

**RANCANG BANGUN ALAT DETEKSI BAKSO TERKONTAMINASI
BORAKS MENGGUNAKAN NILAI RGB CITRA SAMPEL BERBASIS
ANDROID**

(Skripsi)

Oleh

**Diah Ayu Fitriana Dewi K
1957041014**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN ALAT DETEKSI BAKSO TERKONTAMINASI BORAKS MENGGUNAKAN NILAI RGB CITRA SAMPEL BERBASIS ANDROID

Oleh

DIAH AYU FITRIANA DEWI K

Deteksi Perubahan Kurkumin Terhadap Perbedaan boraks Pada bakso Menggunakan Metode Citra Sampel telah selesai direalisasikan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan adanya kandungan boraks pada bakso. Dengan menggunakan metode pengambilan citra RGB dan reaksi oksidasi pada Kurkumin dengan boraks. Sistem deteksi menggunakan kamera berbasis CMOS yang berada di *smartphone* sebagai sensor warna, tiga buah LED sebagai sumber cahaya, baterai 9 V, cermin dan cawan petri sebagai wadah sampel. sampel yang digunakan berupa bakso sapi dan bakso ayam dan bakso ikan dengan variasi konsentrasi boraks 0 ml, 1 ml, 2 ml, 3 ml, 4 ml, 5 ml. Pada sampel bakso sapi, nilai hijau menurun dari sekitar 183 pada 0 ml menjadi sekitar 88 pada 50 ml, sedangkan pada bakso ayam menurun dari sekitar 190 menjadi 105, dan pada bakso ikan menurun sekitar 199 menjadi 137. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar boraks maka semakin rendah nilai kanal hijau yang diperoleh. Hubungan tersebut membuktikan bahwa metode pengolahan citra digital berbasis RGB dapat digunakan sebagai metode deteksi boraks karena mampu menunjukkan sampel yang mengandung boraks dengan yang tidak.

Kata kunci: *CMOS, Borax, Bakso, Kurkumin, RGB.*

ABSTRACT

Design and Development of an Android Based Detection System for Borax Contaminated Meatballs Using RGB Image Analysis

By

DIAH AYU FITRIANA DEWI K

Detector of the Curcumin Response Rate to Different Borax Concentrations in Meatballs Using the Digital Image Method has been successfully conducted. This study aimed to determine the presence of borax in meatballs by utilizing RGB image acquisition and the color reaction between curcumin and borax. The detection system employed a CMOS camera integrated into a smartphone as a color sensor, three LEDs as light sources, a 9 V battery, a mirror, and a Petri dish as the sample holder. The samples consisted of beef meatballs, chicken meatballs, and fish meatballs with borax concentration variations of 0 mL, 1 mL, 2 mL, 3 mL, 4 mL, and 5 mL. For the beef meatball samples, the green-channel value decreased from approximately 183 at 0 mL borax to approximately 88 at 5 mL borax. In the chicken meatball samples, the green-channel value decreased from approximately 190 to 105, while in the fish meatball samples, it decreased from approximately 199 to 137. The results indicate that higher borax concentrations produce lower green-channel values. This relationship demonstrates that RGB-based digital image processing can be used as a method for borax detection, as it is capable of distinguishing between samples containing borax and those free of borax.

Keywords: *CMOS, borax, Meatball, Curcumin, RGB*

Judul : Rancang Bangun Alat Deteksi Bakso Terkontaminasi
Boraks Menggunakan Nilai RGB Citra Sampel
Berbasis Android

Nama Mahasiswa : Diah Ayu Fitriana Dewi K

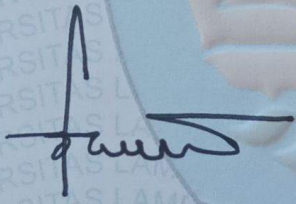
No. Pokok Mahasiswa : 1957041014

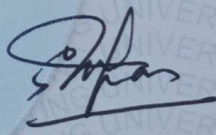
Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

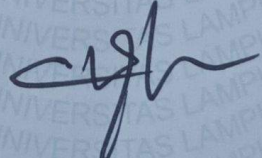


1. Komisi Pembimbing


Dr. Gurum Ahmad Pauzi, M.T.
NIP. 198010102005011002


Dr. Sri Wahyu Suciati, S.Si., M.Si.
NIP. 197108291997032001

2. Ketua Jurusan Fisika

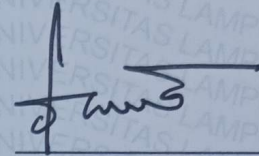

Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si.
NIP. 199011252019032018

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

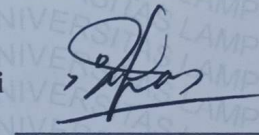
Ketua

: Dr. Gurum Ahmad Pauzi, M.T



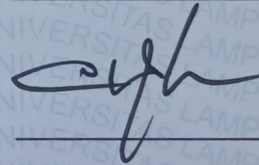
Sekretaris

: Dr. Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si



Penguji

: Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 17 JUNI 2026

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Diah Ayu Fitriana Dewi K
Nomor Pokok Mahasiswa : 1957041014
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan
Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan bahwa dalam skripsi saya dengan judul **“Rancang Bangun Alat Deteksi Bakso Terkontaminasi Boraks Menggunakan Nilai RGB citra Sampel Berbais Android”** adalah benar hasil karya saya sendiri, baik ide, hasil maupun analisisnya. Selanjutnya saya tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data di dalam skripsi digunakan oleh dosen atau program studi dalam kepentingan publikasi atas persetujuan penulis dan sepanjang nama saya disebutkan sebelum dilakukan publikasi.

Dengan pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 15 Juni 2026

Penulis,



Diah Ayu Fitriana Dewi K
NPM. 1957041014

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Diah Ayu Fitriana Dewi K, lahir Desa Tanjung Baru, Kecamatan Baturaja Timur, Kabupaten Ogan Komering Ulu, Provinsi Sumatera Selatan pada 05 Desember 2000. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Kusno dan Ibu Tati, Penulis menyelesaikan pendidikan di TK ais'iah 1 pada tahun 2006, SDN 03 OKU pada tahun 2013, SMP Negeri 02 OKU pada tahun 2016, SMA Negeri 04 OKU pada tahun 2019.

Penulis diterima sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung pada tahun 2019 melalui jalur SMMPTN. Selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung, penulis aktif tergabung pada organisasi kemahasiswaan. Pada tahun 2021 penulis menjadi anggota pengurus bidang kaderisasi Himpunan Mahasiswa Fisika FMIPA Universitas Lampung dan penulis menjadi anggota bidang sains dan teknologi (saintek) Himpunan Mahasiswa Fisika Unila pada tahun 2021-2022.

Penulis telah melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT. Semen Baturaja, Persero Tbk. pada tahun 2021 dengan judul “Sistem Kerja Alat *Tonase* Pada *Belt Scale* Untuk Produk *Crusher* Di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk”. Penulis melakukan pengabdian terhadap masyarakat dengan mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) periode II pada tahun 2022 di Desa Adiluhur, Kecamatan Jabung, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung.

MOTTO

“Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah”

(Q.S. Yusuf : 87)

“Dan Dia memberinya rezeki dari arah yang tidak disangka-sangka. Dan barang siapa bertawakal kepada Allah, niscaya Allah akan mencukupkan (keperluan)nya

(Q.S. At-talaq : 2-3)

“Prosesnya mungkin bikin lelah, tapi dengan bismillah insyaAllah endingnya Alhamdulillah”

(Penulis)

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT, karya ini ku persembahkan untuk

Kedua Orangtuaku

Bapak Kusno dan Ibu Tati

Terimakasih atas segala kasih dan sayang serta dukungan baik materi maupun non materi yang telah diberikan padaku

Kakak

Choirudin

Terimakasih kakaku tersayang yang telah memberikan bantuan moral maupun moril selama ini

Bapak/Ibu dosen dan Civitas Akademika

Terimakasih telah memotivasi, memberikan dukungan, ilmu dan membimbing hingga dapat menyelesaikan pendidikan di tingkat Universitas sebagai sarjana

Almamater Tercinta

“UNIVERSITAS LAMPUNG”

KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji atas rasa syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat iman, sehat, dan ilmu yang bermanfaat kepada penulis. Sehingga, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Rancang Bangun Alat Deteksi Bakso Terkontaminasi Boraks Menggunakan Nilai RGB Citra Sampel Berbasis Android". Shalawat serta salam penulis haturkan kepada suri tauladan alam Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan para pengikutnya. Semoga kita semua dapat memperoleh pertolongan beliau di hari akhir kelak. Tujuan dari penulisan skripsi ini sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyajian skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak untuk perbaikan dari skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat menjadi penambah referensi dan rujukan terhadap pengembangan riset dual axis solar tracker menggunakan lensa fresnel berbasis internet of things selanjutnya.

Bandar Lampung 5 juni 2026
Penulis

Diah Ayu Fitriana Dewi K
NPM. 1957041014

SANWACANA

Segala puja dan puji atas rasa syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat iman, sehat, dan ilmu yang bermanfaat kepada penulis. Sehingga, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul " Rancang Bangun Alat Deteksi Bakso Terkontaminasi Boraks Menggunakan Nilai RGB Citra Sampel Berbasis Android". Dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Sehingga, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Gurum Ahmad Pauzi. S.Si., M.T., Selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan saran dan kritik yang membangun selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini hingga selesai.
2. Ibu Dr. Sri Wahyu Suciwati. S.Si., M.Si., Selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan saran dan masukan selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Humairoh Ratu Ayu. S.Pd., M.Si., Selaku Dosen Pembahas, Dosen Pembimbing Akademik, dan Ketua Jurusan Fisika, yang selalu senantiasa memberikan bimbingan serta arahan selama masa perkuliahan.
4. Alm. Bapak Arif Surtono. S.Si., M.Si., Selaku Dosen Pembimbing sebelumnya yang telah memberikan arahan selama pelaksanaan penelitian.
5. Bapak Dr. Eng. Heri satria, S.Si., M.Si., Selaku Dekan MIPA universitas Lampung.
6. Bapak/Ibu Dosen Jurusan Fisika atas segala ilmu yang telah diberikan selama penulis menjadi mahasiswa di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
7. Para staff dan kariyawan Jurusan Fisika yang telah membantu penulis memenuhi kebutuhan adminitrasi dan lainnya selama penulis menjalani perkuliahan di Jurusan Fisika FMIPA Universita Lampung.
8. Kedua Orang Tua Penulis, Bapak Kusno dan Ibu Tati yang telah memberikan perhatian, doa, nasihat, dan dukungan kepada penulis selama menjalani kuliah di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
9. Choirudin selaku kakak penulis yang telah memberikan semangat, doa, dukungan moril serta materi selama penulis menjalani perkuliahan di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.

