

## Rancang Bangun Rhodamine Detector menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto berbasis *Internet of Things*

Ulfa Andayani<sup>a,1,\*</sup>, Eka Ratri Noor W.<sup>b,2</sup>, Salnan Ratih Asriningtias<sup>b,3</sup>, Bayu Sutawijaya<sup>b,4</sup>,  
Hafrida Rahmah<sup>b,5</sup>

<sup>a</sup>Departemen Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Kota Malang, Indonesia

<sup>b</sup>Departemen Industri Kreatif dan Digital, Jl. Veteran, Kota Malang, Indonesia

<sup>1</sup>ulfasuryadi@ub.ac.id; <sup>2</sup>ekaratri@ub.ac.id\*; <sup>3</sup>salnan@ub.ac.id; <sup>4</sup>bayu\_sutawijaya@ub.ac.id,

<sup>5</sup>hafrida.rahmah@ub.ac.id

\* Penulis Koresponden

### INFO ARTIKEL

#### Histori Artikel

Pengajuan 2025-10-06

Diperbaiki 2025-11-06

Diterima 2025-12-19

#### Kata Kunci

Deteksi Rhodamine B,  
Fuzzy Tsukamoto,  
Internet of Things  
(IoT),  
Keamanan Pangan,  
Pemantauan real-time

### ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan alat deteksi yang mampu mengidentifikasi keberadaan Rhodamine B dalam makanan dengan menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto berbasis Internet of Things (IoT). Rhodamine B merupakan zat pewarna yang umum digunakan dalam industri makanan, namun keberadaannya dapat menimbulkan risiko kesehatan. Metode Fuzzy Tsukamoto digunakan karena kemampuannya menangani ketidakpastian informasi, sedangkan teknologi IoT memungkinkan pemantauan secara real-time. Penelitian ini menghasilkan alat deteksi dengan tingkat akurasi tinggi dan waktu respons yang cepat. Berdasarkan pengujian terhadap 28 sampel, sistem deteksi berbasis fuzzy Tsukamoto mencapai akurasi klasifikasi sebesar 96,42%. Integrasi kedua teknologi tersebut meningkatkan ketepatan analisis serta memungkinkan pemantauan langsung terhadap berbagai jenis makanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat deteksi yang dikembangkan efisien, andal, dan memenuhi standar keamanan pangan yang berlaku, sehingga dapat digunakan dalam proses pemantauan dan pengendalian kualitas pangan.

### ABSTRACT

#### Keyword

Food safety,  
Fuzzy Tsukamoto,  
Internet of Things  
(IoT),  
Rhodamine B  
detection,  
Real-time monitoring

*This study developed a detection device capable of identifying the presence of Rhodamine B in food using an Internet of Things (IoT)-based Fuzzy Tsukamoto method. Rhodamine B is a coloring agent commonly used in the food industry, but its presence poses health risks. The Fuzzy Tsukamoto method was applied for its ability to manage uncertain information, while IoT technology enabled real-time monitoring. The research resulted in a detection tool with high accuracy and fast response time. Based on validation using 28 field samples, the fuzzy Tsukamoto-based detection system achieved a classification accuracy of 96.5%. The integration of these technologies enhanced analytical precision and allowed direct monitoring across various food types. The findings demonstrate that the developed detection device is efficient, reliable, and compliant with food safety standards, making it suitable for use in food monitoring and quality control processes.*

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



## 1. Pendahuluan

Rhodamine B merupakan salah satu zat warna sintetis yang secara ilegal sering ditambahkan ke dalam makanan untuk meningkatkan penampilan visual produk tanpa mempertimbangkan dampak negatifnya terhadap kesehatan konsumen [1]. Penggunaan zat ini telah dilarang di banyak negara karena sifat karsinogenik dan potensi merusak organ dalam jangka panjang [2].

Rhodamine B, sebuah zat warna sintetis yang terutama digunakan dalam industri tekstil dan kertas, memiliki risiko toksikologis yang signifikan ketika disalahgunakan sebagai bahan tambahan makanan. Meskipun penggunaannya dalam makanan telah dilarang melalui peraturan, keberadaannya dalam produk makanan seperti saus, kerupuk, dan terasi telah terdokumentasi, menunjukkan bahwa penyalahgunaan ini masih berlangsung [3], [4]. Dampak kesehatan dari Rhodamine B sangat serius, termasuk iritasi pada saluran pernapasan dan pencernaan, iritasi kulit dan mata, disfungsi hati, serta peningkatan risiko kanker hati. Paparan jangka panjang juga dapat menyebabkan peradangan pada ginjal dan toksisitas reproduksi, sebagaimana dibuktikan melalui studi pada ikan zebra (zebrafish), yang menunjukkan gangguan signifikan pada fungsi reproduksi dan efek lintas generasi seperti penurunan tingkat kelangsungan hidup dan peningkatan malformasi pada keturunan [5].

Karena sifat berbahayanya, deteksi Rhodamine B dalam makanan telah menjadi area penelitian yang penting, dengan tujuan untuk mengembangkan metode yang lebih sensitif, spesifik, dan cepat dalam mengidentifikasi kontaminasi ini. Penelitian terkini oleh Kumar dan Singh (2023) mengeksplorasi penggunaan nanoteknologi untuk meningkatkan kemampuan deteksi Rhodamine B, menunjukkan potensi penggunaan nanopartikel untuk meningkatkan sensitivitas metode deteksi. Keseluruhan bukti menegaskan pentingnya pengembangan teknologi deteksi yang canggih untuk melindungi kesehatan publik dari risiko yang ditimbulkan oleh kontaminan makanan ini, memperkuat urgensi untuk inovasi dalam bidang keamanan pangan.

