

**RANCANG BANGUN *FLUORESCENCE IMAGING*
SYSTEM BERBASIS *HIGH POWER UV-LED*
UNTUK MENDUKUNG ANALISIS
LEMAK BABI DAN SAPI**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Fisika



Disusun oleh :
Rochan Rifai
14620034

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2019



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-623/Un.02/DST/PP.00.9/02/2019

Tugas Akhir dengan judul : Rancang Bangun Fluorescence Imaging System Berbasis High Power UV-LED untuk Mendukung Analisis Lemak Babi dan Sapi.

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ROCHAN RIFAI
Nomor Induk Mahasiswa : 14620034
Telah diujikan pada : Senin, 18 Februari 2019
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.
NIP. 19780510 200501 1 003

Penguji I

Khamidinal, S.Si., M.Si
NIP. 19691104 200003 1 002

Penguji II

Drs. Nur Untoro, M.Si.
NIP. 19661126 199603 1 001

Yogyakarta, 18 Februari 2019

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi

DEK A N



Dr. Murtoto, M.Si.

NIP. 19691212 200003 1 001



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 : ROCHAN RIFAI
NIM : 14620034
Judul Skripsi : RANCANG BANGUNG FLUORESCENCE IMAGING BERBASIS HIGH POWER UV-LED
UNTUK MENDUKUNG ANALISIS LEMAK BABI DAN SAPI

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

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

Yogyakarta, 11 Februari 2019

Pembimbing I

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

Pembimbing II

Khamidinal, S.i., M.Si
NIP. 19691104 200003 1 002

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Yogyakarta, 7 Februari 2019



Rochan Rifai

NIM : 14620034

MOTTO DAN PERSEMBAHAN



ကျေးဇူးတင်စွာ

|| ရှိတို့၏ နှစ် နှစ်လျှောက်

အောင်မြင်မှုကို လက်ခံရပါမည် ။

အောင်မြင်မှုကို အောင်မြင်စွာ ။



Skripsi ini penulis persembahkan untuk :

Kedua orang tua saya, Bapak Sarjo dan Ibu Jariyah dan seluruh keluarga

Bapak Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil 'alamin, segala puji syukur kami haturkan ke hadirat Allah SWT., yang telah memberikan *rahmat, nikmat, hidayah* serta *inayah-Nya* sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul RANCANG BANGUN *FLUORESCENCE IMAGING SYSTEM* BERBASIS *HIGH POWER UV-LED* UNTUK MENDUKUNG ANALISIS LEMAK BABI DAN SAPI dengan baik dan lancar. Tidak lupa *shalawat* serta salam semoga tetap tercurah kepada beliau, Rasulullah Muhammad SAW., semoga kita mendapatkan *syafaatnya* di *yaum alqiyamah* kelak. *Amiin*.

Penyusunan skripsi ini merupakan suatu bentuk kewajiban bagi penulis untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan serta untuk mendapatkan gelar sarjana. Diharapkan 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. Prof. Drs. Yudian Wahyudi, M.A., Ph.D., selaku rektor UIN Sunan Kalijaga
2. Dr. Murtono, M.Si., selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga
3. Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, M.Si., selaku ketua Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga

4. Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc., selaku dosen pembimbing I dalam penulisan skripsi ini, terimakasih banyak atas kesabaran dan waktu yang diberikan dalam memberikan bimbingan, nasehat, serta motifasi yang tidak henti-hentinya.
5. Bapak Khamidinal, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing II. Terimakasih atas waktu dan masukan yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
6. Seluruh dosen Fisika UIN Sunan Kalijaga, yang telah memberikan bimbingan serta ilmunya
7. Kedua orang tua penulis, Bapak Sarjo dan Ibu Jariyah, beserta keluarga yang selalu memberikan semangat, motivasi dan doa-doanya.
8. Teman-teman fisika 2014 dan seluruh anggota SC Instrumentasi.
9. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang telah membantu penulis dalam serangkaian proses penulisan skripsi.

Selain ucapan terima kasih, penulis juga memohon maaf apabila dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan baik dari sistematika penyusunan, isi, hingga proses yang telah laporkan ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, baik bagi penulis pribadi maupun bagi para pembaca.

Yogyakarta, 7 Februari 2019

Rochan Rifai
14620034

**RANCANG BANGUN *FLUORESCENCE IMAGING SYSTEM* BERBASIS
HIGH POWER UV-LED UNTUK Mendukung ANALISIS
LEMAK BABI DAN SAPI**

Rochan Rifai
14620034

INTISARI

Autentifikasi kehalalan pangan merupakan hal yang penting bagi umat muslim di seluruh dunia. Untuk mendukung autentifikasi kehalalan pangan, metode yang lebih efektif dan efisien perlu dikembangkan dalam menjamin kehalalan pangan. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode *fluorescence imaging*. Penelitian ini bertujuan untuk membuat *fluorescence imaging system* berbasis *high power UV-LED* untuk mendukung analisis lemak babi dan sapi. Sistem ini menggunakan *high power UV-LED* sebagai sumber eksitasi yang memancarkan sinar UV 365 nm, *webcam* M-Tech WB100 untuk akuisisi citra, dan *software* yang dibuat dengan NI VISION LabVIEW sebagai *software* analisis citra. Dari pengujian yang telah dilakukan, fluoresensi muncul pada kedua jenis lemak dan menunjukkan perbedaan fluoresensi baik dari citra, spektrum warna atau histogram warna rata-rata. Secara visual, citra lemak babi nampak berwarna kebiruan sedangkan citra lemak sapi berwarna *cyan*. Adapun dari spektrum warna, lemak babi memiliki puncak spektrum pada bins ke-35 sedangkan lemak sapi berada pada bins ke-32. Dari analisis histogram warna rata-rata, citra lemak babi memiliki intensitas fluoresensi yang lebih tinggi dibanding lemak sapi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa *fluorescence imaging system* yang dibuat dapat digunakan untuk mendukung analisis lemak babi dan sapi.

Kata kunci : *Fluorescence, Fluorescence imaging system, Lemak babi dan sapi, High Power UV-LED*

**DESIGN OF FLUORESCENCE IMAGING SYSTEM BASED ON
HIGH POWER UV-LED TO SUPPORT ANALYTICAL
LARD AND TALLOW**

**Rochan Rifai
14620034**

ABSTRACT

Halal food authentication is important issue to moslem people in the world. To support halal authenticity, method that more effective and efficient need to develop for halal authentication process. One of methods can be used is florescence imaging. The purpose of this study is to make fluorescence imaging system based on high power UV-LED to support analytical of lard and tallow. This system used high power UV-LED as an excitation source that emit 365 nm UV light, webcam M-Tech WB100 as image acquisition, and software made by NI VISION LabVIEW as an analytical image software. From this experiment, the fluorescences appear both on lard and tallow with different characteristic image, color spectrum, and mean of color histogram. Visually, fluorescence image of lard appears as blue color, and fluorescence image of tallow appears as cyan color. From color spectrum, the lard had spectrum peak at-35 of bins and the tallow had spectrum peak at-32 of bins. Mean of color histogram showed that the lard had fluorescence intensity higher than the tallow at each color component. This result showed that fluorescence imaging system has been made can support analytical of lard and tallow.

