Rancang Bangun Alat Pendeteksi Makanan Pempek Yang Telah Terkontaminasi Boraks Menggunakan Sensor Resistansi Berbasis Arduino

Doni Wijanarko[1]
Universitas Telkom Jakarta
Jakarta, Indonesia
doniwijanarko@student.telkomuniversity.ac.id

Yudiansyah[2]
Universitas Telkom Bandung
Bandung, Indonesia
yudiansyah@telkomuniversity.ac.id

Sofia Saidah[3]
Universitas Telkom Jakarta
Jakarta, Indonesia
sofiasaidahhanief@telkomuniversity.ac.id

Boraks merupakan bahan kimia berbahaya yang masih ditemukan pada pempek sebagai bahan tambahan untuk meningkatkan tekstur dan memperpanjang daya simpan. Penggunaan boraks secara terus-menerus dapat menimbulkan gangguan kesehatan sehingga diperlukan suatu alat pendeteksi yang praktis, cepat, dan mudah digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat pendeteksi kandungan boraks pada pempek berbasis Arduino Uno dengan menerapkan konsep sensor fusion menggunakan sensor resistansi YL-69 sebagai sensor utama dan sensor warna TCS3200 sebagai sensor pendukung. Sensor YL-69 digunakan untuk mendeteksi perubahan nilai resistansi akibat keberadaan ion bebas pada sampel, sedangkan sensor TCS3200 digunakan untuk memvalidasi perubahan warna hasil reaksi kurkumin dengan boraks. Sistem dilengkapi LCD 16×2 sebagai media informasi, LED hijau dan LED merah sebagai indikator status, serta buzzer sebagai alarm ketika boraks terdeteksi. Pengujian dilakukan menggunakan 20 sampel pempek yang terdiri atas 10 sampel normal dan 10 sampel yang mengandung boraks, dengan masing-masing sampel diukur sebanyak 10 kali sehingga diperoleh 200 data pengukuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor resistansi mampu membedakan karakteristik listrik antara pempek normal dan pempek yang mengandung boraks, sedangkan sensor warna berhasil memvalidasi hasil deteksi melalui perubahan warna kurkumin menjadi merah kecokelatan pada sampel yang mengandung boraks. Integrasi kedua sensor dalam konsep sensor fusion menghasilkan sistem pendeteksi yang mampu bekerja secara otomatis, memberikan informasi secara cepat, serta mengurangi kemungkinan kesalahan deteksi akibat interferensi zat lain seperti garam.

Kata Kunci—Pempek, Boraks, Arduino Uno, Sensor Resistansi YL-69, Sensor Warna TCS3200.

I. PENDAHULUAN

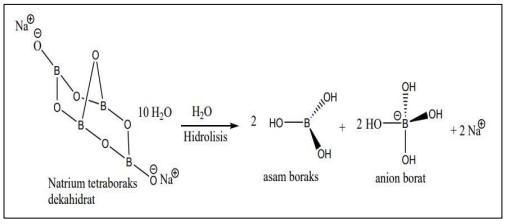
Pempek merupakan salah satu makanan tradisional khas Indonesia yang berasal dari Kota Palembang dan telah dikenal luas oleh masyarakat. Makanan ini tidak hanya menjadi simbol kuliner daerah, tetapi juga mencerminkan kekayaan gastronomi Indonesia. Makanan ini dibuat dari campuran daging ikan, tepung tapioka, serta bahan tambahan lainnya yang menghasilkan tekstur kenyal dan cita rasa khas sehingga memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi. Meningkatnya permintaan masyarakat terhadap pempek turut mendorong meningkatnya produksi, namun masih ditemukan penyalahgunaan bahan tambahan pangan berbahaya berupa boraks untuk meningkatkan kekenyalan, memperbaiki tekstur, serta memperpanjang masa simpan makanan. Penggunaan boraks pada makanan dilarang karena dapat menimbulkan berbagai dampak negatif bagi kesehatan apabila dikonsumsi secara terus-menerus Boraks pada makanan sulit dikenali melalui pengamatan visual karena karakteristik fisiknya hampir sama dengan makanan normal. Identifikasi kandungan boraks umumnya dilakukan melalui pengujian laboratorium atau menggunakan test kit kimia. Meskipun memiliki tingkat ketelitian yang baik, metode tersebut memerlukan biaya, waktu, dan peralatan khusus sehingga kurang praktis sebagai pemeriksaan awal oleh masyarakat. Salah satu alternatif yang dapat diterapkan adalah memanfaatkan indikator alami kurkumin yang mampu bereaksi dengan boraks sehingga menghasilkan perubahan warna sebagai penanda keberadaan senyawa tersebut. Perkembangan teknologi mikrokontroler membuka peluang pengembangan sistem pendeteksi boraks yang lebih praktis dan ekonomis. Arduino Uno merupakan salah satu mikrokontroler yang mudah

