

Rancang Bangun Alat Pendeteksi Zat Berbahaya Pada Makanan Berbasis Internet of Things (IoT)

Rizma Ruqayyah Edy*, Ali Nurdin, Suroso

Teknik Elektro, Program Studi Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Sriwijaya, Kota Palembang, Indonesia

Email: ruqayyahrizma@gmail.com, ali_viking_kps@yahoo.com, osorus11@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: ruqayyahrizma@gmail.com

Submitted: 15/07/2024; Accepted: 07/10/2024; Published: 07/10/2024

Abstrak—Seiring dengan kemajuan teknologi, kesadaran masyarakat terhadap keamanan makanan semakin meningkat. Keamanan pangan merupakan isu penting yang memerlukan perhatian khusus, terutama terkait dengan penggunaan zat berbahaya dalam makanan. Penyalahgunaan zat berbahaya ini telah menyebabkan banyak orang terkena penyakit akibat keracunan makanan, yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan serius seperti sesak napas, diare, alergi, iritasi ginjal, bahkan kanker. Meskipun banyak upaya telah dilakukan untuk menanggulangi masalah ini, hasil yang dicapai masih belum memadai. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah menggunakan Internet of Things (IoT) untuk merancang dan membangun sebuah alat yang dapat mengidentifikasi bahan berbahaya dalam makanan. Alat ini mendeteksi bahan-bahan berpotensi berbahaya menggunakan sensor TCS3200, yang bekerja dengan mendeteksi nilai frekuensi RGB (Red, Green, Blue) dari sampel makanan yang dicurigai mengandung zat berbahaya. Data hasil deteksi kemudian dikirimkan ke server dan aplikasi MIT App Inventor melalui jaringan internet, memungkinkan pemantauan secara real-time melalui perangkat Android. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat pendeteksi ini mencapai tingkat akurasi sebesar 97,91% dengan margin kesalahan 2,09%, dan mampu menampilkan data secara real-time pada aplikasi Android. Korelasi antara nilai RGB dan konsentrasi zat berbahaya menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan zat berbahaya, semakin rendah nilai RGB yang terdeteksi, sedangkan nilai RGB yang lebih tinggi menunjukkan warna yang lebih pekat akibat kandungan zat berbahaya. Alat ini diharapkan dapat membantu masyarakat dalam memastikan keamanan pangan dan meningkatkan kesadaran akan bahaya penggunaan zat berbahaya. Dengan adanya alat ini, masyarakat diharapkan dapat lebih waspada dan terlindungi dari potensi risiko kesehatan akibat konsumsi makanan yang mengandung zat berbahaya. Selain itu, teknologi ini juga berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut guna mendeteksi berbagai jenis kontaminan berbahaya lainnya di masa depan.

Kata Kunci: Zat Berbahaya; TCS3200; IoT; Android; Makanan

Abstract—As technology advances public awareness of food safety is increasing. Food safety is a crucial issue that requires special attention, especially regarding the use of hazardous substances in food. The misuse of these hazardous substances has led to many people suffering from food poisoning, which can cause serious health problems such as shortness of breath, diarrhea, allergies, kidney irritation, and even cancer. Despite many efforts to address this issue, the results have not been satisfactory. Therefore, the aim of this research is to use the Internet of Things (IoT) to design and build a device that can identify hazardous substances in food. This device detects potentially harmful substances using a TCS3200 sensor, which works by detecting the RGB (Red, Green, Blue) frequency values of food samples suspected of containing hazardous substances. The detection data is then sent to a server and the MIT App Inventor application via the internet, allowing real-time monitoring through Android devices. Testing results show that this detection device achieves an accuracy rate of 97.91% with an error margin of 2.09% and can display data in real-time on the Android application. The correlation between RGB values and the concentration of hazardous substances indicates that the higher the content of hazardous substances, the lower the detected RGB values, while higher RGB values indicate a darker color due to the presence of hazardous substances. This device is expected to help the public ensure food safety and raise awareness of the dangers of using hazardous substances. With this device, the public is expected to be more vigilant and protected from potential health risks due to consuming food containing hazardous substances. Additionally, this technology has the potential to be further developed to detect various other types of hazardous contaminants in the future.

Keywords: Hazardous Substances; TCS3200; IoT; Android; Food

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi sangat sulit dihindari dalam kehidupan ini, karena kemajuan teknologi saat ini sejalan dengan ilmu pengetahuan yang terus berkembang pesat setiap harinya [1]. Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan membuat teknologi juga semakin berkembang hingga membuat produk makanan yang ditawarkan dengan berbagai macam rasa, warna hingga kualitas yang berbeda [2] sehingga kemajuan teknologi membuat masyarakat semakin susah untuk membedakan makanan yang memiliki kandungan zat berbahaya atau tidak [3].

Rentetan rasa yang beragam telah mendorong para pedagang untuk menggunakan berbagai strategi guna bersaing di pasar makanan yang semakin kompleks. Banyak konsumen mengalami keracunan makanan akibat kurangnya pengetahuan [4]. UU No 8 tahun 1999 tentang perlindungan konsumen diberlakukan untuk menciptakan keseimbangan antara pelaku usaha dan konsumen [5], [1]. Kualitas makanan harus dijamin selama proses persiapan, masak, penyajian, dan penyimpanan [6]. Makanan tidak boleh mengandung zat berbahaya yang dapat membahayakan kesehatan manusia [7]. Kehadiran polutan berbahaya dalam makanan perlu diwaspadai karena makanan pada dasarnya mudah rusak. Oleh karena itu, diperlukan prosedur pengawetan untuk menyimpan makanan. Meskipun beberapa pihak menambahkan pengawet berbahaya, sebaiknya menggunakan bahan alami yang tidak merusak kesehatan dalam proses pengawetan. Formalin dan boraks adalah dua bahan pengawet berbahaya yang umum digunakan [8].

Pengolahan makanan dengan baik sangat penting. Permintaan tinggi akan makanan telah menyebabkan masalah penipuan pedagang dalam penjualan makanan yang mengandung bahan berbahaya. Hal ini sering kali disebabkan oleh kurangnya pengetahuan produsen makanan tentang risiko mengonsumsi makanan yang mengandung bahan berbahaya[9]. Peraturan Menteri Kesehatan No. 329/Menkes/XII/76 tentang Produksi dan Distribusi Pangan menyebutkan bahwa bahan tambahan yang ditambahkan selama pengolahan makanan bertujuan untuk meningkatkan kualitas, termasuk pewarna, penyedap rasa, pengawet, dan pengental. Menurut SNI 0751 tahun 2006 tentang bahan tambahan pangan, bahan tambahan pangan adalah bahan yang ditambahkan ke dalam makanan untuk memengaruhi sifat atau bentuknya.