Keywords : Fluorescence, Fluorescence imaging system, Lard and tallow, High Power UV-LED

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
INTISARI.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Batasan Penelitian.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	5
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	48
A. Hasil Penelitian.....	48
1. Pembuatan <i>fluorescence imaging system</i>	48
2. Pengujian <i>fluorescence imaging system</i>	50
B. Pembahasan.....	57
1. Pembuatan <i>fluorescence imaging system</i>	57
2. Pengujian <i>fluorescence imaging system</i>	60
3. Integrasi-Interkoneksi.....	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	68
A. Kesimpulan.....	68
B. Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA.....	70

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Tabel nilai histogram warna rata-rata sampel lemak babi	53
Tabel 4.2 Tabel nilai histogram warna rata-rata sampel lemak sapi.....	55
Tabel 4.3 Tabel nilai rata-rata histogram citra fluoresensi	57



DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 <i>Fluorescence imaging system</i>	48
Gambar 4.2 Sistem perekam citra.....	49
Gambar 4.3 Sumber eksitasi.....	49
Gambar 4.4 <i>Software fluorescence imaging system</i>	50
Gambar 4.5 Citra lemak babi (a) tanpa paparan UV (b) dengan paparan UV	51
Gambar 4.6 Spektrum warna lemak babi tanpa paparan UV.....	52
Gambar 4.7 Spektrum warna lemak babi dengan paparan UV.....	52
Gambar 4.8 Citra lemak sapi (a) tanpa paparan UV (b) dengan paparan UV.....	53
Gambar 4.9 Spektrum warna lemak sapi tanpa paparan UV.....	54
Gambar 4.10 Spektrum warna lemak sapi dengan paparan UV	54
Gambar 4.11 Citra fluoresensi lemak (a) lemak babi (b) lemak sapi	56
Gambar 4.12 Spektrum warna fluoresensi antara lemak babi dan sapi	56



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Masalah kehalalan pangan menjadi sesuatu yang sangat penting bagi umat muslim di seluruh dunia terlebih di Indonesia sendiri yang mayoritas beragama Islam. Dalam Islam mengkonsumsi olahan babi sangat jelas diharamkan seperti firman Allah SWT dalam surat Al-Baqarah ayat 173 yang berbunyi :

إِنَّمَا حَرَّمَ عَلَيْكُمُ الْمَيْتَةَ وَالدَّمَ وَلَحْمَ الْخِنْزِيرِ وَمَا أُهْلَ بِهِ لِغَيْرِ اللَّهِ فَمَنْ اضْطُرَّ
غَيْرِ بَاغٍ وَلَا عَادٍ فَلَا إِثْمَ عَلَيْهِ إِنَّ اللَّهَ غَفُورٌ رَحِيمٌ ١٧٣

Artinya : “*Sesungguhnya Allah hanya mengharamkan bagimu bangkai, darah, daging babi dan binatang yang (ketika disembelih) disebut (nama) selain Allah. Tetapi barangsiapa dalam keadaan terpaksa (memakannya) sedang dia tidak menginginkannya dan tidak (pula) melampaui batas, maka tidak ada dosa baginya. Sesungguhnya Allah Maha Pengampun lagi Maha Penyayang (Shihab, 2001, p. 385)*

Menurut (Shihab, 2001, p. 385) yang diharamkan dari babi tidak hanya dagingnya saja melainkan seluruh komponen pada babi seperti lemak ataupun tulangnya. Adapun setiap daging mengandung lemak dengan persentase kandungan yang berbeda-beda untuk setiap jenis daging.

Pada beberapa negara terutama Indonesia lemak babi merupakan salah satu bahan makanan paling murah. Lemak babi juga merupakan bahan pangan yang aplikatif baik sebagai lemak maupun sumber minyak. Penggunaan lemak

babi dalam olahan pangan dapat meningkatkan citarasa dan aroma dari produk makanan. Oleh karena itu banyak kalangan yang melakukan kecurangan dengan menambahkan lemak babi dalam bahan makanan untuk menghemat biaya produksi (Rohman et al., 2012, p. 475).

Adanya kecurangan tersebut membuat autentifikasi kehalalan pangan menjadi sangat penting. Melalui analisis yang baik terhadap lemak babi, kehalalan suatu produk makanan dapat lebih terjamin sehingga konsumen terutama umat muslim tidak lagi dirugikan. Autentifikasi kehalalan pangan yang bagus juga dapat meningkatkan nilai ekonomis dari suatu produk makanan terkait dengan kepercayaan konsumen terhadap produk tersebut.

Terdapat beberapa metode analisis lemak babi yang telah dikembangkan diantaranya adalah metode kromatografi dan *electronic nose*. Metode kromatografi telah dikembangkan oleh (Aparicio & Aparicio-Ruiz, 2000). Analisis menggunakan metode tersebut memberikan hasil yang cukup valid dan presisi. Akan tetapi, analisis lemak babi menggunakan metode kromatografi memakan waktu lama terutama pada persiapan sampel. Selain itu, metode ini hanya bisa dilakukan oleh orang yang benar-benar terlatih dan ahli di bidangnya (Nurjuliana et al., 2011, p. 75).

Metode *electronic nose* menjadi metode yang cukup populer dikarenakan ramah lingkungan serta penggunaannya yang tidak merusak sampel. Pada industri makanan *electronic nose* telah banyak digunakan untuk analisis minyak terutama dalam menentukan kadar lemak dan minyak pada suatu produk. Metode *electronic nose* telah berhasil diaplikasikan oleh (Nurjuliana

et al., 2011) dalam identifikasi lemak babi, lemak sapi, lemak ayam dan lemak domba. Akan tetapi metode ini memiliki kelemahan yakni preparasi sampel yang cukup rumit yang hanya bisa dilakukan oleh orang yang ahli dibidangnya.

Berdasarkan kelemahan-kelemahan metode analisis lemak babi diatas, perlu dikembangkan metode alternatif. Salah satu metode yang bisa digunakan adalah metode *fluorescence imaging* berbasis *high power light emitting diode* (LED). Metode ini telah digunakan oleh (Sa'adah et al., 2017) untuk membedakan minyak nabati. Efek fluoresensi dapat muncul pada minyak kelapa sawit, minyak kayu putih dan minyak zaitun setelah terpapar sinar ultraviolet. Efek fluoresensi yang muncul berupa emisi cahaya dengan panjang gelombang yang lebih besar dari panjang gelombang pengekstiasi.

Keberhasilan metode *fluorescence imaging* berbasis *high power LED* dalam membangkitkan efek fluoresensi pada sampel minyak nabati, membuka peluang dikembangkannya *fluorescence i*

maging system untuk sampel minyak hewani ataupun lemak hewani yang merupakan bentuk padat dari minyak hewani. Hal ini dikarenakan setiap jenis minyak mempunyai karakteristik fluoresensi yang berbeda-beda sesuai dengan komposisi kimia penyusunnya. Karakteristik tersebut meliputi jangkauan spektrum fluoresensi, intensitas, dan bentuk spektrum emisi (Stelmaszewski, 2004, p. 406).

Salah satu jenis *high power LED* yang dapat digunakan pada sampel lemak hewani adalah *high power UV-LED 365 nm*. Hal ini didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh (Lee et al., 2018) bahwa LED ultraviolet 365

nm dapat membangkitkan fluoresensi dengan baik pada sampel daging babi. Dari hal tersebut tidak menutup kemungkinan bahwa LED ultraviolet 365 nm dapat diaplikasikan pada lemak babi dan sapi mengingat setiap daging mengandung lemak. Adapun aplikasinya berupa *fluorescence imaging system* berbasis *high power UV-LED*. Kelebihan sistem ini yaitu murah dan ramah lingkungan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka permasalahan yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana rancang bangun *fluorescence imaging system* berbasis *High Power UV-LED* dapat mengevaluasi lemak babi dan sapi?
2. Bagaimana kinerja *fluorescence imaging system* dalam mengevaluasi lemak babi dan sapi?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Membuat *fluorescence imaging system* berbasis *High Power UV-LED* untuk mendukung analisis lemak babi dan lemak sapi;
2. Menguji *fluorescence imaging system* berbasis *High Power UV-LED* yang telah dibuat untuk mendukung analisis lemak babi dan lemak sapi;

D. Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi hanya pada hal-hal sebagai berikut :

1. Panjang gelombang UV-LED yang digunakan yaitu 365nm;
2. Sebagai perekam citra fluoresensi digunakan webcam M-Tech WB-100;
3. Analisis citra fluoresensi dilakukan dengan *software* yang dibuat menggunakan NI Vision LabVIEW 2014;
4. Karakterisasi citra fluoresensi berupa nilai riptabilitas nilai histogram warna rata-rata;

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan diperoleh dari penelitian ini antara lain :

1. Memberikan informasi ilmiah terkait dengan pengembangan sistem *fluoresece imaging* yang relatif murah dan akurat untuk membangkitkan fluoresensi lemak babi dan sapi.
2. Memberikan metode alternatif dalam upaya menjamin kehalalan suatu makanan berdasarkan fenomena fluoresensi pada lemak babi dan sapi.