10. Aryu Kusmita, Feby Cahya Mustika, Sohwatunnisa selaku teman-teman penulis yang telah memberikan doa dan dukungan kepada penulis selama menjalani perkuliahan.
11. Teman-teman satu perjuangan Fisika angkatan 2019, keluarga besar Himafi FMIPA Unila, yang telah bersama-sama dengan penulis dalam menjalani perkuliahan dan telah memberikan doa serta motivasi pembelajaran kehidupan kepada penulis agar bisa menjalani kehidupan yang akan datang.
12. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan balasan atas segala kebikan yang telah dilakukan oleh semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Bandar Lampung, 5 Juni 2026
Penulis,

Diah Ayu Fitriana Dewi K

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terkait	5
2.2 Landasan Teori	11
2.2.1 LED (<i>Light Emitting Diode</i>)	11
2.2.2 <i>Camera Metal Oxide Sensor (CMOS)</i>	12
2.2.3 Analisis Warna Digital dengan Model Warna RGB	13
2.2.4 Kurkumin atau Kunyit.....	15
2.2.5 Senyawa Boraks	16
III. METODE PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	18
3.2 Alat dan Bahan	18
3.3 Prosedur Penelitian	19
3.3.1 Perancangan Desain Alat	21
3.3.2 Perancangan Perangkat Keras	21
3.3.3 Perancangan Perangkat Lunak	22
3.3.4 Pengujian Alat.....	23
3.3.5 Pengukuran Nilai RGB Dengan Konsentrasi Boraks.....	24
3.3.6 Pengukuran Sampel Jenis Bakso Dengan Nilai RGB	26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	28

4.1	Realisasi Alat Deteksi Boraks	28
4.2	Perangkat Lunak.....	31
4.2.1	Program analisis nilai RGB.....	33
4.2.2	Program single canva	34
4.2.3	Program <i>toast notification</i>	35
4.3	Hasil Pengujian.....	35
4.3.1	Pengujian waktu dengan zat boraks ditambahkan larutan kurkumin dan Sampel.....	35
4.3.2	Pengukuran Nilai RGB dengan konsentrasi Boraks	38
4.3.3	Pengukuran Sampel Jenis Bakso Dengan Nilai RGB	40
V.	SIMPULAN DAN SARAN	43
5.1	Simpulan.....	43
5.2	Saran	44
	DAFTAR PUSTAKA	45
	LAMPIRAN	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Rangkaian dan desain instrument	5
2.2 Tampilan dari uji warna sampel.....	7
2.3 Tampilan rancangan perangkat keras.....	8
2.4 Hasil data rata-rata RGB untuk sampel uji dengan konsentrasi.....	8
2.5 Rangkaian deteksi kadar boraks.....	9
2.6 Tampilan dari pembacaan warna sampel	9
2.7 Desain skematik rangkaian elektronik sistem.....	10
2.8 Rancang casing dan layout sistem	11
2.9 Desain alat.....	12
2.10 Skematik sistem	12
2.11 LED (<i>light emitting diode</i>)	13
2.12 Arsitektur sensor gambar CMOS	14
2.13 Ilustrasi warna yang ditangkap pada computer.....	16
2.14 Kurkumin atau kunyit	17
2.15 Serbuk boraks.....	19
3.1 Diagram alir penelitian.....	20
3.2 Ilustrasi proses nilai RGB citra sampel dengan android	21
3.3 Diagram blok nilai RGB citra berbasis <i>high power LED</i>	22
3.4 Diagram alir perancangan perangkat keras	23
3.5 Diagram alir pembuatan software	24
3.6 Grafik Hubungan Nilai RGB Dengan Waktu Oksidasi	23
3.7 Grafik Hubungan nilai RGB Dengan Konsentrasi Boraks	24

3.8	Grafik Pengukuran Nilai RGB Dengan Kontamin boraks pada sampel bakso	28
4.1	Realisasi alat deteksi boraks (bagian depan)	29
4.2	Realisasi alat deteksi boraks (bagian belakang)	30
4.3	Menunjukkan realisasi alat deteksi boraks bagian dalam	30
4.4	Realisasi alat deteksi boraks (bagian belakang)	31
4.5	Tampilan awal software analisis RGB	32
4.6	Grafik Hubungan nilai RGB Dengan Waktu Yang Diperlukan Untuk Pengambilan Gambar	38
4.7	Grafik Hubungan nilai RGB Dengan Konsentrasi Boraks	40
4.8	Grafik Pengukuran Nilai RGB Dengan Kontamin boraks pada sampel Jenis Bakso sapi (a), ayam (b), dan Bakso ikan (c)	43

DAFTAR TABEL

Tabel

3.1 Rencana Jadwal Pelaksanaan Penelitian	18
3.2 Alat yang digunakan	19
3.3 Bahan yang digunakan	19
3.4 Perangkat lunak yang digunakan	19
3.5 Pengujian waktu pada terjadinya perubahan warna	25
3.6 Pengukuran Hasil data kontamin dengan RGB.....	26

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bakso salah satu produk olahan daging yang menempati posisi sebagai jajanan kuliner paling populer di berbagai lapisan masyarakat Indonesia, mulai dari pedagang kaki lima hingga restoran bintang lima, karena cita rasanya yang gurih dan harganya yang terjangkau (Astawan, 2008). Popularitas yang tinggi ini menuntut adanya standar kualitas yang konsisten, baik dari segi rasa maupun keamanan konsumsi. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 3818:2014), bakso yang berkualitas seharusnya memiliki karakteristik tekstur yang kenyal namun tetap empuk saat digigit, tidak liat, serta tidak mudah hancur saat mengalami proses pemanasan ulang. Secara visual, identifikasi bakso alami yang bebas dari bahan tambahan pangan berbahaya dapat dilihat dari warnanya yang cenderung abu-abu cerah yang sedikit kusam atau kecokelatan, yang merupakan representasi warna asli dari *pigmen mioglobin* pada daging sapi atau ayam yang telah mengalami proses *denaturasi* protein selama pemasakan (Cahyadi, 2008).

Kondisi ini sangat kontras dengan bakso yang mengandung boraks cenderung menunjukkan warna putih bersih yang mencolok, cerah, dan tampak tidak alami karena pengaruh zat pemutih yang seringkali menyertai penggunaan bahan tambahan tersebut (Saparinto, 2006). Selain warnanya yang sangat terang, permukaan bakso berboraks biasanya terlihat lebih mengkilap dan halus dibandingkan bakso alami yang permukaannya cenderung kasar karena serat daging. Teksturnya pun berubah menjadi sangat kenyal, membal seperti karet ketika ditekan, serta tidak mudah rusak meskipun telah disimpan dalam suhu ruangan selama beberapa hari. Fenomena visual dan tekstur yang tidak wajar ini

menjadi indikator awal bagi konsumen untuk mencurigai adanya kandungan *natrium tetraborat* yang berbahaya bagi kesehatan tubuh.

Namun, dalam praktiknya, integritas keamanan pangan seringkali diabaikan oleh oknum produsen demi mengejar keuntungan ekonomi dan efisiensi produksi. Penggunaan boraks (*natrium tetraborat*) masih menjadi ancaman serius dalam industri bakso karena kemampuannya dalam memberikan tekstur kenyal yang ekstrem dan bertindak sebagai pengawet efektif (Permenkes RI No. 033, 2012). Di wilayah Bandar Lampung, permasalahan ini bukan sekadar kekhawatiran teoritis Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan (BBPOM) di Bandar Lampung secara rutin menemukan sampel pangan, termasuk bakso dan jajanan pasar, yang positif mengandung boraks dalam kegiatan intensifikasi pengawasan pangan di berbagai pasar tradisional seperti Pasar Pasir Gintung dan Pasar Tugu (BBPOM Bandar Lampung, 2024). Fakta bahwa boraks bersifat kumulatif dalam tubuh yang berarti konsumsi dalam jumlah kecil namun terus-menerus dapat memicu kerusakan organ hati, ginjal, hingga risiko kanker (*karsinogenik*) menjadikan deteksi dini terhadap kandungan berbahaya ini sebagai kebutuhan yang mendesak bagi masyarakat Bandar Lampung.

Sebagai solusi alternatif yang aman dan ekonomis, pemanfaatan bahan alami seperti kurkumin yang terkandung dalam tanaman kunyit (*Curcuma longa*) telah terbukti secara ilmiah mampu menjadi reagen pendeteksi boraks. Secara kimiawi, kurkumin memiliki struktur molekul yang mampu berikatan dengan asam borat untuk membentuk senyawa kompleks baru yang dikenal sebagai *rosocyanine* (Roth, 2011). Reaksi ini ditandai dengan perubahan warna yang sangat spesifik, yaitu dari kuning terang menjadi merah kecokelatan (Suirta, 2010). Meskipun reaksi ini dapat dilihat langsung, penilaian menggunakan mata telanjang seringkali menghasilkan kesimpulan yang subjektif dan bias karena perbedaan persepsi warna pada setiap individu serta pengaruh kondisi pencahayaan di lingkungan sekitar.