diintegrasikan dengan berbagai sensor sehingga mampu mengolah data secara otomatis untuk mendukung proses identifikasi. Pemanfaatan sensor pada sistem berbasis Arduino diharapkan dapat mempercepat proses deteksi dibandingkan metode konvensional. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan rancang bangun alat pendeteksi kandungan boraks pada pempek berbasis Arduino Uno menggunakan sensor resistansi YL-69 sebagai sensor utama untuk mendeteksi perubahan karakteristik listrik pada sampel, sedangkan sensor warna TCS3200 memvalidasi perubahan warna kurkumin setelah bereaksi dengan boraks. Integrasi kedua sensor menerapkan konsep sensor *fusion* sehingga diharapkan mampu meningkatkan keandalan sistem dalam membedakan pempek normal dan pempek yang terkontaminasi boraks.

II. KAJIAN TEORI

A. Boraks

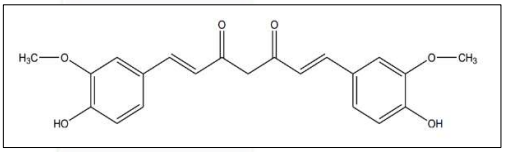
Boraks atau natrium tetraborat dekahidrat ($Na_2B_4O_710H_2O$) merupakan senyawa anorganik berbentuk kristal putih yang tidak berbau dan stabil pada suhu ruang. Senyawa ini banyak dimanfaatkan pada berbagai bidang industri, seperti bahan pembersih, herbisida, insektisida, dan fungisida. Namun, boraks masih sering disalahgunakan sebagai bahan tambahan pada produk pangan karena mampu meningkatkan kekenyalan, memperbaiki tekstur, serta memperpanjang masa simpan makanan. Padahal, penggunaan boraks dalam pangan telah dilarang karena berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan. Paparan boraks secara terus-menerus dapat menyebabkan akumulasi pada beberapa organ tubuh, seperti hati, ginjal, otak, dan organ reproduksi, sehingga mengganggu proses metabolisme. Berdasarkan karakteristik dan bahaya boraks, diperlukan upaya untuk mengidentifikasi keberadaan senyawa tersebut pada makanan secara lebih dini guna mengurangi risiko terhadap kesehatan masyarakat. Pada penelitian ini, pempek dipilih sebagai objek penelitian karena memiliki potensi penyalahgunaan boraks untuk meningkatkan kekenyalan dan memperpanjang daya simpan. Secara kimia, boraks memiliki sifat mudah larut dalam air dan bersifat basa dengan pH berkisar antara 9,15 sampai dengan 9,20. Kelarutannya meningkat seiring kenaikan suhu, sedangkan di dalam larutan boraks dapat terdisosiasi membentuk asam borat yang merupakan asam Lewis lemah.



GAMBAR 1
Struktur Kimia Natrium Tetraborat Dekahidrat dan Hidrolisisnya

B. Kurkumin

Kunyit merupakan jenis bahan herbal mengandung senyawa aktif seperti kurkumin, minyak *atsiri*, *fenol, flavonoid, alkaloid, terpenoid* dan *tanin*. Struktur kimia unsur penting yang ada dalam kunyit diberikan pada Gambar 2.2 di bawah ini. Kurkumin memiliki tiga gugus fungsi reaktif: satu gugus diketon, dan dua gugus fenolik. Struktur kimianya dengan dua cincin benzen metoksi, yang dihubungkan oleh rantai tak jenuh. Ini memiliki tiga fungsi penting yaitu gugus fenolik metoksi aromatik, α,β penghubung β diketo tak jenuh dan tautomerisme keto-enol.



GAMBAR 2
Struktur Kimia Kurkumin

C. Prinsip Dasar Hukum Ohm (Sensor Resistansi)

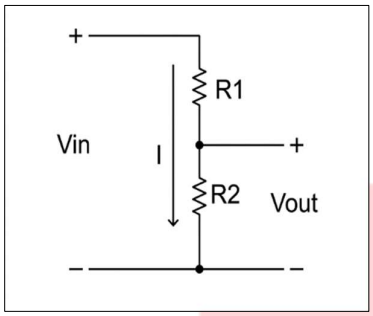
Hukum Ohm menjelaskan hubungan antara tegangan (V), arus (I), dan hambatan listrik (R) pada suatu rangkaian. Dalam penelitian ini, prinsip tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan nilai resistansi sampel pempek berdasarkan hasil pembacaan tegangan dari sensor resistansi YL-69. Secara matematis hubungan tersebut dinyatakan pada rumus berikut ini.

$$V = I \; x \; R$$

Keterangan:
V = Tegangan dalam volt (V)
I = Arus dalam ampere (A)
R = Hambatan dalam ohm (Ω)

D. Rangkaian Pembagi Tegangan

Rangkaian pembagi tegangan tersebut biasanya digunakan untuk membagi tegangan atau mengkonversi dari resistansi menjadi sebuah tegangan. Biasanya fungsi dari pembagi tegangan ini untuk mengubah atau mengkonversikan dari tegangan tegangan yang lebih besar untuk memberi bias kepada komponen yang aktif dalam rangkaian tersebut.



