

Implementasi Fuzzy Mamdani pada Sistem Kulkas Pintar Untuk Penentuan Kelayakan Konsumsi Makanan

Made Dwi Lysya Tifania^{1*}, Anang Kukuh Adisusilo²

^{1,2}Program Studi Informatika, Fakultas Teknik Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

E-mail: ¹madetifania@gmail.com, ²anang65@uwks.ac.id

*Penulis Koresponden

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem kulkas pintar yang mampu mengevaluasi kelayakan konsumsi makanan dan memantau ketersediaan stok secara otomatis menggunakan pendekatan logika *Fuzzy Mamdani*. Mengatasi tantangan pemborosan makanan akibat konsumsi yang tidak tepat dan kurangnya kontrol stok, sistem dirancang untuk membaca masukan dari sensor suhu, sensor gas, dan waktu simpan makanan. Model fuzzy dibangun berdasarkan aturan linguistik yang mengklasifikasikan status kelayakan makanan ke dalam tiga kategori: Layak, Perlu Dicek, dan Tidak Layak. Sistem juga mengelola data stok makanan dengan mencatat perubahan akibat aktivitas penyimpanan dan pengambilan. Evaluasi sistem dilakukan pada sejumlah skenario simulatif dengan kombinasi input berbeda, dan menunjukkan bahwa keluaran yang dihasilkan selaras dengan logika yang diharapkan dari aturan fuzzy. Meskipun sistem telah menunjukkan akurasi keluaran dalam kondisi simulasi, penelitian ini masih terbatas pada uji coba berbasis data input manual dan belum diintegrasikan dengan sensor fisik secara penuh. Hasil ini berfungsi sebagai ilustrasi metodologi dan validasi konsep dasar *Fuzzy Mamdani* dalam mendukung keputusan konsumsi makanan. Untuk aplikasi nyata, diperlukan integrasi perangkat keras dan pengujian di lingkungan rumah tangga yang dinamis di masa mendatang.

Kata Kunci: Fuzzy Mamdani, evaluasi kelayakan, IoT, kulkas pintar, stok makanan

ABSTRACT

This study aims to develop a smart refrigerator system capable of evaluating food consumption feasibility and monitoring stock availability automatically using the Fuzzy Mamdani logic approach. Addressing the challenges of food waste due to improper consumption and lack of stock control, the system is designed to process input from temperature sensors, gas sensors, and food storage time. The fuzzy model is built upon linguistic rules that classify food feasibility status into three categories: Safe, Needs Checking, and Not Safe. The system also manages food stock data by recording changes from storage and retrieval activities. Evaluation was conducted on several simulated scenarios with varying input combinations, and the results showed that the system output aligned with expected fuzzy logic reasoning. Although the system has demonstrated output accuracy in simulated conditions, this study is limited to manual input tests and has not yet been fully integrated with physical sensors. These results serve as a methodological illustration and conceptual validation of Fuzzy Mamdani logic in supporting food consumption decisions. For real-world applications, future development must involve hardware integration and testing in dynamic household environments.

Keywords: Fuzzy Mamdani, food feasibility, IoT, smart refrigerator, stock monitoring

1. PENDAHULUAN

Manajemen kelayakan dan ketersediaan makanan merupakan elemen penting dalam menjaga kesehatan dan efisiensi konsumsi rumah tangga. Di tengah meningkatnya kesadaran akan keamanan pangan dan