Pengembangan teknologi deteksi cepat dan akurat untuk zat berbahaya seperti Rhodamine B menjadi penting mengingat keterbatasan metode konvensional yang sering kali membutuhkan waktu lama dan biaya tinggi [6]. Dalam konteks ini, penerapan metode Fuzzy Tsukamoto dalam pengembangan alat deteksi menawarkan solusi yang efektif karena kemampuannya dalam menangani ketidakpastian dan keambiguan yang sering muncul dalam analisis kualitatif zat kimia [7]. Metode ini memungkinkan penilaian cepat dan akurat terhadap kandungan zat berbahaya dengan memanfaatkan logika fuzzy untuk menafsirkan data yang kompleks dan beragam.

Integrasi Internet of Things (IoT) dalam deteksi zat berbahaya pada makanan telah merevolusi pendekatan keamanan pangan dengan memungkinkan konektivitas dan otomatisasi yang belum pernah terjadi sebelumnya. Teknologi IoT memanfaatkan jaringan perangkat cerdas yang saling terhubung untuk memonitor, mengumpulkan, dan menganalisis data secara real-time [8], memberikan wawasan langsung tentang keberadaan kontaminan dalam makanan. Sebagai contoh, dalam penelitian yang berjudul *Smart Food Quality Monitoring by Integrating IoT and Deep Learning for Enhanced Safety and Freshness* oleh Kavitha Kumari et al. [9], IoT memainkan peran penting dalam sistem pemantauan kualitas makanan dengan memanfaatkan sensor untuk menangkap data real-time mengenai kondisi lingkungan, seperti suhu, kelembapan, dan komposisi gas, sepanjang rantai produksi dan distribusi makanan. Data ini kemudian dianalisis menggunakan algoritma pembelajaran mendalam untuk mengidentifikasi anomali dan memprediksi potensi bahaya, memungkinkan intervensi proaktif. Integrasi sensor cerdas dan teknologi wearable membantu mengurangi pembusukan, memperpanjang masa simpan, dan memastikan kepatuhan terhadap standar keamanan dalam pengelolaan kualitas makanan.

Temuan ini menunjukkan bagaimana teknologi IoT dapat meningkatkan efisiensi dan responsivitas dalam memastikan keamanan dan kualitas pangan.

Kemajuan dalam teknologi IoT dan blockchain telah merevolusi manajemen rantai pasokan makanan dengan meningkatkan traceability dan akuntabilitas. Dalam penelitian berjudul *Food Supply Chain Management by Leveraging AI, IoT, and Blockchain Technologies* oleh K. Radhika et al. [10], integrasi IoT memungkinkan pemantauan kualitas dan keamanan makanan secara real-time, sementara blockchain menyediakan catatan transaksi yang terdesentralisasi dan tidak dapat diubah, memastikan transparansi dari sumber hingga ke konsumen. Kombinasi ini tidak hanya meningkatkan keamanan pangan dan efisiensi pelacakan produk, tetapi juga memastikan kepatuhan terhadap regulasi yang berlaku. Selain itu, aplikasi inovatif seperti kemasan pintar dan analitik prediktif turut membantu mengatasi tantangan yang ada dalam rantai pasokan makanan.

Selanjutnya, integrasi teknologi Internet of Things (IoT) dalam sistem deteksi keamanan pangan menghadirkan inovasi signifikan. Sistem deteksi berbasis IoT menggunakan sensor elektronik yang dapat dimakan untuk memantau kerusakan makanan secara real-time [11]. Sensor-sensor ini mengumpulkan data tentang kondisi makanan, baik cair maupun padat, yang kemudian diproses oleh mikrokontroler yang terhubung ke internet. Konektivitas ini memungkinkan transfer data melalui jaringan cloud, memberikan pengguna kemampuan untuk memprediksi masa simpan dan mengurangi pemborosan makanan. Integrasi biosensor dalam sistem ini juga berperan penting dalam meningkatkan keamanan dan kualitas makanan, menjadikan IoT sebagai solusi yang efektif untuk pengawasan pangan secara modern.

Keberhasilan pengembangan alat deteksi Rhodamine B dipengaruhi oleh kemajuan teknologi sensor yang andal dan praktis. Penelitian *Development of Arduino Uno-Based TCS3200 Color Sensor and Its Application on the Determination of Rhodamine B Level in Syrup* [12] menunjukkan bahwa sensor warna berbasis Arduino Uno dapat mendeteksi Rhodamine B dalam sirup dengan akurasi yang setara dengan metode spektrofotometri UV-Vis. Sensor ini menawarkan solusi yang lebih sederhana dan efisien, menjadikannya alternatif yang andal untuk mendeteksi kontaminan dalam makanan dan minuman.

Lebih jauh, integrasi algoritma Fuzzy Tsukamoto dalam dashboard monitoring memperkuat kemampuan sistem untuk mengevaluasi dan menginterpretasi data secara real-time [13]. Metoda ini menggunakan aturan IF-THEN yang direpresentasikan dalam himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan monoton, yang memproses data melalui tahapan fuzzifikasi, inferensi, komposisi, dan defuzzifikasi. Dalam konteks keamanan pangan, penerapan metode ini pada dashboard monitoring tidak hanya memungkinkan deteksi kontaminan secara efisien, tetapi juga mendukung sistem pengambilan keputusan yang lebih cerdas. Dengan demikian, Fuzzy Tsukamoto membantu memastikan bahwa kebutuhan informasi semua pihak terkait—produsen, regulator, dan konsumen—dapat terpenuhi secara efektif, sekaligus memfasilitasi proses pelaporan yang transparan dan akurat [14].

