RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI FORMALIN DAN BORAKS BERBASIS SENSOR MULTIMODAL MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC* UNTUK KLASIFIKASI TINGKAT KEAMANAN PANGAN

SKRIPSI

Skripsi diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana

Disusun oleh:

MARETA ANGRAINI
092022090190

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK & ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA

2026

Rancang Bangun Sistem Deteksi Formalin Dan Boraks Berbasis Sensor Multimodal Menggunakan Metode Fuzzy Logic Untuk Klasifikasi Tinkat Keamanan Pangan

Disusun Oleh:

Mareta Angraini
092022090190

PRODI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK & ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA
2025/2026

Depok
Menyetujui Pembimbing,

Ariep Jaenul, S.Pd., M.Sc.Eng
NIP. 0320019502

Rancang Bangun Sistem Deteksi Formalin Dan Boraks Berbasis *Sensor* Multimodal Menggunakan Metode Fuzzy Logic Untuk Klasifikasi Tinkat Keamanan Pangan

Disusun Oleh:

Mareta Angraini
092022090190

PRODI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK & ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA
2025/2026

Depok
Menyetujui Pembimbing,

Arisa Olivia Putri,S.S.T., MIT
NIP. 0320109501

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagaikarya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik disuatu PerguruanTinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalamsumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UUNo. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Depok, 08 Agustus 2026
Mahasiswa,



Mareta Angraini
NIM. 092022090190

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh

Nama	: Mareta Angraini
NIM	: 092022090190
Program Studi	: Teknik Elektro
Judul Skripsi	: Rancang Bangun Sistem Deteksi Formalin Dan Boraks Berbasis Sensor Multimodal Menggunakan Metode Fuzzy Logic Untuk Klasifikasi Tingkat Keamanan Pangan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknis dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

DEWAN PEMBIMBING

Pembimbing 1 : Ariep Jaenul, S.Pd., M.Sc.Eng ( )

Pembimbing 2 : Arisa Olivia Putri,S.S.T., MIT ( )

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 8 Agustus 2026

MENGETAHUI
Ketua Program Studi Teknik Elektro

Brainyendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc. Eng
NIK. S09202008000

HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh

Nama	: Mareta Angraini
NIM	: 092022090190
Program Studi	: Teknik Elektro
Judul Skripsi	: Rancang Bangun Sistem Deteksi Formalin Dan Boraks Berbasis Sensor Multimodal Menggunakan Metode Fuzzy Logic Untuk Klasifikasi Tingkat Keamanan Pangan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknis dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

DEWAN PENGUJI

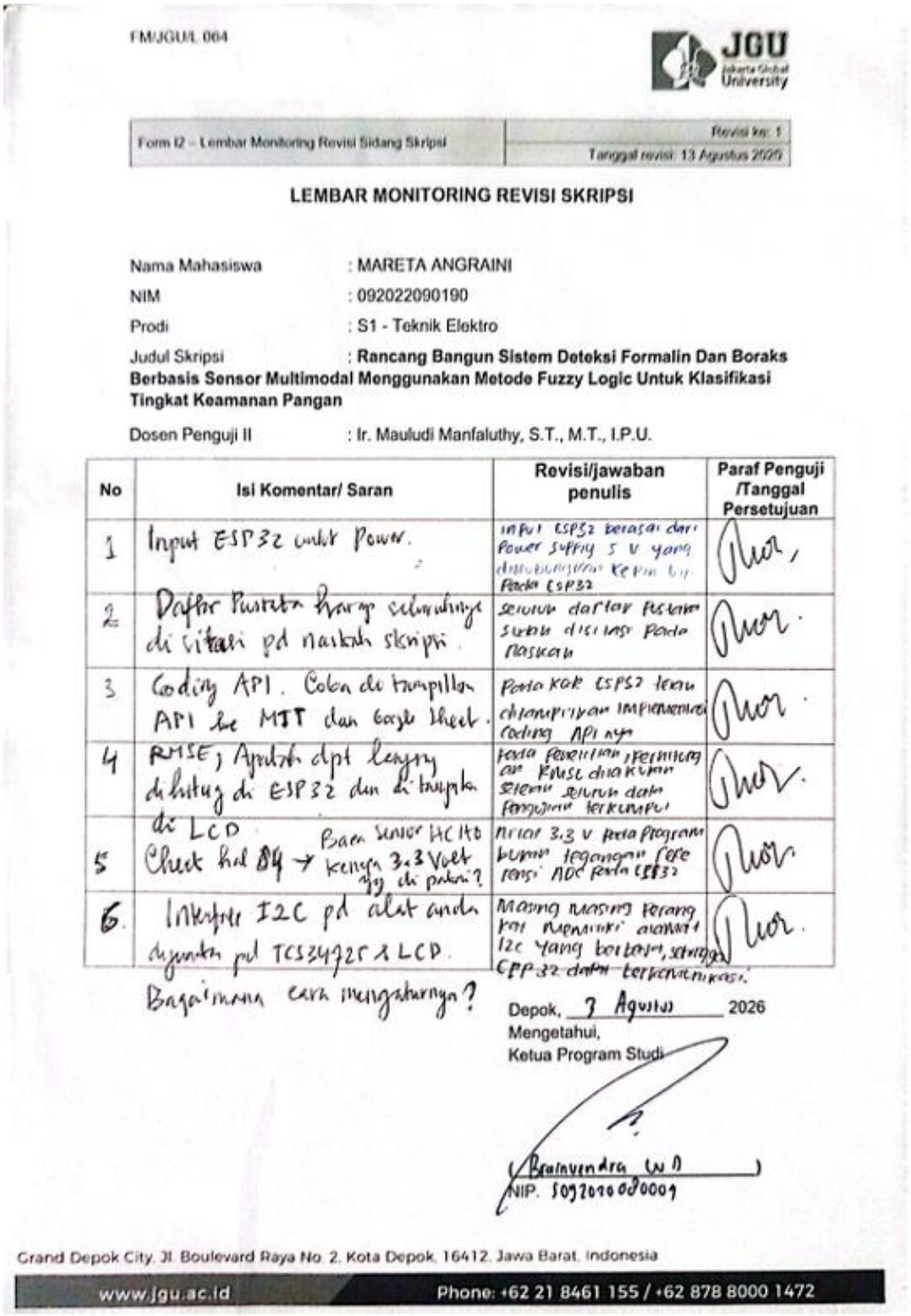
Penguji 1	: Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng	( )
Penguji 2	: Ir. Mauludi Manfaluthy, S.T., M.T., I.P.U	( )
Penguji 3	: Legenda Prameswono Pratama, S.T., M.Sc. Eng	( )