pengurangan limbah makanan, banyak pengguna rumah tangga mengalami kesulitan dalam mengevaluasi kondisi bahan makanan secara akurat serta menjaga stok agar tetap optimal. Makanan yang sudah tidak layak konsumsi sering kali tidak terdeteksi tepat waktu, sementara kekurangan stok dapat mengganggu kelangsungan aktivitas memasak dan pemenuhan nutrisi keluarga. Seiring dengan perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan kecerdasan buatan, perangkat rumah tangga kini mulai diarahkan menjadi lebih cerdas dan adaptif. Salah satu inovasi yang terus dikembangkan adalah kulkas pintar (*smart refrigerator*), yang tidak hanya berfungsi sebagai tempat penyimpanan makanan, tetapi juga dapat melakukan pemantauan kondisi internal serta memberikan rekomendasi berdasarkan data sensor. Dalam konteks ini, pemanfaatan logika fuzzy khususnya metode *Fuzzy Mamdani* menjadi pendekatan yang relevan untuk menangani ketidakpastian dan ambiguitas data lingkungan seperti suhu, bau, dan umur simpan makanan [2].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang kulkas pintar berbasis logika fuzzy Mamdani yang mampu mengevaluasi kelayakan konsumsi makanan dan memantau stok secara otomatis. Sistem dirancang untuk menerima masukan dari sensor suhu, sensor gas (untuk mendeteksi bau), dan waktu penyimpanan. Masukan ini diproses oleh sistem fuzzy untuk menghasilkan dua output utama: status kelayakan makanan (Layak, Perlu Dicek, Tidak Layak) dan status stok (Aman, Menipis, Habis). Selain itu, sistem juga mencatat setiap perubahan jumlah makanan sebagai basis pengelolaan inventaris internal [3].

Penelitian ini menggunakan pendekatan simulatif dengan desain sistem berbasis mikrokontroler dan model fuzzy yang dirancang melalui *rule base* linguistik. Evaluasi dilakukan dengan menguji respons sistem terhadap berbagai kombinasi input untuk menilai konsistensi dan ketepatan inferensi fuzzy yang dibangun. Penelitian-penelitian sebelumnya telah banyak memanfaatkan logika fuzzy untuk kontrol suhu kulkas atau sistem penyimpanan terpisah, namun belum secara menyeluruh mengintegrasikan evaluasi kelayakan makanan dengan sistem manajemen stok berbasis IoT dalam satu platform. Oleh karena itu, kontribusi utama dari penelitian ini adalah membangun arsitektur terpadu yang mendemonstrasikan penerapan *Fuzzy Mamdani* dalam konteks sistem kulkas pintar berbasis pengambilan keputusan otomatis.

2. METODE

2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa perangkat lunak dengan metode eksperimen berbasis simulasi. Fokus utama penelitian adalah merancang sistem fuzzy untuk mengevaluasi kelayakan makanan dan memantau stok secara otomatis dalam sebuah prototipe kulkas pintar. Tujuan dari desain ini adalah menciptakan sistem yang mampu mengolah input sensor (suhu, bau, dan waktu simpan) menjadi output linguistik yang menggambarkan status kelayakan makanan dan ketersediaan stok. Logika fuzzy Mamdani dipilih karena kemampuannya dalam menangani ketidakpastian dan menghasilkan keputusan berbasis aturan (*rule-based decision making*) yang menyerupai pertimbangan manusia.

2.2. Formulasi Permasalahan

Permasalahan yang diformulasikan dalam penelitian ini adalah:

Diberikan tiga parameter input sebagai fungsi:

1. x^1 : suhu (dalam derajat Celsius)
2. x^2 : nilai konsentrasi gas (dalam skala sensor 0–100)
3. x^3 : umur simpan (dalam hari)

Tentukan fungsi fuzzy $f(x_1, x_2, x_3)$ yang mengklasifikasikan makanan menjadi status:

1. Layak konsumsi
2. Perlu dicek
3. Tidak layak

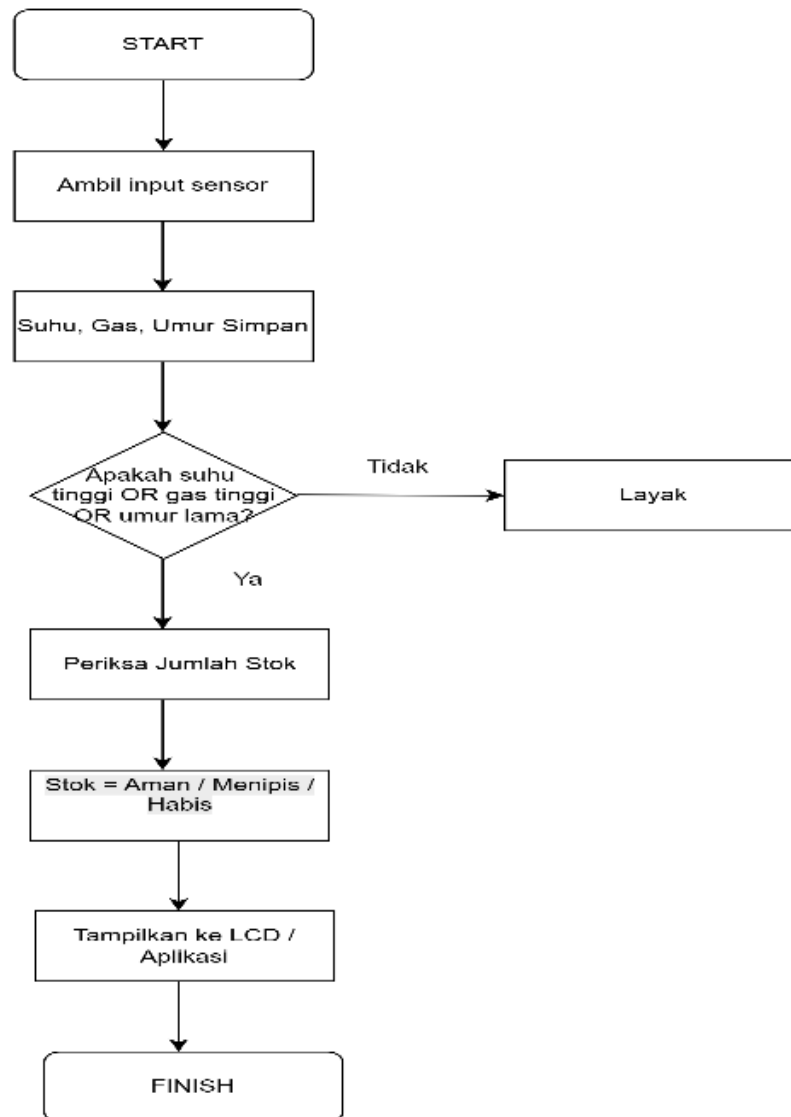
Serta tentukan fungsi $g(n)$ untuk jumlah stok makanan $n \in \mathbb{Z}$ yang diklasifikasikan menjadi:

1. Aman jika $n > 3$
2. Menipis jika $1 \leq n \leq 3$
3. Habis jika $n = 0$

2.3. Desain system

Flowchart inidigunakan untuk menggambarkan langkah-langkah sistem secara sistematis dan terstruktur, sehingga mempermudah pemahaman terhadap alur kerja, logika percabangan (*if-else*), dan interaksi antar komponen dalam sistem. Dalam konteks penelitian ini, flowchart berfungsi sebagai alat bantu visual untuk menjelaskan proses kerja sistem kulkas pintar mulai dari pengambilan data sensor (suhu, bau, dan umur simpan), proses pengambilan keputusan berbasis logika fuzzy Mamdani, hingga penentuan status

kelayakan makanan dan ketersediaan stok yang ditampilkan ke pengguna. Penggunaan flowchart bertujuan menyederhanakan kompleksitas proses, meningkatkan keterbacaan sistem, serta memastikan setiap tahapan logis dapat ditelusuri dengan mudah oleh pembaca maupun pengembang sistem.