Oleh karena itu, diperlukan sebuah pendeteksi teknologi yang mampu memberikan hasil pengukuran secara kuantitatif dan objektif. Seiring dengan kemajuan teknologi digital, pengamatan perubahan warna tersebut kini dapat dianalisis secara presisi menggunakan metode RGB (*Red, Green, Blue*). Metode ini bekerja dengan cara mengekstraksi intensitas komponen warna merah, hijau, dan biru dari suatu objek dan mengonversinya menjadi data numerik yang dapat diolah oleh sistem komputer atau mikrokontroler (Gonzalez dan Woods, 2018). Dengan mengintegrasikan prinsip reaksi kimia kurkumin dan analisis nilai RGB melalui sensor CMOS dan pengolahan citra digital, pengembangan alat deteksi boraks ini diharapkan mampu menyediakan metode skrining yang cepat, akurat, dan dapat digunakan secara mandiri oleh masyarakat maupun pelaku usaha untuk memastikan keamanan produk bakso yang beredar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka muncul perumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana membuat rancang bangun alat deteksi bakso terkontaminasi boraks menggunakan metode nilai RGB citra sampel?
2. Apakah nilai RGB dapat digunakan untuk membedakan sampel yang mengandung boraks dan yang tidak?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini sebagai berikut.

1. Merancang alat deteksi menggunakan LED dengan metode nilai RGB citra untuk mendeteksi boraks pada bakso.
2. Menentukan adanya kandungan boraks melalui analisis warna yang ditangkap kamera berbasis nilai RGB

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Penggunaan LED sebagai sumber cahaya penginduksi nilai RGB citra memiliki keunggulan dalam hal efisiensi energi.

2. Pengembangan pencitraan nilai RGB menggunakan LED untuk analisis boraks pada bakso.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

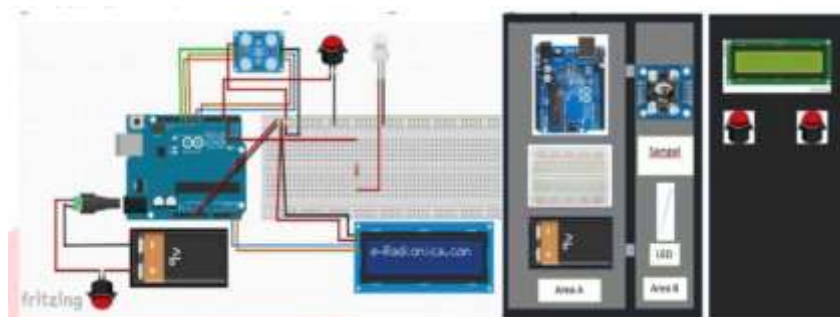
1. Kondisi pencahayaan saat pengambilan citra dibuat gelap untuk mengurangi gangguan deteksi.
2. Penelitian ini hanya membandingkan nilai warna RGB tanpa menghitung kadar boraks secara detail.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian mengenai perancangan terhadap nilai RGB citra sampel menggunakan photodiode yang telah banyak dilakukan oleh banyak peneliti, masing-masing mempunyai karakteristik dan tujuan yang berbeda. Beberapa diantaranya sebagai dasar untuk mendukung pelaksanaan penelitian ini.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Akmal *et al*, 2023) bertujuan merancang alat pendeteksi boraks pada bakso ikan tenggiri. masih adanya pedagang yang menambahkan boraks ke dalam bakso agar lebih awet, padahal zat tersebut berbahaya dan dilarang penggunaannya. Metode yang digunakan adalah rancang bangun, dengan membuat sampel bakso yang diberi variasi boraks 0–5 gram. Sampel kemudian diuji menggunakan larutan kurkumin yang akan berubah warna bila bereaksi dengan boraks. Perubahan warna tersebut dibaca oleh sensor warna TCS3200, lalu data diproses oleh mikrokontroler Arduino UNO dan hasilnya ditampilkan di layar LCD yang ditunjukkan pada **Gambar 2.1** rangkaian dan desain instrument.



Gambar 2.1 Rangkaian dan desain instrument (Akmal *et al*, 2023).

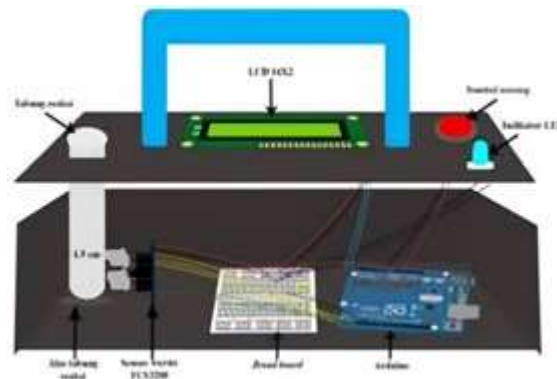
Pada alat tersebut dirancang dengan menggunakan sensor TCS3200, LED sebagai sumber cahaya, Arduino UNO sebagai pengolah data, serta LCD sebagai penampil hasil. Berdasarkan uji coba sebanyak 50 kali alat ini mampu mendeteksi boraks dengan tingkat akurasi 90–96% pada setiap variasi sampel yang ditunjukkan pada **Gambar 2.2** tampilan dari uji warna sampel. Hasil tersebut menandakan bahwa sistem berbasis sensor warna dengan cahaya terkontrol dapat menjadi solusi praktis dan efektif dalam mendeteksi boraks pada makanan, serta berpotensi membantu menjaga keamanan pangan bagi masyarakat.

Sensor TCS3200 Dengan Tabung Reaksi Berjarak 2cm					
Kadar Boraks (gr)	Rata-rata Nilai RGB			Foto sampel	Uji paint
	R	G	B		
1	175,8 571	90,90 476	35,38 095		
2	157,9 048	52,42 857	23,33 333		
3	138,6 667	61,80 952	39,90 476		
4	103,8 571	44,42 857	32,38 095		
5	80,09 524	32,42 857	25,52 381		

Gambar 2.2 Tampilan dari uji warna sampel (Akmal *et al*, 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh (Wati *et al*, 2021) berfokus pada perancangan alat pendeteksi formalin pada mie basah. Latar belakang penelitian ini adalah karena sebagian produsen sering menambahkan formalin agar mie lebih awet, padahal bahan tersebut berbahaya bagi kesehatan. Alat yang dikembangkan memanfaatkan sensor warna TCS3200 yang dipadukan dengan mikrokontroler ATmega328P yang ditunjukkan pada **Gambar 2.3** Tampilan rancangan perangkat keras. Proses kerjanya dimulai dari pembuatan sampel mie basah yang direndam dalam larutan formalin dengan berbagai konsentrasi, kemudian ditambahkan pereaksi Schiff. Jika terdapat formalin, larutan akan berubah warna menjadi merah keunguan. Perubahan warna tersebut kemudian dibaca oleh sensor sebagai nilai RGB dan diproses oleh

sistem untuk mengetahui kadar formalin dalam sampel mie.



Gambar 2.3 Tampilan rancangan perangkat keras (Wati *et al*, 2021).

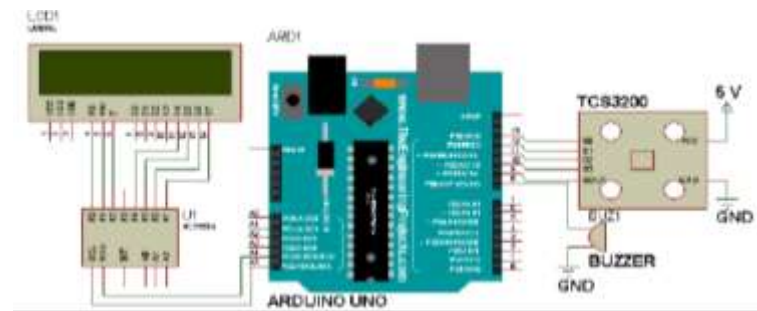
Konsentrasi Formalin Mie Basah (ppm)	Rata-Rata RGB			Foto Sampel	Uji RGB di Paint
	R	G	B		
0	215	204	212		
40	183	169	172		
95	131	109	87		
150	116	91	68		

Gambar 2.4. Hasil Data Rata-Rata RGB untuk Sampel Uji dengan Konsentrasi (Wati *et al*, 2021).

Dari hasil pengujian, alat ini terbukti cukup akurat dalam membedakan konsentrasi formalin, yaitu 92,5% pada sampel tanpa formalin (0 ppm), 95% pada 40 ppm, 97,5% pada 95 ppm, dan 100% pada 150 ppm yang ditunjukkan pada **Gambar 2.4**. Hasil Data Rata-Rata RGB untuk Sampel Uji dengan Konsentrasi. Hasil ini menunjukkan bahwa metode berbasis sensor warna dapat digunakan untuk mendeteksi formalin secara praktis tanpa harus melalui uji laboratorium yang rumit seperti titrasi atau spektrofotometri. Selain itu, penelitian ini juga menekankan bahwa rancangan alat masih bisa dikembangkan lebih lanjut, misalnya dengan menambahkan basis data, sistem berbasis web, kecerdasan buatan (AI), dan teknologi Internet of Things (IoT). Dengan pengembangan tersebut, alat pendeteksi formalin dapat menjadi solusi modern yang lebih cepat, cerdas, dan mudah

diterapkan dalam pengawasan keamanan pangan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Iwanto *et al*, 2018) mengembangkan sebuah alat pendeteksi boraks pada makanan dengan memanfaatkan **sensor warna TCS3200** yang dikendalikan oleh **Arduino Uno R3**. Prinsip kerja alat ini adalah mendeteksi perubahan warna pada sampel makanan yang sebelumnya dicampur dengan larutan kunyit. Perubahan warna yang terbaca oleh sensor kemudian diubah menjadi data **nilai RGB**, diproses oleh mikrokontroler, dan ditampilkan pada layar **LCD 2x16** dalam bentuk persentase kandungan boraks. Untuk memperkuat hasil deteksi, alat ini juga dilengkapi dengan **buzzer** sebagai indikator suara apabila sampel dinyatakan positif mengandung boraks.



Gambar 2.5 Rangkaian Deteksi Kadar Boraks (Iwanto *et al*, 2018).