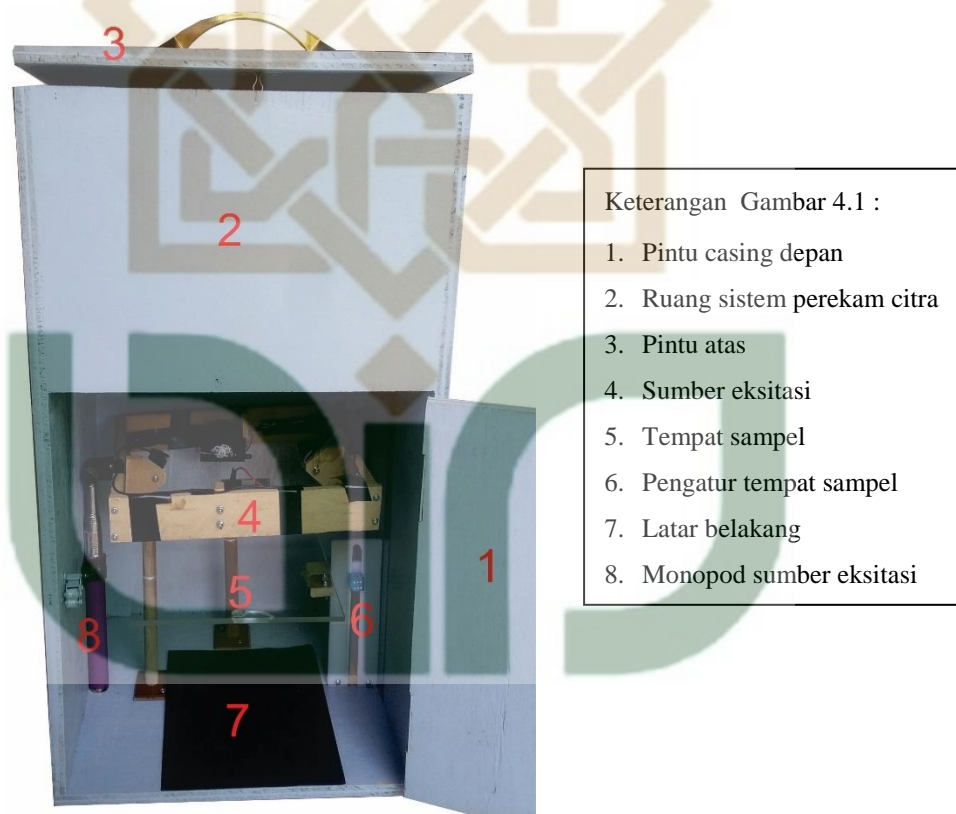
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Pembuatan *fluorescence imaging system*

Fluorescence imaing system yang telah dibuat secara umum terdiri dari case, sistem perekam citra dan sumber eksitasi. Adapun casing dan komponen *fluorescence imaing system* secara keseluruhan ditunjukkan oleh Gambar 4.1 berikut:



Gambar 4.1 *fluorescence imaging system*

Secara lebih jelas bagian sistem perekam citra yang dibuat ditunjukkan oleh Gambar 4.2.

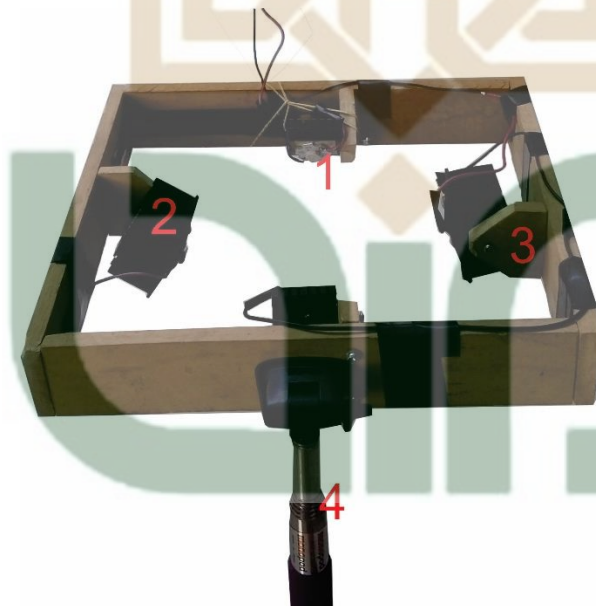


Keterangan Gambar 4.2 :

1. Webcam
2. Penyangga webcam
3. Sistem optis
4. Power supply *High Power UV-LED*

Gambar 4.2 Sistem perekam citra

Secara khusus bagian sumber eksitasi yang telah dibuat tampak pada Gambar 4.3 berikut :

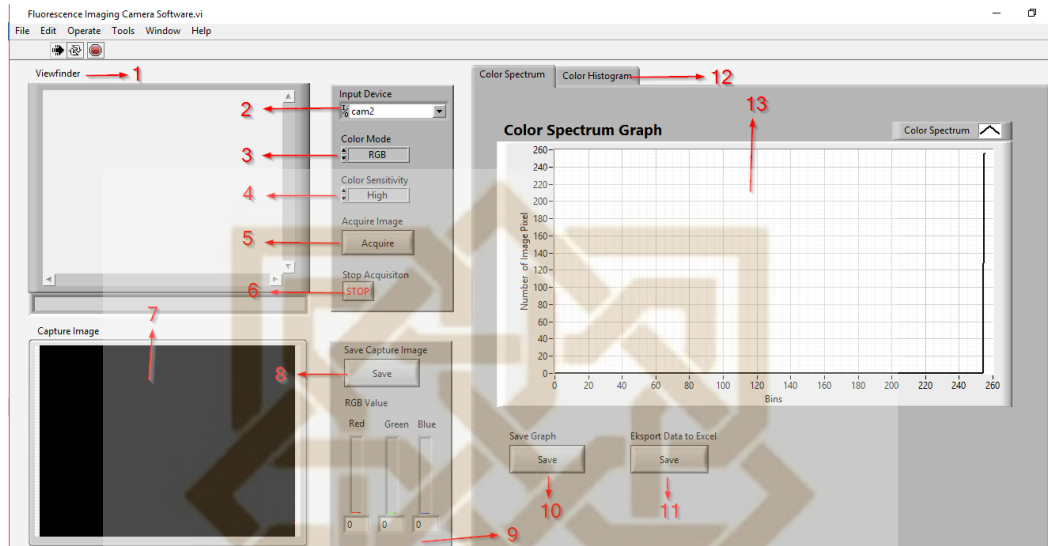


Keterangan Gambar 4.3 :

1. *High Power UV-LED*
2. Headsink LED
3. Bracket sumber eksitasi
4. Monopod

Gambar 4.3 Sumber eksitasi

Adapun *software fluorescence imaging system* yang dibuat tampak pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 *Software fluorescence imaging system*

Keterangan Gambar 4.4 :

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1. <i>Viewfinder</i> | 8. Tombol simpan citra |
| 2. <i>Webcam</i> aktif | 9. Histogram rata-rata |
| 3. Mode warna | 10. Tombol simpan grafik spektrum warna |
| 4. Pengatur sensitifitas warna | 11. Tombol eksport grafik ke Excel |
| 5. Tombol akuisisi citra | 12. Tab histogram warna |
| 6. Tombol stop akuisisi | 13. Spektrum warna |
| 7. Penampil citra | |