Gambar 1. Flowchart penelitian

2.4. Algoritma Sistem (Pseudocode)

Pada bagian ini, sistem yang dirancang menggunakan pendekatan logika fuzzy Mamdani untuk mengevaluasi kelayakan konsumsi makanan berdasarkan tiga parameter input: suhu, bau (gas), dan umur simpan. Selain itu, sistem juga memeriksa status stok makanan berdasarkan jumlah unit yang tersedia di database [4]. Proses pengambilan keputusan dilakukan melalui proses *fuzzifikasi*, penerapan *rule base*, *defuzzifikasi*, dan klasifikasi akhir. Berikut contoh Pseudocodenya :

```

Input: suhu, bau, umur_simpan
Output: kelayakan_status, stok_status
Begin
  Fuzzify suhu → {dingin, normal, panas}
  Fuzzify bau → {tidak_bau, sedikit_bau, bau}
  Fuzzify umur → {baru, sedang, lama}
  Apply Rule Base:
    - if suhu = panas or bau = bau or umur = lama then kelayakan = tidak_layak
    - else if suhu = normal and bau = sedikit_bau and umur = sedang then kelayakan = perlu_cek
    - else if suhu = dingin and bau = tidak_bau and umur = baru then kelayakan = layak
  Defuzzify kelayakan → nilai crisp (0-100)
  
```

```

Classify kelayakan_status from nilai fuzzy:
- nilai < 40 → Layak
- nilai 40-70 → Perlu Dicek
- nilai > 70 → Tidak Layak
Read jumlah_stok from database
if jumlah_stok > 3 then stok_status = Aman
else if jumlah_stok ≥ 1 then stok_status = Menipis
else stok_status = Habis
End;

```

Penjelasan:

1. Fuzzifikasi mengubah input numerik menjadi derajat keanggotaan dalam himpunan fuzzy.
2. Rule base berupa aturan linguistik seperti:
“Jika suhu panas ATAU bau tinggi ATAU umur simpan lama, maka makanan tidak layak”.
3. Defuzzifikasi menghasilkan angka tunggal yang menunjukkan skor kelayakan, lalu diklasifikasikan kembali dalam 3 kategori linguistik.
4. Pengecekan stok dilakukan dengan logika if-else, tanpa fuzzy, karena datanya bersifat pasti (jumlah stok dalam angka bulat).

2.5. Teknik Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini diperoleh secara simulatif dengan cara membuat kombinasi input dari tiga parameter utama sistem, yaitu suhu, bau, dan umur simpan. Kombinasi ini digunakan untuk menguji berbagai kondisi realistis yang bisa terjadi dalam penyimpanan makanan di kulkas. Misalnya:

Tabel 1. Kondisi-kondisi saat penyimpanan makanan

Contoh Kondisi	Input Suhu	Input Bau	Umur Simpan	Output Yang diharapkan
Makanan baru dan disimpan dingin	5°C	10	1 hari	Layak
Makanan lama dan berbau	27°C	90	6 hari	Tidak Layak
Makanan sedang	18°C	50	3 hari	Perlu di cek

Simulasi Input:

1. Suhu: 5°C hingga 30°C
2. Bau: 0 hingga 100 (dalam skala sensor gas)
3. Umur simpan: 0 hingga 7 hari

Alat Sensor (dalam simulasi):

1. Sensor Suhu: LM35, digunakan untuk membaca suhu aktual di dalam kulkas (0–100°C).
2. Sensor Gas: MQ-135, digunakan untuk mendeteksi gas seperti amonia dan zat VOC (penanda pembusukan makanan).
3. RTC Module: (Real-Time Clock) digunakan untuk mencatat berapa lama makanan disimpan.

2.6. Teknik Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan menggunakan pendekatan black-box testing, yaitu menguji sistem berdasarkan input dan output tanpa melihat kode program atau detail implementasi internal. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa sistem:

1. Menghasilkan output kelayakan yang konsisten dengan aturan fuzzy yang dirancang.
2. Mengklasifikasikan status makanan dengan tepat, sesuai kondisi input.
3. Menyediakan informasi stok yang akurat, berdasarkan logika if-else.

Prosedur Pengujian:

1. Input diberikan dalam bentuk nilai numerik untuk suhu, gas, dan umur simpan.
2. Hasil yang diharapkan ditentukan berdasarkan aturan linguistik.
3. Output sistem dibandingkan dengan ekspektasi manual

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil implementasi sistem fuzzy Mamdani pada kulkas pintar, mulai dari pemrosesan input sensor hingga output akhir berupa status kelayakan makanan dan status stok. Hasil ditampilkan dalam bentuk tabel simulasi, grafik sistem, serta analisis terhadap konsistensi logika fuzzy.