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 8 Agustus 2026

MENGETAHUI
Ketua Program Studi Teknik Elektro

Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc. Eng
NIK. S09202008000

HALAMAN REVISI PENGUJI



FM/JGU/L 064

JGU Jakarta Global University

Form I2 – Lembar Monitoring Revisi Sidang Skripsi	Revisi ke: 1 Tanggal revisi: 13 Agustus 2026

LEMBAR MONITORING REVISI SKRIPSI

Nama Mahasiswa : MARETA ANGRAINI

NIM : 092022090190

Prodi : S1 - Teknik Elektro

Judul Skripsi : **Rancang Bangun Sistem Deteksi Formalin Dan Boraks Berbasis Sensor Multimodal Menggunakan Metode Fuzzy Logic Untuk Klasifikasi Tingkat Keamanan Pangan**

Dosen Penguji II : Ir. Mauludi Manfaluthy, S.T., M.T., I.P.U.

No	Isi Komentar/ Saran	Revisi/jawaban penulis	Paraf Penguji /Tanggal Persetujuan
1	Input ESP32 untuk Power.	input ESP32 berasal dari Power supply 5 V yang dihubungkan kepin 5V pada ESP32	[signature]
2	Daftar Pustaka harap seluruhnya di sitasi pd naskah skripsi.	seluruh daftar pustaka sudah disitasi pada naskah	[signature]
3	Coding API. Coba di tampilkan API ke MIT dan Google Sheet.	Pada kak ESP32 telah ditampilkan implementasi coding API nya	[signature]
4	RMSE, Apakah dpt langsung dihitung di ESP32 dan di tampilkan di LCD	pada penelitian, perhitungan RMSE dilakukan setelah seluruh data pengujian terkumpul	[signature]
5	Check hal 84 → Baca sensor HC140 kenya 3.3 Volt yg di pakai?	nilai 3.3 V pada program bukan tegangan referensi ADC pada ESP32	[signature]
6.	Interface I2C pd alat anda digunakan pd TCS34725 & LCD.	Masing masing perangkat memiliki alamat I2C yang berbeda, sehingga ESP32 dapat berkomunikasi.	[signature]

Bagaimana cara mengaturnya?

Depok, 3 Agustus 2026

Mengetahui,

Ketua Program Studi

(Brainvendra W.D)

NIP. 5092020080009

Grand Depok City, Jl. Boulevard Raya No. 2, Kota Depok, 16412, Jawa Barat, Indonesia

www.jgu.ac.id Phone: +62 21 8461 155 / +62 878 8000 1472

FM/JGU/L 064

JGU Jakarta Global University

Form I2 – Lembar Monitoring Revisi Sidang Skripsi	Revisi ke: 1
	Tanggal revisi: 13 Agustus 2020

LEMBAR MONITORING REVISI SKRIPSI

Nama Mahasiswa : MARETA ANGRAINI

NIM : 092022090190

Prodi : S1 - Teknik Elektro

Judul Skripsi : **Rancang Bangun Sistem Deteksi Formalin Dan Boraks Berbasis Sensor Multimodal Menggunakan Metode Fuzzy Logic Untuk Klasifikasi Tingkat Keamanan Pangan**

Dosen Penguji III : Legenda Prameswono Pratama, S.S.T., M.Sc.Eng.

No	Isi Komentar/ Saran	Revisi/jawaban penulis	Paraf Penguji /Tanggal Persetujuan
1	Uji kalibrasi perlu dilakukan	telah dilakukan kalibrasi ulang pada masing-masing sensor	
2	deteksi dgn uji makanan cair	sudah dilakukan uji dengan makanan cair	
3	Gambar pada alat pada lampiran / keterangan di tabel	Sudah diberi keterangan lampiran dan gambar pada pada tabel	
4	Gambar Grafik perlu diberi keterangan	telah diberi keterangan pada grafik	

Depok, 3 Agustus 2026

Mengetahui,

Ketua Program Studi

(Brainvendra W D)

NIP. 509209000004

HALAMAN BIMBINGAN

FM/UGJ/L.053

Form B – Lembar Konsultasi Proposal	Revisi ke: 3 Tanggal revisi: 01 Oktober 2024

LEMBAR KONSULTASI SKRIPSI

Nama mahasiswa : Mareta Angraini

NIM : 092022090190

Judul : Rancang Bangun Sistem Deteksi Formalin Dan Boraks Berbasis Sensor Multimodal Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* Untuk Klasifikasi Tingkat Keamanan Pangan