GAMBAR 3
Rangkaian Pembagi Tegangan

Dari Gambar 2.3 di atas menjelaskan rumus perhitungan tegangan keluaran rangkaian pembagi tegangan sebagai berikut:

$$V_{out} = V_{in} \text{ x } \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Selanjutnya, nilai resistansi sensor dihitung menggunakan rumus perhitungan tegangan keluaran rangkaian pembagi tegangan pada rumus di atas, sehingga untuk mencari nilai resistansi sensor adalah sebagai berikut:

$$R_{sensor} = R_{ref} \text{ x } \frac{V_{out}}{V_{ref} - V_{out}}$$

Keterangan:
R_{sensor} = Resistansi Sensor (Satuan Ohm)
R_{ref} = Resistor Pembanding (Satuan Ohm)
V_{out} = Tegangan hasil pembacaan sensor (Volt)
V_{ref} = Tegangan referensi Arduino (5V)

Berdasarkan pada Gambar 2.3, untuk proses perhitungan nilai resistansi sampel dilakukan dengan menggunakan metode pembagi tegangan. Pada rumus di atas menunjukkan bahwa nilai resistansi sensor (R_{sensor}) berbanding lurus dengan tegangan keluaran (V_{out}) yang dihasilkan. Dalam penelitian ini, R_{sensor} merupakan nilai hambatan dari sampel pempek, sedangkan R_{ref} adalah resistor pembanding sebesar 10.000 ohm (Ω) yang terdapat pada modul driver LM393. Melalui rumus ini, setiap perubahan daya hantar listrik pada pempek yang disebabkan oleh kandungan zat tertentu (seperti boraks) akan terbaca secara akurat dalam satuan Ohm.

E. Rumus Konversi dari Analog ke Digital (ADC)

Tegangan *input* adalah tegangan listrik yang diberikan ke suatu perangkat atau komponen elektronik untuk mengoperasikannya. *Analog Digital Converter* (ADC) merupakan sebuah konverter yang mengubah dari sinyal analog atau sinyal kontinu menjadi sinyal digital atau sinyal diskrit. Komputer atau kontroler hanya dapat membaca sinyal digital sementara kebanyakan di alam adanya besaran fisis atau sinyal analog.
Rumus konversi:

$$V_{out} = \frac{ADC}{1023} \text{ x } V_{ref}$$

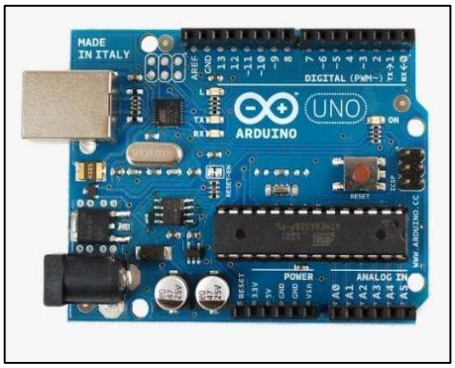
Keterangan:
V_{out} = Tegangan hasil pembacaan sensor (Volt)
ADC = Nilai pembacaan analog (0 - 1023)
1023 = Nilai maksimum resolusi ADC 10-bit pada Arduino (2^{10}-1).
V_{ref} = Tegangan referensi Arduino (5V)

Tahap konversi ini berfungsi sebagai jembatan informasi vital yang menghubungkan antara besaran fisis dari sensor dengan logika pemrosesan pada sistem kendali Arduino Uno. Secara teknis, sistem akan menghitung nilai tegangan nyata yang mengalir melalui sampel dengan menerapkan persamaan teganganV = (nilaiADC * 5.0) / 1023.0; di dalam algoritma program yang telah dirancang untuk mendapatkan representasi data yang akurat. Hasil dari perhitungan ini mencerminkan nilai tegangan aktual dalam satuan Volt yang diterima dari sampel pempek, di mana variasi nilai tegangan tersebut sangat bergantung pada karakteristik daya hantar listrik sampel. Tegangan hasil konversi inilah yang kemudian menjadi parameter utama yang sangat krusial bagi sistem untuk melakukan klasifikasi dan menentukan indikasi kandungan boraks pada tahap pemrosesan data selanjutnya.