3.1. Hasil Implementasi Fuzzy Mamdani

Pengujian dilakukan secara simulatif dengan memberikan berbagai kombinasi nilai input suhu, bau (sensor gas), dan umur simpan. Sistem kemudian melakukan fuzzifikasi, penerapan aturan (*rule base*), defuzzifikasi, dan klasifikasi terhadap status kelayakan makanan [4].

Berikut adalah tabel hasil dari beberapa skenario pengujian:

Tabel 2. Hasil Evaluasi Kelayakan Makanan Berdasarkan Input Simulatif

Suhu (°C)	Bau (0–100)	Umur (hari)	Nilai Fuzzy	Kelayakan	Jumlah Stok	Status stok
6	15	1	27.5	Layak	5	Aman
20	55	4	51.0	Perlu di cek	2	Menipis
28	90	6	84.3	Tidak Layak	0	Habis
16	40	2	45.2	Perlu di cek	4	Aman
25	30	3	62.1	Perlu di cek	1	Menipis
16	10	0	20.8	Layak	0	Habis

Penjelasan Tabel 1:

1. Nilai fuzzy berkisar antara 0 hingga 100.
2. Jika nilai $< 40 \rightarrow$ Layak, $40-70 \rightarrow$ Perlu Dicek, $> 70 \rightarrow$ Tidak Layak.
3. Status stok dihitung berdasarkan jumlah makanan yang tersedia.

3.2. Interpretasi Output Fuzzy

Sistem memberikan output yang konsisten dengan aturan linguistik fuzzy Mamdani yang telah dirancang. Misalnya:

1. Skenario 1 (dingin, tidak bau, dan umur pendek) $\rightarrow$ menghasilkan nilai fuzzy rendah, diklasifikasikan sebagai Layak.
2. Skenario 3 (panas, bau tinggi, dan umur lama) $\rightarrow$ sistem mendeteksi kondisi buruk dan menghasilkan output Tidak Layak dengan nilai fuzzy tinggi.
3. Skenario 2 & 5 menunjukkan kondisi campuran, menghasilkan nilai fuzzy menengah, yang diklasifikasikan sebagai Perlu Dicek.

Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu meniru penalaran manusia dalam mengklasifikasikan kelayakan makanan secara linguistik berdasarkan kombinasi variabel.

3.3. Evaluasi Status Stok

Selain kelayakan makanan, sistem juga mengelola informasi stok. Logika if-else sederhana digunakan untuk mengevaluasi ketersediaan makanan:

1. $\text{Stok} > 3 \rightarrow$ Aman
2. $1 \leq \text{Stok} \leq 3 \rightarrow$ Menipis
3. $\text{Stok} = 0 \rightarrow$ Habis

Skenario 3 dan 6 menunjukkan kombinasi di mana makanan dinyatakan tidak layak atau layak, tetapi stok habis. Artinya, sistem tetap mampu menampilkan status stok secara independen terhadap hasil fuzzy.

3.4. Kelebihan Sistem

Sistem ini memiliki beberapa kelebihan, antara lain:

1. Menggunakan logika fuzzy Mamdani yang mendekati cara berpikir manusia.
2. Sistem tidak hanya menilai kondisi makanan, tetapi juga mengelola stok.
3. Dapat diintegrasikan dengan sistem IoT (seperti ESP32 + Blynk) untuk pemantauan real-time.

3.5. Keterbatasan dan Prospek Pengembangan

Penelitian ini masih terbatas pada simulasi input dan belum diintegrasikan penuh dengan sensor fisik. Selain itu, rule base bersifat terbatas (hanya beberapa aturan utama).

