah sekitar 16-24 jam sedangkan musim hujan lama waktu sekitar 24-32 jam tergantung pada kondisi cuaca[3]. Kekurangan proses pengeringan dengan penjemuran memiliki resiko tercemar kotoran, jumlah gabah menjadi berkurang

akibat dimakan binatang seperti burung dan ayam, proses cukup lama dengan tergantungnya kondisi cuaca pada musim hujan bila terkena hujan dapat mempengaruhi kualitas beras dan pengeringan yang tidak merata[4].

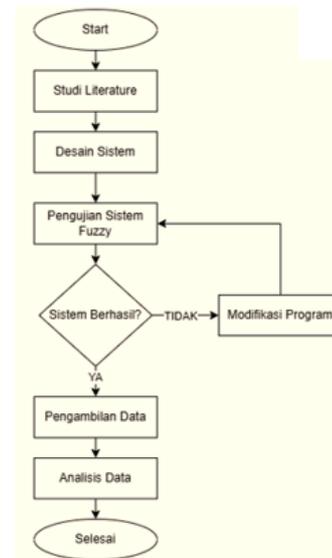
Mengatasi permasalahan proses pengeringan gabah secara tradisional maka dikembangkan alat pengering agar produktivitas proses pengeringan gabah merata[5]. Pengeringan otomatis menggunakan sensor suhu dan kelembaban serta metode kontrol seperti fuzzy bisa membantu mengoptimalkan proses dan menjaga kualitas beras berdasarkan standar BULOG SNI 01-0224-1987 dengan tingkat kelembaban 12% - 14% [7].

Pada penelitian sebelumnya milik Mohammar Arif Kurniawan dkk yang berjudul “Rancang Bangun Alat Pengering Gabah Menggunakan Sensor DHT-21 Berbasis Mikro Kontroler Arduino Mega 2560” menyatakan bahwa rancang bangun yang dibuat berjalan dengan baik. Alat ini dilengkapi sensor DHT 21 dengan mengatur suhu sesuai kebutuhan dengan mengontrol heater. Metode yang digunakan yaitu metode On-Of yang dimonitoring menggunakan LCD 16x2. Hasil penelitian dapat menurunkan kadar air gabah menjadi 14% dengan suhu maksimal 40 derajat celsius demi menjaga tingkat kematangan yang merata [8].

Sistem pengering gabah modern yang dirancang menggunakan *heater*, sensor DHT22 dan sensor PZEM-004T untuk memonitoring *cost* listrik yang digunakan, serta metode *Fuzzy Logic Mamdani* untuk kontrol suhu dan kelembaban, bertujuan mengeringkan gabah hingga kadar air $\leq 14\%$. Sistem ini dilengkapi dengan motor DC untuk memastikan pengeringan merata dan memudahkan monitoring dengan LCD. Alat ini dirancang untuk skala kecil sebagai prototipe yang memudahkan petani dalam pengeringan gabah pasca panen.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk merancang dan menguji keefektifan dan keakuratan pengaplikasian logika Fuzzy mamdani pada sistem pengering gabah otomatis. Metode eksperimen dengan cara menjalankan program fuzzy mamdani yang sudah tertanam pada ESP32 lalu dibandingkan dengan hasil yang dikeluarkan oleh matlab. Pada uji coba ini penulis mengambil 10 data dengan range random, mengikuti rules yang berlaku pada fuzzy yang dibuat, karena tujuannya adalah untuk memastikan walaupun hasil non-linear, hasilnya akan tetap selalu sama.



Gambar 1. Diagram Penelitian

Dasar dari proses pengeringan adalah penguapan air dari bahan yang dikeringkan ke udara. Penguapan ini dilakukan dengan cara mengurangi kelembaban ruangan dan mensirkulasikan udara panas di sekitar material sehingga kandungan uap air dalam material lebih besar dibandingkan tekanan uap air di udara. Perbedaan tekanan ini menyebabkan uap air mengalir dari bahan ke udara, dimana terjadi penguapan yaitu dari air menjadi gas atau uap.