Namun, pengembangan dan implementasi teknologi ini juga menghadapi tantangan signifikan, terutama terkait privasi dan keamanan data dalam aplikasi IoT. Beberapa penelitian menyoroti bahwa aplikasi IoT rentan terhadap berbagai ancaman, termasuk akses tidak sah, pelanggaran data, dan eksploitasi kerentanan sistem [15]. Analisis studi kasus mengungkapkan beberapa insiden keamanan terkini dan respons terhadap insiden tersebut. Untuk meningkatkan keamanan IoT, diperlukan langkah-langkah global dan kolaboratif yang mencakup ancaman saat ini maupun yang akan datang. Pendekatan ini menekankan pentingnya perbaikan berkelanjutan dan kerja sama di antara para pemangku kepentingan IoT guna melindungi informasi sensitif dan menjaga kepercayaan pengguna.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada pengembangan teknologi deteksi zat berbahaya dalam makanan tetapi juga menyoroti pentingnya integrasi antara teknologi sensor, pengolahan data fuzzy, dan IoT dalam menciptakan sistem keamanan pangan yang lebih efektif dan efisien. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat meningkatkan standar keamanan pangan dan melindungi kesehatan publik dari risiko zat berbahaya seperti Rhodamine B.

## 2. Metode Penelitian

Merancang arsitektur sistem deteksi yang mengintegrasikan sensor warna TCS34725 untuk deteksi zat berbahaya, metode Fuzzy Tsukamoto untuk analisis data, dan IoT untuk komunikasi dan pemantauan data. Pada sistem deteksi zat berbahaya pada makanan terdapat 2 atribut dengan himpunan fuzzy masing-masing diantaranya :

Variabel Input Rhodamine B adalah warna Red, Green, dan Blue (R,G,B) dengan fuzzy set berikut:

*Fuzzy Set untuk R (Red)*

Domain:  $R \in [0, 255]$

Himpunan linguistik: Rendah ( $R_L$ ), Sedang ( $R_M$ ), Tinggi ( $R_H$ )

a.  $R_L$  (Rendah)

Triangular/Trapezoidal, cenderung gelap/merah tidak dominan.

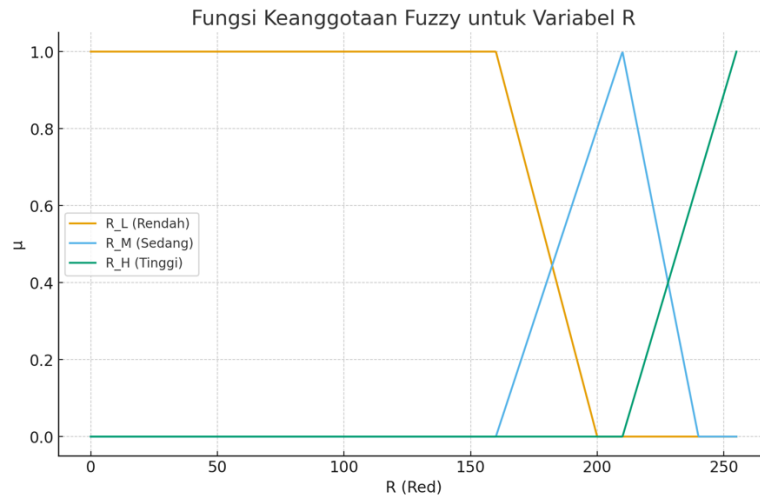
$$\mu_{R_L}(R) = \begin{cases} 1 & , R \leq 160 \\ \frac{200 - R}{40} & , 160 < R < 200 \\ 0 & , R \geq 200 \end{cases}$$

b.  $R_M$  (Sedang)

$$\mu_{R_M}(R) = \begin{cases} 0 & , R \leq 160 \\ \frac{R - 160}{50} & , 160 < R \leq 210 \\ \frac{240 - R}{30} & , 210 < R < 240 \\ 0 & , R \geq 240 \end{cases}$$

c.  $R_H$  (Tinggi) – indikasi kuat Rhodamine

$$\mu_{R_H}(R) = \begin{cases} 0 & , R \leq 210 \\ \frac{R - 210}{45} & , 210 < R < 255 \\ 1 & , R \geq 255 \end{cases}$$



**Gambar 1.** Fungsi Keanggotaan Fuzzy untuk Variabel R

Semakin tinggi R, semakin besar dugaan ada Rhodamine (warna merah/fuchsia mencolok).

Fuzzy Set untuk G (Green)

Domain:  $G \in [0, 255]$

Untuk Rhodamine, G cenderung rendah (merah dominan).

Himpunan:  $G_L$  (Rendah),  $G_M$  (Sedang),  $G_H$  (Tinggi)

a.  $G_L$  (Rendah)

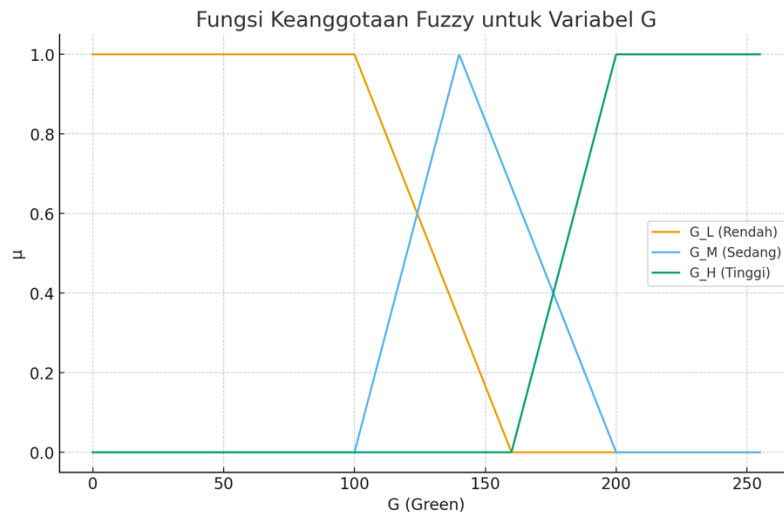
$$\mu_{G_L}(G) = \begin{cases} 1 & , G \leq 100 \\ \frac{160 - G}{60} & , 100 < G < 160 \\ 0 & , G \geq 160 \end{cases}$$

b.  $G_M$  (Sedang)

$$\mu_{G_M}(G) = \begin{cases} 0 & , G \leq 100 \\ \frac{G - 100}{40} & , 100 < G \leq 140 \\ \frac{200 - G}{60} & , 140 < G < 200 \\ 0 & , G \geq 200 \end{cases}$$

c.  $G_H$  (Tinggi) - lebih ke warna alami cabai/oranye

$$\mu_{G_H}(G) = \begin{cases} 0 & , G \leq 160 \\ \frac{G - 160}{40} & , 160 < G < 200 \\ 1 & , G \geq 200 \end{cases}$$