Mengonsumsi makanan yang mengandung zat berbahaya dalam jangka waktu lama dapat berdampak negatif pada tubuh, seperti gangguan pencernaan, masalah pernapasan, alergi, iritasi mata, kerusakan ginjal, dan penyakit jantung [10]. Berbagai upaya telah dilakukan baik oleh pemerintah maupun organisasi non-pemerintah untuk mengurangi penyalahgunaan zat berbahaya dalam makanan. Beberapa jenis zat berbahaya yang dilarang penggunaannya diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 33 tahun 2012 tentang Bahan Tambahan Pangan (BTP). Beberapa bahan tambahan pangan dari golongan pengawet yang dilarang digunakan dalam produk pangan termasuk formalin, asam borat, serta pewarna tekstil seperti rodamin B dan methanil yellow [11], [12].

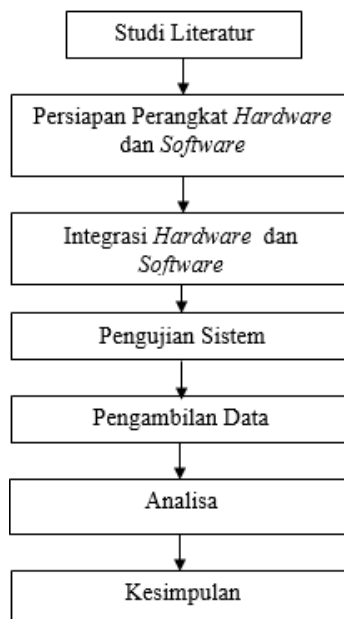
Para peneliti juga telah memulai penelitian untuk membantu pemerintah dalam mengurangi penyalahgunaan zat berbahaya dalam makanan. Peneliti [13] merancang alat yang menggunakan *Internet of Things* untuk mendeteksi kandungan formalin dalam makanan. Peneliti [14] juga menciptakan detektor formalin untuk daging ikan menggunakan Grove HCHO berbasis *Internet of Things*. Peneliti [15] merancang sistem pendeteksi zat berbasis *Internet of Things*. Penelitian [16] yang membuat suatu sistem untuk mendeteksi zat aditif formalin pada bahan makanan menggunakan sensor HCHO berbasis arduino dengan *display* pada *smartphone*.

Pada penelitian [17] sebuah alat telah dirancang untuk mendeteksi jenis kontaminan berbahaya seperti formalin pada tofu berbasis menggunakan aplikasi telegram. Sementara itu [18] merancang sebuah alat yang dapat mendeteksi makanan dengan terkontaminasi boraks seperti bakso. Peneliti [19] merancang alat untuk mendeteksi formalin dalam makanan. Pada peneliti [20] merancang sebuah alat yang dapat mendeteksi kadar formalin pada mie basah menggunakan sensor warna TCS3200. Penelitian ini menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk menciptakan alat yang dapat mengidentifikasi bahan berbahaya dalam makanan. Alat ini menggunakan sensor TCS3200 untuk mendeteksi zat berbahaya dengan memanfaatkan kurkumin, atau yang biasa dikenal sebagai ekstrak kunyit. NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai mikrokontroler dan modul *Wi-Fi*. Cara kerjanya adalah sensor mengirimkan data hasil pembacaan dalam bentuk nilai frekuensi warna dasar RGB, yang merepresentasikan tampilan yang dipindai oleh sensor. Data ini kemudian ditampilkan pada LCD dan dikirim secara serial melalui internet untuk diproses dan menampilkan hasil sistem.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini disajikan dalam bentuk diagram, di mana salah satu elemen utamanya adalah blok diagram. Blok diagram ini merupakan representasi grafis yang menggambarkan tahapan-tahapan penting yang harus dilalui dalam proses perancangan alat yang direncanakan. Dengan menggunakan blok diagram, kita dapat memvisualisasikan setiap langkah yang diperlukan secara sistematis, sehingga memberikan pemahaman yang menyeluruh tentang seluruh alur proses yang terlibat, mulai dari tahap awal hingga tahap akhir. Ini sangat membantu dalam memberikan gambaran tentang bagaimana sistem bekerja secara keseluruhan dan memungkinkan kita melihat interaksi yang terjadi antara berbagai komponen yang membentuk sistem tersebut. Blok diagram ini memuat semua tahapan yang penting dalam perancangan, seperti identifikasi bahan berbahaya, pengolahan data, serta transmisi data melalui jaringan *Internet of Things* (IoT). Setiap blok yang ditampilkan dalam diagram merepresentasikan fungsi spesifik yang harus dilakukan oleh sistem pada setiap tahapnya. Dengan adanya representasi ini, pengguna dapat lebih mudah memahami bagaimana setiap komponen dalam sistem saling terhubung dan berperan dalam keseluruhan proses. Selain itu, blok diagram ini juga berfungsi untuk membantu mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan, penyesuaian, atau pengoptimalan, terutama saat sistem sedang dirancang atau diuji. Blok diagram tidak hanya membantu mempermudah proses perancangan dan pengembangan sistem, tetapi juga menjadi alat komunikasi yang sangat efektif. Diagram ini memungkinkan setiap anggota tim proyek untuk memiliki pemahaman yang sama mengenai alur dan struktur sistem yang sedang dikembangkan. Dalam konteks penelitian, hal ini sangat penting agar seluruh tim dapat mengikuti perkembangan proyek secara real-time dan memahami secara detail tugas-tugas yang sedang dikerjakan. Dengan demikian, koordinasi antar anggota tim menjadi lebih efisien dan produktif, karena setiap orang dapat dengan mudah merujuk pada diagram tersebut untuk memahami proses kerja atau langkah yang akan diambil. Selain berfungsi sebagai panduan dalam proses pengembangan, blok diagram juga berperan penting dalam tahap pengujian dan evaluasi sistem. Saat memasuki tahap ini, diagram memungkinkan peneliti untuk memiliki gambaran yang lebih jelas tentang struktur dan fungsi dari sistem yang telah dirancang. Dengan demikian, kesalahan atau kekurangan yang mungkin terjadi selama pengembangan dapat diidentifikasi lebih awal dan diperbaiki secara efisien. Peneliti dapat dengan cepat menemukan bagian yang tidak berfungsi atau yang tidak sesuai dengan rencana awal, dan melakukan perbaikan yang diperlukan tanpa mengganggu komponen lainnya. Di samping itu, blok diagram juga membantu dalam memastikan bahwa sistem yang dikembangkan benar-benar sesuai dengan tujuan penelitian. Dalam kasus ini,