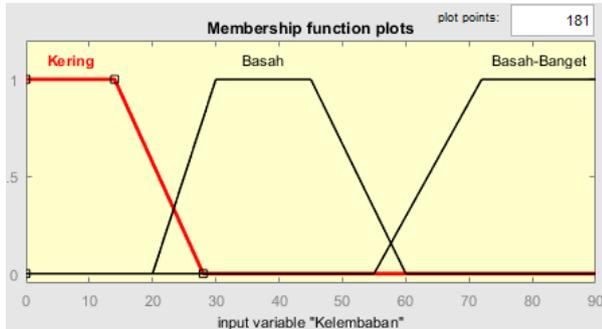
Fuzzy Mamdani

Metode Mamdani merupakan metode yang paling umum jika berbicara tentang metode fuzzy. Hal ini dimungkinkan karena metode ini merupakan metode pertama yang berhasil dikembangkan dan diterapkan dalam perancangan sistem kendali [4]. Oleh karena itu, metode ini dinilai paling efisien untuk sebuah sistem kontrol.

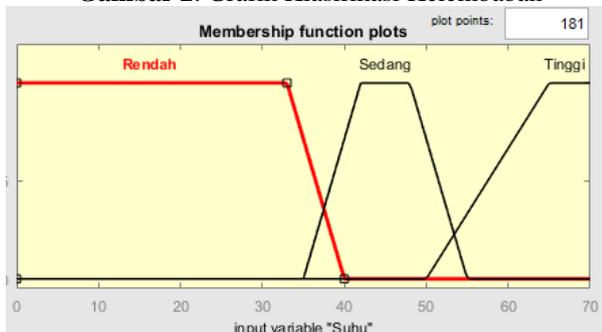
Perancangan Sistem

Berdasarkan gambar 2 Kelembaban ruangan akan diklasifikasikan menjadi 3 kuadran, untuk tingkat kelembaban 55% - 72% akan diklasifikasikan menjadi "Basah Banget", untuk kelembaban 14% - 60% akan diklasifikasikan menjadi "Basah" dan untuk kelembaban 0% - 28% akan diklasifikasikan menjadi "Kering". Begitu juga dengan suhu ruangan berdasarkan gambar 3, dibagi menjadi 3 klasifikasi pula 0 °C - 40 °C "Rendah", 35 °C - 55 °C "Sedang" dan 50 °C - 70 °C "Tinggi". Klasifikasi dari tabung pengeringan akan menjadi parameter pendukung untuk menentukan angka PWM Setpoint yang efisien dengan kondisi suhu ruangan sekarang. Uap air dan suhu ini akan diproses kedalam ESP32 dan diolah dengan metode fuzzy mamdani untuk mendapatkan Setpoint yang baik dan efisien sesuai dengan tingkat kelembaban yang ada. dimana setpoint berupa angka PWM dengan terbagi kedalam 3

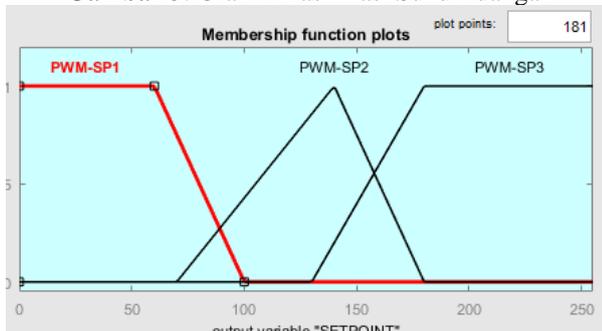
klasifikasi yaitu PWM_SP1, PWM_SP2 dan PWM_SP3 yang akan dikirim oleh ESP32 ke *Solid State Relay* (SSR) untuk mengontrol panas yang dihasilkan oleh *heater*. Mesin akan berhenti ketika kelembaban mencapai $\leq 14\%$.



Gambar 2. Grafik Klasifikasi Kelembaban



Gambar 3. Grafik Klasifikasi Suhu Ruang



Gambar 4. Grafik Klasifikasi Sinyal PWM

3. Hasil dan Pembahasan

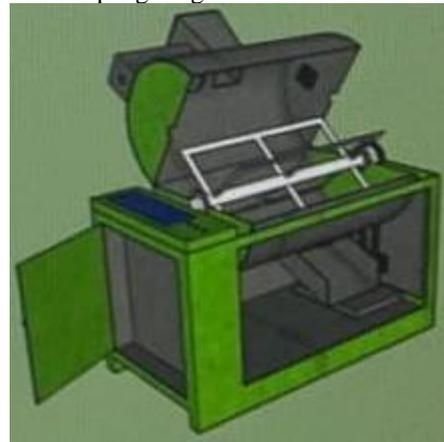
Pembahasan

Berikut adalah deskripsi dari alat Pengering Gabah yang akan dibuat :

