

**RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI
KANDUNGAN DAGING BABI PADA PRODUK
BAKSO MENGGUNAKAN KAMERA *SMARTPHONE*
BERBASIS *MACHINE LEARNING***

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat Sarjana S-1
Program Studi Fisika

Disusun oleh:

Nabila Luthfi Nadhifah
21106020019

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2025**

LEMBAR PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1184/Un.02/DST/PP.00.9/06/2025

Tugas Akhir dengan judul : Rancang Bangun Sistem Deteksi Kandungan Daging Babi Pada Produk Bakso Menggunakan Kamera Smartphone Berbasis Machine Learning

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : NABILA LUTHFI NADHIFAH
Nomor Induk Mahasiswa : 21106020019
Telah diujikan pada : Kamis, 12 Juni 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang
Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 68501ecd63212



Penguji I
Asih Melati, S.Si., M.Sc., Ph.D.
SIGNED

Valid ID: 685009cf7745a



Penguji II
Sri Hidayati, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 6850c5dc84830



Yogyakarta, 12 Juni 2025
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6850cf18a9db1

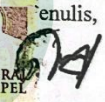
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Nabila Luthfi Nadhifah
NIM : 21106020019
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Deteksi Kandungan Daging Babi Pada Produk Bakso Menggunakan Kamera *Smartphone* Berbasis Matlab Terkombinasi *Machine Learning*” merupakan hasil penelitian penulis, serta tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar “Sarjana” di Perguruan Tinggi. Sepanjang pengetahuan penulis, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis dirujuk dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 23 Mei 2025
Penulis,


Nabila Luthfi Nadhifah
NIM.21106020019

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan

skripsi Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan

Teknologi UIN Sunan Kalijaga

Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Nabila Luthfi Nadhifah

NIM : 21106020019

Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem Deteksi Kandungan Daging Babi Dalam Produk Bakso Menggunakan Kamera *Smartphone* Berbasis *Machine Learning*

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb

Yogyakarta, 26 Mei 2025

Pembimbing II

Bagus Haryadi S.Si., M.T., Ph.D.
NIDN. 0518038901

Pembimbing I

Frida Agung Rakhmadi S.Si., M.Sc.
NIP.19780510 200501 1 003

HALAMAN MOTTO

“Ilmu tanpa agama itu lumpuh, agama tanpa ilmu itu buta”

”Science without religion is lame, religion without science is blind”

-Albert Einstein-



HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini penulis persembahkan untuk:

Allah SWT.

Diri sendiri

Ibu Wasidah dan Bapak Wahyudi

Sarida Ulfi Utami

Rio Danna Kurniawan

Sahabat Fisika 2021

SC Fisika Instrumentasi

Prodi Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
Y O G Y A K A R T A

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur atas kehadiran Allah SWT. yang telah memberikan rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI KANDUNGAN DAGING PADA PRODUK BAKSO MENGGUNAKAN KAMERA *SMARTPHONE* BERBASIS *MACHINE LEARNING*" dengan baik dan lancar. Tidak lupa *shalawat* serta salam semoga tetap tercurahkan kepada beliau, baginda Rasulullah Muhammad SAW, semoga kita mendapatkan syafaatnya di *yaumul qiyamah* kelak. Amin.

Penyusunan skripsi ini merupakan suatu bentuk kewajiban bagi penulis untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan serta untuk mendapatkan gelar sarjana. Penulis berharap penelitian ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang terkait demi perkembangan dan kemajuan ilmu pengetahuan. Dalam penyusunan serta pelaksanaan tugas akhir ini penulis telah mendapat banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, sepatutnya penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu, Bapak, dan Kakak, serta keluarga yang selalu memberikan do'a dan dukungan.
2. Bapak Prof. Noorhaidi Hasan S.Ag., M., M.Phil., Ph.D. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Dr. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

4. Ibu Dr. Widayanti, S.Si., M.Si. selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Bapak Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Dosen Pembimbing dalam penulisan skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Fisika Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan bimbingan beserta ilmunya.
7. Bapak Bagus Haryadi S.Si., M.T, Ph.D. selaku pembimbing yang dengan penuh kesabaran, ketulusan, dan dedikasi telah membimbing, memberikan ilmu yang berharga, gagasan yang membangun, serta motivasi yang tak ternilai sepanjang proses penelitian ini. Bimbingan dan arahan beliau menjadi pijakan penting dalam setiap langkah yang saya tempuh.
8. Rasa hormat dan terima kasih yang tak terhingga penulis sampaikan kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Wahyudi dan Ibu Wasidah. Yang telah menjadi sumber kekuatan dan inspirasi di setiap langkah perjalanan ini. Segala kebutuhan penulis tak pernah luput dari perhatian dan usaha mereka. Doa-doa tulus yang senantiasa dipanjatkan menjadi penopang terkuat yang akan selalu penulis bawa dalam setiap langkah, harapan, dan perjuangan di masa depan. Tanpa kasih dan ridha mereka, pencapaian ini tak akan pernah menjadi nyata.
9. Kepada kakak kandung saya, Sarida Ulfi Utami dan Rio Danna Kurniawan, terima kasih yang tak terhingga atas segala bentuk cinta, dukungan, motivasi, serta dorongan yang tiada henti dalam perjalanan panjang penyelesaian skripsi ini. Terima kasih atas tenaga, waktu, pikiran, dan materi yang telah kalian curahkan dengan penuh ketulusan dan keikhlasan. Tanpa adanya dorongan dan

dukungan dari mereka, penulis mungkin tidak akan bisa menyelesaikan kewajiban ini hingga selesai. Jasa kalian sangatlah berguna dan akan penulis ingat selamanya. Tanpa kalian, gelar S.Si tidak akan ada di belakang nama saya.

10. Ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya penulis sampaikan kepada sahabat seperjuangan yang telah penulis anggap sebagai saudara sendiri, Nurul Dwi Hastuti. Teman yang dengan tulus bersedia meluangkan waktu, berbagi lelah, bahkan air mata dalam setiap proses penyusunan skripsi ini, sosok yang tak hanya memberikan dukungan, namun juga menjadi penyemangat di saat rasa ketidakpercayaan diri penulis datang selama masa proses penyusunan. Peranmu begitu besar dan sangat berarti bagi penulis. *"Kita pernah berjalan beriringan, tertawa dalam lelahnya tugas, dan saling menguatkan di tengah riuhnya isi pikiran yang semuanya harus segera diselesaikan. Kini jalan kita berbeda, tapi kenangan itu akan ada selamanya"*. Terimakasih banyak ya Nurull!
11. Teman satu kos yang juga menjadi teman seangkatan, seperjuangan, dan teman mengerjakan tugas bersama selama penulis menempuh pendidikan di kampus, Dea, Icha, Aulia, erlita, terimakasih banyak yaa, semoga kalian sukses dan sehat selalu.
12. Teman-teman SC Instrumentasi angkatan 2021 yang selalu kebersamai penulis dan selalu menemani penulis dalam mengerjakan dan menyelesaikan skripsi disaat penulis berada di Lab.Instrumentasi.

13. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang telah membantu penulis dalam serangkaian proses penulisan skripsi.