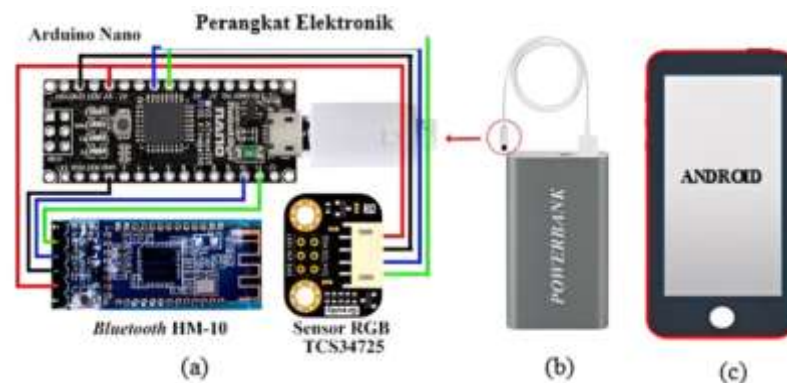


Gambar 2.6 Tampilan dari pembacaan warna sampel (Iwanto *et al*, 2018).

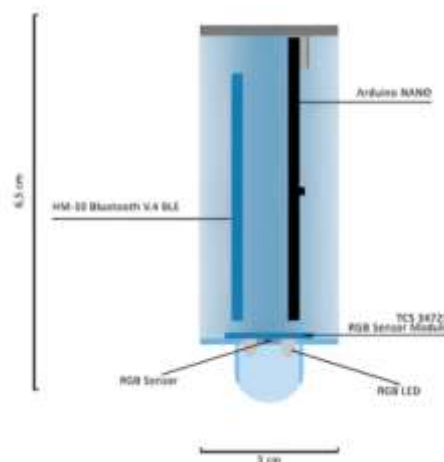
Hasil pengujian yang dilakukan pada beberapa sampel, seperti larutan boraks murni, tahu, dan bakso, menunjukkan bahwa alat mampu mendeteksi kandungan boraks secara bertahap mulai dari 10% hingga 100%. Namun demikian, tingkat akurasi pembacaan sensor masih dipengaruhi oleh beberapa faktor eksternal, antara lain intensitas cahaya luar, jarak antara sensor dan objek, serta homogenitas sampel yang diuji. Dengan demikian, penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan sensor warna berbasis mikrokontroler dapat menjadi metode praktis dalam

mendeteksi kandungan boraks pada makanan, meskipun masih memerlukan penyempurnaan dalam aspek stabilitas dan akurasi pengukuran.

Penelitian yang dilakukan oleh (Fitrya *et al*, 2021) bertujuan merancang sebuah alat pendeteksi kandungan boraks pada makanan yang praktis, murah, serta dapat digunakan secara mandiri. Alat ini dibuat untuk menjawab keterbatasan metode uji laboratorium yang mahal dan tidak dapat diakses oleh masyarakat umum. Sistem yang dikembangkan menggunakan sensor warna TCS34725 yang terhubung dengan mikrokontroler Arduino Nano dan modul Bluetooth HM-10. Data hasil deteksi kemudian dikirim ke aplikasi Android sehingga pengguna dapat langsung mengetahui hasilnya. Aplikasi menampilkan indikator sederhana berupa warna hijau jika sampel negatif boraks dan merah jika positif, sehingga mudah dipahami masyarakat.



Gambar 2.7 Desain Skematik Rangkaian Elektronik Sistem (Fitrya *et al*, 2021).



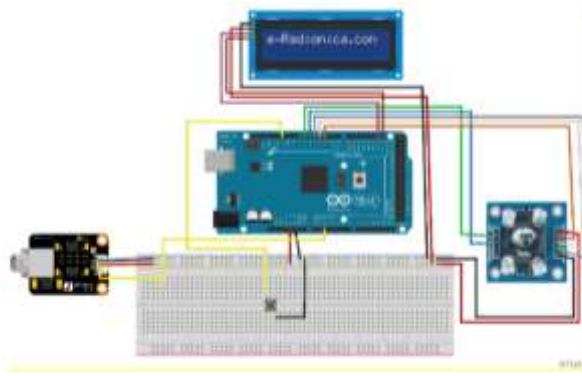
Gambar 2.8 Rancangan Casing dan Layout Sistem (Fitrya *et al*, 2021).

Metode penelitian dilakukan melalui serangkaian tahapan mulai dari analisis literatur, desain skematik elektronik, perakitan perangkat keras, pemrograman mikrokontroler serta aplikasi Android, hingga pengujian sensor dan komunikasi. Uji coba dilakukan pada sampel bakso ayam, bakso sapi, dan lontong dengan variasi kadar boraks 0%, 2%, dan 5%. Hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan nilai intensitas warna (RGB) antara sampel terkontaminasi dan tidak, yang kemudian diproses sebagai dasar identifikasi. Alat ini mampu mendeteksi boraks dengan tingkat akurasi mencapai 99%, sehingga dapat menjadi solusi alternatif untuk memeriksa keamanan pangan secara cepat, mudah, dan real-time.

Penelitian yang dilakukan oleh (Saputra *et al*, 2019) berfokus pada perancangan sistem klasifikasi untuk mendeteksi bakso yang mengandung boraks. Latar belakang penelitian ini adalah banyaknya pedagang yang masih menggunakan boraks agar bakso terlihat kenyal, tahan lama, dan menarik, padahal zat tersebut berbahaya bagi kesehatan tubuh. Untuk menjawab masalah tersebut, peneliti merancang sebuah sistem berbasis **Arduino Mega** yang dilengkapi dengan **sensor warna TCS3200** untuk membaca komposisi warna RGB pada bakso serta **sensor pH** untuk mengukur tingkat keasaman. Data yang diperoleh dari kedua sensor ini kemudian diproses dengan metode **K-Nearest Neighbor (K-NN)**, yaitu algoritma klasifikasi yang membandingkan jarak data uji dengan data latih untuk menentukan kategori bakso. Dalam implementasinya, penelitian ini menguji berbagai variasi nilai K (3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, dan 17) untuk mendapatkan akurasi terbaik. Prototipe alat dibuat dalam bentuk kotak berwarna hitam untuk menghindari gangguan cahaya luar pada sensor warna, dilengkapi dengan **LCD 16x2** sebagai penampil hasil klasifikasi, serta tombol pengendali untuk memulai proses pengambilan data.



Gambar 2.9 Desain alat (Saputra *et al*, 2019).



Gambar 2.10 Skematik Sistem (Saputra *et al*, 2019).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengklasifikasikan bakso dengan cukup baik. Dari beberapa kali percobaan, nilai $K=5$ menghasilkan tingkat akurasi tertinggi yaitu 93,33%, dengan rata-rata waktu komputasi sekitar 0,537 detik. Hal ini membuktikan bahwa metode K-NN mampu bekerja optimal pada sistem yang dirancang, baik dari segi kecepatan maupun keakuratan. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan teknologi deteksi pangan, khususnya dalam membantu masyarakat membedakan bakso yang aman dikonsumsi dari bakso berbahaya yang mengandung boraks. Sistem ini tidak hanya sederhana dan praktis, tetapi juga berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut menjadi alat deteksi lapangan yang berguna dalam menjaga keamanan pangan di masyarakat.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 LED (*Light Emitting Diode*)



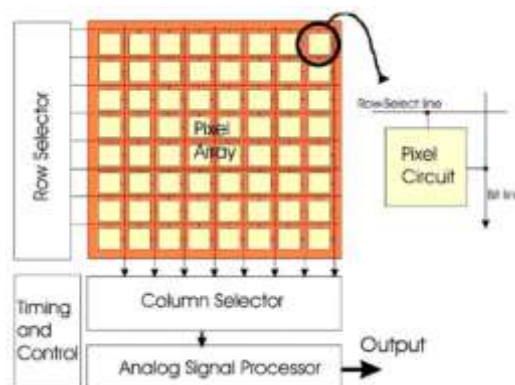
Gambar 2.11 LED (*Light Emitting Diode*).

LED atau kepanjangan dari *Light Emitting Diode* adalah sebuah lampu indikator dalam suatu perangkat elektronika yang memiliki fungsi untuk menunjukkan status

dari perangkat elektronika tersebut. Misalnya pada sebuah komputer, terdapat LED Power dan LED indikator untuk *prosesor*, atau dalam sebuah monitor terdapat juga lampu LED *power* dan *power saving*. Lampu LED terbuat dari bahan semikonduktor yang dapat menyala apabila dialiri tegangan listrik sekitar 1,5 volt DC. Lampu LED ditunjukkan pada **Gambar 2.11** diatas.

LED memiliki karakteristik berbeda-beda menurut warna yang dihasilkan. Semakin tinggi arus yang mengalir pada LED maka semakin terang pula cahaya yang dihasilkan, namun perlu diperhatikan bahwa besarnya arus yang diperbolehkan adalah 10mA-20mA dan pada tegangan 1,6V – 3,5 V menurut karakter warna yang dihasilkan. Apabila arus yang mengalir lebih dari 20mA maka LED akan terbakar. Untuk menjaga agar LED tidak terbakar perlu kita gunakan resistor sebagai penghambat arus LED (*Light Emitting Diode*) adalah salah satu jenis diode yang dapat memancarkan cahaya ketika dibias maju. Pada pemanfaatannya dibidang komunikasi fiber optik, LED sering digunakan sebagai sumber cahaya yang berfungsi sebagai pembawa informasi dengan kecepatan rata-rata kurang dari 50 Mb/s pada serat optik multimode. Dalam pengoperasiannya, LED memiliki keistimewaan yakni tidak memerlukan rangkaian stabilisator untuk optik. Cahaya yang dipancarkan LED sedikit temporal dan *spatial coherence* yaitu cahaya LED memiliki spectrum frekuensi yang sempit. LED memberikan banyak keuntungan karena menggunakan daya yang rendah, tahan lebih lama dan lebih cepat *switching* (Mutmainah *et al*, 2020).