2. Pengujian *fluorescence imaging system*

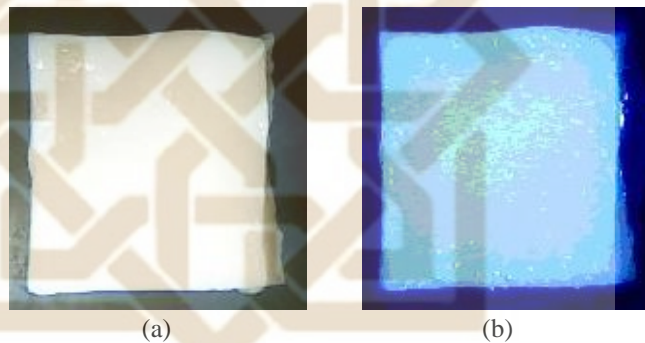
Berdasarkan pengujian terhadap sampel lemak babi dan sapi, didapatkan data sebagai berikut :

a) Pengujian sampel lemak babi

Pada pengujian sampel lemak babi diperoleh data berupa citra dan karakteristiknya. Adapun data-data tersebut adalah sebagai berikut :

(1) Citra lemak babi tanpa paparan UV dan dengan paparan UV

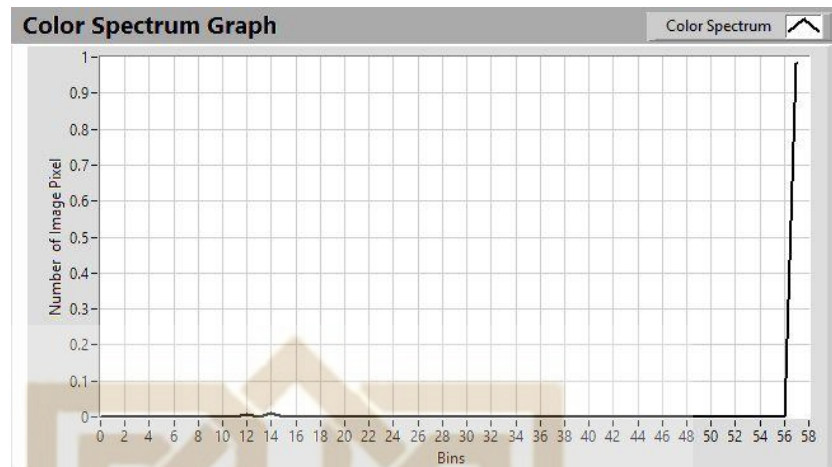
Citra hasil pengujian pada sampel lemak babi tanpa paparan UV dan dengan paparan UV seperti ditunjukkan pada Gambar 4.5 (a) dan Gambar 4.5 (b). Dari kedua citra tersebut, nampak jelas fluoresensi lemak babi terbangkitkan ketika sampel terpapar oleh sinar UV. Sampel lemak babi yang tidak terpapar sinar UV berwarna putih sedangkan sampel lemak babi yang terpapar sinar UV muncul fluoresensi berupa pendaran cahaya biru.



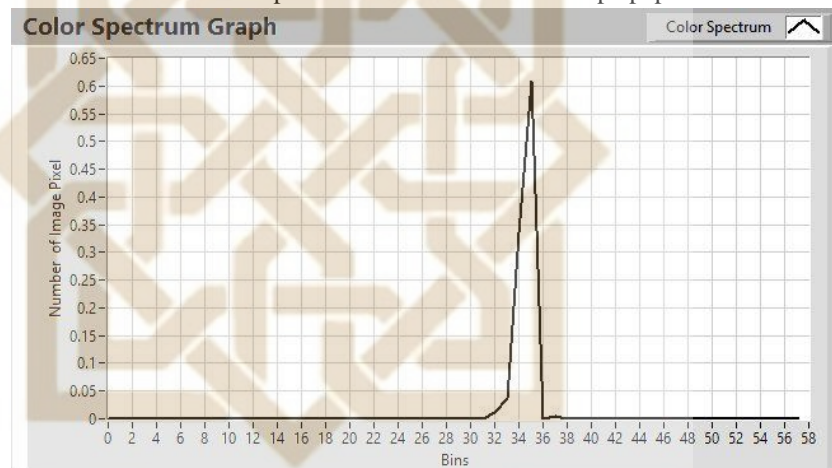
Gambar 4.5 Citra lemak babi (a) tanpa paparan UV (b) dengan paparan UV

(2) Spektrum warna lemak babi tanpa paparan UV dan dengan paparan UV

Spektrum warna dari citra lemak babi tanpa paparan UV dan dengan paparan UV disajikan oleh grafik pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7. Pada Gambar 4.6 (a), sampel lemak babi yang tidak terpapar sinar UV memiliki puncak spektrum yang berada pada bins ke 57 dimana nilai tersebut merepresentasikan warna putih. Adapun pada Gambar 4.7, puncak spektrum pada sampel yang terpapar sinar UV berada pada nilai bins ke-35 dimana nilai tersebut merepresentasikan warna biru.



Gambar 4. 6 Spektrum warna lemak babi tanpa paparan UV



Gambar 4. 7 Spektrum warna lemak babi dengan paparan UV

(3) Nilai histogram warna rata-rata citra lemak babi

Nilai histogram rata-rata warna pada citra lemak babi tanpa paparan sinar UV dan dengan paparan sinar UV disajikan dalam Tabel 4.1. Dari data tersebut terlihat bahwa citra lemak babi tanpa paparan UV memiliki intensitas yang cukup tinggi terlihat dari setiap rata-rata nilai histogram warnanya. Adapun pada citra dengan paparan UV intensitas lebih dominan berada pada warna biru.

Tabel 4.1 Tabel nilai histogram warna rata-rata sampel lemak babi

No	Nama Sampel	Nilai Histogram Warna		
		<i>Red</i>	<i>Green</i>	<i>Blue</i>
1	Citra tanpa paparan UV	65,65	70,46	71,23
2	Citra dengan paparan UV	26,99	45,86	88,53

Hasil perhitungan dari data nilai histogram warna rata-rata fluoresensi citra sampel lemak babi (Lampiran 1) diperoleh nilai riptabilitas untuk masing-masing komponen warna RGB berturut-turut sebesar 98,00%, 98,05%, dan 97,88%.

b) Pengujian sampel lemak sapi

Pengujian sampel lemak sapi menghasilkan data citra dan karakteristiknya. Adapun data-data tersebut adalah sebagai berikut :

(1) Citra lemak sapi tanpa paparan UV dan dengan paparan UV

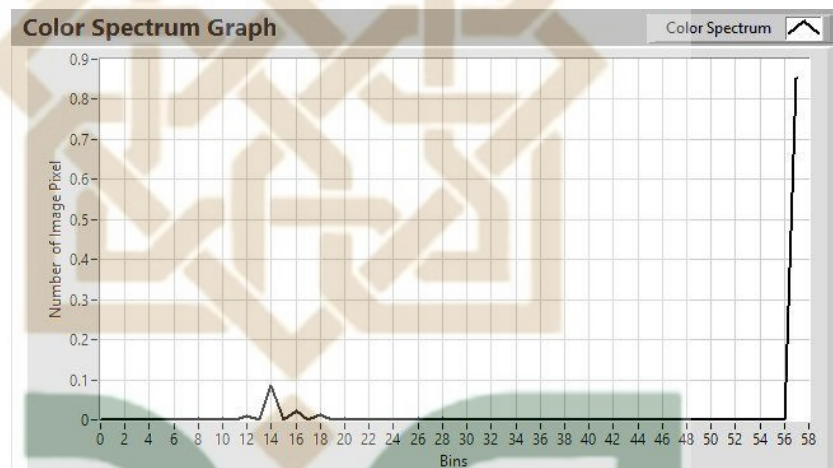
Citra hasil pengujian pada sampel lemak sapi tanpa paparan UV dan dengan paparan UV ditunjukkan oleh Gambar 4.8 (a) dan Gambar 4.7 (b). Dari kedua citra tersebut terlihat bahwa efek fluoresensi muncul pada lemak sapi setelah disinari dengan sinar UV dengan munculnya warna *cyan*.