1. Sensor DHT22 berfungsi untuk mendeteksi suhu dan kelembaban di dalam tabung pengering gabah sebagai parameter untuk menggerakkan sistem pemanas dan pengaduk gabah.
2. ESP 32 berfungsi sebagai mikrokontroler atau sebuah proses otomatisasi alat pengering gabah.
3. Motor DC berfungsi sebagai untuk menggerakkan pengaduk yang ada di dalam tabung agar gabah kering secara merata.
4. Fan DC sebagai untuk sirkulasi udara pada tabung pengering gabah dan mengeluarkan

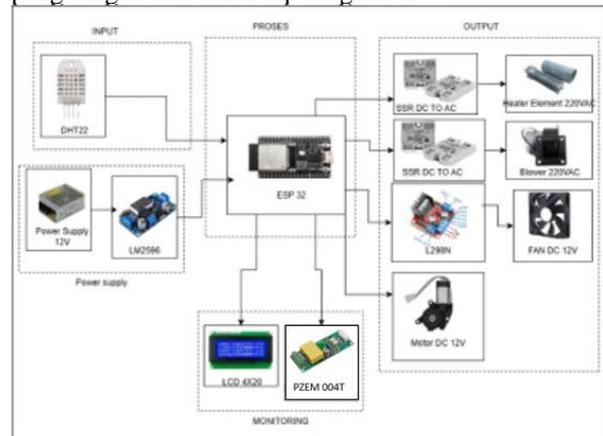
udara panas untuk mengatur kelembaban dari pemanasan.

5. Heater element berfungsi sebagai pemanas untuk mengeringkan padi yang terdapat di dalam tabung *dryer* gabah.
6. Blower berfungsi menyalurkan panas yang dihasilkan oleh heater kedalam tabung pengeringan.
7. LCD 20X4 berfungsi untuk memonitoring nilai suhu dan kelembaban
8. Power supply 24V digunakan memberikan daya pada komponen elektronik.
9. Pzem 004T untuk memonitoring daya dari sistem pengeringan.



Gambar 5. Overview Alat

Dari penjelasan diatas maka block diagram dari sistem pengeringan ini adalah seperti gambar 6.



Gambar 6. Block Diagram Sistem

Cara Kerja Alat

Alat ini disuplai oleh power supply dengan tegangan 12 Volt, yang diturunkan menjadi 5 Volt menggunakan stepdown untuk menghidupkan komponen arus lemah dan sensor. Sensor DHT22 mengukur kelembaban dan suhu, memberikan data ke mikrokontroler ESP32. Sistem pemanasan menggunakan heater dan blower yang dikontrol oleh SSR (Solid State Relay). Untuk memastikan pengeringan merata, alat ini dilengkapi dengan motor DC jenis power window dan kipas DC

untuk mencegah kelebihan panas. Informasi penting seperti suhu, kelembaban, dan daya yang digunakan ditampilkan pada LCD.

Sistem ini membantu mengeringkan gabah dengan menurunkan kadar air gabah hingga 11-14% sesuai standar BULOG. DHT22 berperan sebagai sensor untuk mendeteksi suhu dan kelembaban pada tabung pengering gabah untuk mengetahui parameter untuk menyalakan sistem pemanas dan menggerakkan pengaduk gabah. Pemanas dan kipas yang digunakan untuk mengurangi kelembaban dan menaikkan suhu di dalam tabung juga menyebabkan suhu di dalam butiran meningkat, sehingga kelembaban di dalam butiran menurun. Sistem ini menggunakan metode fuzzy Mamdani untuk mengontrol kadar air butir serta mengontrol suhu. Data dari metode kontrol digunakan sebagai masukan ke aktuator yang secara otomatis menstabilkan suhu dan mematikan sistem operasi. Motor DC digunakan untuk menggerakkan agitator agar butiran gabah kering merata. Proses ini akan terus dilakukan iterasi hingga kontrol fuzzy dengan klasifikasi kering tercapai.

Hasil

Uji Coba Pengimplementasian Fuzzy Mamdani pada Program ESP32

Uji coba dilakukan berupa simulasi dengan menggunakan *software* Matlab yang didalamnya sudah terdapat sistem fuzzy mamdani sebagai data pembanding dari program fuzzy yang ditanam kedalam ESP32, uji coba dilakukan dengan cara memasukkan input temperature dan humidity sesuai dengan range yang berlaku pada rules fuzzy yang sudah ditetapkan.