2.2.2 Camera Metal Oxide Sensor (CMOS)



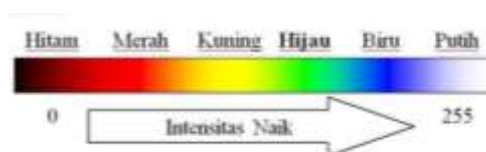
Gambar 2.12 Arsitektur Sensor Gambar CMOS (Susrutha *et al*, 2021).

Sensor gambar adalah sensor yang mengubah foton cahaya yang datang menjadi elektron. Sensor gambar CMOS berisi area pencitraan, termasuk serangkaian piksel, rangkaian pembacaan, dan rangkaian akses horizontal dan vertikal. Arsitektur sensor gambar CMOS ditunjukkan pada **Gambar 2.12** diatas.

Pada **Gambar 2.12** Prinsip kerja arsitektur sensor CMOS pada gambar ini didasarkan pada mekanisme pemindaian baris demi baris secara terorganisir untuk mengubah cahaya menjadi data digital. Proses dimulai di *Pixel Array*, di mana setiap *pixel* menangkap *foton* dan mengubahnya menjadi tegangan listrik, yang kemudian diakses secara berurutan oleh *Row Selector* melalui jalur pemilih baris. Sinyal dari baris yang aktif akan turun melalui *Bit line* menuju *Column Selector*, di bawah koordinasi *unit Timing and Control* yang menjaga sinkronisasi waktu pembacaan. Terakhir, sinyal analog tersebut diolah oleh *Analog Signal Processor* untuk diperkuat dan dibersihkan dari gangguan (*noise*) sebelum dikeluarkan sebagai *Output* data gambar yang siap dikonversi menjadi format digital.

Beberapa *imager* tradisional digunakan, yaitu *fotodioda*, *photogate*, dan *charge coupled devices*. Fotodioda mengubah cahaya yang datang menjadi elektron atau arus listrik. Arus akan dihasilkan ketika *foton diekstraksi* ke dalam *fotodioda*. Saat ini, sensor gambar CMOS menggunakan *pixel fotodioda*. Kedua, *photogate* perlu beroperasi pada tegangan tinggi untuk mengumpulkan elektron yang dihasilkan oleh *foton* yang datang. Ketiga, *charge coupled devices*, juga disebut CCD, memiliki arsitektur yang melibatkan kombinasi koneksi kapasitor paralel dan seri. Dengan sirkuit *eksternal*, setiap *kapasitor* akan mengirim muatan listrik yang dikumpulkannya ke *kapasitor* berikutnya (Susrutha *et al*, 2021).

2.2.3 Analisis Warna Digital dengan Model Warna RGB



Gambar 2.13 Ilustrasi warna yang ditangkap pada *Computer* (Fatkhayah, 2013).

Warna adalah salah satu kriteria untuk mengidentifikasi suatu objek. Setiap warna bisa diukur ataupun dideteksi. Jika melihat dengan mata telanjang, warna yang sejenis susah untuk dibedakan, misalnya antara biru kehijau-hijauan dengan hijau paling muda, dan sebagainya. Dalam ilmu fisika, warna disusun dari warna dasar. Contohnya adalah cahaya, warna dasar penyusunnya adalah warna merah, hijau dan biru, atau lebih dikenal dengan istilah RGB (*Red-Green-Blue*). Adapun *parameter* warna tersebut memiliki gelombang cahaya yang berbeda. Perubahan warna bisa menjadi indikator makanan mengandung boraks atau tidak, pada penelitian uji kualitatif untuk mendeteksi boraks dalam makanan bisa dilakukan dengan kurkumin, yakni proses dengan mencampurkan kurkumin dan boraks, bila makanan mengandung boraks maka akan berubah warna dari semula kuning akan berubah coklat dan merah.

RGB adalah suatu model warna yang terdiri dari merah, hijau, dan biru, digabungkan dalam membentuk suatu susunan warna yang luas. Setiap warna dasar, misalnya merah, dapat diberi rentang nilai. Monitor komputer, nilai rentangnya paling kecil = 0 dan paling besar = 255. Pilihan skala 256 ini didasarkan pada cara mengungkap 8 digit bilangan biner yang digunakan oleh mesin komputer. Dengan cara ini, akan diperoleh warna campuran sebanyak $256 \times 256 \times 256 = 16777216$ jenis warna. Sebuah jenis warna, dapat dibayangkan sebagai sebuah vektor di ruang 3 dimensi yang biasanya dipakai dalam matematika. Jadi, sebuah jenis warna dapat dituliskan sebagai: warna = RGB (30, 75, 255), putih = RGB (255, 255, 255), sedangkan untuk hitam = RGB (0, 0, 0) yang merupakan warna tampak seperti ilustrai berikut. Rumus untuk mencari nilai RGB ditunjukkan pada **Persamaan 2.2.1** di bawah ini.

$$r = \frac{R}{(R + G + B)}, g = \frac{G}{(R + G + B)}, b = \frac{B}{(R + G + B)}$$

Ilustrasi warna yang ditangkap pada computer ditunjukkan pada **Gambar 2.13** diatas. Warna sebuah citra digital ditentukan oleh besar intensitas *pixel-pixel* penyusunnya. Warna ini diperoleh dari besar kecilnya intensitas cahaya yang ditangkap oleh sensor, sedangkan skala intensitas cahaya di alam tidak terbatas, yang bisa menghasilkan warna dengan jumlah yang tak terhingga. Sampai saat ini

belum ada satu sensor pun yang mampu menangkap seluruh gradasi warna tersebut (Fatkhayah, 2013).

2.2.4 Kurkumin atau Kunyit



Gambar 2.14 Kurkumin atau kunyit (Ginting, 2016).

Zat warna kurkumin merupakan kristal berwarna kuning orange, Kurkumin tidak larut dalam air, tetapi larut dalam *etanol* dan *dimethylsulfoxide*, dalam alkali berwarna merah kecoklatan, sedangkan dalam asam berwarna kuning muda. Kurkumin memberikan warna yang berbeda pada setiap besaran pH. Kurkumin dan senyawa turunannya yang diisolasi dari rimpang kunyit dikenal sebagai *kurkuminoid*. Senyawa ini memberikan warna kuning yang khas pada kunyit. Kurkumin stabil dalam suasana asam dan dengan cepat terdekomposisi pada suasana di atas netral, berwarna kuning pada rentang pH 1 hingga 7 dan berwarna merah pada pH di atas 7,5. Kurkumin memperlihatkan perubahan warna yang jelas dalam larutan asam dan basa yakni dari kuning menjadi merah bata.

Kurkumin atau kunyit ditunjukkan pada **Gambar 2.14** diatas. Salah satu zat yang didapat mendeteksi adanya boraks ialah kurkumin, yakni zat pewarna yang terkandung dalam umbi tanaman kunyit (*Curcuma domestica val*), dan temulawak (*Curcuma xanthoriza ROXB*). Kurkumin dapat berfungsi sebagai indikator karena terjadinya perubahan warna dari kuning muda menjadi coklat. Kurkumin dapat mendeteksi kandungan boraks pada makanan karena kurkumin mampu menguraikan ikatan-ikatan boraks menjadi asam borat dan mengikatnya menjadi kompleks warna rosa atau yang biasa disebut dengan senyawa *boron cyano*

kurkumin kompleks. Pengujian kandungan boraks pada makanan dapat dilakukan dengan ekstrak kunyit karena ekstrak kunyit tersebut mengandung senyawa kurkumin. Kurkumin inilah yang berfungsi sebagai pendeteksi adanya kandungan boraks pada makanan karena kurkumin mampu mengikat asam boraks menjadi kompleks warna rosa (merah) atau yang biasa disebut dengan senyawa rososianin. Jadi, ketika makanan yang mengandung boraks ditetesi oleh ekstrak kunyit akan mengalami perubahan warna menjadi merah kecoklatan (Ginting, 2016).

2.2.5 Senyawa Boraks



Gambar 2.15 Serbuk Boraks (Puji Eulalia, 2007).

Boraks ($Na_2B_4O_7$) merupakan bentuk garam dari *asam borat*. Boraks berfungsi sebagai pengawet dalam makanan dan kosmetik, namun paling sering digunakan dalam makanan supaya kualitasnya menjadi lebih baik. Boraks juga menimbulkan efek kenyal yang khas pada adonan sehingga fisik makanan menjadi lebih bagus dan kenyal. Karakteristik makanan yang mengandung boraks diantaranya bakso yang menggunakan memiliki kekenyalan khas. Kerupuk yang mengandung boraks ketika digoreng akan mengembang dan empuk, teksturnya bagus dan renyah. Mie basah biasanya lebih awet 2 hari pada suhu kamar ($25^{\circ}C$), berbau menyengat, kenyal, tidak lengket dan agak mengkilap. Boraks atau *Natrium Tetraborate* Berupa serbuk transparan tidak berwarna atau serbuk halus putih, dan tidak berbau. Larutan bersifat basa terhadap *fenolftalein*. Larut dalam air mendidih dan dalam gliserin, tidak larut dalam *etanol*. Serbuk Boraks ditunjukkan pada **Gambar 2.15** diatas. Boraks merupakan senyawa kimia yang dapat merusak organ dalam tubuh termasuk

otak. Boraks dalam dosis cukup tinggi dalam tubuh akan menyebabkan timbulnya gejala pusing, muntah, diare, kram perut, tekanan darah rendah, anemia, demam dan kerusakan organ dalam lainnya dalam tubuh termasuk otak sehingga menyebabkan kematian. Dalam lambung, boraks akan diubah menjadi asam borat, sehingga gejala keracunannya pun sama dengan asam borat. Setelah diabsorpsi akan terjadi kenaikan konsentrasi dan *ion borat* dalam *cairan serebrospinal*, konsentrasi tertinggi akan ditemukan dalam jaringan otak, hati, dan lemak.