Dosen Pembimbing I : Ariep Jaenul, S.Pd., M.Sc.Eng

No.	Tanggal	Uraian Kegiatan yang Dilakukan	Paraf Dosen
1	9 Maret 2026	Fiksasi hasil proposal	
2	14 April 2026	Membahas terkait algoritma sistem	
3	19 April 2026	Membahas terkait pergantian komponen	
4	29 April 2026	Fiksasi terkait perubahan komponen	
5	15 Mei 2026	Membahas terkait perubahan sampel	
6	17 Mei 2026	Fiksasi perubahan sampel	
7	28 Mei 2026	Membahas terkait simulasi pengujian algoritma	
8	17 Juni 2026	Membahas terkait pengambilan data	
9	20 Juni 2026	Fiksasi hasil pengambilan data	
10	22 Juni 2026	Review akhir draf laporan	

* Minimal 4 kali pertemuan

Depok, 23 Juni 2026
Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Elektro.

Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng
NIP. S092020080004

Grand Depok City. Jl. Boulevard Raya No. 2. Kota Depok. 16412. Jawa Barat. Indonesia
www.jgu.ac.id Phone: +62 21 8461 155 / +62 878 8000 1472

FM/UGJL.053

Form B – Lembar Konsultasi Proposal	Revisi ke: 3 Tanggal revisi: 01 Oktober 2024

LEMBAR KONSULTASI SKRIPSI

Nama mahasiswa : Mareta Angraini

NIM : 092022090190

Judul : Rancang Bangun Sistem Deteksi Formalin Dan Boraks Berbasis Sensor Multimodal Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* Untuk Klasifikasi Tingkat Keamanan Pangan

Dosen Pembimbing II : Arisa Olivia Putri,S.S.T., MIT

No.	Tanggal	Uraian Kegiatan yang Dilakukan	Paraf Dosen
1	9 Maret 2026	Fiksasi hasil bimbingan proposal	
2	14 April 2026	Bimbingan terkait perubahan komponen	
3	12 Mei 2026	Membahas Terkait perubahan sampel	
4	8 Juni 2026	Membahas Terkait Penulisan bab IV dan bab V	
5	18 Juni 2026	Membahas terkait pengambilan data	
6	22 Juni 2026	Fiksasi hasil pengambilan data	
7			
8			

* Minimal 4 kali pertemuan

Depok, 23 Juni 2026
Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Elektro.

Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng
NIP. S092020080004

Grand Depok City. Jl. Boulevard Raya No. 2. Kota Depok. 16412. Jawa Barat. Indonesia
www.jgu.ac.id Phone: +62 21 8461 155 / +62 878 8000 1472

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya, saya dapat menyelesaikan proposal skripsi ini. Penyusunan proposal skripsi ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak, sejak masa perkuliahan hingga penyusunan proposal skripsi ini, proses penyelesaiannya akan mengalami banyak kendala. Oleh karena itu, pada kesempatan ini saya menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam memberikan arahan serta dukungan selama penyusunan proposal skripsi ini.
2. Bapak Ariep Jaenul, S.Pd., M.Sc.Eng, selaku dosen pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan saran yang sangat berarti dalam penyusunan proposal skripsi ini.
3. Ibu Arisa Olivia Putri, S.ST., M.IT, selaku dosen pembimbing II, yang telah dengan sabar meluangkan waktuS, tenaga, dan pikiran untuk membimbing serta memberikan masukan dalam penyusunan proposal skripsi ini.
4. Kedua orang tua beserta kakak dan adik saya tercinta, yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, nasihat, serta dukungan moral yang tak ternilai selama proses penyusunan proposal skripsi ini.
5. Teman-teman satu kost dan teman seangkatan saya, yang telah banyak membantu dan memberikan dukungan, baik secara moral maupun material, sehingga proposal skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Akhir kata, penulis berharap semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga proposal skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Depok, 8 Agustus 2026

Mareta Angraini

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai mahasiswa Universitas Global Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	Mareta Angraini
NIM	:	092022090190
Program Studi	:	Teknik Elektro
Jenis Karya	:	Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Global Jakarta **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Rancang Bangun Sistem Deteksi Formalin Dan Boraks Berbasis Sensor Multimodal Menggunakan Metode Fuzzy Logic Untuk Klasifikasi Tingkat Keamanan Pangan

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Royalti Non Eksklusif ini Universitas Global Jakarta berhak menyimpan, mengalih-media-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 08 agustus 2024