**Gambar 2.** Fungsi Keanggotaan Fuzzy untuk Variabel G

Fuzzy Set untuk B (Blue)

Domain:  $B \in [0, 255]$

Rhodamine B biasanya tidak biru, sehingga B rendah pada sampel berbahaya.

Himpunan: B\_L (Rendah), B\_M (Sedang), B\_H (Tinggi)

a.  $B_L$  (Rendah)

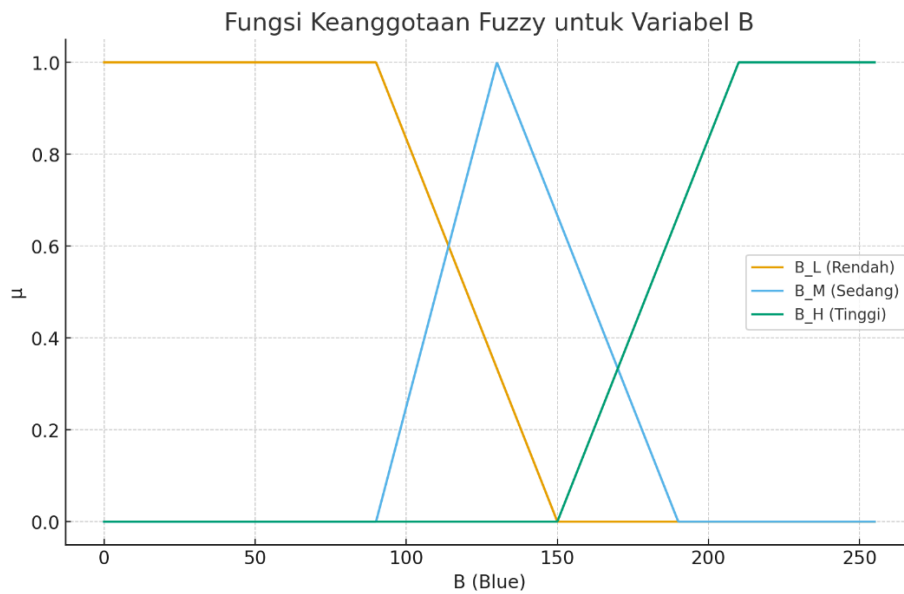
$$\mu_{B_L}(B) = \begin{cases} 1 & , B \leq 90 \\ \frac{150 - B}{60} & , 90 < B < 150 \\ 0 & , B \geq 150 \end{cases}$$

b.  $B_M$  (Sedang)

$$\mu_{B_M}(B) = \begin{cases} 0 & , B \leq 90 \\ \frac{B - 90}{40} & , 90 < B \leq 130 \\ \frac{190 - B}{60} & , 130 < B < 190 \\ 0 & , B \geq 190 \end{cases}$$

c.  $B_H$  (Tinggi)

$$\mu_{B_H}(B) = \begin{cases} 0 & , B \leq 150 \\ \frac{B - 150}{60} & , 150 < B < 210 \\ 1 & , B \geq 210 \end{cases}$$



**Gambar 3.** Fungsi Keanggotaan Fuzzy untuk Variabel B

Variabel Output :

Variabel Output: Kadar Rhodamine B

Domain:  $C \in [0, 10]$  (mg/L)

Himpunan linguistik: Sedikit (RB\_S), Sedang (RB\_M), Banyak (RB\_B)

2.1. RB\_S (Sedikit) – fungsi menurun (monoton decreasing)

$$\mu_{RB\_S}(C) = \begin{cases} 1 & , C \leq 1 \\ \frac{4 - C}{3} & , 1 < C < 4 \\ 0 & , C \geq 4 \end{cases}$$

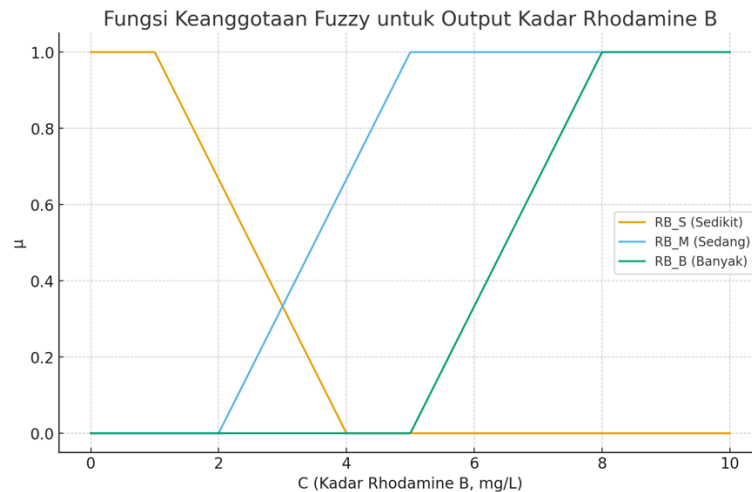
RB\_M (Sedang) – fungsi naik (monoton increasing)

$$\mu_{RB\_M}(C) = \begin{cases} 0 & , C \leq 2 \\ \frac{C - 2}{3} & , 2 < C < 5 \\ 1 & , C \geq 5 \end{cases}$$

RB\_B (Banyak) – fungsi naik (monoton increasing)

$$\mu_{RB\_B}(C) = \begin{cases} 0 & , C \leq 5 \\ \frac{C - 5}{3} & , 5 < C < 8 \\ 1 & , C \geq 8 \end{cases}$$

Semakin mendekati 5 mg/L, membership “Sedang” makin kuat, dan setelah 5 mg/L dianggap paling mewakili kategori “Sedang” (untuk rule tertentu).