Tanda dan gejala akut (jangka pendek) yang muncul bila terpapar boraks adalah sebagai berikut: bila terhirup/inhalasi, dapat menyebabkan iritasi pada selaput lendir dengan batuk-batuk dan dapat diabsorpsi menimbulkan efek sistemik seperti badan merasa tidak enak (*malaise*), mual, nyeri hebat pada perut bagian atas (*epigastrik*), pendarahan gastro enteritis disertai muntah darah, diare, lemas, ngantuk, demam, dan sakit kepala. Kontak dengan kulit, dapat menimbulkan iritasi pada kulit dan diabsorpsi melalui kulit yang rusak (Puji Eulalia, 2007).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2025 sampai dengan Mei 2026. Kegiatan penelitian ini terdiri dari perancangan dan pembuatan alat, pengujian, dan kalibrasi sensor, pemograman nilai RGB citra, pelaksanaan nilai RGB citra, uji coba nilai RGB citra, pengambilan data, dan analisis data yang ditunjukkan pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Rancangan Jadwal Penelitian

No	Program Kerja	Bulan				
		1	2	3	4	5
1	Perancangan alat	■				
2	Kalibrasi sensor		■			
3	Perangkaian alat		■	■		
4	Uji coba nilai RGB citra			■	■	
5	Pengambilan data				■	■
6	Analisis Hasil				■	■

Tahap pembuatan alat dan pengambilan data dilaksanakan di laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk memprogram rangkaian adalah Android, sedangkan bahan yang digunakan terdiri dari kamera, dan LED UV yang ditunjukkan pada **Tabel 3.2** dan **Tabel 3.3**.

Tabel 3.2 Alat yang digunakan

No	Nama	Fungsi
1	Android	memprogram dan monitor output dari Arduino UNO.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan pada **Tabel 3.3**

Tabel 3.3 Bahan yang digunakan

no	Nama	Fungsi
1	Kabel Jumper	Penghubung LED dan baterai ke rangkaian
2	LED	Sumber Cahaya
3	Resistor	Membatasi arus jika diperlukan oleh sumber cahaya atau sensor
4	Baterai	Memberikan daya pada sumber cahaya
5	Breadboard	Membuat koneksi dalam rangkaian
6	Kamera	Sebagai alat detektor
7	Lensa Kamera	Memfokuskan cahaya dari objek yang dipotret agar dapat ditangkap oleh sensor kamera
8	Saklar Lampu	Mengatur on/off LED

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan ada **Tabel 3.4**

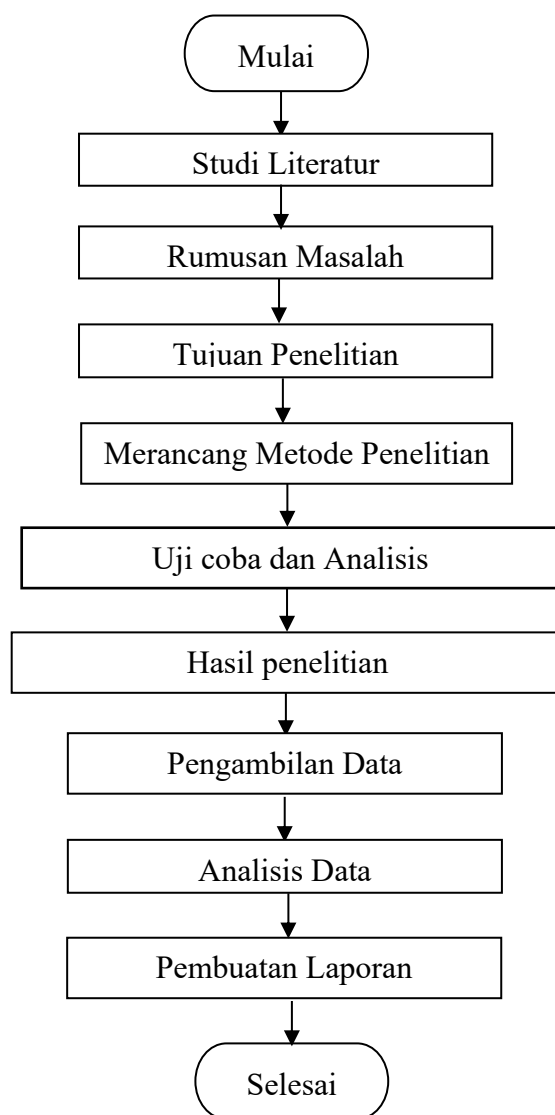
Tabel 3.4 Perangkat Lunak yang digunakan

No	Nama	Fungsi
1	Visual Code	Menjalankan program deteksi Boraks.
2	Microsoft office word	Menulis laporan penelitian dan Media pembuatan bagan flowchart dan rangkaian elektronika dalam penelitian.

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui banyaknya kandungan zat boraks pada bahan makanan bakso yang beredar dipasaran. Dari **Gambar 3.1** penelitian ini dilakukan dengan tahapan pertama yaitu mempelajari konsep, rumusan masalah, tujuan penelitian dan referensi mengenai sistem alat yang akan dibuat dari penelitian-penelitian sebelumnya. Langkah selanjutnya yaitu metode penelitian dengan menyiapkan alat dan bahan kemudian mendesain alat dan cara kerjanya. Setelah semua dirancang, dilanjutkan dengan pembuatan perancangan sistem yang terbagi dua yaitu perancangan perangkat lunak dan perancangan perangkat keras. pengambilan data, dan analisis hasil. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada diagram alir yang ditunjukkan pada **Gambar 3.1**. Realisasi perancangan alat dengan melanjutkan ke rangkaian sumber energi yang dapat menjadi masukan untuk sampel, dengan cara mengisolasi kisaran sempit panjang gelombang. Setelah menemukan solusi dalam merancang sumber energi, selanjutnya adalah pembuatan perangkat lunak sebagai pendeteksi perubahan warna dengan sensor CMOS pada

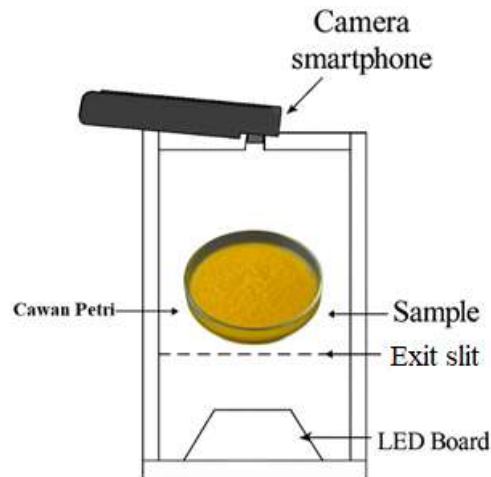
kamera handphone, dan pembuatan perangkat keras LED. Apabila perangkat telah selesai, selanjutnya yaitu uji coba serta analisis dari perangkat keras dan perangkat lunak. Kemudian melakukan pengujian pada sampel. Dalam pembuatan larutan kurkumin bahan yang digunakan adalah kunyit bubuk sebanyak 1 gram kemudian masukkan kedalam gelas kaca dan tambahkan 10 ml etanol 70%, aduk selama 1-2 menit dan diamkan selama 12-24 jam pada suhu ruang dalam wadah tertutup lalu disaring menggunakan kasa halus, setelah itu disimpan dalam botol gelap hindari dari cahaya langsung. Adapun cara pembuatan larutan boraks dengan menimbang 0,1 gram bubuk boraks, masukkan kedalam wadah kemudian menambahkan aquades sebanyak 100 ml yang telah dipanaskan namun tidak sampai mendidih.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3.1. Perancangan Desain Alat

Dalam perancangan alat dan pembuatan desain sistem yang ditunjukkan pada Gambar 3.2.

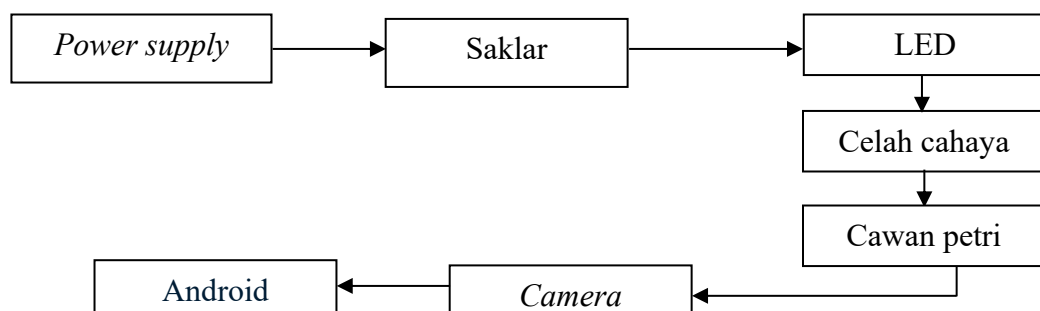


Gambar 3.2. Ilustrasi proses nilai RGB citra sample dengan android

Pengukuran dilakukan pada ruang gelap untuk meminimalisir cahaya dari luar. Cawan petri yang berisi sampel diletakkan dalam kotak yang telah dilapisi kertas hitam dan diberi dua buah celah sempit yang posisinya saling tegak lurus. Masing-masing celah sempit digunakan untuk melewatkan LED dan detektor yang terhubung dengan android. Filter digunakan untuk mengurangi intensitas cahaya dari sumber radiasi. Hasil pengukuran akan menampilkan hubungan intensitas nilai RGB citra terhadap panjang gelombang nilai RGB citra dominan.