Yang menyatakan,



Mareta Angraini

ABSTRAK

Penyalahgunaan formalin dan boraks sebagai bahan tambahan pangan masih menjadi permasalahan yang berpotensi membahayakan kesehatan masyarakat. Proses identifikasi kedua zat tersebut umumnya masih dilakukan melalui pengujian laboratorium yang memerlukan waktu dan biaya relatif tinggi. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem pendeteksi formalin dan boraks menggunakan sensor Grove HCHO dan sensor warna TCS34725 dengan metode Fuzzy Logic Mamdani. Sensor Grove HCHO digunakan untuk mendeteksi kandungan formalin berdasarkan konsentrasi gas, sedangkan sensor TCS34725 digunakan untuk mendeteksi kandungan boraks berdasarkan perubahan warna reagen kunyit. Data yang diperoleh dari kedua sensor diproses oleh mikrokontroler ESP32 menggunakan metode Fuzzy Logic Mamdani untuk mengklasifikasikan tingkat keamanan pangan ke dalam kategori aman, waspada, dan berbahaya. Hasil deteksi kemudian ditampilkan pada LCD dan aplikasi Android. Pengujian dilakukan terhadap empat jenis sampel pangan, yaitu bakso, cilok, tempe, dan mie basah pada kondisi tanpa maupun dengan penambahan formalin dan boraks. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kandungan formalin dan boraks serta mengklasifikasikan tingkat keamanan sampel sesuai dengan kondisi pengujian. Berdasarkan perhitungan *Root Mean Squared Error* (RMSE), diperoleh nilai sebesar 0,00 pada pengujian sampel tanpa formalin, 0,76 ppm pada pengujian sampel dengan formalin, 23,36 pada pengujian sampel tanpa boraks, dan 26,00 pada pengujian sampel dengan boraks. Nilai RMSE yang diperoleh menunjukkan tingkat kesalahan keluaran sistem pada masing-masing kondisi pengujian, sehingga dapat digunakan sebagai indikator untuk mengevaluasi kinerja sistem yang dikembangkan.

Kata kunci: *Formalin, Boraks, Sensor Grove HCHO, Sensor Warna TCS34725, Fuzzy Logic*.

ABSTRACT

The misuse of formaldehyde and borax as food additives remains a significant issue that poses potential risks to public health. The identification of these substances generally relies on laboratory testing, which requires relatively high costs and considerable processing time. This study aims to design and develop formaldehyde and borax detection system using a Grove HCHO sensor and a TCS34725 color sensor with the Mamdani Fuzzy Logic method. The Grove HCHO sensor was used to detect formaldehyde based on gas concentration, while the TCS34725 color sensor was used to detect borax based on the color change of turmeric reagent. Data obtained from both sensors were processed by an ESP32 microcontroller using the Mamdani Fuzzy Logic method to classify food safety into three categories, Safe, Warning, and Dangerous. The detection results were then displayed on an LCD and an Android application. The system was tested using four types of food samples, namely meatballs, cilok, tempeh, and wet noodles, under both uncontaminated and contaminated conditions with formaldehyde and borax. The results showed that the developed system was able to detect formaldehyde and borax and classify the safety level of the food samples according to the testing conditions. Based on the Root Mean Squared Error (RMSE) calculation, the RMSE values obtained were 0.00 for uncontaminated formaldehyde samples, 0.76 ppm for formaldehyde-contaminated samples, 23.36 for uncontaminated borax samples, and 26.00 for borax-contaminated samples. The obtained RMSE values indicate the magnitude of the system output error under each testing condition and can therefore be used as an indicator for evaluating the performance of the developed system.

Keywords: *Formaldehyde, Borax, Grove HCHO Sensor, TCS34725 Color Sensor, Mamdani Fuzzy Logic.*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI ..... **iii**
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING ..... **iv**
HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI ..... **v**
HALAMAN REVISI PENGUJI ..... **vi**
HALAMAN BIMBINGAN ..... **viii**
KATA PENGANTAR ..... **x**
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS ..... **xi**
ABSTRAK ..... **x**
DAFTAR ISI ..... **xii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xv**
DAFTAR TABEL ..... **xvi**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xvii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang **1**
1.2 Rumusan Masalah **4**
1.3 Tujuan Penelitian **4**
1.4 Manfaat Penelitian **5**
1.5 Batasan Penelitian **5**
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI **6**
2.1 Tinjauan Pustaka **6**
2.2 Landasan Teori **12**
2.2.1 Pengertian Formalin 12
2.2.2 Pengertian Boraks 13
2.3 Sensor Yang Digunakan **14**
2.2.3 Sensor Grove HCHO 14
2.2.4 Sensor TCS34725 14
2.4 Mikrokontroler ESP32 ..... **15**
2.5 LCD 12C 16X2 ..... **16**
2.6 Push Button **16**
2.7 Integrasi MIT App Inventor **17**
2.8 Metode Fuzzy Logic **17**
2.9 Root Mean Squared Error (RMSE) **19**

2.10 Tinjauan Pustaka Yang Berkaitan 20
BAB III METODOLOGI 26
3.1 Metode Penelitian 26
3.2 Lokasi Penelitian dan Obyek Penelitian 27
3.2.1 Lokasi Penelitian 27
3.2.2 Obyek Penelitian 27
3.3 Analisis 27
3.3.3 Identifikasi Masalah 27
3.3.4 Analisa Kebutuhan Sistem 28
3.4 Perancangan (*Design*) 30
3.4.5 Blok Diagram Sistem 30
3.4.6 Skematik Rangkaian 31
3.4.7 Flowchart Sistem 32
3.4.8 Perancangan Perangkat Keras 33
3.4.9 Fuzzy Logic 35
3.5 Pengembangan (*Development*) 40
3.6 Implementasi (*Implementation*) 40
3.6.1 Pengujian Sistem 41
3.8 Evaluasi (Evaluation) 44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 46
4.1 Hasil Perancangan Sistem Pendeteksi Formalin dan Boraks 46
4.1.1 Hasil Perancangan Perangkat Keras (Hardware) 46
4.1.2 Hasil Perancangan Perangkat Lunak 48
4.2 Kalibrasi Sensor 50
4.2.1 Kalibrasi Sensor Grove HCHO 50
4.2.2 Kalibrasi Sensor TCS34725 52
4.3 Hasil Pengujian Sistem dan Evaluasi 53
4.3.1 Pengujian pendekatan dengan sampel cair 53
4.3.2 Pengujian sistem tanpa fuzzy 57
4.3.3 Pengujian sistem dengan fuzzy 60
4.3.4 Tabel Perbandingan Klasifikasi Fuzzy Dan Non Fuzzy 66
4.3.5 Evaluasi Kinerja Sistem 69
4.3.5.1 Hasil Perhitungan RMSE Sampel Tanpa Formalin 70
4.3.5.3 Hasil Perhitungan RMSE Sampel Tanpa Boraks 72