Yogyakarta, 15 Juni 2025

Penulis



RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI KANDUNGAN DAGING BABI PADA PRODUK BAKSO MENGGUNAKAN KAMERA *SMARTPHONE* BERBASIS *MACHINE LEARNING*

Nabila Luthfi Nadhifah
21106020019

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membuat, dan menguji sistem deteksi kandungan daging babi pada produk bakso menggunakan kamera *smartphone* berbasis *Machine Learning*. Sistem dikembangkan melalui perakitan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak menggunakan MATLAB. Citra diproses melalui tahapan input, augmentasi, praproses, ekstraksi fitur, dan pengelompokan menggunakan tiga algoritma yaitu *K-Means*, *Gaussian Mixture Model* (GMM), dan *GMM with Gaussian Filtering*. Pengujian dilakukan dengan menghitung akurasi dan presisi setiap algoritma. Hasil menunjukkan akurasi sebesar 80% untuk *K-Means*, 54% untuk *Gaussian Mixture Model* (GMM), dan 94% untuk *GMM with Gaussian Filtering*, serta presisi masing-masing 100%, 71%, dan 93%. Berdasarkan hasil tersebut dan mengacu pada standar SNI ISO/IEC 17025:2017, algoritma *GMM with Gaussian Filtering* dinilai memiliki performa terbaik. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem instrumentasi jaminan produk halal, khususnya pada produk olahan daging seperti bakso halal dan non-halal.

Kata Kunci: Daging babi, kamera *smartphone*, *machine learning*, sistem deteksi.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**DESIGN OF A DETECTION SYSTEM FOR PORK CONTENT IN
MEATBALL PRODUCTS USING SMARTPHONE CAMERA BASED ON
MACHINE LEARNING**

Nabila Luthfi Nadhifah
21106020019

ABSTRACT

This research aims to design, manufacture, and test a system for detecting pork content in meatball products using a smartphone camera based on machine learning. The system was developed through hardware assembly and software design using MATLAB. Images are processed through the following stages: input, augmentation, preprocessing, feature extraction, and clustering using three algorithms K-Means, Gaussian Mixture Model (GMM), and GMM with Gaussian Filtering. The testing was conducted by calculating the accuracy and precision of each algorithm. The results show an accuracy of 80% for K-Means, 54% for Gaussian Mixture Model (GMM), and 94% for GMM with Gaussian Filtering. Precision of 100%, 71%, and 93%. Based on these results and in accordance with the SNI ISO/IEC 17025:2017 standard, GMM with Gaussian Filtering was found to have the best performance. This study is expected to contribute to the development of halal product assurance instrumentation systems, especially for processed meat products such as halal and non-halal meatballs.

Keywords: *Detection system, machine learning, pork, smartphone camera.*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

COVER	
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
INTISARI.....	xi
ABSTRACT.....	xii
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL.....	v
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Tujuan Penelitian.....	8
1.4 Batasan Penelitian	9
1.5 Manfaat Penelitian	9
BAB II.....	12
TINJAUAN PUSTAKA.....	12
2.1 Studi Pustaka.....	12
2.2 Dasar Teori	18
2.2.1 Daging sapi	18
2.2.2 Daging babi	19
2.2.3 Produk Olahan Makanan Bakso.....	22
2.2.4 Kamera <i>Smartphone</i>	23
2.2.5 Akuisisi Citra	26
2.2.6 Pengolahan citra (<i>Image Processing</i>).....	28
2.2.7 MATLAB	30
2.2.8 <i>Machine Learning</i>	31
2.2.9 Augmentasi Citra	35
2.2.10 Ekstraksi Ciri Warna HSV	37

2.2.11	Ekstraksi Ciri Tekstur <i>Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)</i>	39
2.2.12	K-Means	43
2.2.13	<i>Gaussian Mixture Model (GMM)</i>	44
2.2.14	<i>Gaussian Filtering</i>	44
2.2.15	<i>Principal Component Analysis (PCA)</i>	45
2.2.16	Akurasi	46
2.2.17	Presisi	47
2.2.18	Wawasan Islam Tentang Makanan Halal dan Non-halal	48
BAB III		50
METODE PENELITIAN		50
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	50
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	50
3.2.1	Alat Penelitian	50
3.2.2	Alat dan Bahan Pembuatan Sistem Deteksi	51
3.2.3	Alat dan Bahan pengujian sistem deteksi	52
3.3	Prosedur Penelitian	53
3.3.1	Perancangan Sistem Deteksi	54
3.3.2	Pembuatan Sistem Deteksi	57
3.3.3	Pengujian Sistem Deteksi	64
3.4	Sistematika Pembahasan Hasil Penelitian	68
3.4.1	Pembahasan hasil perancangan dan pembuatan sistem	68
BAB IV		71
HASIL DAN PEMBAHASAN		71
4.1	Hasil Penelitian	71
4.1.1	Hasil Perancangan Sistem Deteksi	71
4.1.2	Hasil Pembuatan Sistem Deteksi	75
4.1.3	Hasil Pengujian Sistem Deteksi	78
4.2	Pembahasan	79
4.2.1	Pembahasan Hasil Perancangan dan Pembuatan Sistem Deteksi	79
4.2.2	Pembahasan Hasil Pengujian Sistem Deteksi	85
4.2.3	Integrasi-Interkoneksi	90
BAB V		92
KESIMPULAN DAN SARAN		92
5.1	Kesimpulan	92

5.2	Saran.....	93
DAFTAR PUSTAKA.....		95
LAMPIRAN.....		102



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Daging Sapi	19
Gambar 2. 2 Daging Babi	20
Gambar 2. 3 Bakso	23
Gambar 2. 4 Bagan sensor CMOS.....	24
Gambar 2. 5 Proses akuisisi citra.....	27
Gambar 2. 6 Logo Aplikasi MatLab.	30
Gambar 2. 7 Tipe-tipe Machine Learning	33
Gambar 2. 8 Algoritma Machine Learning	34
Gambar 2. 9 Ruang warna HSV	38
Gambar 2. 10 Arah kookurensi GLCM.....	40
Gambar 2. 11 Confusion Matrix	47
Gambar 3. 1 Diagram blok keseluruhan sistem deteksi	53
Gambar 3. 2 Diagram alir prosedur penelitian	54
Gambar 3. 3 Skema pengujian sistem deteksi	65
Gambar 4. 1 Desain perangkat keras sistem.....	71
Gambar 4. 2 Diagram alur perangkat lunak sistem untuk <i>K-means</i>	72
Gambar 4. 3 Diagram alur perangkat lunak sistem untuk <i>Gaussian Mixture Model</i> (GMM).....	73
Gambar 4. 4 Diagram alur perangkat lunak sistem untuk <i>Gaussian Mixture Model</i> (GMM) with <i>Gaussian Filtering</i>	74
Gambar 4. 5 Hasil pembuatan perangkat keras sistem.....	76
Gambar 4. 6 Hasil pembuatan perangkat lunak sistem menggunakan algoritma <i>K-means</i>	75
Gambar 4. 7 Hasil pembuatan perangkat lunak sistem deteksi menggunakan algoritma <i>Gaussian Mixture Model</i> (GMM).....	75
Gambar 4. 8 Hasil pembuatan perangkat lunak sistem deteksi menggunakan algoritma <i>Gaussian Mixture Model</i> (GMM) with <i>Gaussian Filtering</i>	76
Gambar Lampiran 1. 1 Proses pembuatan desain perangkat keras sistem deteksi	102
Gambar Lampiran 1. 2 Proses pembuatan desain perangkat lunak sistem deteksi	102
Gambar Lampiran 2. 1 Persiapan alat dan bahan	103
Gambar Lampiran 2. 2 Proses preparasi sampel bakso	103
Gambar Lampiran 2. 3 Proses perakitan perangkat keras sistem deteksi	104
Gambar Lampiran 2. 4 Proses pembuatan perangkat lunak sistem deteksi.....	105
Gambar Lampiran 2. 5 Hasil visualisasi citra setelah augmentasi	121
Gambar Lampiran 3. 1 Proses pengambilan data	122
Gambar Lampiran 3. 2 Proses pengolahan data	123
Gambar Lampiran 3.2.1.1 Grafik plot <i>clustering K-means</i>	123
Gambar Lampiran 3.2.1.2 Grafik plot <i>clustering Gaussian Mixture Model</i> (GMM).....	124
Gambar Lampiran 3.2.1.3 Grafik plot <i>clustering Gaussian Mixture Model</i> (GMM) with <i>Gaussian Filtering</i>	124