penelitian bertujuan untuk merancang sistem yang dapat mendeteksi keberadaan zat berbahaya dalam makanan dengan cepat, efisien, dan akurat. Dengan menggunakan blok diagram, peneliti dapat memastikan bahwa setiap komponen dan proses dalam sistem berfungsi dengan baik, sehingga mencapai hasil yang diinginkan. Diagram ini berfungsi sebagai peta jalan yang membantu mengarahkan proses pengembangan dari awal hingga akhir, sekaligus memastikan bahwa semua langkah telah diikuti dengan benar dan sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan.



Gambar 1. Alur Penelitian

Studi Literatur: Langkah pertama adalah mengumpulkan literatur yang relevan dengan topik dan variabel penelitian, termasuk jurnal dan e-book dari internet, serta memfilter literatur yang akan digunakan.

Persiapan Hardware dan Software: Persiapan hardware meliputi komponen fisik seperti sensor TCS3200, Arduino, nodemcu ESP8266, dan rangkaian power supply. Sementara itu, persiapan perangkat lunak melibatkan software seperti Arduino IDE, MIT Inventor, dan ThingSpeak yang diperlukan untuk menjalankan perangkat hardware.

Integrasi Hardware: Setelah hardware dan software siap, langkah berikutnya adalah menghubungkan perangkat tersebut dan menginstal software yang diperlukan.

Pengujian Sistem: Pengujian sistem mencakup dua hal, yaitu pengujian atau pengukuran pada masing-masing sensor serta pengujian sistem software dan koneksi aplikasi.

Pengambilan Data: Pengambilan data dilakukan melalui tiga jenis pengujian sistem: pengukuran pada setiap sensor, respon, dan akses informasi via aplikasi yang dibangun.

Analisa: Pada tahap ini, analisis dilakukan untuk menilai apakah rancangan sistem yang telah dibangun sesuai dengan tujuan penelitian. Proses ini juga menghasilkan teori dan pengamatan baru berdasarkan data yang diperoleh selama pengujian.

Kesimpulan: Tahap terakhir adalah menyimpulkan hasil penelitian yang telah dilakukan.

2.1 Pengujian Sistem Tahapan Data

Untuk menguji parameter lapangan yang relevan dengan penelitian ini, beberapa tindakan harus diselesaikan sebelum proses pengumpulan data dapat dilakukan. Langkah pertama adalah melakukan pembacaan nilai frekuensi hasil pemindaian elemen warna merah, hijau, dan biru. Parameter-parameter ini sangat penting karena akan digunakan untuk mengidentifikasi kandungan zat berbahaya dalam makanan. Identifikasi ini dilakukan berdasarkan kontaminasi zat berbahaya yang telah ditentukan melalui penentuan nilai referensi yang ditetapkan berdasarkan data pelatihan. Proses penentuan nilai referensi ini melibatkan beberapa tahapan yang krusial. Pertama, variabel data pelatihan dievaluasi secara cermat untuk memastikan bahwa data yang digunakan akurat dan representatif. Kemudian, data tersebut dikenalkan pada alat melalui pemindaian sampel yang sudah diketahui memiliki kandungan zat berbahaya. Dengan cara ini, alat dapat "belajar" mengenali pola-pola tertentu yang menunjukkan adanya zat berbahaya dalam sampel makanan. Selanjutnya, data hasil pemindaian elemen warna merah, hijau, dan biru dianalisis secara mendalam untuk mengekstraksi informasi penting mengenai kandungan zat berbahaya. Informasi ini kemudian digunakan untuk memperbarui nilai referensi dan meningkatkan akurasi identifikasi alat. Proses ini mungkin perlu dilakukan beberapa kali untuk memastikan bahwa alat benar-benar dapat mendeteksi zat berbahaya dengan tingkat akurasi yang tinggi. Selain itu, penting untuk melakukan pengujian berulang untuk mengonfirmasi konsistensi hasil. Ini termasuk menguji alat pada berbagai sampel makanan dengan tingkat kontaminasi yang berbeda. Dengan cara ini, peneliti dapat memastikan bahwa alat berfungsi dengan baik di berbagai kondisi dan mampu memberikan hasil yang andal. Dalam tahap akhir, hasil dari pengujian ini dianalisis untuk menentukan efektivitas alat dalam mengidentifikasi zat

berbahaya. Analisis ini mencakup evaluasi tingkat keberhasilan alat dalam mendeteksi kontaminasi serta identifikasi potensi area yang perlu ditingkatkan. Dengan menyelesaikan semua langkah ini, diharapkan alat yang dikembangkan dapat menjadi solusi yang efektif dan andal dalam mendeteksi zat berbahaya dalam makanan, sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan keamanan pangan dan melindungi kesehatan masyarakat.