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Fuzzy untuk Variabel B

Dengan ketentuan rule fuzzy sebagai berikut :

1. Kelompok Aturan untuk Rhodamine BANYAK (Berbahaya)

R1

IF R is Tinggi AND G is Rendah AND B is Rendah

THEN Rhodamine B is Banyak

R2

IF R is Tinggi AND G is Rendah AND B is Sedang

THEN Rhodamine B is Banyak

R3

IF R is Tinggi AND G is Sedang AND B is Rendah

THEN Rhodamine B is Banyak

R4

IF R is Sedang AND G is Rendah AND B is Rendah

THEN Rhodamine B is Banyak

2. Kelompok Aturan untuk Rhodamine SEDANG (Zona Waspada)

Zona peralihan; warna sudah mencurigakan tapi belum ekstrem.

R5

IF R is Tinggi AND G is Sedang AND B is Sedang

THEN Rhodamine B is Sedang

R6

IF R is Sedang AND G is Rendah AND B is Sedang

THEN Rhodamine B is Sedang

R7

IF R is Sedang AND G is Sedang AND B is Rendah

THEN Rhodamine B is Sedang

R8

IF R is Sedang AND G is Sedang AND B is Sedang

THEN Rhodamine B is Sedang

R9

IF R is Tinggi AND G is Tinggi AND B is Rendah

THEN Rhodamine B is Sedang

3. Kelompok Aturan untuk Rhodamine SEDIKIT (Relatif Aman)

Warna lebih mendekati saus cabai/tomat alami.

R10

IF R is Rendah AND G is Tinggi AND B is Tinggi

THEN Rhodamine B is Sedikit

R11

IF R is Rendah AND G is Sedang AND B is Tinggi

THEN Rhodamine B is Sedikit

R12

IF R is Rendah AND G is Tinggi AND B is Sedang

THEN Rhodamine B is Sedikit

R13

IF R is Sedang AND G is Tinggi AND B is Tinggi

THEN Rhodamine B is Sedikit

R14

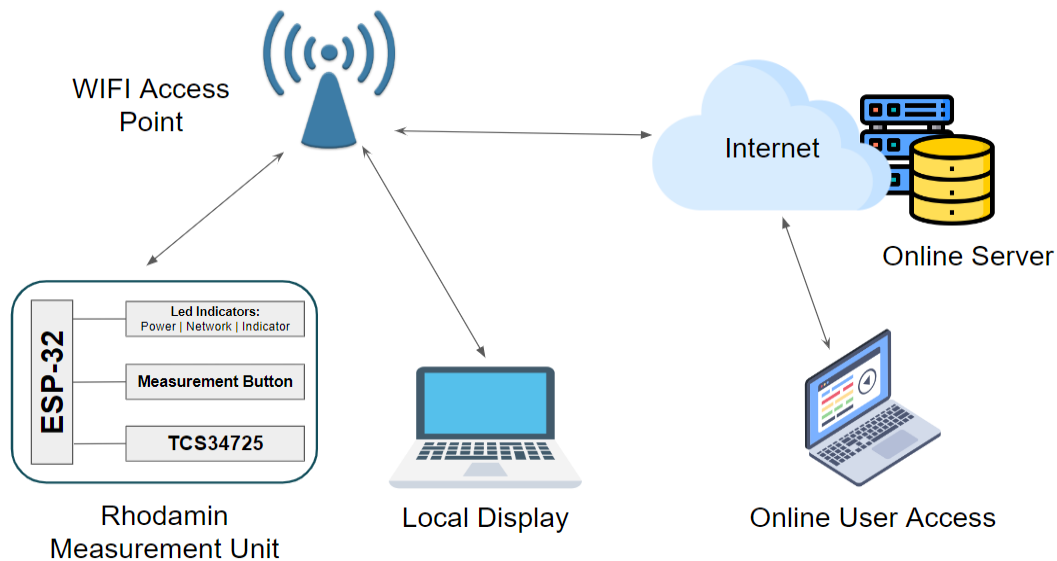
IF R is Sedang AND G is Tinggi AND B is Sedang

THEN Rhodamine B is Sedikit

R15

IF R is Sedang AND G is Sedang AND B is Tinggi

Blok diagram sistem yang dikembangkan sesuai dengan Gambar 5.