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Waktu Penelitian	50
Tabel 3. 2 Alat perancangan sistem	51
Tabel 3. 3 Alat preparasi sampel bakso	51
Tabel 3. 4 Bahan preparasi sampel bakso.....	52
Tabel 3. 5 Alat pembuatan sistem deteksi	52
Tabel 3. 6 Bahan pembuatan sistem deteksi	52
Tabel 3. 7 Alat dan Bahan pengujian sistem deteksi	52
Tabel 3. 8 Akurasi Sistem Deteksi.....	68
Tabel 3. 9 Presisi Sistem Deteksi.....	68
Tabel 4. 1 Akurasi sistem deteksi	79
Tabel 4. 2 Presisi sistem deteksi	79
Tabel Lampiran 2.2.1 Komposisi daging sampel produk bakso.....	102
Tabel Lampiran 2.2.2 Komposisi bumbu sampel produk bakso.....	102
Tabel Lampiran 2.7. 1 Hasil data numerik ekstraksi GLCM.....	121
Tabel Lampiran 2.7. 2 Hasil data numerik ekstraksi HSV	122
Tabel Lampiran 3. 1 Hasil klasifikasi halal/non-halal untuk 160 citra.....	125

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kesatuan berbentuk Republik yang terletak di antara Samudra Hindia dan Samudra Pasifik, sehingga dalam hal ini Indonesia sangat potensial untuk perkembangan keberagaman budaya, ras, suku dan juga agama (Kementerian Luar Negeri RI, 2020). Salah satu keberagaman yang ada yaitu keberagaman agama, di mana hal tersebut membawa pengaruh yang cukup besar di Indonesia. Adapun keberagaman agama di Indonesia yaitu adanya agama Islam, Kristen, Katolik, Hindu, Budha dan Konghucu (Badan Pusat Statistik, 2021).

Dengan banyaknya ragam agama yang ada, Indonesia memiliki jumlah penduduk Muslim terbesar di dunia dengan total penduduk 231 juta jiwa atau sebesar 86,7% dari total penduduk Indonesia dan menjadi penyumbang 13% populasi Muslim di dunia (Lestari dkk, 2023). Dalam konteks ini, agama Islam menetapkan beberapa aturan jelas mengenai konsumsi makanan, di mana terdapat ketentuan khusus terkait makanan halal dan non-halal. Setiap Muslim diwajibkan untuk mengonsumsi makanan yang halal, yaitu makanan yang diperbolehkan menurut syariat Islam dan menjauhi makanan yang non-halal (Putri dkk, 2023).

Produk makanan halal menjadi hal paling utama yang harus diperhatikan oleh masyarakat Indonesia dalam memenuhi kebutuhan pangan sehari-hari. Prinsip makanan halal bukan hanya menjadi bagian dari budaya dan kebutuhan masyarakat, tetapi juga merupakan kewajiban agama (Kementerian Agama RI, 2020) yang diatur di dalam Al-Qur'an surah al-Baqarah ayat 172-173 yang berbunyi:

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا كُلُوا مِن طَيِّبَاتِ مَا رَزَقْنَاكُمْ وَاشْكُرُوا لِلَّهِ إِن كُنتُمْ إِيَّاهُ تَعْبُدُونَ ﴿١٧٢﴾

إِنَّمَا حَرَّمَ عَلَيْكُمُ الْمَيْتَةَ وَالدَّمَ وَلَحْمَ الْخِنْزِيرِ وَمَا أُهْلَ بِهِ لِغَيْرِ اللَّهِ فَمَن اضْطُرَّ غَيْرَ بَاغٍ وَلَا عَادٍ

فَلَا إِثْمَ عَلَيْهِ إِنَّ اللَّهَ غَفُورٌ رَّحِيمٌ ﴿١٧٣﴾

Artinya: “Wahai orang-orang yang beriman! Makanlah dari rezeki yang baik yang Kami berikan kepada kamu dan bersyukurlah kepada Allah, jika kamu hanya menyembah kepada-Nya. Sesungguhnya Dia hanya mengnon-halalkan atasmu bangkai, darah, daging babi, dan (daging) hewan yang disembelih dengan (menyebut nama) selain Allah. Akan tetapi, siapa yang terpaksa (memakannya), bukan karena menginginkannya dan tidak (pula) melampaui batas, maka tidak ada dosa baginya. Sesungguhnya Allah Maha Pengampun lagi Maha Penyayang” (QS. al-Baqarah: 172-173) (Departemen Agama, 2024).

Dalam Q.S al-Baqarah ayat 172, Allah memerintahkan seluruh hamba-Nya agar mengonsumsi makanan yang baik-baik (halal), sebab memakan makanan halal menjadikan terkabulnya do'a dan diterimanya ibadah. Selanjutnya dijelaskan pada Q.S al-Baqarah ayat 173 bahwa umat Islam telah dilarang memakan bangkai, darah, dan daging babi (Kemenag RI, 2020). Darah dinon-halalkan untuk dikonsumsi dikarenakan banyaknya kuman-kuman yang apabila masuk ke dalam tubuh akan membahayakan bagi tubuh manusia (Hidayat, 2018). Bangkai dinon-halalkan untuk dikonsumsi dikarenakan bangkai merupakan hewan yang mati tanpa melewati proses sembelih secara syari'at dan tanpa adanya campur tangan manusia (Kementerian Agama RI, 2020). Babi dinon-halalkan dalam ajaran Islam dan dari sudut pandang kesehatan bahwa hewan ini termasuk omnivora yang cenderung mengonsumsi sampah atau kotoran, sehingga berpotensi tinggi terkontaminasi parasit seperti *Taenia solium* (cacing pita) serta berbagai jenis virus yang dapat membahayakan kesehatan manusia (Huda dkk, 2010). Oleh karena itu, daging babi dianggap berbahaya bagi kesehatan. Bahaya di sini, menurut para ahli kedokteran kontemporer juga telah menetapkan karena babi hidup di tempat kotor, maka akan

adanya cacing pita dan juga cacing-cacing lainnya yang apabila di konsumsi dan masuk ke dalam tubuh akan membahayakan kesehatan (Hidayat, 2018). Para ahli kedokteran kontemporer juga menetapkan bahwa daging babi merupakan daging yang susah dicerna oleh tubuh karena banyak mengandung lemak yang nantinya akan dapat menghambat kelancaran pencernaan bagi orang yang mengonsumsinya, akibatnya perut akan merasa berat dan denyut jantung menjadi tidak teratur (Nashirun, 2020).