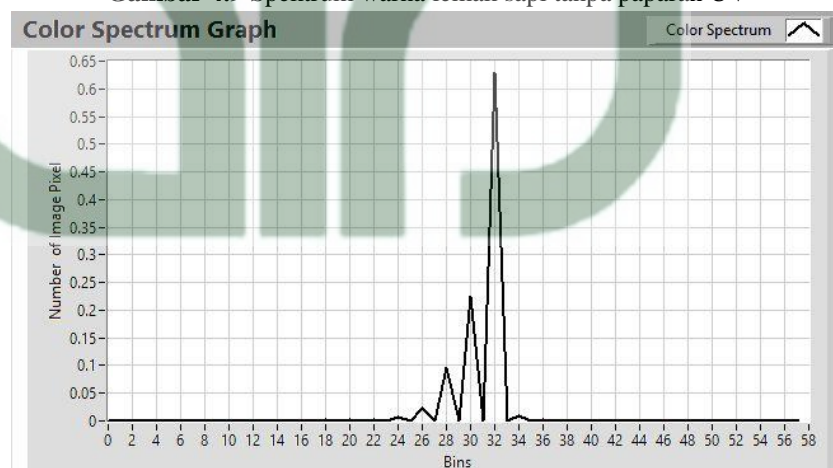
Gambar 4. 8 Citra lemak sapi (a) tanpa paparan UV (b) dengan paparan UV

(2) Spektrum warna lemak sapi tanpa paparan UV dan dengan paparan UV

Spektrum warna dari citra lemak sapi tanpa paparan UV dan dengan paparan UV disajikan oleh grafik pada Gambar 4.8 (a) dan (b). Pada grafik spektrum tanpa paparan sinar UV terlihat bahwa puncak spektrum berada pada bins ke-57 yang merepresentasikan warna putih, sedangkan pada grafik spektrum dengan paparan UV terlihat puncak spektrum berada pada bins ke-32.



Gambar 4.9 Spektrum warna lemak sapi tanpa paparan UV



Gambar 4.10 Spektrum warna lemak sapi dengan paparan UV

(3) Nilai histogram warna rata-rata citra lemak sapi

Nilai histogram warna rata-rata pada citra lemak sapi tanpa paparan sinar UV dan dengan paparan sinar UV disajikan pada Tabel 4.2. Dari data histogram tersebut terlihat perbedaan intensitas dari warna merah dan biru. Pada citra tanpa paparan UV intensitas warna merah lebih tinggi dibandingkan citra dengan paparan UV, sedangkan untuk warna biru intensitas lebih tinggi pada citra dengan paparan UV.

Tabel 4.2 Tabel nilai histogram warna rata-rata sampel lemak sapi

No	Nama Sampel	Nilai Histogram Warna		
		<i>Red</i>	<i>Green</i>	<i>Blue</i>
1	Citra tanpa paparan UV	44,52	49,99	51,37
2	Citra dengan paparan UV	41,20	50,46	66,11

Berdasarkan hasil perhitungan nilai ripitabilitas pada nilai histogram warna rata-rata untuk lemak sapi (Lampiran 2), diperoleh persentase ripitabilitas untuk setiap komponen warna RGB berturut-turut sebesar 99,35%, 99,51%, dan 98,76%.

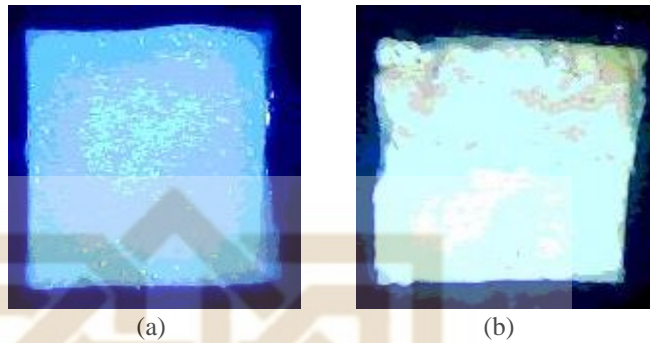
c) Perbandingan hasil pengujian sampel lemak babi dan lemak sapi

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat dilihat perbandingan pada setiap hasil pengujian sampel lemak babi dan sapi sebagai berikut :

(1) Citra fluoresensi lemak babi dan lemak sapi

Perbandingan citra fluoresensi antara sampel lemak babi dan sapi ditunjukkan oleh Gambar 4.9 (a) dan Gambar 4.9 (b). Secara visual, terlihat jelas perbedaan warna yang muncul dari kedua sampel,

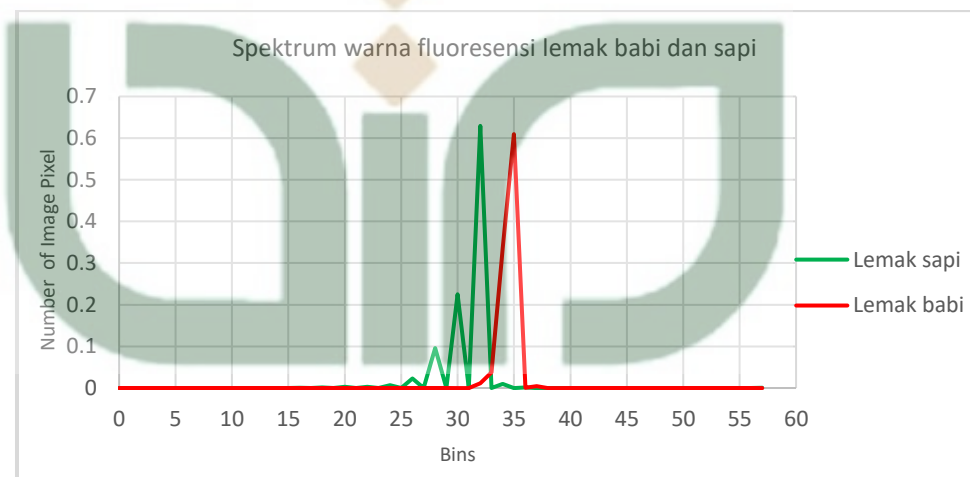
dimana citra lemak babi berwarna biru, sedangkan citra lemak sapi berwarna cyan.



Gambar 4.11 Citra fluoresensi lemak (a) lemak babi (b) lemak sapi

(2) Spektrum warna citra fluoresensi lemak babi dan sapi

Spektrum warna citra fluoresensi antara lemak babi dan sapi terlihat jelas berbeda seperti ditunjukkan pada Gambar 4.10. Dari grafik spektrum tersebut, citra lemak babi memiliki puncak spektrum pada nilai bins ke-35, sedangkan citra lemak sapi, puncak spektrum warna berada pada bins ke-32.



Gambar 4.12 Spektrum warna fluoresensi antara lemak babi dan sapi

(3) Nilai histogram warna rata-rata citra lemak babi dan sapi

Perbandingan nilai histogram warna rata-rata antara citra lemak babi dan sapi ditunjukkan pada Tabel 4.3. Perbedaan kedua citra terlihat dari distribusi warna biru citra yang lebih dominan pada citra lemak babi dengan nilai intensitas yang cukup tinggi. Adapun pada citra lemak sapi distribusi frekuensi intensitasnya dominan pada warna biru dan hijau. Selain itu, distribusi nilai intensitas warna merah pada citra lemak babi lebih rendah dibanding pada citra lemak sapi.

Tabel 4.3 Tabel nilai rata-rata histogram citra fluoresensi

No	Nama Sampel	Nilai Histogram Warna		
		<i>Red</i>	<i>Green</i>	<i>Blue</i>
1	Lemak babi	26,99	45,86	88,53
2	Lemak sapi	40,55	49,99	65,25

B. Pembahasan

1. Pembuatan *fluorescence imaging system*

Fluorescence imaging system yang telah dibuat tampak seperti pada Gambar 4.1. Sebagai wadah atau *casing* digunakan multiplex 3 mm dengan ukuran $30\text{ cm} \times 30\text{ cm} \times 55\text{ cm}$. Casing ini berfungsi untuk mengisolasi proses pengambilan citra dari pengaruh cahaya luar yang dapat mempengaruhi hasil pengambilan data. Pada bagian atas casing terdapat sistem perekam citra yang terdiri dari *webcam*, lensa, dan filter UV. *Webcam* disini berfungsi untuk merekam citra sedangkan lensa berfungsi untuk mengatur perbesaran bayangan. Adapun filter UV berfungsi untuk

memblokir sinar UV yang akan memasuki *webcam* sehingga akan diperoleh citra yang bagus.