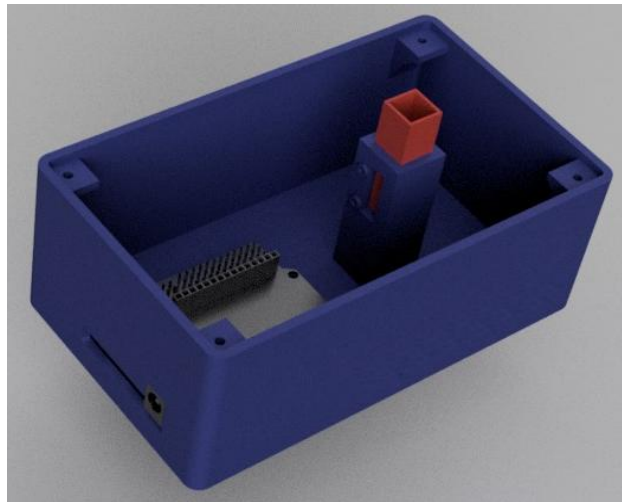
Gambar 5. Blok Diagram Sistem

### 3. Hasil dan Analisis

Rhodamine measurement unit merupakan unit utama untuk mendeteksi adanya kandungan rhodamin pada sampel makanan. Untuk memindai kandungan rhodamin tersebut, measurement unit dilengkapi dengan sensor TCS34725 yang merupakan sensor RGB. Data dari sensor tersebut dibaca oleh ESP-32 dan kemudian dikirim ke online server untuk diolah berdasarkan algoritma logika Fuzzy untuk diputuskan apakah sampel makanan mengandung rhodamin atau tidak. Hasilnya, akan dikirimkan keputusan tersebut ke measurement unit dan led indikator akan menyala warna merah (jika mengandung rhodamine) dan berwarna hijau (jika sebaliknya).

Perangkat measurement unit tersebut juga dilengkapi dengan user interface berbasis web yang dapat diakses menggunakan laptop melalui jaringan wifi lokal. User interface ini sangat berguna ketika dilakukan pengambilan dan penyimpanan data pengukuran. Oleh karenanya, pada user interface tersebut dilengkapi fitur untuk memasukan meta data misalnya lokasi pengukuran, kode pengukuran, nama operator, dan sebagainya. Data-data tersebut sekaligus akan dikirim dan disimpan di online server bersamaan dengan data pembacaan sensor. Penyimpanan data ini diperlukan ketika pengumpulan data pada proses pengembangan model Fuzzy. Disisi lain, penggunaannya pada saat pengukuran massal juga akan membantu dalam kemudahan penyimpanan data karena dapat berjalan secara otomatis. Lebih dari itu, data-data yang sudah tersimpan di online server ini dapat diakses oleh pengguna dari mana saja melalui jaringan internet.

Desain 3D enclosure perangkat keras rhodamine detector yang telah dibangun dapat dilihat pada Gambar 2 sedangkan realisasi hardware ditunjukkan oleh Gambar 3 sebagai berikut.

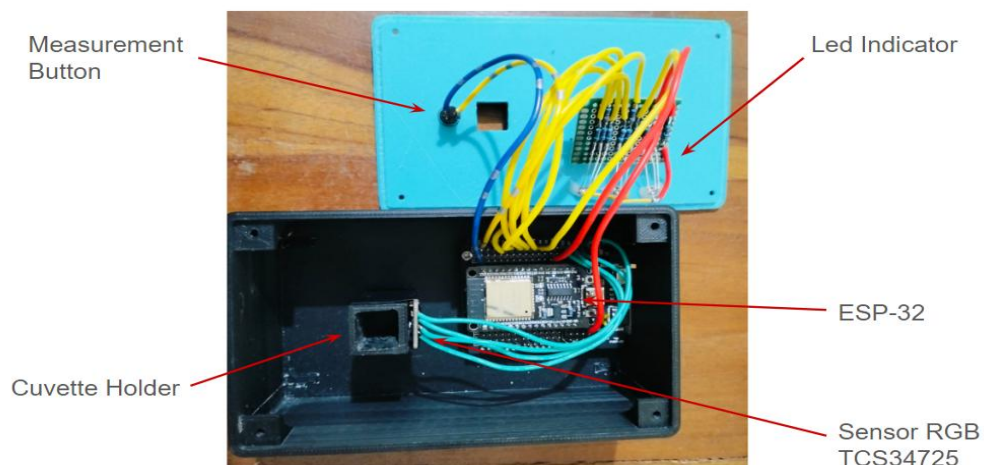


Gambar 2. Desain 3D enclosure



Gambar 3. Hardware rhodamine detector

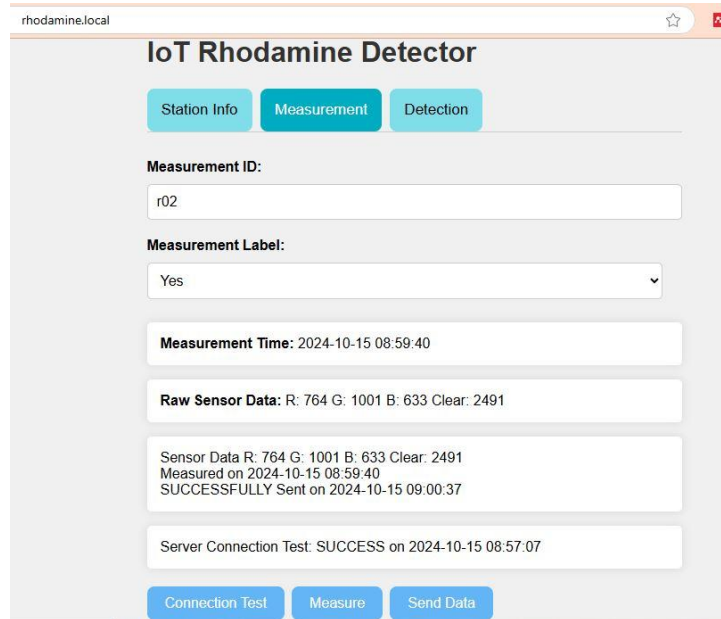
Bagian komponen dari rhodamine detector yang telah dihasilkan ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Komponen rhodamine detector