Di Indonesia sendiri, kenon-halalan mengonsumsi daging babi juga ditegaskan ulang oleh Fatwa Majelis Ulama Indonesia (MUI) nomor 4 tahun 2003 tentang standarisasi fatwa halal. Poin keempat dari fatwa tersebut menetapkan tentang masalah penggunaan nama dan bahan di mana sebagai umat Muslim tidak boleh mengonsumsi makanan/minuman dengan rasa atau aroma binatang yang dinon-halalkan seperti mie instan rasa babi (Fatwa MUI, 2003). Dengan adanya ayat Al-Qur'an yang juga didukung oleh fatwa MUI tersebut semakin jelas bahwa daging babi non-halal untuk dikonsumsi oleh semua umat yang memeluk agama Islam.

Penggunaan daging babi sebagai bahan dalam pembuatan produk olahan makanan sudah banyak terjual di banyak toko, minimarket maupun penjual makanan pinggir jalan yang menjadi perhatian serius terutama bagi umat Muslim yang tidak diperbolehkan mengonsumsi daging babi. Keberadaan daging babi juga banyak ditemukan dalam bentuk yang lebih tersembunyi seperti pada produk hasil campuran dari daging sapi atau ayam yang diolah menjadi bakso, sosis, nugget

maupun makanan olahan lainnya yang membuat seringkali tidak terdeteksi dengan mudah oleh konsumen (Andriyani dkk, 2019).

Salah satu jenis makanan olahan yang sangat populer dan digemari oleh masyarakat Indonesia adalah bakso. Bakso merupakan produk makanan berbahan dasar daging yang diolah dengan berbagai bumbu, dan biasanya dijual dalam bentuk bulat seperti bola kecil. Bakso dibuat dari berbagai jenis daging, seperti sapi, ayam, ikan, bahkan babi (Widyaninggar dkk, 2015). Sayangnya, popularitas bakso ini juga menimbulkan tantangan tersendiri, khususnya bagi umat Islam.

Dalam beberapa kasus yang ditemukan adanya pencampuran daging babi ke dalam produk bakso seperti contoh kasus yang pernah terjadi pada tahun 2017 di Pasar Citeureup Kabupaten Bogor, di mana telah ditemukan produk bakso berbahan campuran daging babi yang dijual dengan label halal (Kompas.com, 2017). Hal ini sangat meresahkan mengingat daging babi secara jelas dinon-halalkan dalam Islam. Daging babi kerap dicampurkan ke dalam bakso yang berbahan dasar daging sapi karena kemiripan warna dan tekstur sehingga sulit dibedakan secara kasat mata oleh konsumen (Adriyani dkk, 2019). Kasus ini menunjukkan adanya pelanggaran terhadap ketentuan label halal dan menjadi peringatan bagi masyarakat untuk lebih waspada terhadap keaslian produk bakso yang dikonsumsi.

Berdasarkan hal tersebut, umat Islam menghendaki agar produk-produk olahan makanan yang dikonsumsi dapat dijamin kehalalannya dikarenakan terkadang adanya pencampuran bahan dari daging babi tidak diinformasikan pada produk tersebut (Andriyani dkk, 2019). Adanya kejelasan antara makanan halal dan non-halal akan membuat konsumen menjadi semakin tenang dalam

mengonsumsinya dikarenakan dapat memilih makanan halal tanpa ragu. Kejelasan suatu produk makanan halal dapat dilakukan oleh produsen dengan memberikan label halal pada produk yang akan dijual (Iltiham & Nizar, 2020).

Meskipun sudah banyak penggunaan label halal pada suatu produk makanan yang dijual, namun masih terdapat beberapa kasus produsen yang melanggar dan menyalahgunakan arti dari label halal dalam kegiatan produksinya, di mana digunakannya campuran daging babi pada produk hasil olahan daging halal seperti sapi dan ayam (Hasanah & Nasik, 2024). Walaupun pada kenyataannya, kebanyakan daging babi dicampurkan kedalam produk olahan makanan yang berbahan dasar dari daging sapi dibanding dicampur dengan daging ayam karena warna daging yang hampir mirip dengan daging sapi (Huda dkk, 2010).

Saat ini, metode pengujian yang digunakan untuk mengetahui keberadaan kandungan babi pada produk olahan makanan terutama bakso sudah beragam, seperti PCR (*Polymerase Chain Reaction*) dan juga spektroskopi UV-Vis (Rahayu dkk, 2015). Namun, analisis tersebut memerlukan peralatan khusus dan waktu analisa yang relatif lama serta perlu dilakukan oleh seseorang yang ahli dalam bidangnya. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang lebih sederhana dan cepat untuk mendeteksi keberadaan daging babi dalam produk bakso. Peneliti berencana membuat suatu rancang bangun sistem deteksi kandungan daging babi pada produk bakso di mana sistem ini menggunakan sensor optik yang ada pada kamera *smartphone* berbasis *Machine Learning*. Sensor optik pada kamera *smartphone* ini nantinya akan digunakan untuk mengambil gambar dari sampel produk bakso dan diolah dengan menggunakan MATLAB yang terintegrasi *Machine Learning*,

sehingga dapat menghasilkan data kuantitatif yang kemudian dapat digunakan untuk mengetahui keberadaan daging babi pada produk bakso.

Sensor optik yang digunakan pada pembuatan sistem deteksi kandungan daging babi pada produk bakso yaitu kamera *smartphone* yang nantinya digunakan untuk mengambil data gambar dari sampel bakso tersebut. Pengujian kamera *smartphone* ini nantinya akan lebih efektif dibandingkan dengan uji kandungan babi yang di mana dalam ujinya membutuhkan sampel dan alat yang lebih rumit. Dengan kamera *smartphone*, sampel produk bakso dapat diuji secara langsung tanpa perlu menghancurkan atau merusaknya. Selain itu, penggunaan kamera *smartphone* juga dapat memastikan keamanan produk bakso selama proses pengujian dan mencegah kontaminasi sampel yang akan diuji (Qasthari,2017).

Rancang bangun sistem ini, membutuhkan *image processing* yang berupa data foto sampel produk bakso untuk kemudian diolah menggunakan *software* MATLAB. Salah satu kegunaan MATLAB yaitu untuk pengolahan citra gambar dengan menggunakan suatu program di mana pengelolaan *image processing* memberikan kemudahan integrasi yang memungkinkan pengembangan sistem deteksi yang akurat dan efisien. Keunggulan MATLAB dalam visualisasi data, pemrosesan paralel dan integrasi membuatnya cocok untuk digunakan dalam penelitian ini (Alfita dkk, 2022).