Sebagai sumber eksitasi digunakan *High Power UV-LED* 3 watt dengan panjang gelombang 365 nm. Penggunaan panjang gelombang ini didasarkan pada penelitian Lee et al. (2018) yang menggunakan LED 365 nm dan mampu membangkitkan fenomena fluoresensi pada daging babi. *High Power UV-LED* yang digunakan berjumlah empat buah yang diposisikan pada empat sisi ruang agar cahaya yang didistribusikan dapat lebih merata. *High Power UV-LED* diletakan pada *hetsink* untuk mengurangi panas dan dipasang pada braket. Adapun braket tersebut dilengkapi dengan penyangga yang dapat disesuaikan ketinggiannya terhadap sampel sehingga intensitas cahaya yang mengenai sampel dapat disesuaikan. Berdasarkan *datasheet*, *High Power UV-LED* dengan panjang gelombang 365 nm bekerja pada rentang tegangan 3,2 – 3,8 V. *Fluorescence imaging system* yang dibuat juga dilengkapi LED polikromatis sebagai pembanding untuk mengetahui terbangkitkannya fenomena fluoresensi.

High Power UV-LED 365 nm dijalankan oleh *driver LED* QH-10W-NF. Arus keluaran dari *driver LED* ini berada pada rentang 600-650 mA dengan tegangan kerja antara 9V-14V. *Driver LED* tersebut dilengkapi dengan transformator *switching* sehingga input dapat langsung dihubungkan dengan tegangan AC 220V. *Driver LED* tersebut dapat menjalankan empat buah LED 3 watt yang dirangkai secara seri.

Pada sisi bawah terdapat tempat sampel yang terbuat dari akrilik. Tempat sampel tersebut dapat disesuaikan secara vertikal sehingga dapat membantu dalam menyesuaikan faktor *cropping* citra. Pada bagian bawah tempat sampel dipasang kertas hitam sebagai *background* pengambilan citra. Pemberian *background* ini, secara visual dapat memperjelas citra yang terekam.

Fluorescence imaging system memiliki *software* yang berfungsi untuk pengambilan citra pengujian serta melakukan analisis karakteristik citra meliputi spektrum warna dan histogram warna. *software* tersebut dibuat menggunakan NI VISION LabVIEW 2014. Adapun untuk tampilan *software* yang telah dibuat ditunjukkan oleh Gambar 4.4. *software* tersebut dilengkapi dengan beberapa pengaturan seperti pemilihan *webcam*, pengaturan ruang warna yang digunakan, sensitivitas warna, serta beberapa tombol untuk menyimpan hasil akuisisi data. Pengaturan ruang warna digunakan untuk menentukan ruang warna yang akan digunakan untuk menganalisis citra dalam hal ini digunakan ruang warna RGB. Pengaturan sensitivitas warna digunakan untuk mengatur sensitivitas warna pada spektrum warna dalam hal ini untuk menentukan banyaknya pembagian elemen warna citra.

Fluorescence imaging system memanfaatkan sinar UV untuk memunculkan fluoresensi pada sampel lemak babi dan sapi. Sistem ini memiliki *software* untuk akuisisi citra serta menganalisis karakteristiknya dan terhubung dengan *hardware* melalui sambungan USB. Ketika *driver LED*

dihubungkan pada jaringan listrik, empat buah *High Power UV-LED* akan menyala dengan memancarkan sinar UV dengan puncak spektrum berada pada panjang gelombang 365 nm. Sinar UV yang dipancarkan akan berinteraksi dengan elektron pada sampel lemak. Interaksi tersebut menyebabkan elektron tereksitasi yang diikuti dengan pancaran energi yang lebih rendah dalam bentuk cahaya dengan panjang gelombang yang lebih tinggi dari sinar pengeksitasi (Luker & Luker, 2007, p. 2). Cahaya fluoresensi yang dipancarkan oleh lemak tersebut terekam oleh *webcam* melalui *fluorescence imaging software* yang kemudian diamati karakteristik spektrum warna maupun histogram warnanya. Untuk menghasilkan citra yang sesuai ditambahkan lensa dan juga filter UV. Lensa berfungsi menyesuaikan perbesaran bayangan serta fokus citra dan filter UV memblokir sinar UV sehingga hasil citranya akan lebih bagus. Selain itu, *fluorescence imaging system* juga dilengkapi sumber cahaya polikromatis atau LED putih yang digunakan untuk pengambilan citra pembanding terhadap citra lemak yang terpapar sinar UV. Dengan begitu dapat diamati apakah fluoresensi muncul pada sampel lemak yang terpapar sinar UV.

2. Pengujian *fluorescence imaging system*

Hasil pengujian yang telah dilakukan pada sampel lemak babi dan sapi menunjukkan bahwa *fluorescence imaging system* yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik. Hal ini ditandai dengan munculnya cahaya dengan panjang gelombang yang lebih tinggi dari cahaya pengeksitasi atau dalam hal ini sinar UV. Munculnya cahaya tersebut sesuai dengan teori yang

menyatakan bahwa proses fluoresensi akan menghasilkan cahaya dengan panjang gelombang yang lebih tinggi atau energi yang lebih rendah dari cahaya pengekstipasi (Povrozin & Barbieri, 2016, pp. 2475–2478).

Berdasarkan hasil pengujian terhadap lemak babi, fluoresensi muncul dengan baik. Pada Gambar 4.5 terlihat jelas perbedaan citra tanpa paparan UV dengan citra yang terpapar UV. Secara visual, citra tanpa paparan UV tampak berwarna putih, sedangkan citra dengan paparan UV tampak muncul warna biru. Warna biru mempunyai panjang gelombang sekitar 460 nm. Dengan nilai panjang gelombang tersebut, tampak jelas bahwa kemunculan warna biru tersebut merupakan fenomena fluoresensi yang mana panjang gelombang yang diemisikan sampel lebih tinggi daripada cahaya pengekstipasi yaitu sinar UV 365 nm.

Perbedaan antara citra lemak babi tanpa paparan UV dengan citra yang terpapar UV juga dapat diketahui dari spektrum warnanya. Dari Gambar 4.6 dan Gambar 4.7, terlihat bahwa citra tanpa paparan UV dengan citra yang terpapar UV memiliki puncak spektrum yang berbeda. Pada Gambar 4.6 citra tanpa paparan UV memiliki puncak spektrum pada nilai bins ke-57 yang menunjukkan warna putih (“NI Vision Concepts Manual,” 2007, p. 10). Hal tersebut sesuai dengan citra pada Gambar 4.5 (a) dimana citra lebih dominan berwarna putih. Pada citra dengan paparan UV terlihat bahwa citra fluoresensi berwarna biru yang disajikan oleh spektrum warna dengan puncak spektrum berada pada bins ke-35 seperti terlihat pada Gambar 4.7. Selain itu, spektrum warna pada citra fluoresensi lemak babi

memiliki puncak spektrum yang sangat dominan pada bins ke-35 atau bisa dikatakan memiliki keseragaman piksel dengan nilai bins ke-35.

Karakteristik lain pada citra lemak babi berupa nilai histogram warna rata-rata seperti terlihat pada Tabel 4.1. Dari tabel tersebut, terlihat bahwa nilai histogram warna pada citra tanpa paparan UV memiliki nilai yang cukup tinggi pada semua komponen warna atau bisa dikatakan citra mengalami sedikit *overexposure*. Nilai rata-rata histogram dari masing-masing komponen warna RGB yang hampir seimbang menunjukkan bahwa citra berwarna putih. Adapun nilai histogram warna rata-rata citra dengan paparan UV intensitas tertinggi berada pada komponen warna biru. Tingginya nilai tersebut menunjukkan bahwa sampel lemak babi mengalami fluoresensi dengan baik atau bisa dikatakan bahwa panjang gelombang 365 nm sesuai untuk memunculkan efek fluoresensi lemak babi.