2.2 Tes kinerja Sistem

Evaluasi menyeluruh terhadap sistem yang dirancang dilakukan untuk mengamati dan menilai apakah sistem tersebut sudah memenuhi kriteria perencanaan atau belum. Proses evaluasi ini sangat penting karena memberikan gambaran tentang seberapa baik sistem berfungsi dalam kondisi nyata dan apakah sistem tersebut dapat diandalkan dalam deteksi zat berbahaya dalam makanan. Tahapan evaluasi ini meliputi beberapa aspek penting, salah satunya adalah pengujian keandalan alat. Keandalan alat diukur dengan menguji seberapa konsisten alat tersebut dalam melakukan deteksi terhadap zat berbahaya dalam berbagai kondisi dan sampel makanan. Pengujian ini dilakukan dengan melakukan sejumlah eksperimen berulang-ulang dan mencatat hasilnya untuk dianalisis lebih lanjut. Selain itu, keakuratan pembacaan juga menjadi fokus utama dalam evaluasi ini. Keakuratan pembacaan dinilai dengan membandingkan hasil deteksi alat dengan nilai referensi yang sudah diketahui. Persentase kesalahan dan persentase keberhasilan alat dalam mendeteksi zat berbahaya dihitung dan dianalisis untuk mengetahui seberapa akurat alat tersebut dalam menjalankan fungsinya. Dengan demikian, kita dapat mengetahui tingkat ketepatan alat dalam mengidentifikasi zat berbahaya. Dengan menggunakan perhitungan berikut kita mendapatkan hasil akurasi :

$$P(A) = \frac{n(A)}{n(S)} \quad (1)$$

Dimana

$P(A)$ = Peluang kejadian A

$n(A)$ = Banyak anggota himpunan kejadian A

$n(S)$ = Total anggota dalam himpunan sampel S

Peluang suatu kejadian A, yang dinyatakan sebagai $P(A)$, adalah ukuran seberapa besar kemungkinan kejadian A terjadi. Untuk menghitung peluang tersebut, kita dapat menggunakan rumus dasar:

$$P(A) = \frac{n(A)}{n(S)} \quad (2)$$

Di mana $n(A)$ adalah banyaknya anggota atau elemen dalam himpunan kejadian A, dan $n(S)$ adalah total anggota dalam himpunan sampel S, yaitu semua kemungkinan hasil yang bisa terjadi dalam suatu percobaan. Nilai peluang ini selalu berada antara 0 dan 1, di mana 0 menunjukkan bahwa kejadian tersebut tidak mungkin terjadi, dan 1 menunjukkan bahwa kejadian tersebut pasti terjadi. Hasil pengujian ini sangat penting karena memungkinkan pembacaan data yang dapat diakses secara real-time melalui aplikasi yang dirancang. Aplikasi ini dirancang untuk memudahkan pengguna dalam memantau hasil deteksi secara langsung, tanpa perlu menunggu waktu yang lama untuk mendapatkan hasilnya. Data yang dikumpulkan oleh alat deteksi kemudian dikirimkan ke server *cloud ThingSpeak*, yang berfungsi sebagai basis data yang digunakan untuk menyimpan dan mengelola data hasil deteksi. Dengan menggunakan server *cloud ThingSpeak*, data yang dikumpulkan dapat diakses kapan saja dan di mana saja, selama terhubung dengan jaringan internet. Hal ini memberikan fleksibilitas bagi pengguna untuk memantau hasil deteksi dalam waktu nyata, meningkatkan responsivitas terhadap potensi ancaman zat berbahaya dalam makanan. Selain itu, penyimpanan data di cloud juga memungkinkan analisis lebih lanjut untuk meningkatkan keandalan dan keakuratan alat deteksi di masa mendatang. Secara keseluruhan, evaluasi menyeluruh terhadap sistem yang dirancang ini tidak hanya memastikan bahwa sistem memenuhi kriteria perencanaan, tetapi juga memberikan wawasan berharga untuk pengembangan lebih lanjut. Dengan hasil evaluasi yang komprehensif, kita dapat mengidentifikasi area yang perlu ditingkatkan dan mengambil langkah-langkah perbaikan yang diperlukan untuk memastikan alat deteksi zat berbahaya dalam makanan dapat berfungsi dengan optimal dan memberikan perlindungan yang lebih baik bagi masyarakat.

2.3 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian mencakup tahapan yang dilakukan untuk menguji alat yang telah dirancang dengan seksama. Ada sejumlah langkah yang harus dipersiapkan secara rinci dan teliti untuk memastikan bahwa alat tersebut dapat berfungsi dengan baik dan memberikan hasil yang akurat. Langkah pertama dalam prosedur ini adalah menyiapkan sampel makanan yang akan diidentifikasi sebagai contoh makanan yang mengandung zat berbahaya. Sampel makanan yang digunakan dalam pengujian harus benar-benar representatif dan mengandung zat berbahaya yang berbeda untuk memastikan bahwa alat dapat mendeteksi berbagai jenis kontaminan. Untuk mendapatkan sampel ini, makanan dihancurkan menjadi remah-remah terlebih dahulu. Proses penghancuran ini penting untuk memastikan bahwa seluruh permukaan makanan dapat bereaksi dengan kurkumin secara merata. Setelah makanan dihancurkan, langkah berikutnya adalah mengekstraksi kurkumin yang berasal dari ekstrak kunyit. Kurkumin digunakan karena memiliki sifat reaktif terhadap zat berbahaya tertentu, sehingga memudahkan deteksi. Setelah proses ekstraksi, sampel kemudian didiamkan beberapa saat untuk memperoleh hasil reaksi yang optimal. Pendiaman ini penting untuk memastikan bahwa kurkumin memiliki cukup waktu untuk bereaksi dengan zat berbahaya dalam makanan. Selama



periode ini, kurkumin akan berinteraksi dengan zat berbahaya dan menghasilkan perubahan warna atau intensitas yang dapat dideteksi oleh sensor alat. Dari hasil pengujian ini, tingkat keberhasilan alat dan tingkat kesalahan identifikasi dapat ditentukan. Tingkat keberhasilan alat dalam mendeteksi zat berbahaya ditunjukkan dalam bentuk persentase keberhasilan pembacaan, yang mengindikasikan seberapa sering alat berhasil mengidentifikasi kontaminan dengan benar. Di sisi lain, tingkat kesalahan identifikasi ditunjukkan dalam bentuk persentase eror, yang mengindikasikan seberapa sering alat salah dalam mendeteksi atau mengidentifikasi zat berbahaya. Hasil identifikasi yang diperoleh dari alat ini dapat dipantau secara real-time melalui aplikasi yang telah dirancang khusus untuk *smartphone*. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk melihat hasil deteksi segera setelah proses selesai, memberikan kenyamanan dan kemudahan dalam memantau kondisi makanan yang diuji. Aplikasi ini terhubung dengan jaringan cloud Internet of Things, sehingga data hasil deteksi dapat diakses kapan saja dan di mana saja, asalkan terhubung dengan internet. Dengan menggunakan jaringan *cloud Internet of Things*, data hasil deteksi tidak hanya dapat dipantau secara real-time, tetapi juga disimpan dengan aman untuk analisis lebih lanjut. Penyimpanan data di *cloud* memungkinkan pengguna untuk melihat tren dan pola dalam deteksi zat berbahaya dari waktu ke waktu, memberikan wawasan berharga untuk tindakan pencegahan di masa mendatang. Hal ini sangat penting untuk memastikan bahwa makanan yang dikonsumsi oleh masyarakat bebas dari kontaminan berbahaya dan aman untuk dikonsumsi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