Penelitian ini juga menerapkan *Machine Learning* dikarenakan memiliki banyak kelebihan dalam merancang sistem deteksi kandungan daging babi pada produk bakso menggunakan kamera *smartphone*. Dalam merancang sistem deteksi ini, penulis menggunakan model *Unsupervised Learning* atau biasa disebut dengan

pembelajaran tanpa pengawasan (Yolanda dkk, 2021) sebagai dasar dalam menghasilkan sistem deteksi yang diharapkan. *Unsupervised Learning* merupakan jenis pembelajaran mesin guna mencari pola-pola yang sebelumnya tidak terdeteksi dalam kumpulan data tanpa label dan dengan minimal pengawasan manusia. Kelebihan dari *Unsupervised Learning* dalam membuat sistem deteksi ini yaitu meliputi proses deteksi yang lebih cepat dan otomatis karena *Unsupervised Learning* dapat mendeteksi pola-pola yang tersembunyi dan sulit diidentifikasi oleh sistem tradisional, serta mampu mengolah data dalam jumlah besar secara efisien sehingga dapat mengatasi variasi pada sampel produk bakso yang berbeda dalam waktu singkat, maka dari itu penggunaan *Unsupervised Learning* dalam pembuatan sistem deteksi berbasis *Machine Learning* menjadi semakin relevan dan vital pada penelitian ini.

Sebelum dilakukan pembuatan sistem deteksi kandungan daging babi pada produk bakso, perlu dilakukan perancangan sistem yang dibagi menjadi dua tahapan yaitu pembuatan desain perangkat keras dan diagram alur perangkat lunak sistem deteksi. Perancangan sistem bertujuan untuk memberikan panduan yang jelas guna mempermudah pelaksanaan pembuatan sistem secara keseluruhan, sehingga proses pembuatan sistem deteksi akan lebih mudah dan efisien. Pembuatan desain perangkat keras sistem dapat mengintegrasikan sensor optik pada kamera *smartphone* dalam pengambilan data gambar untuk diproses dan dianalisis melalui algoritma yang telah dibuat.

Setelah sistem dirancang, selanjutnya yaitu pembuatan sistem deteksi untuk memperoleh seperangkat sistem deteksi kandungan daging babi pada produk bakso

menggunakan kamera *smartphone*. Dalam tahap pembuatan sistem deteksi ini diperlukan empat proses yakni persiapan alat dan bahan, preparasi sampel, perakitan perangkat keras dan pembuatan perangkat lunak.

Setelah dilakukan perancangan dan pembuatan sistem deteksi, maka perlu dilakukan pengujian sistem deteksi kandungan daging babi pada produk bakso. Pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui kinerja dari sistem yang telah dibuat. Jika sistem tersebut kurang baik, maka perlu dilakukan penyempurnaan pada sistem tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, masalah pada penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Bagaimana desain sistem deteksi kandungan daging babi pada produk bakso menggunakan kamera *smartphone* berbasis *Machine Learning*?
2. Bagaimana hasil pembuatan sistem deteksi kandungan daging babi pada produk bakso menggunakan kamera *smartphone* berbasis *Machine Learning*?
3. Bagaimana kinerja sistem deteksi kandungan daging babi pada produk bakso yang telah dibuat menggunakan kamera *smartphone* berbasis *Machine Learning*?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut.

1. Mendesain sistem deteksi kandungan daging babi pada produk bakso menggunakan kamera *smartphone* berbasis *Machine Learning*.

2. Membuat sistem deteksi kandungan daging babi pada produk bakso menggunakan kamera *smartphone* berbasis *Machine Learning*.
3. Menguji sistem deteksi kandungan daging babi pada produk bakso yang telah dibuat menggunakan kamera *smartphone* berbasis *Machine Learning*.

1.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa batasan yang perlu diperhatikan sebagai berikut.

1. Produk olahan makanan yang digunakan pada penelitian ini adalah bakso.
2. Kamera yang digunakan kamera *smartphone* Redmi 9C.
3. Citra yang digunakan pada penelitian ini yaitu format **.jpg*.
4. MATLAB yang digunakan yaitu MATLAB 2013b.
5. *Machine Learning* yang digunakan yaitu model *Unsupervised Learning*.
6. Model algoritma untuk *clustering* yang digunakan yaitu *K-Means*, *Gaussian Mixture Model* (GMM) dan *Gaussian Mixture Model* (GMM) with *Gaussian Filtering*.
7. Pengujian masih terbatas pada uji skala laboratorium.
8. Parameter uji yang digunakan adalah akurasi dan presisi.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat diperoleh manfaat sebagai berikut.

1. Manfaat untuk laboratorium pengujian halal

Apabila sistem deteksi kandungan daging babi pada produk bakso menggunakan kamera *smartphone* berbasis *Machine Learning* berhasil dibuat

serta dalam pengujiannya telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI), maka sistem ini berpotensi menjadi alat alternatif dalam mendukung laboratorium halal melakukan pengujian produk dan produk halal sebagaimana diamanatkan dalam Pasal 30 Undang-Undang No.33 Tahun 2014 yang menyatakan bahwa laboratorium pengujian halal berwenang melakukan pemeriksaan dan/atau pengujian produk halal. Kemudian, hal tersebut juga didukung dengan adanya Pasal 31 yang menyatakan bahwa pemeriksaan dan/pengujian kehalalan produk dilakukan oleh Auditor Halal di mana pemeriksaannya dilakukan di lokasi usaha pada saat proses produksi. Apabila terdapat bahan yang diragukan kehalalannya, maka dilakukan pengujian di laboratorium. Dalam pemeriksaan produk halal, pelaku usaha wajib memberikan informasi kepada Auditor Halal.

2. Manfaat untuk pengawasan produk halal

Sistem deteksi kandungan daging babi pada produk bakso menggunakan kamera *smartphone* berbasis *Machine Learning* yang telah dibuat nantinya diharapkan mampu mendukung BPJPH dan masyarakat untuk berperan serta dalam mengawasi produk dan produk halal sebagai bentuk penegakan Undang-Undang No.33 Tahun 2014 Pasal 49 bahwa BPJPH melakukan pengawasan terhadap jaminan produk halal. Kemudian peran serta masyarakat telah disampaikan pada Pasal 53 yang menyatakan bahwa masyarakat dapat berperan serta dalam penyelenggaraan jaminan produk halal dengan bentuk sosialisasi mengenai jaminan produk halal maupun mengawasi produk dan

produk halal yang beredar di mana pengawasan yang dilakukan berupa pengaduan atau pelaporan ke BPJPH.

3. Manfaat untuk peneliti

Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan dan keterampilan dalam pengembangan teknologi instrumentasi yang melibatkan *Machine Learning*. Selain itu juga sistem yang telah dibuat nantinya mampu memberikan keterampilan terutama dalam hal pemrograman dan pengolahan data menggunakan *software* MATLAB yang digunakan selama penelitian.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian yang telah dilakukan membuahkan hasil yang dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Sistem deteksi kandungan daging babi pada produk bakso menggunakan kamera *smartphone* berbasis *Machine Learning* telah berhasil dirancang. Hasil rancangan berupa desain perangkat keras dan diagram alur perangkat lunak.
2. Sistem deteksi kandungan daging babi pada produk bakso menggunakan kamera *smartphone* berbasis *Machine Learning* telah berhasil dibuat dengan hasil berupa perangkat keras dan perangkat lunak sistem deteksi. Perangkat keras sistem deteksi memanfaatkan kamera *smartphone* sebagai sensor optik. Dari sisi perangkat lunak, sistem dikembangkan di lingkungan MatLab yang mendukung pengolahan citra digital secara terstruktur mulai dari akuisisi citra hingga implementasi algoritma *clustering* yaitu *K-Means*, *GMM*, dan *GMM with Gaussian Filtering*.
3. Sistem deteksi kandungan daging babi pada produk bakso menggunakan kamera *smartphone* berbasis *Machine Learning* telah berhasil melewati pengujian untuk penggunaan algoritma *K-means*, *GMM*, *GMM with Gaussian Filtering* dalam mendeteksi dan melakukan *clustering* untuk sampel produk bakso yang mengandung daging halal dan non-halal. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan nilai akurasi sistem deteksi untuk algoritma *K-means* sebesar 80%, *GMM* sebesar 53%, dan *GMM with Gaussian Filtering* sebesar 94%. Adapun nilai presisi yang didapatkan sebesar 100% untuk yang