No	Humidity	Temperature	PWM ARDUINO	PWM MATLAB	Persentase Error
1	68	33	201,48	202	0,26%
2	60	38	196,1	197	0,46%
3	58	42	170,3	171	0,41%
4	54	47	127,75	128	0,20%
5	48	58,6	44,88	44,2	1,54%
6	40	38	44,51	43,9	1,39%
7	30	60	43,68	43,6	0,18%
8	25	65	45,19	44,5	1,55%
9	20	67,9	44,53	43,9	1,43%
10	14	54	47,38	46,8	1,23%
Rata-rata error					0,86%

Gambar 7. Simulasi Matlab

Hasil analisis data menunjukkan bahwa nilai PWM yang dihasilkan oleh ESP32 dan MATLAB memiliki konsistensi yang sangat baik, dengan rata-rata persentase error sebesar 0,86%. Dari sepuluh pengamatan yang dilakukan, persentase error berkisar antara 0,18% hingga 1,55%, menunjukkan bahwa perbedaan antara kedua metode pengukuran ini sangat kecil. Perlu dicatat bahwa perbedaan kecil ini mungkin juga dipengaruhi oleh proses pembulatan angka-angka berkoma dalam MATLAB, yang merupakan konsekuensi dari

keterbatasan representasi floating point dalam perangkat lunak tersebut[9].

Analisis ini diperkuat dengan visualisasi pada grafik pada gambar 8 yang menunjukkan perbandingan nilai PWM antara Arduino dan MATLAB. Grafik tersebut memperlihatkan bahwa kedua nilai PWM tersebut hampir identik pada setiap pengamatan, dengan perbedaan yang sangat kecil dan konsisten. Pada pengamatan 1 hingga 5, terlihat nilai PWM yang tinggi dan menurun secara bertahap, sedangkan pada pengamatan 6 hingga 10, nilai PWM stabil pada nilai yang lebih rendah. Grafik ini menggarisbawahi bahwa meskipun terdapat variasi nilai PWM berdasarkan kondisi pengamatan yang berbeda, perbedaan antara Arduino dan MATLAB tetap minimal. Dengan persentase error yang rendah dan bukti visual dari grafik, hasil ini membuktikan bahwa baik Arduino maupun MATLAB dapat menghasilkan nilai PWM yang akurat dan dapat diandalkan. Pengukuran yang konsisten ini memberikan keyakinan bahwa kedua alat tersebut dapat digunakan secara bergantian atau bersamaan dalam berbagai aplikasi yang memerlukan pengukuran PWM dengan akurasi tinggi.



4. Kesimpulan

Sistem fuzzy yang diterapkan dalam mesin ini dapat digolongkan sebagai teknologi machine learning[10], sehingga memungkinkan pengeringan lebih cepat dengan sejumlah rules keadaan yang berlaku tanpa tergantung pada cuaca atau gangguan hama dan hewan liar.

Berdasarkan hasil rancangan dan simulasi yang sudah dilakukan, alat ini diharapkan bisa menjadi solusi bagi para petani di Indonesia agar bisa meningkatkan lagi produktivitas pertanian di Indonesia dan efisiensi dalam pengeringan gabah padi kedepannya.

Daftar Acuan

- [1] Feby Musti Ariska, B. Q. *Perkembangan Impor Beras Di Indonesia* (2022).
- [2] Malian, A. H. *Kebijakan Perdagangan Internasional Komoditas Pertanian Indonesia* (2004).

- [3] S. A. and S. L, "*Traditional sun drying method in paddy post-harvest in Indonesia*" 2016.
- [4] Nofria Hanafi, M. R. *Rancang Bangun Pengereng Gabah Otomatis*. (2023).
- [5] T. Panggabean, A. N. Trian and A. Hayati, "*Kinerja Pengerengan Gabah Menggunakan Alat Pengereng Tipe Rak dengan Energi*" vol. 37, pp. 229-235, 2017.
- [6] Mohammad Arif Kurniawan, D. I. *Rancang Bangun Alat Pengereng Gabah Menggunakan Sensor Dht-21 Berbasis Mikro Kontroler Arduino Mega 2560* (2023).
- [7] H. Zhang et al. "Application of Temperature and Humidity Sensors in Automated Grain Drying Systems" (2016)
- [8] S. Maryam, E. Bu'ulolo and E. Hatmi, "Penerapan Metode Fuzzy Mamdani dan Fuzzy Mamdani Dalam Menentukan Harga Mobil Bekas," *Journal of Informatics, Electrical and Electronics Engineering*, vol. 1, pp. 10-14, 2021.
- [9] C. Moler, "*Understanding Floating Point Precision, Loss of Significance, and Limits in MATLAB*" 2017.
- [10] C. C. e. al, "*Fuzzy Systems and Machine Learning: Concepts, Applications, and Future Directions*" 2015.