F. Arduino Uno (Mikrokontroler)

Arduino Uno merupakan papan mikrokontroler berbasis ATmega328 yang dirancang untuk mendukung berbagai aplikasi elektronika dan sistem tertanam. Sebagai *platform* yang bersifat *open-source*, Arduino Uno banyak dimanfaatkan dalam penelitian dan pengembangan sistem instrumentasi karena memiliki biaya yang relatif rendah, mudah

diprogram, serta kompatibel dengan berbagai jenis sensor dan modul elektronik.



GAMBAR 4
Modul Arduino Uno

G. Sensor Resistansi YL-69

Sensor resistansi tipe YL-69 adalah sebuah modul yang menyertakan IC LM393, yang berfungsi sebagai pembanding untuk *offset* yang lebih rendah dari 5mV, dan memiliki stabilitas serta presisi yang tinggi. Tingkat sensitivitas deteksi bisa disesuaikan dengan memutar potensiometer yang terdapat di modul pemrosesan. Untuk mendapatkan deteksi yang lebih akurat, kita bisa menggunakan mikrokontroler atau Arduino dengan *output* analog (koneksi ke pin ADC atau input analog pada mikrokontroler) yang akan menampilkan nilai kelembaban dalam skala 0 V (terhadap GND) sampai dengan VCC (tegangan catu daya). Modul ini bisa dioperasikan dengan sumber daya antara 3,3 volt sampai 5 volt.



GAMBAR 5
Sensor Resistansi Tipe YL-69 dan Driver LM393

H. Sensor Warna TCS3200

Sensor TCS3200 merupakan sensor warna berbasis teknologi CMOS yang mengubah intensitas cahaya menjadi sinyal frekuensi melalui array fotodioda dengan filter warna merah (*red*), hijau (*green*), dan biru (*blue*). Keluaran sensor berupa sinyal gelombang persegi (*square wave*) dengan *duty cycle* 50%, di mana frekuensinya berbanding lurus dengan intensitas cahaya yang diterima sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi nilai warna secara kuantitatif. Akurasi pembacaan dipengaruhi oleh jarak antara sensor dan objek karena sensor bekerja berdasarkan cahaya pantul dari permukaan sampel. Sensor masih mampu melakukan pembacaan warna hingga jarak 6,5 cm, meskipun tingkat akurasinya cenderung menurun apabila melebihi jarak tersebut.



GAMBAR 6
Sensor Warna TCS3200

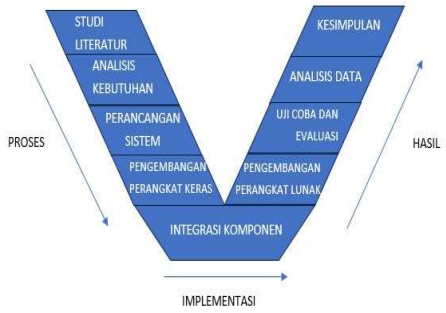
I. LCD I2C

LCD I2C merupakan modul tampilan berbasis kristal cair yang digunakan untuk menampilkan informasi berupa teks, angka, maupun simbol. Modul ini menggunakan antarmuka *Inter-Integrated Circuit* (I2C) sehingga hanya memerlukan dua jalur komunikasi, yaitu SDA (Serial Data) dan SCL (*Serial Clock*), yang membuat penggunaan pin mikrokontroler menjadi lebih efisien dibandingkan LCD konvensional. Komunikasi I2C didukung oleh chip ekspander, seperti PCF8574, yang mengubah data serial menjadi sinyal yang dapat diproses oleh panel LCD.

III. METODE DAN PERANCANGAN

A. Metodologi Penelitian

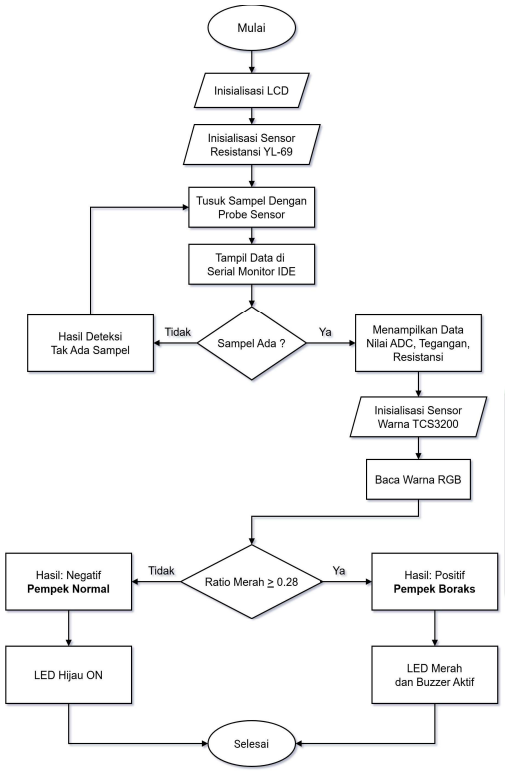
Penelitian ini menggunakan metode *system engineering* sebagai dasar pengembangan sistem. Metode ini memungkinkan proses perancangan dilakukan secara bertahap mulai dari analisis kebutuhan hingga tahap pengujian sistem. Alur proses *system engineering* dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah ini.