menggunakan algoritma *K-means*, 71% untuk algoritma *GMM* dan 93% untuk algoritma *GMM with Gaussian Filtering*. Metode *GMM* dengan *Gaussian Filtering* memberikan hasil klasifikasi terbaik dibandingkan metode *K-Means* dan *GMM*.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, terdapat beberapa kekurangan yang masih perlu diperbaiki untuk pengembangan penelitian selanjutnya. Berikut beberapa catatan peneliti berkaitan dengan saran terhadap penelitian yang dapat dilakukan selanjutnya.

1. Perlu dilakukan perbaikan dalam pembuatan sistem, baik dari segi dataset maupun jenis kamera yang digunakan. Penambahan jumlah dataset dan penggunaan kamera dengan resolusi lebih tinggi dapat menghasilkan citra yang lebih jelas, sehingga proses ekstraksi fitur menjadi lebih optimal dan dapat meningkatkan nilai akurasi serta presisi sistem.
2. Metode *Unsupervised Learning* dalam penelitian ini digunakan sebagai pendekatan awal untuk mengklasifikasikan citra halal dan non-halal tanpa memerlukan data berlabel. Namun, hasil klasifikasi tetap menunjukkan potensi yang signifikan. Untuk pengembangan selanjutnya, penerapan metode *Supervised Learning* dapat menjadi alternatif yang menjanjikan karena mampu memanfaatkan data berlabel secara eksplisit, sehingga berpotensi meningkatkan akurasi dan presisi sistem deteksi.
3. Pada penelitian ini, untuk algoritma *Gaussian Mixture Model* (*GMM*) maupun *Gaussian Mixture Model* (*GMM*) with *Gaussian Filtering* telah dijalankan

dengan jumlah iterasi sebanyak 50 dan mampu menghasilkan hasil klasifikasi yang baik.. Untuk peningkatan, disarankan menambah jumlah iterasi menjadi 100–150 agar model lebih optimal, konvergen lebih baik, dan menghasilkan akurasi serta presisi klasifikasi yang lebih tinggi terutama untuk sampel yang mirip.

4. Sistem deteksi kandungan daging babi pada produk bakso menggunakan sensor optik berbasis *Machine Learning* yang dibuat masih dalam tampilan *command-line interface* (CLI) atau skrip prosedural. Oleh karena itu, perlu pengembangan sistem deteksi dengan menambahkan integrasi antarmuka grafis (*Graphical User Interface* atau GUI) agar memudahkan penggunaan sistem deteksi tanpa harus menjalankan skrip secara manual.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditiya, D., & Latifa, U. 2023. Uji Efektivitas Penerapan *Machine Learning Classification* Untuk Survey Kepuasan Pelanggan Maskapai Penerbangan X. *Barometer*, **25(1)**, 9-125.
- Akbar, A., & Mulyana, D. I. 2022. Optimasi Klasifikasi Batik Betawi Menggunakan Data Augmentasi Dengan Metode KNN Dan GLCM. *Jurnal Aplikasi Teknologi Informasi dan Manajemen (JATIM)*, **3(2)**, 92-101.
- Alzubaidi, L dkk. 2021. *Review of deep learning: Concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions*. *Journal of Big Data*, **8(1)**, 53
- Amalia, E., Lamada, M., Kaswar, A. B., & Andayani, D. D. 2023. KLASIFIKASI PENYAKIT ANEMIA BERBASIS CITRA PALPEBRAL KONJUNGTIVA DENGAN ALGORITMA TRANSFER LEARNING. *Jurnal Media Elektrik*, **20(2)**, 1225-134.
- Andriyani, E., Fais, N. L., & Muarifah, S. 2019. Perkembangan penelitian metode deteksi kandungan babi untuk menjamin kehalalan produk pangan olahan. *Journal of Islamic Studies and Humanities*, **4(1)**, 104-126.
- Albert, E. 2013. Sistem Otomatisasi Perekaman Video Dengan Kamera CMOS 12 Led Berbasis Mikrokontroler At259s51 Menggunakan Sensor Pir (Passive Infrared). *Jurnal Fisika Unand*, **2(1)**.
- Alfita, R., Ibadillah, A. F., & Prianto, A. 2022. Identifikasi Nilai Nominal Uang Kertas Berdasarkan Warna Berbasis Image Processing Menggunakan Metode Template Matching. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC*, **9(1)**, 225-32.
- Alim, S., Lestari, P. P., & Rusliyawati, R. 2020. Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Kakao Menggunakan Metode Certainty Factor Pada Kelompok Tani Pt Olam Indonesia (Cocoa) Cabang Lampung. *Jurnal Data Mining Dan Sistem Informasi*, **1(1)**, 26-31.
- Andono, P. N., & Sutojo, T. 2025. *Pengolahan citra digital*. Penerbit Andi.
- Anggreini, N. L. 2019. Teknik clustering dengan algoritma K-Medoids untuk menangani strategi promosi di politeknik TEDC Bandung. *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*, **12(2)**, 1-7.
- Atina, A. 2019. Aplikasi MatLab pada Teknologi Pencitraan Medis. *Jurnal Penelitian Fisika dan Terapannya (JUPITER)*, **1(1)**, 225-34.
- Badan Standarisasi Nasional. 2025. *SNI 01-3932-20025: Mutu Karkas dan Daging Sapi*. Jakarta, Indonesia: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2014. *SNI 01-325125-2014: Bakso daging*. Jakarta, Indonesia: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Pusat Statistik. 2021. *Statistik Indonesia 2021*. Jakarta: BPS