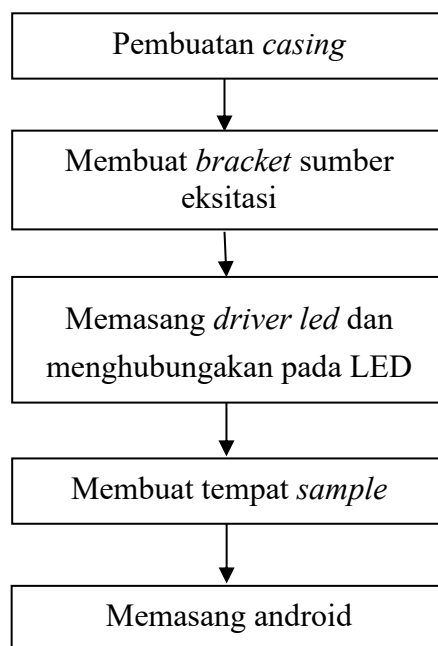
3.3.2. Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam melakukan perancangan sistem nilai RGB citra dengan LED adalah Kamera, LED, resistor, saklar on/off dan handphone.



Gambar 3.3 Diagram Blok nilai RGB citra Berbasis *High Power UV-LED*

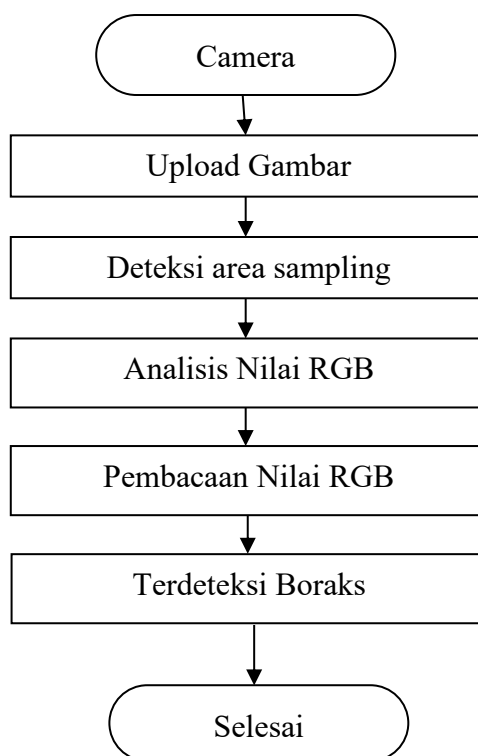
Berdasarkan **Gambar 3.3** merupakan diagram blok perangkat keras. saklar akan mengatur kerjanya driver LED. *Driver LED* berfungsi sebagai pengatur daya dan penyuplai arus ideal ke LED. LED akan memancarkan cahayanya pada sample, cahaya yang melewati cawan petri yang berisi sample akan ditangkap oleh celah cahaya yang berfungsi untuk memfokuskan cahaya saat melalui sampel. Semua proses tersebut akan ditangkap oleh kamera sebagai detector dengan terdapat sensor CMOS yang memiliki sensitivitas pada panjang gelombang 315-400nm yang berada di handphone kemudian android mengirim perintah ke hardware kamera untuk mengambil gambar dan gambar yang didapat akan dikirimkan ke website deteksi boraks. Pada **Gambar 3.3** menunjukkan diagram alir pembuatan perangkat keras sistem nilai RGB citra dengan LED.



Gambar 3.4 Diagram Alir Perancangan Perangkat Keras

3.3.3. Perancangan Perangkat Lunak

Pada perancangan perangkat lunak dilakukan pemrograman berupa pembacaan data sensor, melakukan analisi grafik dengan membandingkan hasil yang ditampilkan pada software dengan referensi yang sudah ada. Diagram alir perancangan perangkat lunak ditunjukkan pada **Gambar 3.5**.



Gambar 3.5 Diagram Alir Pembuatan Software

Berdasarkan **Gambar 3.5** hal yang pertama dilakukan adalah pemetaan padangan menjadi citra kontinu dengan sensor CMOS pada kamera yang kemudian akan ditampilkan. Hasil gambar yang ditangkap oleh detector tersebut kemudian dianalisis dengan menandai area sampling. Akhirnya, yang akan ditampilkan dalam layar adalah nilai RGB.

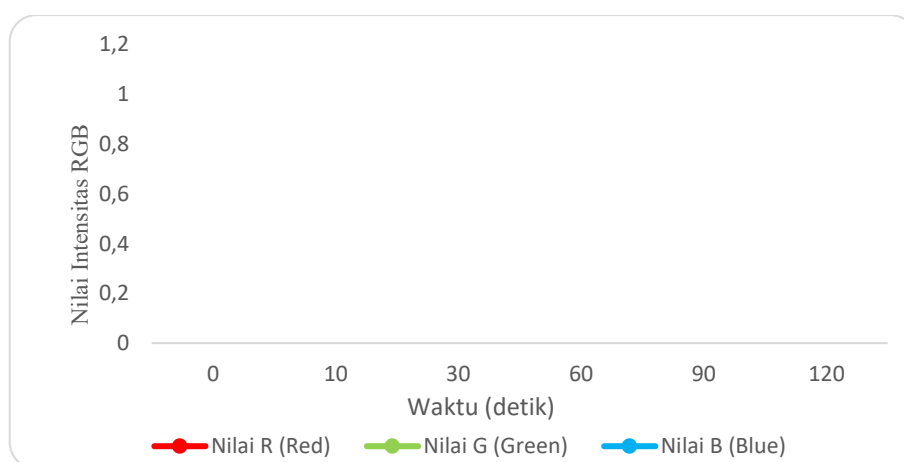
3.3.4. Pengujian Alat

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui waktu yang diperlukan sampai larutan kurkumin berubah warna untuk mendapatkan nilai perubahan RGB. Dengan menggunakan larutan kurkumin sebanyak 3 ml dan dicampurkan pada larutan boraks sebanyak 1 ml. kemudian dilakukan pengambilan gambar dengan kamera CMOS pada handphone yang kemudian akan dianalisis untuk mendapatkan intensitas nilai RGB yang ditunjukkan pada **Tabel 3.5** kurkumin memiliki warna dasar kuning, berdasarkan sifatnya akan ada perubahan menjadi merah kecoklatan apabila dicampurkan dengan larutan asam seperti boraks.

Tabel 3.5 Pengujian Waktu Pada Terjadinya Perubahan Warna

Waktu (s)	Konsentrasi boraks (ml)	Konsentrasi kurkumin (ml)	Nilai RGB		
			R	G	B
0	1	3			
10	1	3			
30	1	3			
60	1	3			
90	1	3			
120	1	3			

Hasil data pengujian RGB dengan waktu yang dibutuhkan untuk oksidasi pada setiap nilai merah (R), hijau (G), biru (B) akan diplotkan kedalam grafik yang dapat dilihat pada **Gambar 3.6** dibawah ini.

**Gambar 3.6** Grafik Hubungan Nilai RGB Dengan Waktu Oksidasi

3.3.5. Pengukuran Nilai RGB Dengan Konsentrasi Boraks

Pengukuran selanjutnya dilakukan dengan konsentrasi boraks, menggunakan nilai PPM (Part Per Million). Dengan menambahkan Larutan Kurkumin sebanyak 3 ml, dan larutan boraks. Larutan boraks yang digunakan dimulai dari 0 ml, 1 ml, 2 ml, 3 ml, 5 ml. Pengukuran ini bertujuan untuk melihat nilai RGB dari banyaknya

kontamin boraks menggunakan konsentrasi. Sebagai nilai konsentrasi boraks yang akan digunakan. Dengan cara perhitungan seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 3.1

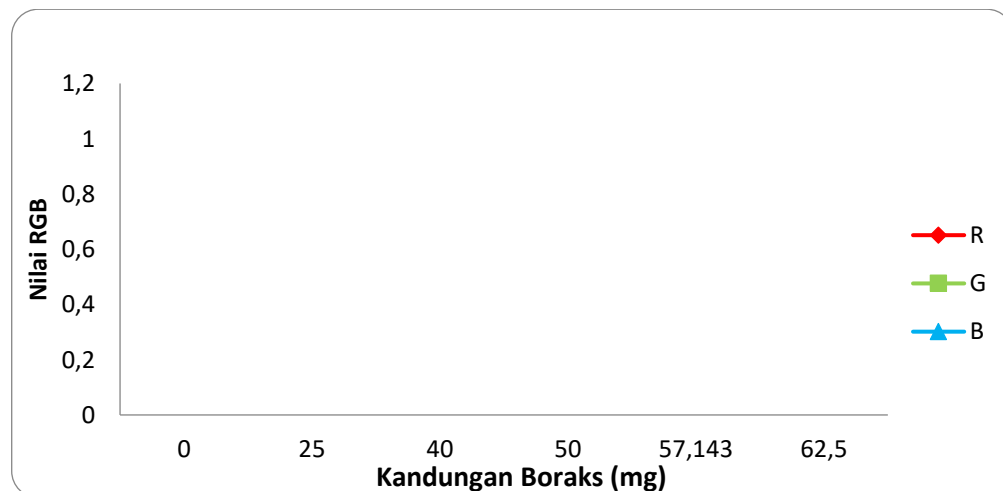
$$ppm = \frac{\text{massa boraks}}{\text{Volume larutan}} \times 1000 \quad (3.1)$$

(Petrucci, 2017)

Dalam tahap ini dilakukan untuk melihat perbandingan perubahan warna yang terjadi berdasarkan banyaknya konsentrasi kontaminan yang akan digunakan pada sampel dan ditunjukkan pada **Tabel 3.6**.