GAMBAR 7
Tahapan Metode *System Engineering*

B. Diagram Alir (*Flowchart*)

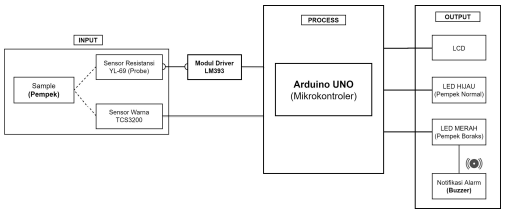
Diagram alir digunakan untuk menggambarkan urutan proses kerja sistem secara sistematis, mulai dari tahap pembacaan data oleh sensor hingga menghasilkan *output* berupa informasi status pempek dengan kondisi normal atau terkontaminasi boraks. *Flowchart* cara kerja sistem dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini.



GAMBAR 8
Flowchart Cara Kerja Alat

C. Perancangan Blok Diagram

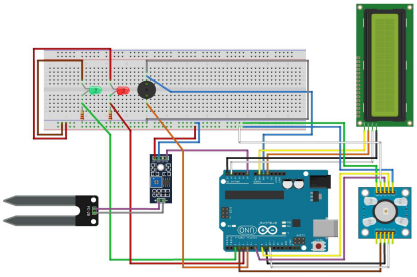
Untuk rancangan blok diagram prototipe alat dapat dilihat pada Gambar 3.3 di bawah ini.



GAMBAR 9
Rancangan Blok Diagram

D. Perancangan *Wiring Diagram*

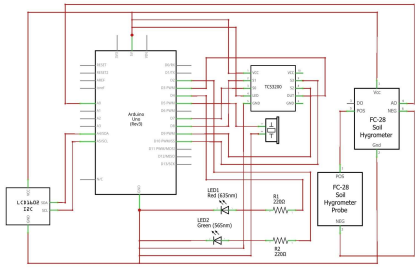
Untuk rancangan *schematic diagram* prototipe alat dapat dilihat pada Gambar 3.4 di bawah ini.



GAMBAR 10
Rancangan *Wiring Diagram*

E. Perancangan *Schematic Diagram*

Untuk detail rancangan *schematic diagram* prototipe alat dapat dilihat pada Gambar 3.5 di bawah ini.



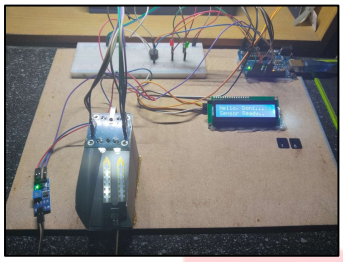
GAMBAR 11
Rancangan *Schematic Diagram*

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Prototipe Alat

Hasil perancangan prototipe alat terdiri dari sensor resistansi YL-69, sensor warna TCS3200, Arduino Uno, LCD I2C, LED indikator, dan buzzer. Sensor resistansi YL-69 sebagai sensor utama (*primary*) dihubungkan ke pin analog Arduino (A0) dan bekerja dalam konfigurasi rangkaian pembagi tegangan (*voltage divider)* bersama resistor 220 Ω. Sensor warna TCS3200 diimplementasikan sebagai

sensor pendukung (*secondary*) yang berfungsi untuk membaca intensitas akurasi warna hasil reaksi kimia antara kurkumin dan boraks. Berikut hasil dari implementasi pada perancangan prototipe alat yang selesai dilakukan dan dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.



GAMBAR 12
Hasil Perancangan Prototipe Alat

B. Pembuatan Larutan Kurkumin

Larutan kurkumin merupakan *reagen* yang digunakan sebagai indikator kimia dalam proses deteksi boraks pada sampel pempek. Larutan ini diperoleh dari ekstrak kunyit dan dimanfaatkan untuk menghasilkan perubahan warna ketika bereaksi dengan kandungan boraks.