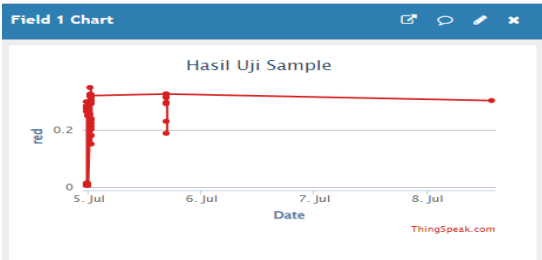
Berikut adalah gambaran hasil alat Rancang Bangun Alat Pendeteksi Zat Berbahaya Pada Makanan Berbasis *Internet of Things* (Iot).

3.1 Hasil Pengujian Implementasi

Keberhasilan alat dalam menjalankan fungsinya adalah output yang diamati dalam pengujian implementasi. Pengujian mencakup logika sistem alat, LCD, ESP8266, dan sensor warna.

Tabel 1. Pengujian Implementasi

No.	Indikator	Hasil	Keterangan
1.	Pembacaan data sampel pada alat.		Berhasil
2.	Pembacaan data dari sensor tcs3200 yang diolah NodeMcu ESP8266.	Ada beberapa tahapan yang dilakukan : 1. Metode <i>scanning</i> sensor dilakukan untuk mendapat data. 2. Melakukan klasifikasi data berdasarkan data pembelajaran (<i>training data set</i>) 3. Proses pengidentifikasian akan menghasilkan data pembacaan dengan hasil dari data pembacaan dari pemindaian objek dan mengklasifikasikannya berdasarkan mayoritas kategori data pada training KNN. 4. Hasil keputusan pembacaan kemudian dihasilkan dalam tampilan serial monitor dan tampilan lcd sebagai <i>output</i> pengidentifikasian.	Berhasil

3.	Memproses data yang dikirimkan melalui <i>Internet of Think</i> menuju <i>Server cloud Thingspeak</i> .Proses ini menggunakan <i>NodeMcu ESP8266</i> yang dilakukan secara nirkabel menggunakan modul <i>WiFi</i> pada <i>NodeMCU ESP8266</i> .		Berhasil
4.	Pengolahan data Ditampilkan pada aplikasi Android.		Berhasil

3.2 Hasil Pengujian Sensor

Pengujian pada setiap sampel yang dilakukan dengan mengevaluasi nilai dari alat yang telah dibuat dengan menggunakan beberapa sampel makanan, berikut ini hasil yang di peroleh:

Tabel 2. Pengujian Sensor

No.	Sampel	Masa zat (gr)	Hasil		
			R	G	B
1.	Kue basah Rhodamine B	1	70	143	108
		2	75	147	109
		3	65	81	66
2.	Kerupuk putih Boraks	1	42	89	68
		2	97	132	114
		3	99	134	117
3.	Pempek Formalin	1	53	56	74
		2	73	75	83
		3	89	91	85
4.	Agar – agar Pewarna Tekstil	1	44	82	92
		2	54	92	80
		3	79	109	99

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada sampel makanan yang terindikasi mengandung zat berbahaya menggunakan sensor TCS3200, data yang diperoleh kemudian ditampilkan melalui perangkat lunak Arduino IDE. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi zat berbahaya yang terkandung dalam makanan, semakin rendah nilai RGB yang terdeteksi oleh sensor. Sebaliknya, semakin tinggi nilai RGB yang terbaca, semakin pekat warna yang menunjukkan kandungan zat berbahaya dalam makanan tersebut.

3.3 Hasil Pengukuran Akurasi

Akurasi Sensor warna TCS3200 diukur dengan membandingkan hasilnya dengan standar nilai warna internasional. Kompuatsi berikut ini menampilkan hasil persentasenya.

Tabel 3. Pengukuran Akurasi

Warna	Nilai Standar Warna RGB	Nilai RGB yang Didapat	Selisih Pengukuran	Persentase Error (%)
R	255	248	7	2,75%
G	255	252	3	1,18%
B	255	249	6	2,35%
Jumlah	765	749	16	6,28%
			Rata-rata	Rata-rata
			5,3	2,09%

$$\frac{\text{hasil pengujian alat} - \text{hasil alat pembanding}}{\text{hasil Pengujian alat pembanding}} \times 100\% = \%$$

(3)

1. Merah

$$\%R = \left| \frac{248 - 255}{255} \right| \times 100\% = 2,75\%$$

2. Hijau

$$\%G = \left| \frac{252 - 255}{255} \right| \times 100\% = 1,18\%$$

3. Biru

$$\%B = \left| \frac{249 - 255}{255} \right| \times 100\% = 2,35\%$$

Rata-rata kesalahan = $2,75 + 1,18 + 2,35 / 3 = 2,09$

Pengukuran akurasi sensor warna memiliki nilai kesalahan relatif sebesar 2,09%. Dependabilitas perangkat dalam memilih sampel makanan yang diuji dievaluasi menggunakan data pengukuran. Probabilitas digunakan untuk menyatakan hasil pengukuran keandalan perangkat.

3.4 Hasil Pengukuran Keandalan Alat

Tabel 4. Keandalan Alat dalam Mendeteksi Sampel Kue Basah

No.	Kandungan Rhodimine B dari Sampel Uji Kue Basah (gram)	Peluang Kejadian $P(A) = \frac{n(A)}{n(S)}$	Prosentase Kejadian (%)
1	1	$P(1 \text{ gram}) = \frac{38}{40} = 0.95$	95
2	2	$P(2 \text{ gram}) = \frac{38}{40} = 0.95$	95

Berdasarkan data yang tercatat pada Tabel 4, hasil pengujian menunjukkan bahwa alat memiliki kemampuan untuk mendeteksi sampel kue basah dengan kandungan Rhodimine B sebagai berikut: 1gram dengan tingkat keberhasilan 95%, 2gram dengan tingkat keberhasilan 95%, dan 3gram dengan tingkat keberhasilan 97,5%. Setiap jenis sampel diuji sebanyak 40 kali.