Selain itu, histogram warna rata-rata pada *fluorescence imaging system* memiliki nilai rpitabilitas yang tinggi untuk analisa terhadap fluoresensi lemak babi sebagaimana yang telah disampaikan pada bagian hasil. Nilai rpitabilitas histogram warna rata-rata tersebut meliputi komponen warna *Red*, *Green*, dan *Blue* (RGB). Pada komponen warna *Red* memiliki rpitabilitas 98,00%, komponen warna *Green* memiliki rpitabilitas 98,05%, dan komponen warna *Blue* memiliki rpitabilitas 97,88%. Hal tersebut menunjukkan bahwa *fluorescence imaging system* memiliki tingkat kestabilan yang baik dalam memberikan analisa histogram warna.

Nilai ripitabilitas *fluorescence imaging system* tersebut sudah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) yang mana nilai minimum pada SNI sebesar 95%. Tak hanya itu, nilai tersebut juga telah memenuhi Standar Internasional yang menetapkan nilai minimum pada 97%. Hal tersebut menunjukkan bahwa *fluorescence imaging system* yang telah dibuat mampu memberikan hasil pengujian berulang yang hampir sama pada nilai histogram warna rata-rata.

Pada pengujian terhadap sampel lemak sapi, terlihat jelas perbedaan antara citra tanpa paparan sinar UV dengan citra yang terpapar sinar UV. Pada Gambar 4.8 (a) terlihat bahwa citra lemak tanpa paparan sinar UV berupa citra berwarna putih, sedangkan pada Gambar 4.8 (b) citra lemak sapi dengan paparan sinar UV memunculkan warna *cyan* (hijau kebiruan) dengan panjang gelombang sekitar 485 nm (Bharadwaj, 2014, p. 4). Nilai panjang gelombang tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan panjang gelombang sinar UV sebagai sumber eksitasi yaitu sekitar 365 nm. Hal tersebut menunjukkan bahwa hasil tersebut sudah sesuai teori dimana panjang gelombang emisi fluoresensi lebih tinggi dari cahaya pengekstipasi (Amersham Bioscience, 2002, p. 3).

Selain dari pengamatan secara visual, perbedaan citra lemak sapi tanpa paparan UV dengan citra yang terpapar UV terlihat juga dari spektrum warna citra. Pada Gambar 4.9, grafik spektrum warna citra tanpa paparan UV memiliki puncak spektrum pada bins ke-57 yang merepresentasikan warna putih (“NI Vision Concepts Manual,” 2007, p. 10). Hal ini sesuai

dengan pengamatan visual dimana warna citra pada lemak sapi tanpa paparan UV berwarna putih. Pada Gambar 4.10 terlihat bahwa spektrum warna citra lemak sapi yang terpapar UV memiliki puncak spektrum pada nilai bins ke-32 yang merepresentasikan warna *cyan* (“NI Vision Concepts Manual,” 2007, p. 12). Pada grafik spektrum warna Gambar 4.10 terlihat bahwa citra fluoresensi lemak sapi memiliki beberapa puncak spektrum sehingga bisa dikatakan bahwa fluoresensi pada lemak sapi memiliki tingkat keseragaman warna yang kurang bagus. Meskipun begitu, nilai bins ke 32 memiliki puncak spektrum yang paling tinggi dibandingkan puncak spektrum yang lain, sehingga nilai bins ke-32 dapat menjadi penanda spesifik pada fluoresensi lemak sapi.

Karakteristik histogram dari citra lemak sapi baik untuk citra tanpa paparan UV atau yang terpapar UV berada pada nilai *exposure* yang baik. Hal tersebut ditunjukkan oleh rata-rata nilai histogram warna dari setiap komponen warna yang berada pada nilai medium. Adapun perbedaan nilai intensitas citra tanpa paparan UV dan citra dengan paparan UV terletak pada komponen warna merah dan biru. Jika dibandingkan dengan citra tanpa paparan UV, nilai histogram warna rata-rata merah pada citra dengan paparan UV lebih rendah, sedangkan untuk nilai histogram warna rata-rata biru pada citra dengan paparan UV nilainya cukup tinggi dibandingkan citra tanpa paparan UV. Hal ini bersesuaian dengan warna *cyan* citra yang dimana warna tersebut merupakan kombinasi dari komponen warna hijau dan biru (Navrátil, 2007, p. 2).

Hasil perhitungan riptabilitas pada histogram warna rata-rata untuk setiap komponen warna pada citra fluoresensi lemak sapi juga memiliki nilai yang tinggi. Komponen warna *Red* memiliki riptabilitas sebesar 99,35%, komponen *Green* memiliki riptabilitas 99,51% dan komponen *Blue* sebesar 98,76%. Hal tersebut menunjukkan bahwa *fluorescence imaging system* memiliki kestabilan yang baik pada pengujian lemak sapi melalui histogram warna.

Pada pengujian sampel lemak sapi, nilai riptabilitas yang diperoleh sudah memenuhi nilai SNI yang mana sudah berada diatas 95% pada setiap komponen warna. Tak hanya memenuhi SNI, riptabilitas histogram warna pada pengujian lemak sapi ini juga telah memenuhi SI yang menetapkan nilai minimum pada 97%. Dengan hasil tersebut, *fluorescence imaging system* yang telah dibuat mampu meberikan hasil pengujian berulang yang hampir sama pada pengujian lemak sapi melalui nilai histogram warna rata-rata.

Munculnya fluoresensi dari sampel lemak babi dan sapi, dapat diamati perbedaanya baik dari sisi citra maupun karakteristiknya. Secara visual, citra lemak babi dan sapi nampak berbeda. Citra lemak babi berwarna biru, sedangkan pada citra lemak sapi berwarna *cyan* seperti tampak pada Gambar 4.11. Dari hasil analisa citra, fluoresensi lemak babi dan sapi memiliki puncak spektrum yang berbeda seperti terlihat pada Grafik spektrum warna Gambar 4.12. Puncak spektrum warna pada citra lemak babi berada pada nilai bins ke-35, sedangkan puncak spektrum warna citra

lemak sapi berada pada bins ke-32. Dari segi nilai histogram warna rata-rata yang disajikan oleh Tabel 4.3, lemak babi mempunyai intensitas emisi fluoresensi yang lebih tinggi dibanding lemak sapi. Hal tersebut terlihat dari nilai histogram warna rata-rata komponen warna biru citra lemak babi yang lebih tinggi, dengan nilai 88,53 sedangkan pada lemak sapi bernilai 65,25. Selain itu, nilai histogram warna rata-rata pada setiap komponen warna citra lemak babi kurang seimbang yang cenderung tinggi pada warna biru dan rendah pada warna merah yang mana akan menghasilkan citra berwarna biru menyala. Adapun pada citra lemak sapi, nilai histogram warna rata-rata pada setiap komponen memiliki selisih yang tidak terlalu jauh, dengan warna hijau dan biru yang lebih dominan untuk membentuk warna *cyan*.

3. Integrasi-Interkoneksi

Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa *fluorescence imaging system* telah dapat membangkitkan fluoresensi pada lemak babi dan sapi. Hasil fluoresensi antara lemak babi dan lemak sapi dapat diamati perbedaannya baik dari sisi citra, spektrum, ataupun histogram warna. Dengan begitu, *fluorescence imaging system* yang telah dibuat dapat digunakan untuk mendukung analisis lemak babi dan sapi.

Analisis lemak babi dan sapi berguna dalam mendukung autentifikasi kehalalan pangan. Hal tersebut terkait dengan larangan mengonsumsi olahan yang mengandung babi seperti yang dijelaskan dalam Q.S Al-baqoroh [2] : 173 (Shihab, 2001). Penggunaan lemak babi dalam makanan mempunyai dampak buruk bagi kesehatan (Abdel-Moety et al., 1995; Che

Man et al., 2005, p. 815). Adanya berbagai macam parasit serta penyakit berbahaya pada tubuh babi seperti cacing pita, tentunya akan membahayakan bagi pengkonsumsinya.