GAMBAR 13
Larutan Kurkumin Sebagai *Reagen* Deteksi Boraks

C. Persiapan Sampel Pengujian

Pada Gambar 4.3 di bawah ini memperlihatkan tahap persiapan pengujian sampel menggunakan dua jenis sampel, yaitu pempek normal dan pempek yang mengandung boraks. Seluruh sampel dipotong dengan ukuran yang relatif seragam untuk memperoleh hasil pengukuran yang konsisten. Selanjutnya, sampel diberi larutan kurkumin dari ekstrak kunyit sebagai indikator kimia untuk mendeteksi keberadaan boraks melalui perubahan warna.



a) Pempek yang **belum dioles** dengan kurkumin

b) Pempek yang **sudah dioles** dengan kurkumin

GAMBAR 14
Pempek (Sampel Pengujian)

D. Pengambilan Data Sensor Resistansi

Pengambilan data pada sensor resistansi dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor YL-69 dalam mendeteksi perubahan nilai hambatan listrik pada sampel. Pengujian menggunakan 20 sampel yang terdiri atas 10 sampel pempek normal dan 10 sampel pempek boraks. Setiap sampel diukur sebanyak 10 kali untuk memperoleh data yang lebih konsisten dan mengurangi pengaruh variasi pembacaan sensor. Dengan demikian, total data yang diperoleh sebanyak 200 data pengukuran yang selanjutnya digunakan sebagai dasar analisis karakteristik resistansi pada masing-masing jenis sampel.

TABEL 1
Ringkasan Nilai Rata-Rata Resistansi Terhadap Sampel "Pempek Normal"

No	Kategori	Urutan	Nilai Rata-Rata Resistansi (Ω)
1	Pempek Normal	Sampel ke-1	2865.59
2	Pempek Normal	Sampel ke-2	2935.25
3	Pempek Normal	Sampel ke-3	2676.45
4	Pempek Normal	Sampel ke-4	3355.60
5	Pempek Normal	Sampel ke-5	3642.42
6	Pempek Normal	Sampel ke-6	8013.52
7	Pempek Normal	Sampel ke-7	2657.92
8	Pempek Normal	Sampel ke-8	1762.61
9	Pempek Normal	Sampel ke-9	2555.70
10	Pempek Normal	Sampel ke-10	1986.10

Berdasarkan Tabel 4.1 di atas, hasil pengukuran terhadap 10 sampel pempek normal menunjukkan adanya variasi nilai resistansi antar sampel. Nilai resistansi terendah diperoleh pada Sampel ke-8 sebesar **1762,61 Ω**, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada Sampel ke-6 sebesar **8013,52 Ω**. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh karakteristik fisik sampel, terutama kadar air dan kandungan zat terlarut yang memengaruhi konduktivitas listrik.

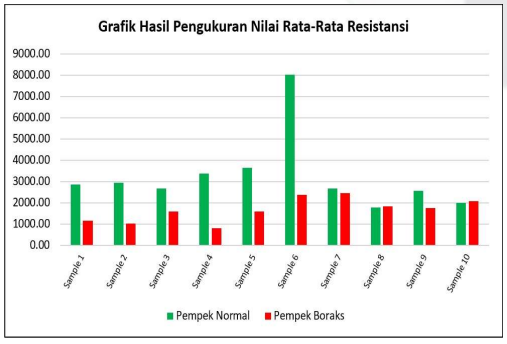
TABEL 2
Ringkasan Nilai Rata-Rata Resistansi Terhadap Sampel "Pempek Boraks"

No	Kategori	Urutan	Nilai Rata-Rata Resistansi (Ω)
1	Pempek Boraks	Sampel ke-1	1162.52
2	Pempek Boraks	Sampel ke-2	1001.34
3	Pempek Boraks	Sampel ke-3	1590.14
4	Pempek Boraks	Sampel ke-4	800.07
5	Pempek Boraks	Sampel ke-5	1588.52
6	Pempek Boraks	Sampel ke-6	2356.11
7	Pempek Boraks	Sampel ke-7	2458.89
8	Pempek Boraks	Sampel ke-8	1818.45
9	Pempek Boraks	Sampel ke-9	1731.44
10	Pempek Boraks	Sampel ke-10	2074.07

Berdasarkan Tabel 4.2 di atas, hasil pengukuran terhadap sampel pempek boraks menunjukkan nilai rata-rata resistansi yang bervariasi pada rentang **800,07 Ω** hingga **2458,89 Ω**. Nilai resistansi terendah diperoleh pada Sampel ke-4, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada Sampel ke-7. Secara umum, nilai resistansi pempek boraks lebih rendah dibandingkan pempek normal, yang menunjukkan konduktivitas listrik lebih tinggi akibat keberadaan boraks sebagai zat elektrolit. Variasi nilai resistansi dipengaruhi oleh karakteristik fisik sampel, seperti kadar air, kelembapan, tekstur, serta distribusi boraks yang tidak merata. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor resistansi YL-69 mampu mengidentifikasi karakteristik listrik pada sampel pempek yang terkontaminasi boraks dengan baik.