- Badan Standarisasi Nasional. 2017. *SNI 01-17025-2017: Laboratorium Pengujian dan Laboratorium Kalibrasi*. Jakarta, Indonesia: Badan Standarisasi Nasional.
- Bievre, P and Gunzler, H. 1995. *Eurachem Guidance Document. The Fitness for Purpose of Analytical Methods, a Laboratory Guide to Method validation and Related Topics*. London: Laboratory of the Government Chemist.
- Dash, P., Nayak, M., & Prasad Das, G. (201). Principal Component Analysis using Singular Value Decomposition for Image Compression. *International Journal of Computer Applications*, **93(9)**, 21–27.
- Dijaya, R. 2023. *Buku Ajar Pengolahan Citra Digital*. UMSIDA PRESS.
- Eka, R. 2013. *Rahasia Mengetahui Makanan Berbahaya*. Guepedia.
- Fatimah, F., Maulana, I., Dimas, M., Dan, A., & Putramala, A. 2021. Pemrograman Modul Kamera pada Prototipe Mesin Sortir Bungkus Permen Berbasis Image Processing. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro (Vol. 6)*.
- Febrianti, T., & Harahap, E. 2021. Penggunaan aplikasi MatLab dalam pembelajaran program linear. *Matematika: Jurnal Teori dan Terapan Matematika*, **20(1)**, 1-25.
- Firmansyah, A. 2007. Dasar-dasar Pemrograman MatLab. *IlmuKomputer. com*.
- Goldberg, D. E., & Holland, J. H. 1925. Genetic algorithms and *Machine Learning*. **3(2)**: 95-99.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A., & Bengio, Y. (2016). *Deep learning* (Vol. 1, No. 2). Cambridge: MIT press. <http://www.deeplearningbook.org> (diakses pada tanggal 21 April 2025).
- Hasanah, U., & Nasik, K. (2024). Analisis implementasi label halal pada produk Usaha Mikro Kecil-Menengah makanan Mie Setan di Desa Pakong perspektif Undang-Undang No. 33 Tahun 2014. *Hikmah: Jurnal Ilmu Dakwah dan Komunikasi Islam*, **21(1)**, 48–58. <https://e-jurnal.staisumatera-medan.ac.id/index.php/hikmah/article/view/313> (diakses pada tanggal 12 Maret 2025).
- Hidayat, A. 2018. *Hikmah Larangan Konsumsi Darah dalam Perspektif Islam dan Ilmu Kesehatan*. *Jurnal Ilmu Kesehatan dan Kedokteran Islam*, **6(2)**, 123–130
- Huda, N., Ahmad, R., & Babji, A. S. 2010. Functional properties of surimi and surimi-based products: A review. *International Food Research Journal*, **17**, 509–517.

- Ideham, B., & Pusrarwati, S. 2020. *Helmintologi kedokteran*. Airlangga University Press.
- Ilmawan, F., & Ramadhanu, A. 2025. IMPLEMENTASI METODE K-MEANS UNTUK KLASTERISASI VARIETAS PARPIKA DENGAN MENGGUNAKAN TEKNIK PENGOLAHAN CITRA DIGITAL. *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains (Jinteks)*, **7(1)**, 249-254.
- Jainurakhma, J., Koerniawan, D., Supriadi, E., Frisca, S., Perdani, Z. P., Zuliani, Z., ... & Yudianto, A. 2021. *Dasar-Dasar Asuhan Keperawatan Penyakit Dalam dengan Pendekatan Klinis*. Yayasan Kita Menulis.
- Jatmika, S., & Andiko, I. 2014. Simulasi pengaturan lampu lalu lintas berdasarkan data image processing kepadatan kendaraan berbasis mikrokontroler atmega16. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, **25(2)**, 251-96.
- Kadir, Abdul. 2013. *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*. Yogyakarta : Andi
- Kementerian Agama Republik Indonesia. 2019. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an
- Kementerian Luar Negeri Republik Indonesia. 2020. *Profil Negara Indonesia*. <https://kemlu.go.id>
- Khormarudin, A. N. 2016. Teknik data mining: Algoritma K-Means clustering. *J. Ilmu Komput*, 1-12.
- Kompas.com. 2017, 30 Mei. *Polisi Bongkar Praktik Pembuatan Bakso Berbahan Daging Babi di Bogor*. <https://regional.kompas.com/read/2017/05/30/13270631/polisi.bongkar.pra ktik.pembuatan.bakso.berbahan.daging.babi.di.bogor> (diakses pada tanggal 12 Januari 2025).
- Kurniasari, F. N., Harti, L. B., Ariestiningsih, A. D., Wardhani, S. O., & Nugroho, S. 2017. *Buku Ajar Gizi dan Kanker*. Universitas Brawijaya Press
- Lihayati, N., Pawening, R. E., & Furqan, M. 2016). Klasifikasi Jenis Daging Berdasarkan Tekstur Menggunakan Metode Gray Level Coocurent Matrix. *SENTIA* 2016, **25(1)**.
- Liu, e. a. (2023). *Population Density and Image Texture : A Comparison Study, America. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* **Vol.72 No.2**, 1257
- Li, Q., Wu, X., Zheng, J., Wu, B., Jian, H., Sun, C., & Tang, Y. (2022). Determination of pork meat storage time using near-infrared spectroscopy combined with fuzzy clustering algorithms. *Foods*, **11(14)**, 2101.
- Maiyena, S., & Mawarnis, E. R. 2022. Kajian analisis konsumsi daging sapi dan daging babi ditinjau dari kesehatan. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, **6(1)**, 3131-3136.

- Majelis Ulama Indonesia (MUI). 2021. *Pedoman Sertifikasi Halal*. Jakarta: LPPOM MUI.
- Malik, Y. 2023. Akurasi dan Presisi Analisis Kadar Nikel (Ni) pada Sampel Nikel Laterit Menggunakan X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF). *Sains: Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, **12(2)**, 257-94.
- Mekid, S. 2002. 2 Motion Errors. *Introduction to Precision Machine Design and Error Assessment*, 9.
- Muhammad Al-Jabbar, H., Fitriyah, H., & Maulana, R. 2021. *Sistem Klasifikasi Kesegaran Daging Sapi berdasarkan Citra menggunakan Metode Naïve Bayes berbasis Raspberry Pi (Vol. 5, Issue 4)*.
- Morris, A. S., & Langari, R. 2021. *Measurement and Instrumentation: Theory and Application* (3rd ed.). Academic Press
- Naibaho, A. A., Bagus, I., Oka, M., & Swacita, N. 2013. Kualitas Daging Babi Ditinjau Dari Uji Obyektif Dan Pemeriksaan Larva Cacing Trichinella Spp. In *Indonesia Medicus Veterinus (Vol. 2, Issue 1)*.
- Najib, Q. A., Soetedjo, A., & Somawirata, I. K. 2023. Rancang Bangun Alat Identifikasi Jenis Daging Konsumsi Dengan Pengolahan Citra Berbasis Raspberry Pi. *Magnetika: Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro*, **7(2)**, 45-55.
- Nasution, M. R. A., & Hayaty, M. 2019. Perbandingan akurasi dan waktu proses algoritma K-NN dan SVM dalam analisis sentimen twitter. *Jurnal Informatika*, **6(2)**, 226-235.
- Nayak, A., & Dutta, K. 2017. Impacts of *Machine Learning* and artificial intelligence on mankind. In *2017 international conference on intelligent computing and control (I2C2)* (pp. 1-3). IEEE.
- Panggabean, A. S., & Rachman, A. 2016. Validasi Metode X-Ray Fluorescence untuk Analisis Ion Fe dalam activated Methyl Diethanol Amine (aMDEA). *Indonesian Journal of Chemical Research*, **3(2)**, 302-307.
- Perez, L., & Wang, J. 2017. The effectiveness of data augmentation in image classification using deep learning. *Convolutional Neural Networks for Visual Recognition*, **1-8**. arXiv:1712.04621
- Praseptiyana, W. I., Widodo, A. W., & Rahman, M. A. 2019. Pemanfaatan Ciri Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) Untuk Deteksi Melasma Pada Citra Wajah. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, **3(11)**, 10402-10409.
- Probo, R. D., & Irawan, B. 2022. Analisis dan Implementasi Perbandingan Algoritma KNN (K-Nearest Neighbor) dengan SVM (Support Vector Machine) Untuk Prediksi Penawaran Produk. *eProceedings of Engineering*, **3(3)**.
- Qasthari, E. T. 2017. Sensor dan Aktuator: Digital Camera sebagai sensor optikal.