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 74
5.1 Kesimpulan 74
5.2 Saran 75
DAFTAR PUSTAKA 76
LAMPIRAN 79
Lampiran 1. Biodata Peneliti 79
Lampiran 2. Form Bimbingan Skripsi 80
Lampiran 3. Data Penelitian 102
Lampiran 4. Kode Program 110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Senyawa Formalin 12
Gambar 2. 2 Boraks 13
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian 26
Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem 30
Gambar 3. 3 Skematik Rangkaian 31
Gambar 3. 4 Flowchart Sistem 32
Gambar 3. 5 Desain Alat Sistem Deteksi 33
Gambar 3. 6 Desain Keseluruhan Sistem Deteksi 34
Gambar 4. 1 Perangkat keras sistem pendeteksi formalin dan boraks keseluruhan 47
Gambar 4. 2 Implementasi Sensor Grove HCHO dan Sensor TCS34725 Pada Rangkaian 47
Gambar 4. 3 Implementasi LCD 16X2 I2C Pada Rangakaian 48
Gambar 4. 4 Blok Program MIT App Inventor untuk monitoring hasil deteksi . 49
Gambar 4. 5 Tampilan Antarmuka Aplikasi Android menggunakan MIT App Inventor 49
Gambar 4. 6 Digitasi Datasheet Sensor Grove HCHO 50
Gambar 4. 7 Grafik power regresi trendline antara Rs/Ro dan PPM 50
Gambar 4. 8 Visualisasi grafik fuzzy HCHO 54
Gambar 4. 9 Visualisasi grafik fuzzy Boraks 56
Gambar 4. 10 Visualisasi Grafik Fuzzy HCHO 62
Gambar 4. 11 Visualisasi Grafik Fuzzy Boraks 66

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka 21
Tabel 3. 1 Kebutuhan hardware..... 28
Tabel 3. 2 Kebutuhan software..... 29
Tabel 3. 3 Himpunan Fuzzy Formalin..... 36
Tabel 3. 4 Himpunan Fuzzy Boraks 38
Tabel 3. 7 Hasil pengujian tanpa boraks 0 gram 42
Tabel 3. 8 Hasil pengujian dengan boraks 1 gram 43
Tabel 3. 9 Hasil Pengujian dengan boraks 3 gram 43
Tabel 4. 1 Hasil Kalibrasi Sensor Grove HCHO..... 51
Tabel 4. 2 Hasil kalibrasi sensor TCS34725 52
Tabel 4. 3 Hasil pengujian sampel cair HCHO 53
Tabel 4. 4 Hasil pengujian sampel cair Boraks 55
Tabel 4. 5 Pengujian sistem dengan sampel tanpa penambahan zat formalin..... 57
Tabel 4. 6 Pengujian sistem dengan penambahan zat formalin..... 58
Tabel 4. 7 Pengujian sistem tanpa penambahan zat boraks..... 59
Tabel 4. 8 Pengujian sistem dengan penambahan zat boraks..... 59
Tabel 4. 9 Pengujian sistem dengan sampel tanpa penambahan zat formalin..... 60
Tabel 4. 10 Pengujian sistem dengan sampel penambahan zat formalin 61
Tabel 4. 11 Pengujian sistem dengan sampel tanpa penambahan zat boraks..... 63
Tabel 4. 12 Pengujian sistem dengan sampel penambahan zat boraks 64
Tabel 4. 13 Perbandingan Klasifikasi Fuzzy Dan Non Fuzzy HCHO Pada Kondisi Sebenarnya 66
Tabel 4. 14 Perbandingan Klasifikasi Fuzzy Dan Non Fuzzy Boraks Pada Kondisi Sebenarnya 68
Tabel 4. 15 Perhitungan RMSE tanpa formalin 70
Tabel 4. 16 Perhitungan RMSE dengan formalin 71
Tabel 4. 17 Perhitungan RMSE tanpa boraks 72
Tabel 4. 18 Perhitungan RMSE dengan boraks..... 73

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Biodata Peneliti 79
Lampiran 2. Form Bimbingan Skripsi 80
Lampiran 3. Data Penelitian 102
Lampiran 4. Kode Program 110