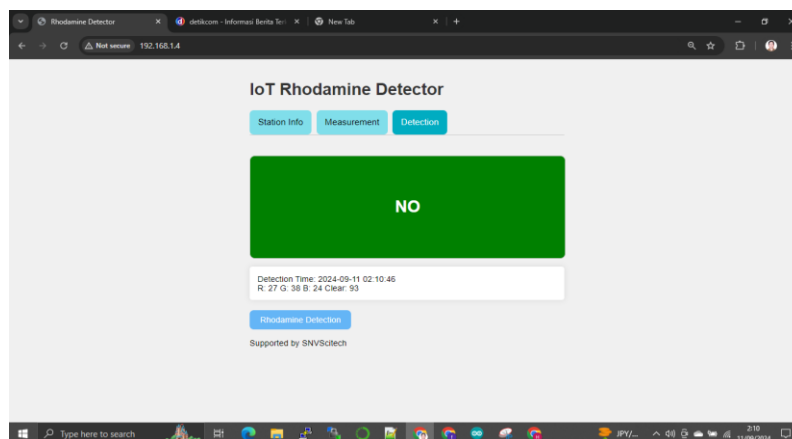
Dashboard berbasis website dikembangkan untuk memvisualisasikan data sensor dalam format yang mudah digunakan. Antarmuka ini digunakan untuk melakukan pengukuran data. Dashboard dapat diakses melalui browser web dan dirancang responsif, memastikan

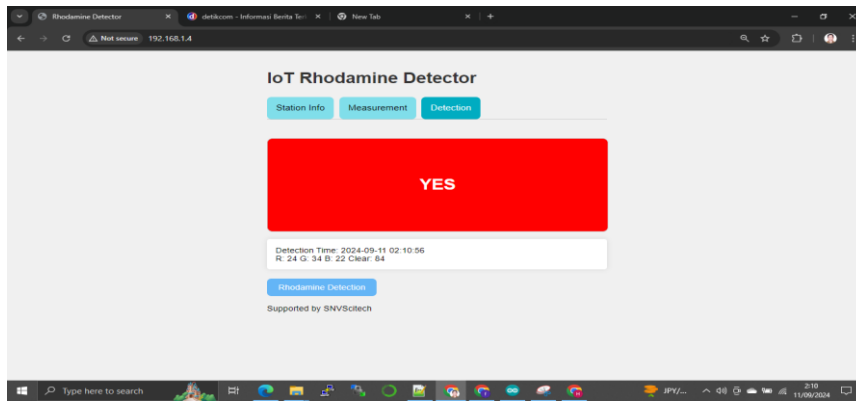
kompatibilitas dengan berbagai perangkat. Dashboard dapat diakses dari berbagai perangkat, termasuk ponsel, laptop, dan komputer, jika terhubung ke internet. Tampilan website untuk penggunaan rhodamine detector dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Interface website rhodamine detector

Dalam melaksanakan kegiatan pengukuran, sampel dimasukkan dulu ke dalam kuvet kemudian dimasukkan ke alat rhodamine detector. Selanjutnya setelah dilakukan pengukuran akan dihasilkan pembacaan nilai RGB dari sampel tersebut, Kemudian alat akan mengirimkan data ke server dan respon yang akan diberikan oleh alat ini yaitu warna hijau yang berarti sampel tidak mengandung rhodamine sedangkan warna merah berarti sampel mengandung rhodamine seperti Gambar 6.





Gambar 6. Respon deteksi alat

#### 4. Simpulan

Penelitian ini berhasil merancang sistem deteksi Rhodamine berbasis Internet of Things (IoT) yang menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto untuk meningkatkan akurasi dalam pengambilan keputusan deteksi. Sistem ini memungkinkan pemantauan real-time dan jarak jauh melalui teknologi IoT, memberikan solusi yang efisien dan tepat dalam mendeteksi zat pewarna Rhodamine yang berbahaya. Penggunaan metode Fuzzy Tsukamoto membantu menangani ketidakpastian data pengukuran dengan menghasilkan keputusan yang lebih akurat berdasarkan aturan fuzzy. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mencapai tingkat akurasi deteksi sebesar 96,42%, sehingga layak diimplementasikan dalam pengawasan keamanan pangan untuk mendeteksi bahan berbahaya seperti Rhodamine secara lebih cepat dan handal.

#### Pengakuan dan Penghargaan

Penelitian ini didukung oleh Fakultas Vokasi Universitas Brawijaya dan ucapan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan finansial pada penelitian ini.