Tabel 5. Keandalan Alat dalam Mendeteksi Sampel Kerupuk

No.	Kandungan Boraks dari Sampel Kerupuk Putih (gram)	Peluang Kejadian $P(A) = \frac{n(A)}{n(S)}$	Prosentase Kejadian (%)
1	1	$P(1 \text{ gram}) = \frac{38}{40} = 0.975$	95
2	2	$P(2 \text{ gram}) = \frac{37}{40} = 0.925$	92.5

Berdasarkan data yang tercatat pada Tabel 5, hasil pengujian menunjukkan bahwa alat memiliki kemampuan untuk mendeteksi sampel kerupuk dengan kandungan boraks sebagai berikut: 1gram dengan tingkat keberhasilan 95%, 2gram dengan tingkat keberhasilan 92,5%, dan 3gram dengan tingkat keberhasilan 87,5%. Setiap jenis sampel diuji sebanyak 40 kali.

Tabel 6. Keandalan Alat dalam Mendeteksi Sampel Pempek

No.	Kandungan Formalin dari Sampel Pempek (gram)	Peluang Kejadian $P(A) = \frac{n(A)}{n(S)}$	Prosentase Kejadian (%)
1	1	$P(1 \text{ gram}) = \frac{38}{40} = 0.975$	95
2	2	$P(2 \text{ gram}) = \frac{39}{40} = 0.925$	92.5

Berdasarkan data yang tercatat pada Tabel 6, hasil pengujian menunjukkan bahwa alat memiliki kemampuan untuk mendeteksi sampel pempek dengan kandungan formalin sebagai berikut: 1gram dengan tingkat keberhasilan 95%, 2gram dengan tingkat keberhasilan 97,5%, dan 3gram dengan tingkat keberhasilan 100%. Setiap jenis sampel diuji sebanyak 40 kali.

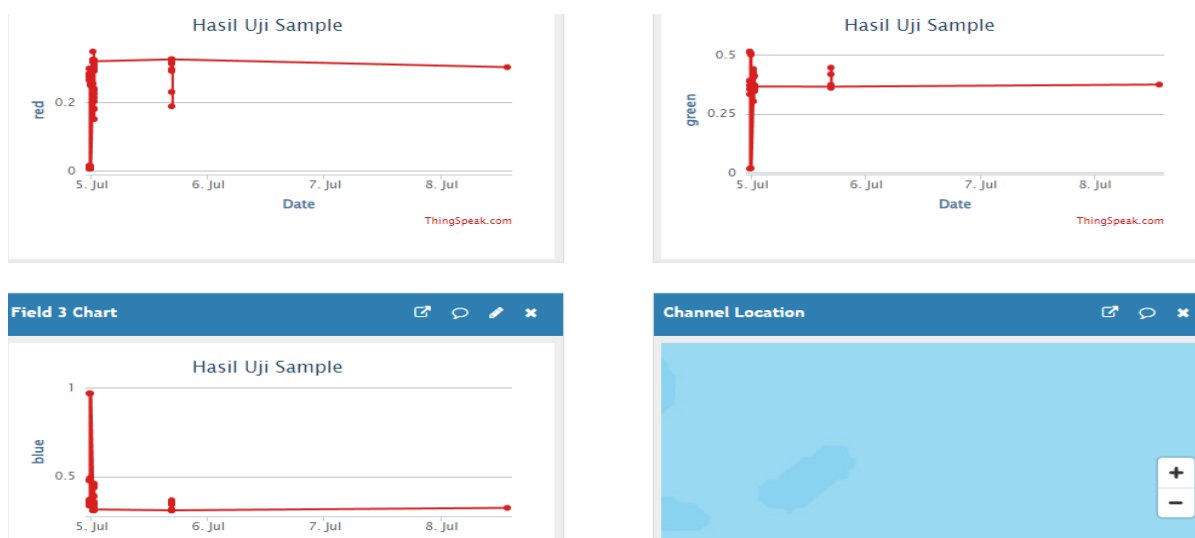
Tabel 7. Keandalan Alat dalam Mendeteksi Sampel Agar-Agar

No.	Kandungan Pewarna Tekstil dari Sampel Uji agar-agar (gram)	Peluang Kejadian $P(A) = \frac{n(A)}{n(S)}$	Prosentase Kejadian (%)
1	1	$P(1 \text{ gram}) = \frac{38}{40} = 0.95$	95
2	2	$P(2 \text{ gram}) = \frac{38}{40} = 0.925$	95

Berdasarkan data yang tercatat pada Tabel 7, hasil pengujian menunjukkan bahwa alat memiliki kemampuan untuk mendeteksi sampel agar-agar dengan kandungan pewarna tekstil sebagai berikut: 1 gram dengan tingkat keberhasilan 95%, 2 gram dengan tingkat keberhasilan 95%, dan 3 gram dengan tingkat keberhasilan 100%. Setiap jenis sampel diuji sebanyak 40 kali.