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan bahan kimia berbahaya seperti formalin dan boraks dalam makanan masih menjadi permasalahan serius di indonesia dan menimbulkan kekhawatiran bagi masyarakat dalam membeli makanan. Boraks yang seharusnya digunakan untuk keperluan industri seperti pengawet kayu dan bahan pembersih, sedangkan formalin berfungsi sebagai bahan pengawet mayat dan diketahui bersifat kasrinogenik (Yuhermansyah et al., 2024). Dampak negatif dari boraks itu sendiri dapat menyebabkan gangguan pernafasan hingga pendarahan gstroentritis pada kadar tinggi. Begitu juga dengan formalin, yang dapat memicu kanker jika dikonsumsi tetapi masih banyak produsen menggunakan bahan tersebut (Jayadi, 2023). Adapun beberapa jenis makanan yang sering ditemukan mengandung formalin dan boraks antara lain (bakso, mie basah, tahu, sosis, lontong, siomay, otak-otak, ikan asin, pempek) yang beredar dipasaran mengandung zat dapat membahayakan kesehatan (Eryani, 2022).Hal tersebut diperkuat dengan data dari Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM). Data dari Badan Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM) tahun 2025 pada priode 24 Februari hingga 19 Maret menunjukkan bahwa dari 4.958 sampel pangan takjil yang diuji pada 2.313 pedagang di 462 lokasi sentra penjualan pangan takjil di seluruh indonesia, sebanyak 96 sampel atau 1,94% dinyatakan tidak memenuhi syarat karena mengandung formalin (49 sampel), boraks (24 sampel), dan rhodamin B (23 sampel), pengujian dilakukan secara langsung di tempat penjualan takjil menggunakan *rapid test kit.* Sejumlah pangan takjil ditemukan bahan berbahaya seperti mi basah, teri nasi, rujak mi, cincau hitam dan tahu sutra positif mengandung formalin. Sementara itu, kerupuk tempe, mi kuning, kerupuk nasi, kerupuk rambak dan telur lilit terbukti mengandung boraks (BPOM, 2025).

Seiring dengan permasalahan tersebut, berbagai metode deteksi formalin dan boraks telah dikembangkan, terutama metode berbasis laboratorium. Salah satunya pada penelitian yang dilakukan oleh (Syafriania, 2023), melakukan analisis

kandungan formalin dan borak pada mi kuning mi kuning, kerupuk merah, dan ayam dengan menggunakan metode *rapid test kit* untuk analisis uji kualitatif serta spektrofotometri UV-Vis untuk uji kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mi kuning terdeteksi positif mengandung formalin dan boraks pada pengujian kuantitatif dan kualitatif dengan kadar formalin sebesar 479,09 mg/kg dan boraks 44,43 mg/kg, sedangkan kerupuk merah dan ayam tidak terdeteksi pada kandungan kedua bahan berbahaya tersebut. Meskipun metode laboratorium mampu mendeteksi formalin dan boraks, pendekatan ini masih memiliki keterbatasan karena membutuhkan peralatan khusus, dan belum dapat digunakan untuk deteksi secara cepat.

Selain metode pengujian laboratorium, deteksi formalin dan boraks berbasis teknologi telah dikembangkan dalam beberapa penelitian untuk mengatasi keterbatasan metode pengujian laboratorium, seperti penelitian yang menggunakan sensor HCHO untuk deteksi kandungan formalin pada sampel melalui gas/uap, sensor TCS3200 dan sensor TCS34725 untuk mendeteksi kandungan boraks pada perubahan warna dengan penambahan pereaksi kunyit (Fitrya et al., 2021; Haura et al., 2023; R. Setiawan & Candra, 2022; Syukri & Mukhaiyar, 2021). Pada penelitian oleh (Syukri & Mukhaiyar, 2021),sensor HCHO digunakan untuk mendeteksi formalin pada tempe, tahu, ikan asin, dan mie, dengan batas kadar formalin mulai dari 1,5 ppm, 1,5 ppm, 18,71 ppm, dan 2,00 ppm. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil data kuantitatif bahwa pada sampel tempe, tahu, ikan asin, dan mie, dan hanya tahu yang melewati batas kadar dengan masing-masing percobaan waktu mulai dari 1-5 menit. Penelitian (Haura et al., 2023), pengujian dilakukan pada sampel terdiri dari 10 sampel tahu dan 10 sampel ikan asin yang dipanaskan dengan suhu 96ºC keatas, hasil pengujian menunjukkan kadar formalin terendah pada sampel tahu sebesar 0,60 ppm dan tertingi 13,64 ppm, sedangkan pada ikan asin kadar terendah sebesar 7,14 ppm dan tertinggi 193,1 ppm. Evaluasi akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil sistem terhadap kit formalin dan Fuzzy Logic Toolbox MATLAB dengan akurasi 95% dan 85% dengan rata-rata error 0,77%. Hasil penelitian dari (Fitrya et al., 2021), sensor TCS34725 mampu mendeteksi kontaminasi boraks pada bakso ayam, bakso sapi, dan lontong, dengan

masing-masing diberikan kadar boraks 0%, 2%, 5% pada setiap sampelnya, hasil penelitian tersebut memiliki tingkat akurasi pendeteksian sebesar 99%. Hasil penelitian (R. Setiawan & Candra, 2022)yang telah menggabungkan kedua jenis sensor yang mengidentifikasi berdasarkan uap/gas dan perubahan warna sampel dicampur air hangat dan air kunyit pada sampel, hasil pengujian menunjukkan alat mampu mendeteksi kadar formalin dengan jumlah takaran formalin 1-5 tetesan pada konsentrasi ≥1,5 ppm dan sensor warna TCS3200 mengidentifikasi perubahan warna pada bahan makanan yang diberi jumlah takaran serupa di boraks pada ikan laut serta ikan asin. Pada ikan laut di tetesan pertama dan kedua statusnya aman, untuk pada tetesan ke 3 sampai ke 5 statusnya berbahaya, begitupun dengan ikan asin pada tetesan 1-5 hasilnya berbahaya. Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa penggunaan sensor HCHO, sensor TCS34725, dan sensor TCS3200 telah terbukti mampu mengidentifikasi kandungan formalin dan boraks pada bahan pangan. Namun demikian, setiap penelitian memiliki karakteristik dan ruang pengembangan masing-masing. Seperti kondisi pengujian, jenis sensor, serta metode pengolahan data yang digunakan. Sensor HCHO memiliki karakteristik respons yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan konfigurasi sistem, karena bisa merespon VOC lain seperti ethanol, methanol dan VOC dari bahan organik volatil, sehingga diperlukan perancangan sistem yang tepat agar hasil pengukuran yang didapat optimal. Sensor TCS34725 dan TCS3200 yang sensornya masih sensitif terhadap pencahayaan luar dan perlu desain chamber/kotak yang bisa menghalangi cahaya diluar alat uji agar tidak masuk, dan jenis sampel yang relatif sedikit.