- Potter, M. D. 1993. *Principle of Maet Science 2th. Lowa: Publishing Co.*
- Prasasti, M. I., & Normawati, D. 2023. Sistem Pakar Deteksi Dini Status Stunting Pada Balita Menggunakan Metode Naive Bayes. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, **7(3)**, 1276-12256.
- Pulungan, A. F. 2019. *Dampak Pengawet Nitrit Pada Daging Olahan Sosis Terhadap Kesehatan Manusia*. Deepublish
- Rahardja, U., & Roihan, A. 2017. Design of Business Intelligence in Learning Systems Using iLearning Media. *Universal Journal of Management*, **5(5)**, 227-235.
- Rahayu, E. S., Hermana, S., & Purnomo, H. 2015. Deteksi DNA babi pada produk olahan bakso menggunakan metode PCR. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, **3(3)**, 889–896.
- Rieke Saraswati. 2020. *Mengenal Manfaat Daging Babi untuk Kesehatan dan Pengolahannya yang Benar*
- Riyanto. 2014. *Validasi & Verifikasi Metode Uji (sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi)*. Yogyakarta: Deepublish.
- Roihan, A., Sunarya, P. A., & Rafika, A. S. 2020. Pemanfaatan *Machine Learning* dalam berbagai bidang. *Jurnal Khatulistiwa Informatika*, **5(1)**, 4902545.
- Rosyada, I. A., & Utari, D. T. 2024. Penerapan Principal Component Analysis untuk Reduksi Variabel pada Algoritma K-Means Clustering. *Jambura Journal of Probability and Statistics*, **5(1)**, 6-13.
- Russell, S. J., & Norvig, P. 2016. *Artificial intelligence: a modern approach*. Pearson.
- Putri, K. 2014. *Sistem Kontrol Otomatis Menggunakan Sensor Cahaya Dan Sensor Air Hujan Pada Bangun Rumah Tinggal* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Samosir, R. S. 2014. *Sistem restorasi Citra Dokumen Tua Dengan Tulisan Miring Menggunakan Metode Filtering*. Jakarta Timur: Institut Teknologi dan Bisnis Kalbis.
- Sani, R.A. 2012. *Pengembangan Laboratorium Fisika*. Unimed Press.
- Sarkar, D., Bali, R., & Sharma, T. 2012. *Practical Machine Learning with Python*. Book" *Practical Machine Learning with Python*, 25-30.
- Sheela Mohan, A., Manisekaran, A., & Sutha Kumar, L. 2021. Aerosol classification using *Machine Learning* algorithms.
- Sinaga, A. S., Damayanti, A., & Febriyanti, S. 2025. Analisis Pengurangan Derau Pada Restorasi Citra Ulos. *Jurnal SAINTIKOM (Jurnal Sains Manajemen Informatika dan Komputer)*, **24(1)**, 39-47.

- Sinaga, J., & Sinaga, B. 2020. Data Mining Classification Of Filing Credit Customers Without Collateral With K-Nearest Neighbor Algorithm (Case study: PT. BPR Diori Double). *Journal of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing*, **2(2)**, 204-210.
- Sunarya, A., Santoso, S., & Sentanu, W. 2015. Sistem pakar untuk mendiagnosa gangguan jaringan lan. *CCIT Journal*, **25(2)**, 1-11.
- Supreethi, M. dkk. 2024. Multi-Resolution HSV-LNP Feature Fusion for Efficient Content-Based Image Retrieval. *Innovations in Systems and Software Engineering*.
- Surya, R. A., Fadlil, A., & Yudhana, A. 2017. Ekstraksi ciri metode Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) dan Filter Gabor untuk klasifikasi citra batik pekalongan. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, **2(2)**, 23-26.
- Suwiti, N. K. 2002. Identifikasi daging sapi bali dengan metode histologis. *Majalah Ilmiah Peternakan*, **11(1)**, 164253.
- Swedia, I., & Cahyanti, R. 2010. Ekstraksi Ciri Warna dan Tekstur pada Citra Digital Menggunakan Ruang Warna HSV dan GLCM. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, **2(1)**, 12–20.
- Syarfaini, S., & Aeni, S. 2020. *Konsep Pola Makan Islami*. Jakarta:Kencana.
- Syarif, Y. 2012. Rancangan Power Amplifier Untuk Alat Pengukur Transmission Loss Material Akustik Dengan Metode Impedance Tube. *JOURNAL OF ELECTRICAL AND SYSTEM CONTROL ENGINEERING*, **1(2)**.
- Syauqy, D., & Utaminingrum, F. 2019. *Sistem Deteksi Posisi Objek Acak Berbasis Image Processing Pada Platform MyRIO (Vol. 3, Issue 1)*.
- Talib, C., & Noor, Y. G. 2002. Penyediaan Daging Sapi Nasional dalam Ketahanan Pangan Indonesia. In *Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*.
- Tjahjadi, E. V. (202). Klasifikasi Malware Menggunakan Teknik *Machine Learning*. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer Banthayo Lo Komputer*, **2(1)**, 60-70.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2014 tentang Jaminan Produk Halal
- Wibawa, M. F., Rahman, M. A., & Widodo, A. W. 2021. Penerapan Ruang Warna HSV dan Ekstraksi Fitur Tekstur Local Binary Pattern untuk Tingkat Kematangan Sangrai Biji Kopi. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, **5(7)**, 22519-22525.
- Wibowo, S. 2014. *Pembuatan bakso ikan dan bakso daging*. Penebar Swadaya.

- Widyaninggar, S., Nurjanah, S., & Pratiwi, R. 2015. Identifikasi Jenis Daging pada Bakso Menggunakan Metode PCR. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia*, **2(1)**, 20–25.
- Xu, R., & Wunsch, D. 2005. Survey of clustering algorithms. *IEEE Transactions on neural networks*, **16(3)**, 645-678.
- Yunus, A. 2020. Halal dan Non-halal dalam Perspektif Islam. *Jurnal Ilmiah Al-Hadi* **2(1)**, 30–38.
- Yusuf, M. N. Y. M., Ramadhani, I. P., & Kaswar, A. B. 2021. Identifikasi Kualitas Telur Ayam Berbasis Pengolahan Citra Digital dan Jaringan Syaraf Tiruan. *Journal of Embedded Systems, Security and Intelligent Systems*, 33-40.
- Yolanda, D., Hersyah, M. H., & Marozi, E. 2021. Implementasi metode unsupervised learning pada sistem keamanan dengan optimalisasi penyimpanan kamera ip. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, **5(6)**, 1099-1105.
- Yuristiawan, D. 2011. Deteksi Kualitas Daging Sapi Berbasis Android Dengan Ekstraksi Fitur Warna dan Kalsifikasi KNN. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*. 45-60.
- Zhafar, M. N., Usman, K., & Akhyar, F. 2023. Penerapan Metode Clustering Dengan Algoritma K-Means Untuk Analisa Persebaran Varian Covid-19 (Studi Kasus Kelurahan Antapani Kidul). *eProceedings of Engineering*, 10(5).