Tabel 3.6. Pengukuran Hasil Data Kontamin Dengan RGB

konsentrasi boraks (ml)	Nilai RGB			Foto sampel
	R	G	B	
0				
25,000				
40,000				
50,000				
57,143				
62,500				



Gambar 3.7 Grafik Hubungan nilai RGB Dengan Konsentrasi Boraks

3.3.6. Pengukuran Sampel Jenis Bakso Dengan Nilai RGB

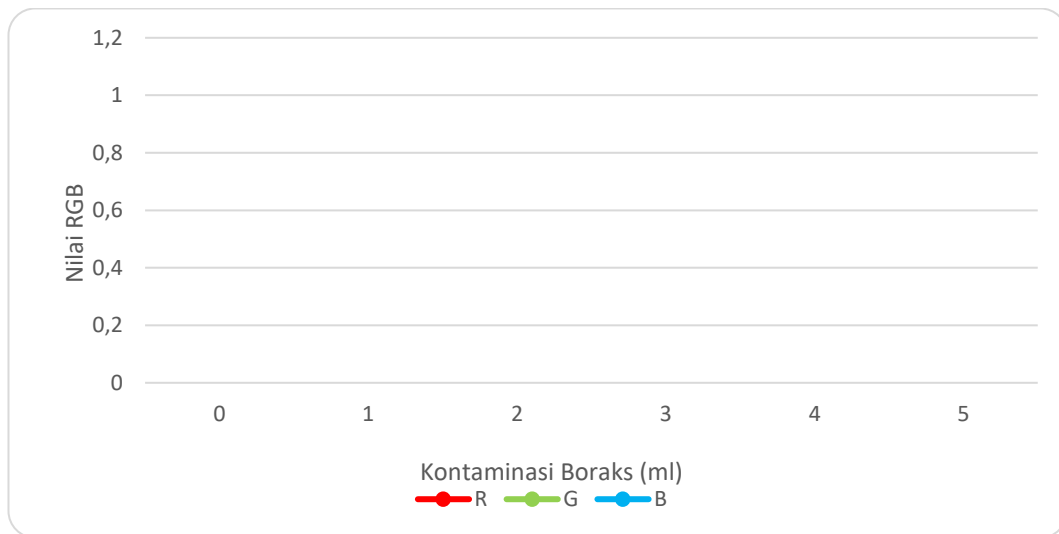
Pengukuran dengan menggunakan bakso jenis sapi, ayam, dan ikan. Masing-masing sampel ditetaskan dengan larutan boraks dengan kontaminan 1 ml, 2 ml, 3 ml, 4 ml, dan 5 ml. Setiap sampel kemudian dilarutkan dengan aquades, yang kemudian disaring untuk memisahkan ampas bakso, lalu direaksikan menggunakan 3 ml larutan kurkumin Hasil pengukuran ditunjukkan pada **Tabel 3.7**

Tabel 3.7 Pengukuran Sampel Jenis Bakso menggunakan larutan kurkumin dengan kontamin boraks.

Jenis Sampel	Konsentrasi boraks (ml)	Nilai RGB		
		R	G	B
Bakso Sapi	0			
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
Bakso Ayam	0			
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
Bakso Ikan	0			
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			

Hasil data pengujian RGB pada sampel bakso untuk setiap nilai merah (R), hijau

(G), dan biru (B) akan diplotkan kedalam grafik yang dapat dilihat pada **Gambar 3.8** dibawah ini.



Gambar 3.8 Grafik Pengukuran Nilai RGB menggunakan larutan kurkumin dengan Kontamin boraks pada sampel bakso.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan data hasil analisis sistem deteksi boraks pada bakso menggunakan nilai RGB citra sampel, yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa alat deteksi boraks pada bakso berbasis LED dan analisis nilai RGB citra berhasil dirancang dan digunakan untuk mendeteksi adanya boraks pada sampel. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan pencahayaan LED dan kamera untuk memperoleh citra sampel, kemudian menganalisis perubahan warna berdasarkan nilai Red (R), Green (G), dan Blue (B).
2. Hasil analisis menunjukkan bahwa keberadaan boraks dapat diidentifikasi melalui perubahan warna yang terekam oleh kamera dan direpresentasikan dalam nilai RGB. Semakin rendah nilai hijau yang terukur, maka konsentrasi boraks di dalam sampel tersebut terindikasi semakin tinggi. Jika sampel tidak mengandung boraks, maka larutan kurkumin biasanya tetap berwarna kuning. Pada warna kuning, komponen Red (R) dan Green (G) cenderung tinggi, sedangkan Blue (B) rendah. Perbedaan nilai RGB antara sampel yang mengandung boraks dan yang tidak mengandung boraks menunjukkan bahwa metode pengolahan citra digital dapat digunakan sebagai indikator untuk mendeteksi kandungan boraks pada bakso.

5.2 Saran

Saran dari penelitian yang dapat digunakan untuk perkembangan riset selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan variasi konsentrasi boraks yang lebih banyak dan rentang yang lebih luas agar hubungan antara konsentrasi boraks dan nilai RGB dapat dianalisis dengan lebih akurat serta menghasilkan model kalibrasi yang lebih baik.
2. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan kamera dengan resolusi yang lebih tinggi atau menambahkan sensor warna untuk meningkatkan ketelitian pengambilan citra. Resolusi kamera yang lebih tinggi memungkinkan detail warna pada sampel terekam dengan lebih akurat, sehingga analisis nilai RGB dapat menghasilkan data yang lebih konsisten dan mengurangi kesalahan pengukuran akibat keterbatasan kualitas gambar.

DAFTAR PUSTAKA

- Astawan, M. (2008). *Khasiat Makanan Mentah (Raw Food)*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Attamimi, H., Syauqy, D., & Fitriyah, H. (2022). Sistem Klasifikasi Saus Cabai Mengandung Formalin Dengan Sensor TCS3200 Dan Sensor Groove-HCHO Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor Berbasis Arduino, 6(1).
- Baskoro, F., & Susanto, R. (2020). Rancang Bangun Pendeteksi Formalin Dan Rhodamin B Berbasis Arduino, 2(2), 26-35.
- Badan Standarisasi Nasional. (2014). *SNI 3818:2014: Bakso Daging*. Jakarta: BSN.
- Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan (BBPOM) di Bandar Lampung. (2024). *Laporan Tahunan Hasil Pengawasan Pangan Terpadu di Kota Bandar Lampung*. Bandar Lampung: BBPOM.
- Cahyadi, W. (2008). *Analisis dan Aspek Kesehatan Bahan Tambahan Pangan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Desiani, A., Zayanti, D. A., Primartha, R., Efriliyanti, F., Avisia, N., & Andriani, C. (2021). Variasi Thresholding Untuk Segmentasi Pembuluh Darah Citra Retina. 7(2), 255-262.
- Ermawati, E., Karim, H., Azis, A., Taufiq, T., Noer, S. F. N., Lindriani, L., & Arnianti, A. (2023). Dampak Negatif Bahan Tambahan Pangan Bagi Kesehatan Dan Pencegahannya. *Journal Of Training And Community Service Adpertisi (Jtcsa)*, 3(1), 61-64.
- Erniati. 2017. *Tingkat Pendidikan, Pengetahuan, Sikap Pedagang Bakso Dan Penggunaan Boraks Pada Bakso di SDN Lemahputro III Sidoarjo*. *Jurnal Kesehatan Lingkungan* Vol. 9, No. 2. Universitas Airlangga : Surabaya.
- Fitri, Z. E., & Kusumaningrum, I. M. F. K. (2021). Analisis Keamanan Pangan Melalui Identifikasi Kandungan Boraks, Formalin, Dan *Esvherichia Coli* Pada Bakso Ikan Di Kota Tanjungpinang. 7(2), 126-133.
- Gandjhar, I. G (2018). *Spektroskopi Molekuler Untuk Analisis Farmasi Gadjah Mada University Press*.
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2018). *Digital Image Processing (4th Edition)*. New York: Pearson.

- Handoko, P. (2017). *Sistem Kendali Perangkat Elektronika Monolitik Berbasis Arduino Uno R3. Prosiding seminar nasional sains dan teknologi*, 1-5. Jakarta, 1-2 November 2017, Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Haryarta, G., Rakhmadi, F. A., & Fajriati, I. (2021). *Analisis Cilok Terkontaminasi Boraks Menggunakan Sistem Spektroskopi Fluoresensi Berbasis High Power UV-LED*. Sunan Kalijaga Journal of Physics, 3(3), 28-35
- Hofkens, J. & Enderlein, J. (2011). *Basic Principles of Fluorescence Spectroscopy WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim*
- Jakowicz, J. R. (1983) *Principles of Fluorescence Spektroskopi*, Plenum, New York
- Mamay & Sulhan, M.H (2015). *Analisis Kandungan Boraks Pada Pempek Yang Dijual di Kecamatan Garut Kota*. Jurnal Sains dan Teknologi Laboratorium Medik, Vol.6. No.1 (2021): 6-10.
- Menteri kesehatan republic Indonesia. (2012). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 033 Tahun 2012 tentang Bahan Tambahan Pangan*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Park, H. W., Choi, J. W., Choi, J. Y., Joo, K. K., & Kim, N. R. (2022). The Spectrum Of Light Emitted By LED Using A CMOS Sensor-Based Digital Camera And Its Application. *Sensors*, 22(17).
- Roth, K. (2011). The Chemistry of Turmeric. *ChemViews Magazine*. DOI: 10.1002/chemv.201000031.
- Saparinto, C., & Hidayati, D. (2006). *Bahan Tambahan Pangan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Suirta, I. W. (2010). Preparasi dan Standarisasi Kertas Kurkumin untuk Deteksi Boraks. *Jurnal Kimia*, 4(1), 9-14. ISSN: 1907-9850.
- Shiddiq, M., Fotonik, L., Fisika, J., Riau, U., & Hr, J. (2017). *Membandingkan Kinerja Laser dan LED dalam Pencitraan Fluoresensi Buah Berondolan Kelapa Sawit*. Jurnal Penelitian Sains, 19(2), 55-61
- Suryana, A. (2003). *Tantangan dan Kebijakan Ketahanan Pangan dan Pemulihan Ekonomi*. Jakarta: Pusat Studi Kebijakan Pangan dan Gizi, Agrindo Aneka Consult.
- Sobari, E. (2019). *Dasar-Dasar Proses Pengolahan* (F. Fathurohman (ed.)). Polsub Press.
- Triyati, E. (1985). *Spektrofotometer Ultra-Violet Dan Sinar Tampak Serta Aplikasinya Dalam Oseanologi*, Jurnal Oseana 10(1), 39-47
- Ulya, M., Aronika, N. F., & Hidayat, K. (2020). *Pengaruh Penambahan Natrium*

Benzoat dan Suhu Penyimpanan terhadap Mutu Minuman Herbal Cabe Jamu Cair. Journal of Science and Technology, 13(1), 77-81.