Berdasarkan tinjauan pustakan yang sudah dilakukan terdapat tiga parameter penting pada teknologi deteksi formalin dan boraks yaitu, suhu pemanasan, jenis sensor, waktu percobaan dan pengolahan data. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem deteksi formalin dan boraks berbasis sensor yang terintegrasi, dengan pengolahan data yang disesuaikan terhadap karakteristik sensor serta kebutuhan aplikasi. Selain itu, sistem yang dirancang akan terintegrasi dengan Aplikasi Android yang dibuat di *MIT App*

Inventor sehingga sistem deteksi dapat dipantau secara real-time melalui perangkat digital.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat didefinisikan dalam penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sistem alat pendeteksi kandungan formalin dan boraks secara bersamaan dalam satu sistem?
2. Bagaimana kalibrasi sensor Grove HCHO terhadap paparan formalin secara bertingkat serta kalibrasi sensor TCS34725 dalam menentukan nilai minimum dan maksimum intensitas -menggunakan objek referensi hitam dan putih?
3. Bagaimana penerapan metode *fuzzy logic* dalam menentukan status keamanan kandungan formalin dan boraks (aman, waspada, berbahaya) berdasarkan pembacaan sensor Grove HCHO dan TCS34725, serta bagaimana *Root Squared Mean Error* (RMSE) digunakan untuk mengevaluasi tingkat kesalahan hasil keluaran sistem?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian antara lain :

1. Merancang alat pendeteksi kandungan formalin dan boraks dalam satu sistem terintegrasi berbasis pembacaan sensor Grove HCHO dan TCS34725.
2. Mengetahui hasil kalibrasi sensor Grove HCHO terhadap paparan formalin secara bertingkat serta sensor TCS34725 dalam mendeteksi kandungan boraks berdasarkan perubahan intensitas warna menggunakan objek referensi hitam dan putih.
3. Menerapkan metode *fuzzy logic* untuk mengolah data hasil pembacaan sensor Grove HCHO dan TCS34725 guna untuk menentukan status keamanan kandungan formalin dan boraks yaitu (aman, waspada, dan berbahaya) serta mengevaluasi kinerja sistem deteksi untuk melihat

keandalannya dalam mendeteksi formalin dan boraks menggunakan *Root Mean Squared Error* (RMSE).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Memberikan alternatif sistem pendeteksi kandungan formalin dan boraks pada bahan pangan berbasis sensor.
2. Memberikan sistem yang dapat mendeteksi dua jenis bahan berbahaya sekaligus dalam satu perangkat, sehingga lebih efisien dan ekonomis.
3. Mendukung upaya peningkatan keamanan pangan dengan menyediakan solusi deteksi yang mudah digunakan, real-time dan murah.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan masalah terdiri dari hal-hal yang akan dipertimbangkan dan memengaruhi proses perancangan, pengujian serta analisis sistem pendeteksi kandungan formalin dan boraks. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian hanya difokuskan pada pengembangan alat pendeteksi formalin dalam bentuk uap/gas dan boraks berdasarkan warna.
2. Pengujian hanya dilakukan terhadap beberapa sampel makanan seperti bakso, cilok, tempe, mie, dan sampel perlu dicacah
3. Dalam proses pengujian boraks hanya menggunakan pereaksi alami yaitu dengan menggunakan air kunyit.
4. Proses pengujian sampel tidak dilakukan secara bersamaan pada setiap sensor, melainkan secara bergantian.
5. Analisis klasifikasi menggunakan metode *Fuzzy Logic* yang dibatasi pada tiga output yaitu (aman, waspada, berbahaya).
6. Pengujian kandungan formalin dan boraks tidak dilakukan dalam satu sampel, tetapi dengan masing-masing sampel yang terpisah.
7. Pada pengujian sampel dengan penambahan formalin, sampel diberi zat dengan disemprotkan ke dalam sampel secara langsung.

DAFTAR PUSTAKA

Akmal, F., Elektro, F. T., Telkom, U., Rosdiana, E., Elektro, F. T., Telkom, U., Salam, R. A., Elektro, F. T., & Telkom, U. (2023). *Rancang Bangun Pendeteksi Kadar Boraks Pada Bakso Ikan Menggunakan Sensor Warna TCS3200 Dengan Cahaya Terkontrol Development Of Boraks Detection In Fish Meetball Based On Color Sensor TCS3200 With Light Controlled*. *10*(5), 4449–4453.

Amsdatasheets, 2020. (2020). *TCS3472 Color Light-to-Digital Converter with IR Filter*.

Arif, A. N., & Irawan, D. (2025). *Rancang Bangun Alat Penyortir Jeruk Berbasis Fuzzy Mamdani Menggunakan Sensor TCS34725 Automated Orange Sorting Using Mamdani Fuzzy Logic and TCS34725 Sensor*. *10*(2), 178–186.