E. Grafik Hasil Pengukuran Sensor Resistansi

Pada Gambar 4.4 di bawah ini menyajikan perbandingan nilai rata-rata resistansi yang menunjukkan perbedaan karakteristik konduktivitas listrik antara sampel pempek normal dan pempek yang mengandung boraks.



GAMBAR 15
Grafik Hasil Pengukuran Nilai Rata-Rata Resistansi

F. Tahap Kalibrasi Sensor (Penentuan *Threshold*)

Tahap kalibrasi dilakukan untuk menentukan nilai ambang batas (*threshold*) yang digunakan sebagai parameter dalam membedakan pempek normal dan pempek yang terkontaminasi boraks. Penentuan nilai *threshold* dilakukan menggunakan metode nilai tengah (*midpoint*), yaitu dengan menghitung rata-rata dari nilai rata-rata resistansi pempek normal dan pempek boraks yang telah diperoleh. Tahap ini dengan memperhatikan bahwa terdapat satu data yang tergolong sebagai nilai ekstrem (*outlier*) sehingga tidak digunakan dalam proses perhitungan agar tidak mempengaruhi hasil kalibrasi.

Perhitungan nilai *threshold* menggunakan persamaan sebagai berikut:

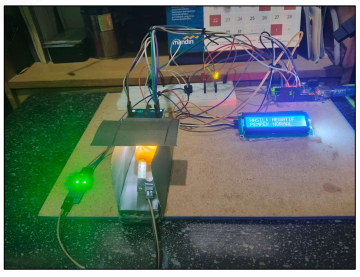
$$Threshold = \frac{Nilai\ Rata - Rata\ Pempek\ Normal\ +\ Nilai\ Rata - Rata\ Pempek\ Boraks}{2}$$

$$Threshold = \frac{3245{,}12 + 1658{,}16}{2}$$

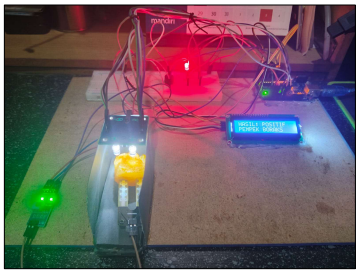
Threshold = **2451,64 Ω**

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *threshold* teoritis sebesar **2451,64 Ω**. Nilai tersebut kemudian digunakan sebagai acuan pada proses kalibrasi sensor dan disesuaikan menjadi **2400 Ω** sebagai nilai *threshold* akhir. Penyesuaian ini dilakukan karena nilai **2400 Ω** memberikan hasil klasifikasi yang lebih stabil dalam membedakan sampel pempek normal dan sampel pempek yang terkontaminasi boraks. Dengan demikian, nilai resistansi yang lebih besar dari **2400 Ω** dikategorikan "Pempek Normal", sedangkan nilai resistansi yang lebih kecil dari **2400 Ω** dikategorikan sebagai "Pempek Boraks".

G. Pengujian Keseluruhan (Prototipe Alat)



GAMBAR 16
Hasil Uji Prototipe Alat *Output* LCD Deteksi "PEMPEK NORMAL"



GAMBAR 17
Hasil Uji Prototipe Alat *Output* LCD Deteksi "PEMPEK BORAKS"

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan evaluasi terhadap sistem, penelitian ini berhasil mengembangkan alat pendeteksi kandungan boraks pada pempek berbasis Arduino Uno menggunakan konsep sensor *fusion* melalui integrasi sensor resistansi YL-69 dan sensor warna TCS3200. Sensor resistansi digunakan sebagai metode *pre-screening* untuk mendeteksi perubahan konduktivitas listrik, sedangkan sensor warna memvalidasi keberadaan boraks melalui perubahan warna kurkumin sehingga meningkatkan keandalan deteksi. Sistem mampu membedakan "Pempek Normal" dan "Pempek Boraks" serta menampilkan hasil *output* melalui LCD, LED, dan *buzzer*. Meskipun pembacaan sensor resistansi masih dipengaruhi oleh kondisi fisik sampel, seperti: kadar air, kandungan minyak, kandungan garam dan ukuran, hasil penelitian menunjukkan bahwa alat mampu bekerja dengan baik sebagai metode deteksi awal kandungan boraks serta berpotensi dikembangkan lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi dan konsistensi pengukuran.

REFERENSI

[1] A. Supriadi, D. Saputra, and G. Priyanto, *Pempek Palembang (Strategi dan basis Modernisasi)*. Jawa Timur: Pustaka Aksara, 2023.