Pengembangan ke depan dapat meliputi:

1. Integrasi dengan sensor suhu dan gas secara langsung.
2. Penambahan rule base yang lebih kompleks untuk jenis makanan berbeda.
3. Visualisasi antarmuka pengguna berbasis mobile atau web dashboard.
4. Notifikasi otomatis kepada pengguna saat makanan tidak layak atau stok habis.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem kulkas pintar berbasis logika fuzzy Mamdani yang mampu mengevaluasi kelayakan konsumsi makanan dan memantau ketersediaan stok secara otomatis. Tujuan penelitian sebagaimana yang telah dijelaskan pada Bab Pendahuluan, yaitu menyusun sistem pendukung keputusan yang dapat mengolah input suhu, bau, dan umur simpan untuk menghasilkan klasifikasi kelayakan makanan, telah tercapai dan terbukti pada Bab Hasil dan Pembahasan. Sistem yang dikembangkan menunjukkan kemampuan dalam meniru pola pengambilan keputusan manusia melalui fuzzy rule base, serta memberikan hasil evaluasi yang konsisten dan logis pada berbagai skenario pengujian simulatif.

Selain itu, sistem juga berhasil menentukan status stok makanan secara tepat menggunakan logika if-else sederhana, yang bekerja secara paralel dengan proses fuzzy. Hasil pengujian membuktikan bahwa sistem mampu mengklasifikasikan makanan ke dalam tiga kondisi (Layak, Perlu Dicek, Tidak Layak) dan memberikan informasi stok (Aman, Menipis, Habis) secara real-time dan akurat [5].

Adapun keterbatasan dari penelitian ini terletak pada pengujian yang masih bersifat simulatif dan belum melibatkan integrasi penuh dengan sensor fisik maupun data aktual rumah tangga. Oleh karena itu, prospek pengembangan sistem ini sangat terbuka, antara lain:

1. Integrasi langsung dengan sensor suhu, gas, dan modul waktu penyimpanan berbasis mikrokontroler (seperti ESP32).
2. Peningkatan kompleksitas *rule base* untuk jenis makanan yang lebih beragam.
3. Pengembangan antarmuka pengguna berbasis aplikasi mobile untuk pemantauan dan notifikasi otomatis.
4. Pengujian di lingkungan nyata untuk mengukur akurasi dan efisiensi sistem dalam konteks rumah tangga sesungguhnya.

Dengan demikian, sistem kulkas pintar yang dikembangkan dalam penelitian ini telah menunjukkan potensi sebagai alat bantu pengambilan keputusan berbasis kecerdasan buatan dalam manajemen konsumsi makanan yang efisien dan berbasis teknologi cerdas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. D. Arifin, "Review Pemanfaatan Big Data dan Internet of Things (IoT) Dalam Industri Perkapalan," *J. Tek. Teknol. Kelaut. dan Energi Terbarukan*, vol. 2, no. 01, pp. 1–7, 2024.
- [2] A. W. F. Much Junaidi, Eko Setiawan, "Penentuan Jumlah Produksi Dengan Aplikasi Fuzzy – Mamdani," pp. 95–104, 2005, [Online]. Available: <http://eprints.ums.ac.id/198/1/JTI-0402-06-OK.pdf>.
- [3] M. Simanjuntak and A. Fauzi, "Penerapan Fuzzy Mamdani Pada Penilaian Kinerja Dosen (Studi Kasus STMIK Kaputama Binjai)," *J. ISD*, vol. 2, no. 2, pp. 2528–5114, 2017.
- [4] M. Irfan, L. P. Ayuningtias, and J. Jumadi, "Analisa Perbandingan Logic Fuzzy Metode Tsukamoto, Sugeno, Dan Mamdani (Studi Kasus : Prediksi Jumlah Pendaftar Mahasiswa Baru Fakultas Sains Dan Teknologi Uin Sunan Gunung Djati Bandung)," *J. Tek. Inform.*, vol. 10, no. 1, pp. 9–16, 2018, doi: 10.15408/jti.v10i1.6810.
- [5] H. Nasution, "Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan," *ELKHA J. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 4–8, 2020, [Online]. Available: [https://jurnal.untan.ac.id/index.php/Elkha/article/view/512%0Ahttp://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1559615&val=2337&title=Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan](https://jurnal.untan.ac.id/index.php/Elkha/article/view/512%0Ahttp://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1559615&val=2337&title=Implementasi%20Logika%20Fuzzy%20pada%20Sistem%20Kecerdasan%20Buatan)