3.5. Pembahasan

Pengujian pembacaan sensor dilakukan untuk menguji hasil konversi pemindaian sensor dari cahaya menjadi frekuensi atau *light to frequency*. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa sensor dapat secara akurat mengubah intensitas cahaya menjadi nilai frekuensi yang dapat dianalisis. Masing-masing elemen sensor akan menghasilkan pembacaan frekuensi untuk warna primer yang terdiri dari elemen warna merah (*red*), hijau (*green*), dan biru (*blue*). Setiap elemen warna tersebut memainkan peran penting dalam menentukan komposisi warna dari sampel yang diuji. Sensor akan mendeteksi intensitas cahaya yang dipantulkan oleh sampel dan mengonversinya menjadi sinyal frekuensi. Sinyal ini kemudian diproses oleh mikrokontroler untuk menghasilkan data yang representatif terhadap kandungan warna dalam sampel makanan. Mikrokontroler bertindak sebagai otak dari sistem ini, memastikan bahwa data yang diterima dari sensor diproses secara efisien dan akurat. Setelah pembacaan frekuensi warna dilakukan, data ini akan ditransfer ke cloud data Thingspeak yang berbasis teknologi *Internet of Things* (IoT). Transfer data ke *cloud* memungkinkan analisis lebih lanjut dan pemantauan secara *real-time* melalui platform IoT. Data yang dikirimkan ke cloud akan disimpan dengan aman dan dapat diakses kapan saja oleh pengguna melalui antarmuka aplikasi yang terhubung. Hal ini memberikan fleksibilitas bagi pengguna untuk memantau dan menganalisis data dari mana saja dan kapan saja. Dengan teknologi IoT, data yang dikumpulkan tidak hanya dapat diakses secara *real-time*, tetapi juga dapat digunakan untuk analisis prediktif dan pengambilan keputusan berbasis data. Misalnya, dalam industri makanan, data ini dapat membantu dalam pemantauan kualitas produk, memastikan bahwa produk memenuhi standar kualitas yang ditetapkan, serta mendeteksi adanya penyimpangan warna yang mungkin menunjukkan masalah dalam proses produksi. Selain itu, data ini dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut, memberikan wawasan yang berharga tentang pola dan tren yang mungkin tidak terlihat dengan metode pemantauan konvensional. Secara keseluruhan, pengujian pembacaan sensor dan konversi data ke platform IoT *Thingspeak* merupakan langkah penting dalam modernisasi sistem pemantauan dan analisis warna. Dengan menggunakan teknologi ini, perusahaan dan peneliti dapat memperoleh data yang lebih akurat dan dapat diandalkan, meningkatkan efisiensi operasional, dan membuat keputusan yang lebih baik berdasarkan data yang terkumpul.



Gambar 2. Chart Thingspeak

Pada Gambar 2, chart menampilkan pembacaan elemen warna *red*, *green*, dan *blue* (merah, hijau, biru) yang menunjukkan adanya kandungan zat berbahaya dalam makanan. Pembacaan elemen warna ini menghasilkan plot grafik yang sesuai dengan hasil pembacaan sensor pada berbagai uji sampel makanan. Grafik tersebut mencakup nilai pembacaan dan waktu pengujian yang dilakukan. Data pembacaan sensor disajikan secara *real-time* menuju server, termasuk nilai pembacaan dan waktu pemindaian yang dilakukan. Setiap elemen warna berperan penting dalam menentukan komposisi warna sampel yang diuji, dan perubahan dalam nilai RGB dapat mengindikasikan adanya zat berbahaya. Dalam grafik yang ditampilkan, kita dapat melihat bagaimana setiap pembacaan sensor menghasilkan kombinasi data RGB yang berubah-ubah sesuai dengan kondisi pembacaan sampel makanan yang dideteksi. Misalnya, jika sampel makanan mengandung zat berbahaya yang mempengaruhi warna tertentu, perubahan tersebut akan tercermin dalam nilai pembacaan elemen warna yang terkait. Proses ini memungkinkan kita untuk memantau dan menganalisis kandungan zat berbahaya dalam makanan dengan lebih efektif. Dengan menggunakan teknologi sensor cahaya yang dikonversi menjadi frekuensi, kita dapat memperoleh data yang lebih akurat dan detail mengenai kondisi sampel makanan. Mikrokontroler yang mengolah data dari sensor memastikan bahwa informasi yang diterima diproses dengan efisien dan akurat sebelum dikirim ke server. Pengiriman data ke *server* secara *real-time* memungkinkan analisis lebih lanjut dan pemantauan secara langsung melalui platform IoT. Data yang disimpan di cloud dapat diakses kapan saja oleh pengguna melalui antarmuka aplikasi yang terhubung, memberikan fleksibilitas untuk melakukan pemantauan dan analisis dari jarak jauh. Hal ini sangat berguna untuk memastikan bahwa produk

makanan memenuhi standar kualitas yang ditetapkan dan untuk mendeteksi masalah dalam proses produksi secara cepat.

Dalam konteks yang lebih luas, data yang dikumpulkan dari pembacaan sensor ini dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut, memberikan wawasan berharga tentang pola dan tren dalam kandungan zat berbahaya dalam makanan. Informasi ini dapat membantu produsen makanan untuk meningkatkan kualitas dan keamanan produk mereka, serta membantu peneliti dalam mengembangkan metode baru untuk mendeteksi dan mengurangi zat berbahaya dalam makanan. Secara keseluruhan, penggunaan teknologi sensor cahaya dan konversi data ke platform IoT Thingspeak merupakan langkah maju dalam modernisasi sistem pemantauan dan analisis kualitas makanan. Dengan data yang lebih akurat dan dapat diandalkan, kita dapat meningkatkan efisiensi operasional, memastikan keamanan produk, dan membuat keputusan yang lebih baik berdasarkan data yang terkumpul.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun alat pendeteksi zat berbahaya pada makanan berbasis Internet of Things (IoT). Alat ini memanfaatkan sensor TCS3200 untuk mendeteksi zat berbahaya yang terkandung dalam makanan. Data yang diperoleh dari sensor dikirimkan ke server dan aplikasi MIT App Inventor melalui jaringan internet, memungkinkan pemantauan secara *real-time* melalui perangkat Android. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini memiliki tingkat akurasi sebesar 97,91% dengan margin kesalahan 2,09%. Sensor TCS3200 bekerja dengan mendeteksi nilai frekuensi RGB (Red, Green, Blue) dari sampel makanan. Korelasi yang ditemukan antara nilai RGB dan konsentrasi zat berbahaya menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan zat berbahaya dalam makanan, semakin rendah nilai RGB yang terdeteksi oleh sensor. Sebaliknya, nilai RGB yang lebih tinggi menunjukkan warna yang lebih pekat akibat kandungan zat berbahaya. Proses kerja alat ini melibatkan beberapa langkah. Pertama, sampel makanan yang dicurigai mengandung zat berbahaya dihaluskan dan dipindai oleh sensor TCS3200. Data hasil pemindaian, berupa nilai frekuensi RGB, kemudian dikirimkan ke mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang terhubung dengan jaringan internet. Data tersebut kemudian dikirim ke server dan ditampilkan melalui aplikasi MIT App Inventor di perangkat Android. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini dapat diandalkan dalam mendeteksi zat berbahaya seperti Rhodamine B, formalin, boraks, dan pewarna tekstil pada makanan. Dengan alat ini, pengguna dapat memantau kualitas dan keamanan makanan secara lebih efektif dan efisien. Alat ini diharapkan dapat membantu masyarakat dalam memastikan keamanan pangan dan meningkatkan kesadaran akan bahaya penggunaan zat berbahaya dalam makanan. Selain itu, hasil pengujian juga menunjukkan bahwa alat ini dapat diintegrasikan dengan teknologi *Internet of Things* untuk memungkinkan pemantauan dan analisis data secara *real-time*. Dengan demikian, alat ini tidak hanya memberikan hasil yang akurat, tetapi juga memberikan kemudahan dalam pemantauan dan pelaporan hasil deteksi melalui perangkat mobile. Ke depan, alat ini berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut guna mendeteksi berbagai jenis kontaminan berbahaya lainnya dan diaplikasikan dalam berbagai skala industri pangan.