[2] Y. D. Riswanda, A. Sutiadiningsih, A. Bahar, and I. F. Romadhoni, "Inovasi Pembuatan Pempek Lenjer Ikan Bandeng (Chanos Chanos), dan Puree Kacang Tunggak dengan Penambahan Jamur Tiram," *Edukasi Elit. J. Inov. Pendidik.*, vol. 1, no. 4, pp. 283–312, 2024.

[3] S. A. Wahyono, I. Karnita, S. Rabasari, and D. Sunjata, "Modifikasi Pempek Menggunakan Bahan Utama Ikan Teri," *J. Pariwisata Vokasi*, vol. 6, no. 1, pp. 1–14, 2025.

[4] A. C. Sadono, "Historical Traces and Cultural Values of Palembang's Traditional Culinary Heritage as an Indonesian Cultural Icon," *Indones. J. Tour. Hosp. Manag.*, vol. 2, no. 1, pp. 117–132, 2023.

[5] Yunicho, B. Sunu, S. F. Rahman, and P. Anjani, "Studi Kandungan Boraks Pada Bakso dan Mie Kuning dengan Metode Uji Kertas Turmeric," *Lontara J. Heal. Sci. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 116–123, 2023.

[6] A. Fatoni *et al.*, "Penyuluhan Dan Demonstrasi Prinsip Dasar Deteksi Senyawa Kimia Berbahaya Boraks Serta Ikatan Kimianya Dengan Bahan Alam Kulit Buah Naga Merah Dan Kunyit Di SMAN 1 Sungai Rotan Muara Enim, Sumatera Selatan," *J. Kreat. Pengabdi. Kpd. Masy.*, vol. 8, no. 4, pp. 2051–2060, 2025.

[7] W. Dewayanti, "Efektivitas Kunyit (Curcuma Longa Linn) Sebagai Anti Jamur," *J. Med. Hutama*, vol. 03, no. 02, pp. 2019–2024, 2022.

[8] D. A. Putri *et al.*, "Analisis Hubungan Tegangan Dan Arus Dalam Rangkaian Seri Dan Paralel Berdasarkan Hukum Ohm," *PHYDAGOGIC J. Fis. dan Pembelajarannya*, vol. 7, no. 2, pp. 201–206, 2025, doi: 10.31605/phy.v7i1.4558.

[9] B. Risky, A. Syakur, and Y. A. A. Soetrisno, "Perancangan Prototipe Alat Ukur Tegangan Ujung Feeder Menggunakan Metode Pembagi Tegangan," *Transient*, vol. 10, no. 1, pp. 48–53, 2021.

[10] R. Al Hayubi, S. Aulia, D. A. Gunawan, S. Hidayatullah, and D. Aribowo, "Implementasi Sistem Penggerak Servo SG-90 Berbasis Arduino Uno dengan Kontrol Sudut Dinamis," *Mars J. Tek. Mesin, Ind. Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 6, pp. 130–140, 2024.

[11] I. A. Rozaq, "Penggunaan Analog Digital Converter (ADC) untuk Kalibrasi Pada Alat Pendeteksi Telur Ayam," *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 6, no. 2, pp. 368–375, 2022.

[12] A. D. Simamarta, V. K. Nisa, R. Maulana, N. Parawansa, I. Khairunnisa, and Y. Budiawati, "Kajian Literatur : Penerapan Internet of Things (IoT) untuk Optimasi Manajemen Kesehatan Tanah," *Hidroponik J. Ilmu Pertan. Dan Teknol. Dalam Ilmu Tanam.*, vol. 2, no. 2, pp. 91–107, 2025.

[13] M. M. Surur, M. S. Fahrizal, D. A. P. Pradana, C. Rohmad, and A. Shidiq, "Sistem Otomatisasi Pompa Air Berbasis Arduino Uno Dengan Kontrol Waktu Menggunakan

Sensor RTC DS3231," *IDENTIK J. Ilmu Ekon. Pendidik. dan Tek.*, vol. 02, no. 04, pp. 77–84, 2025.

[14] R. Hermawan and Abdurrohman, "Pemanfaatan Teknologi Internet Of Things Pada Alarm Sepeda Motor Menggunakan Nodemcu Lolin V3 Dan Media Telegram," *J. Infotronik*, vol. 5, no. 2, pp. 58–67, 2020, doi: 10.32897/infotronik.2020.5.2.453.

[15] D. Tantowi and Y. Kurnia, "Simulasi Sistem Keamanan Kendaraan Roda Dua Dengan Smartphone dan GPS Menggunakan Arduino," *J. Algor*, vol. 1, no. 2, pp. 9–15, 2020.