## Referensi

- [1] B. T. Cromwell, M. Dubnička, L. Sumathirathne, A. Thach, and W. B. Euler, "Mechanistic Study of Rhodamine B Piezocatalytic Decomposition Using Poly(vinylidene difluoride) and Related Polymers," *Journal of Physical Chemistry C*, 2023, doi: 10.1021/acs.jpcc.3c01196.
- [2] M. R. Heinrich and R. G. Lima, "Cyanine- and Rhodamine-Derived Alkynes for the Selective Targeting of Cancerous Mitochondria through Radical Thiol-Yne Coupling in Live Cells," *Chemistry - European Journal*, 2023, doi: 10.1002/chem.202302034.
- [3] S. Sulastri, R. Riani, and S. Farikha, "Review Artikel: Analisis Kandungan Rhodamin B Dalam Makanan Dan Minuman," *COMSERVA*, vol. 2, no. 10, pp. 2429–2435, 2023, doi: 10.59141/comserva.v2i10.701.
- [4] R. G. Mahardika, F. Baehaki, H. A. Saputra, and S. Yusuf, "Analysis of Rhodamine B content in shrimp paste at Ciroyom Market, Bandung City, West Java, Indonesia," *Journal of Sustainability Science and Technology*, vol. 2, no. 1, pp. 45–54, 2022, doi: 10.23960/josst.v2i1.22.
- [5] P. Priya *et al.*, "Rhodamine B, an organic environmental pollutant induces reproductive toxicity in parental and teratogenicity in F1 generation in vivo.," p. 109898, 2024, doi: 10.1016/j.cbpc.2024.109898.
- [6] M. Golshan, B. Gheitarani, S. Safavi-Mirmahalleh, and M. Salami-Kalajahi, "Rhodamine B-Modified Nanocrystalline Cellulose as Fluorescent Sensor for Fe<sup>3+</sup> Ion Detection," *Macromol Mater Eng*, 2024, doi: 10.1002/mame.202400285.
- [7] S. Basriati, M.Sc and E. Safitri, M.Mat, "Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto dalam Menentukan Jumlah Produksi Tahu," *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 18, no. 1, p. 120, 2021, doi: 10.24014/sitekin.v18i1.11022.
- [8] A. Bachri, A. B. Laksono, and A. M. Abdillah, "Rancang Bangun Smart Inverter dan ATS Tenaga Panel Surya Berbasis Internet of Things (IoT)," *JASIEK (Jurnal Aplikasi Sains, Informasi, Elektronika dan Komputer)*, vol. 6, no. 1, pp. 23–32, 2024.
- [9] K. Kumari. K.S, J. S. Isaac, V. G. Pratheep, M. Jasmin, A. Kistan, and S. Boopathi, "Smart Food Quality Monitoring by Integrating IoT and Deep Learning for Enhanced Safety and Freshness," *Advances in computer and electrical engineering book series*, pp. 79–110, 2024, doi: 10.4018/979-8-3693-5573-2.ch004.
- [10] K. Radhika, S. Mohammed, S. K. Tadepalli, and K. Puvvula, "Food Supply Chain Management by Leveraging AI, IoT, and Blockchain Technologies," pp. 119–141, 2024, doi: 10.2174/9789815274349124010010.
- [11] S. N. Kumar, N. J. Kannampilly, and J. Joy, "Edible Electronics for Smart Detection of Food Spoilage," *Advances in computer and electrical engineering book series*, pp. 149–166, 2024, doi: 10.4018/979-8-3693-5573-2.ch006.
- [12] M. S. Surbakti *et al.*, "Development of Arduino Uno-Based TCS3200 Color Sensor and Its Application on the Determination of Rhodamine B Level in Syrup," *Indonesian Journal of Chemistry*, vol. 22, no. 1, p. 630, 2022, doi: 10.22146/ijc.69214.

- [13] S. Auliana and U. Mansyuri, "Penggunaan metoda fuzzy tsukamoto untuk menentukan produksi barang elektronik," *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, vol. 2, no. 2, pp. 123–129, 2022, doi: 10.46306/sm.v2i2.29.
- [14] R. Farismana, D. N. Sholihah, D. Pramadhana, and S. Lena, "Implementasi fuzzy tsukamoto dalam sistem prediksi panen padi di kabupaten indramayu," *Jurnal Teknoif (Teknik Indormatika) : Institut Teknologi Padang*, vol. 12, no. 2, pp. 100–110, 2024, doi: 10.21063/jtif.2024.v12.2.100-110.
- [15] O. U. Khan, K. S. Azim, A. H. M. Jafor, A. U. Shayed., M. A. Hossain, and N. A. Nikita, "Privacy and Security Challenges in Iot Applications," *Advanced International Journal of Multidisciplinary Research*, vol. 2, no. 5, pp. 139–149, 2024, doi: 10.62127/aijmr.2024.v02i05.1099.



Ulfa Andayani lahir pada 29 September 1970. Menyelesaikan pendidikan Sarjana Kimia di Universitas Brawijaya, kemudian melanjutkan program Magister dan Doktor di Universitas Gadjah Mada pada bidang Kimia. Saat ini beliau bekerja sebagai Assoc. Prof. di Departemen Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya. Minat penelitian beliau meliputi bidang pemisahan analitik (analytical separation).

Alamat Email: [ulfasuryadi@ub.ac.id](mailto:ulfasuryadi@ub.ac.id)



Eka Ratri Noor Wahyuningtyas, lahir pada 8 September 1988. Menyelesaikan pendidikan Sarjana Kimia di Universitas Brawijaya, kemudian melanjutkan program Magister melalui program double degree antara Universitas Brawijaya dan National Central University (NCU), Taiwan. Saat ini beliau menjadi Lektor pada Departemen Industri Kreatif dan Digital, Fakultas Vokasi, Universitas Brawijaya. Minat penelitian beliau berfokus pada integrasi antara bidang kimia dan teknologi informasi.

Alamat Email: [ekaratri@ub.ac.id](mailto:ekaratri@ub.ac.id)



Salnan Ratih Asriningtias, lahir pada 4 Maret 1988. Menyelesaikan pendidikan Sarjana dan Magister pada bidang Teknik Elektro di Universitas Brawijaya. Saat ini beliau menjadi dosen di Departemen Industri Kreatif dan Digital, Fakultas Vokasi, Universitas Brawijaya. Minat penelitian beliau meliputi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence).

Alamat Email: [salnan@ub.ac.id](mailto:salnan@ub.ac.id)



Bayu Sutawijaya, lahir pada 1 Desember 1989. Menyelesaikan pendidikan Sarjana dan Magister pada bidang Ilmu Komputer Universitas Brawijaya. Saat ini beliau menjadi dosen di Departemen Industri Kreatif dan Digital, Fakultas Vokasi, Universitas Brawijaya. Minat penelitian beliau di bidang Ilmu Informatika.

Alamat Email: bayu\_sutawijaya@ub.ac.id



Hafrida Rahmah, lahir pada 6 Maret 1989. Menyelesaikan pendidikan Sarjana pada bidang Teknik Elektro Universitas Brawijaya dan melanjutkan magister di Manajemen Teknologi pada Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Saat ini beliau menjadi dosen di Departemen Industri Kreatif dan Digital, Fakultas Vokasi, Universitas Brawijaya. Minat penelitian beliau di bidang sistem informasi manajemen.

Alamat Email: hafrida.rahmah@ub.ac.id