Berliana, A., Abidin, J., Salsabila, N., Maulidia, S., Adiyaksa, R., & Febryani, V. (2021). Penggunaan bahan tambahan makanan berbahaya boraks dan formalin dalam makanan jajanan : studi literatur hazardous use of food supplements of borax and formalin in snack food : Literature study. *Sanitasi Lingkungan*, *1*(2), 65–71. https://doi.org/10.36086/salink.v1i2.952

BPOM, 2025. (2025). BPOM uji Sampel Pangan Takjil. *BPOM Uji 4.958 Sampel Pangan Takjil, 98,06 Persen Di Antaranya Memenuhi Syarat*. https://www.pom.go.id/berita/bpom-uji-4-958-sampel-pangan-takjil-98-06-persen-di-antaranya-memenuhi-syarat

Damayanti, A., & Agustina, D. (2024). Implementasi Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) dalam Prediksi Harga Saham X. *Euler : Jurnal Ilmiah Matematika, Sains Dan Teknologi*, *12*(1), 71–76. https://doi.org/10.37905/euler.v12i1.25278

Datasheet. (2019). *ESP32 Series*.

Efriansyah, E. (2021). Perancangan Alat Pendeteksi Kandungan Formalin Pada Ikan Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Mosfet*, *1*(2), 1–4. https://doi.org/10.31850/jmosfet.v1i2.771

Eryani, R. D. (2022). Bagi Kesehatan Dan Upaya Pencegahanya. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, *2*(1), 1–8.

Fitrya, N., Wirman, S. P., & Gusfita, R. (2021). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kontaminan Borak Pada Makanan Berbasis Android. *Prosiding Saintekes Semnas MIPAKes Umri*, *2*, 232–241. https://ejurnal.umri.ac.id/index.php/Semnasmipakes/article/view/2881/1604

Hamid, H., Hasiri, E. M., & Megawati, M. (2023). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Formalin Pada Makanan dan Minuman Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Informatika*, *12*(2), 39–46. https://doi.org/10.55340/jiu.v12i2.1952

Hardiyani, Y., Nisworo, S., & Setiawan, H. T. (2023). Perencanaan Sistem Deteksi Formalin pada Makanan. *ULIL ALBAB : Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, *2*(2), 569–578.

Harpad, B., Saputra, R. M., Studi, P., Informasi, S., Studi, P., Informatika, T., Samarinda, K., Udara, K., & Udara, P. (2022). *SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA DI KAWASAN INDUSTRI DENGAN NODEMCU ESP32 BERBASIS IOT*. *12*(2), 8–16.

Haura, C. L., Yanti, I., & Pauzan, M. (2023). Alat Pendeteksi Formalin Menggunakan Deret Sensor HCHO dan MQ-7 dengan Logika Fuzzy. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi*, *12*, 117–123.

Jayadi, L. (2023). *Lukky Jayadi*. *5*, 283–294.

Munandar, A., David, N., Veronika, M., Abdulllah, D., & Sahputra, E. (2023). *Miniature Design of Liquid Filling Machine Automatically Using ESP32 Based IOT (Internet of Things) Perancangan Miniatur Mesin Pengisi Cairan Otomatis Menggunakan ESP32 Berbasis IOT (Internet of Things)*. *3*(1), 69–78.

Pratama, A. N., Syauqy, D., & Widasari, E. R. (2022). Klasifikasi Kandungan Boraks pada Gendar menggunakan Sensor Warna dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan berbabsis Arduino. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, *6*(6), 2989–2995.

Sanria, V., Setiawan, R. F., Ilhan, B., Saputro, H., Nugraha, A., Primajaya, A., Karawang, U. S., & Timur, T. (n.d.). *Fuzzy Logic Untuk Menentukan Kelayakan*. *13*(3), 1502–1510.

Seedstudio. (2015). *Grove - HCHO Sensor*.

Setiawan, H. (2024). *Prediksi produksi dompet kulit sintetis menggunakan metode fuzzymamdani*.

Setiawan, R., & Candra, O. (2022). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Formalin dan Boraks Pada Bahan Pangan Berbasis IoT. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, *3*(2), 541–550. https://doi.org/10.24036/jtein.v3i2.298

Sutanti Siti Namtini, Deksa Presiana, Yeni Restiani, D. N. (2019). Formaldehida dalam Pangan Olahan yang Terbentuk Karena Proses. In *Badan Pengawas Obat dan Makanan* (p. 13). https://standarpangan.pom.go.id/dokumen/pedoman/Pedoman-Formaldehida.pdf

Syafriania, Y. F. (2023). *Analisis Kandungan Formalin dan Boraks dalam Mi Kuning , Kerupuk Merah , dan Ayam Menggunakan Metode Rapid Test Kit*. https://doi.org/10.25077/jku.13.1.1-6.2024

Syukri, M., & Mukhaiyar, R. (2021). Alat Pendeteksi Formalin Pada Makanan Menggunakan IoT. *Ranah Research : Journal of Multidisciplinary Research and Development*, *3*(2), 80–87. https://doi.org/10.38035/rrj.v3i2.374

Ulum1, M. B. (2023). Sistem Monitoring Cuaca dan Deteksi Banjir Berbasis IoT. *JITET (Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan)*, *11*(9).

Yuhermansyah, E., Akbar, H., & Alya, C. (2024). *DOI Prefix 10.22373*. *14*(1), 31–48.

Zhang, H., Wu, Z., Zhi, Z., Gao, W., Sun, W., Hua, Z., & Wu, Y. (2022). Practical and Efficient: A Pocket-Sized Device Enabling Detection of Formaldehyde Adulteration in Vegetables. *ACS Omega*, *7*(1), 160–167. https://doi.org/10.1021/acsomega.1c04229