REFERENCES

- [1] T. F. Prasetyo, A. F. Isdiana, and H. Sujadi, "Implementasi Alat Pendeteksi Kadar Air pada Bahan Pangan Berbasis Internet Of Things," *SMARTICS Journal*, vol. 5, no. 2, pp. 81–96, Oct. 2019, doi: 10.21067/smartics.v5i2.3700.
- [2] Fitrya, W. S.P., and R. Gusfita, "Rancang bangun alat pendeteksi kontamin borak pada makanan berbasis android," *Saintek Semnas MIPAKes Umr*, vol. 2, pp. 232–241, 2021.
- [3] S. Seprianto, M. P. Hasibuan, and D. I. Effendi, "PELATIHAN DETEKSI ADANYA FORMALIN, BORAKS, DAN PEWARNA BERBAHAYA DALAM MAKANAN SERTA PENYULUHAN BAHAYANYA BAGI KESEHATAN MASYARAKAT DESA MEURANDEH DAYAH KOTA LANGSA," *Martabe : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 2, no. 1, p. 21, Jun. 2019, doi: 10.31604/jpm.v2i1.21-25.
- [4] R. Setiawan Sihombing and O. Candra, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Formalin dan Boraks Pada Bahan Pangan Berbasis IoT," vol. 3, no. 2, p. 202, 2022, doi: 10.24036/jtein.v3i2.298.
- [5] Widiastuti, "SOSIALISASI UU NOMOR 18 TAHUN 2012 TENTANG PANGAN DAN UU NOMOR 8 TAHUN 1999 TENTANG PERLINDUNGAN KONSUMEN: TANGGUNG JAWAB PRODUSEN PANGAN DALAM KEAMANAN PANGAN," *SENADIMAS UNISRI*, Sep. 2019.
- [6] Y. Fatisa, L. Utami, K. Kunci, and : Btp, "Pemberdayaan Masyarakat Peduli Makanan Sehat Melalui Deteksi Berbasis IPTEK Menggunakan Senyawa Bahan Alam pada Bahan Tambahan Pangan Berbahaya," 2020
- [7] S. Martini, D. Kharismadewi, K. Ahmad Roni, and E. Yuliwati, "PENYULUHAN TENTANG DAMPAK DAN DETEKSI BAHAN PENGAWET KIMIA BERBAHAYA PADA BAHAN MAKANAN," vol. 4, no. 2, 2021, doi: 10.36257/aps.vvix.
- [8] D. Andriani and N. Utami, "Efek Konsumsi Boraks dan Formalin dalam Makanan bagi Tubuh," *JPPM (Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat)*, vol. 7, no. 1, p. 19, Mar. 2023, doi: 10.30595/jppm.v7i1.9720.
- [9] D. Gilang Kusumafikri *et al.*, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Bakso Mengandung Boraks Menggunakan Sensor Resistansi," *PRISMA FISIKA*, vol. 7, no. 2, pp. 115–118, 2019.
- [10] S. Syarifuddin *et al.*, "EDUKASI JAJANAN SEHAT PADA ANAK USIA SEKOLAH," vol. 6, no. 1, 2022.
- [11] B. wayan Yupani, rendy munadi, and S. naning hertiana, "Alat Pendeteksi Zat Rhodamine B, Formalin, Boraks Dan Pewarna Tekstil Pada Makanan Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani Berbasis Internet Of Things," vol. 9, no. 2, Apr. 2022.
- [12] Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM), *Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2017 tentang Kriteria dan Tata Laksana Registrasi Obat*. Diakses Juni 2024, <https://jdih.pom.go.id/download/product/769/24/2017>.



- [13] A. Rifa'i, E. Citra Yanizar, I. Dwisaputra, A. Febriansyah, P. Manufaktur, and N. Bangka, "RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI KANDUNGAN FORMALIN PADA MAKANAN BERBASIS INTERNET OF THINGS." 2022
- [14] W. O. Lisnawati, H. T. Mokui, and L. B. Aksara, "SISTEM PENDETEKSI FORMALIN PADA DAGING IKAN MENGGUNAKAN GROVE HCHO BERBASIS IoT." 2023
- [15] A. rohdiana, A. Oktario Pratama, and R. Rosaliana Saraswati, "sistem pendeteksi alkohol berbasis sensor MQ- dan Internet og Things," 2020.
- [16] F. D. Sitohang, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kandungan Formalin Dengan Sensor HCHO berbasis Arduino," 2019.
- [17] R. Prayogo, I. Anshory, I. Sulistiyowati, and S. Syahririni, "Formalin detection device in Tofu food with telegram monitoring," *Journal of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing*, vol. 5, no. 2, pp. 563–570, Jul. 2023, doi: 10.47709/cnahpc.v5i2.2393.
- [18] F. Fatiatun, "DETECTION TOOL FOR BORAX CONTENT IN MEATBALL FOOD," *SPEKTRA:JurnalKajianPendidikanSains*, vol. 10, pp. 110–116, May 2024, doi: 10.32699/spektra.v10i1.469.
- [19] M. Syukri and R. Mukhaiyar, "Alat Pendeteksi Formalin Pada Makanan Menggunakan IoT," *R2J*, vol. 3, no. 2, 2021, doi: 10.38035/rj.v3i2.
- [20] R. L. Wati, E. Rosdiana, and V. A. Kusumaningtyas, "Rancang Bangun Pendeteksi Kadar Formalin pada Mie Basah Menggunakan Sensor Warna TCS3200," *Jurnal Sains dan Kesehatan*, vol. 3, no. 5, pp. 727–736, Oct. 2021, doi: 10.25026/jsk.v3i5.831.