Bagi negara-negara Islam atau negara-negara berpenduduk mayoritas beragama Islam, membuat autentifikasi kehalalan pangan merupakan hal penting. Selain terjaminnya kehalalan suatu produk makanan, autentifikasi halal yang bagus dapat mendukung dalam peningkatan nilai ekonomis suatu produk pangan. Dengan terjaminnya kehalalan suatu produk makanan, maka kepercayaan pelanggan akan lebih tinggi. Hal tersebut juga didukung oleh firman Allah dalam Q.S Al-baqoroh [2]: 168, dimana dalam ayat tersebut Allah memerintahkan untuk mengkonsumsi makanan yang halal dan baik. Makanan yang baik dalam hal ini adalah makanan yang tidak menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan (Shihab, 1996, pp. 134–137).



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasannya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. *Fluorescence imaging system* telah berhasil dibuat menggunakan *High Power UV-LED*, menggunakan *High Power UV-LED 365 nm*, driver LED QH-10W-NF, *webcam M-Tech WB100*, seperangkat lensa beserta filter UV, *bracket LED* dan tempat sampel beserta pengaturnya, serta *software* untuk akuisisi citra beserta analisis karakteristiknya.
2. *Fluorescence imaging system* berbasis *High Power UV-LED* yang telah dibuat, layak digunakan untuk mendukung analisis lemak babi dan sapi.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperbaiki pada pengembangan penelitian yang akan dilakukan berikutnya, diantaranya sebagai berikut :

1. *Fluorescence imaing system* perlu dikembangkan menggunakan kamera dengan kualitas yang lebih bagus sehingga kualitas citra yang diperoleh lebih bagus serta memiliki tingkat kestabilan yang tinggi.
2. Pada sub-sistem pembangkit fluoresensi, perlu ditambahkan *High Power UV-LED* dengan panjang gelombang yang lain sehingga dapat menambah

pilihan untuk pengaplikasian pada sampel yang lain serta ditambahkan sistem kendali pemilihan sumber eksitasi baik secara *hardware* maupun *software*.

3. Pada sub-sistem analisis citra, perlu ditambahkan pengaturan *Region of Interest* (ROI) pada *software* sehingga tidak perlu membuat ROI secara manual.
4. Pada sub-sistem tempat sampel, perlu ditambahkan variasi tempat sampel yang memungkinkan pengujian terhadap sampel cair.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Moety, E. M., Rauf, A., Abou-Shaabab, R. R., & Al-Khamis, K. I. (1995). Triacylglycerols-Profiling by High Performance Liquid Chromatography: A Tool for Detection of Pork Fat (Lard) in Processed Foods AU - Al-Rashood, Khalid A. *Journal of Liquid Chromatography*, 18(13), 2661–2673. <https://doi.org/10.1080/10826079508009316>
- Agriculture, Trade and the Environment (The Pig Sector)*. (2003) (13th ed.). Paris: ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT.
- Amersham Bioscience. (2002). *Fluorescence Imaging: principles and methods*. Amersham Biosciences.
- Aparicio, R., & Aparicio-Ruiz, R. (2000). Authentication of vegetable oils by chromatographic techniques. *Journal of Chromatography A*, 881, 93–104.
- Bharadwaj, V. (2014). COLOURS: A SCIENTIFIC APPROACH. *INTERNATIONAL JOURNAL of RESEARCH –GRANTHAALAYAH*.
- Biosafty. (2017). Ultraviolet Radiation-Fact Sheet, (859).
- Bourget, C. M. (2008). An Introduction to Light-emitting Diodes. *HORTSCIENCE*, 43(7), 1944–1946.
- Che Man, Y. B., Syahariza, Z. A., Mirghani, M. E. S., Jinap, S., & Bakar, J. (2005). Analysis of potential lard adulteration in chocolate and chocolate products using Fourier transform infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 90(4), 815–819. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.05.029>
- de Gruijl, F. R. (1999). Skin cancer and solar UV radiation. *European Journal of Cancer (Oxford, England: 1990)*, 35(14), 2003–2009. [https://doi.org/10.1016/S0959-8049\(99\)00283-X](https://doi.org/10.1016/S0959-8049(99)00283-X)
- Diffey, B. L. (1980). Ultraviolet radiation physics and the skin. *Medical Physics Department. Kent and Canterbury Hospital. Canterbury CT1 3NG. England*.
- Figura, L., & Teixeira, A. A. (2007). *Food Physics. Food Physics: Physical Properties - Measurement and Applications*. <https://doi.org/10.1007/b107120>
- Fraden, J. (2010). *Handbook of Modern Sensors* (Fourth). London: Springer.
- Gates, E. D. (2007). *INTRODUCTION TO ELECTRONICS FIFTH EDITION*. Clifton Park: Delmar Cengage Learning.
- Hamamatsu Photonics K.K. (2015). LED. In L. Dai Nippon Printing Co. (Ed.), *Opto-semiconductor Handbook* (pp. 1–11). Hamamatsu Photonics K.K.Solid State Division.
- Johnson, D. (2001). *How to Do Everything with Your Digital Camera* (Vol. 136). New York Chicago: McGraw-Hill.
- Khadrapade, R. B., & Puthiyadan, S. (2007). *Efficiency of a Light Emitting Diode. PHYSICS THROUGH TEACHING LABORATORY –VII*. Mumbai.
- Lee, H., Kim, M. S., Lee, W., & Cho, B. (2018). *Sensors and Actuators B* :

- Chemical Determination of the total volatile basic nitrogen (TVB-N) content in pork meat using hyperspectral fluorescence imaging. *Sensors & Actuators: B. Chemical*, 259, 532–539. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.12.102>
- Luker, G. D., & Luker, K. E. (2007). Optical Imaging: Current Applications and Future Directions. *Journal of Nuclear Medicine*, 49(1), 1–4. <https://doi.org/10.2967/jnumed.107.045799>
- Man, Y. B. C., & Mirghani, M. E. S. (2001). Detection of Lard Mixed with Body Fats of Chicken, Lamb & Cow by FTIR Spectroscopy.
- Morris, A. S., & Langari, R. (2012). *Measurement and Instrumentation Theory and Application*. 感染症誌 (Vol. 91). California: Elsevier.
- Navrátil, Z. (2007). Observing a colour and a spectrum of light mixed by a digital projector Experimental set-up, 1–5.
- NI Vision Concepts Manual. (2007). Texas: National Instruments Corporation. Retrieved from ni.com
- Nurjuliana, M., Che Man, Y. B., & Hashim, D. M. (2011). Analysis of Lard ' s Aroma by an Electronic Nose for Rapid Halal Authentication, 75–82. <https://doi.org/10.1007/s11746-010-1655-1>
- O'Brien, R. D. (2008). *Fats Oils : Formulating and Processing for Applications*. CRC Press (Third Edit). Boca Raton: CRC Press. Retrieved from <http://www.taylorandfrancis.com>
- Povrozin, Y., & Barbieri, B. (2016). *Fluorescence Spectroscopy*. (M. Kurtz, Ed.) (Vol. 3). New York City: John Wiley & Sons.
- Prastika, I. (2015). *Analisis Cemaran Lemak Babi dalam Bakso di Purwokerto Menggunakan Spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR) dan Kemometrik*. Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Rohman, A., Triyana, K., Sisindari, & Erwanto, Y. (2012). Differentiation of lard and other animal fats based on triacylglycerols composition and principal component analysis. *International Food Research Journal*, 19(2), 475–479.
- Sa'adah, L. (2017). *RANCANG BANGUN SISTEM FLUORESCENCE IMAGING BERBASIS HIGH POWER LED (HPL) UNTUK MEMBANGKITKAN RONGGA MULUT (Kajian Pada Spesimen Rongga Mulut Tikus Sprague Dawley)*. UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Sa'adah, L., Rakhmadi, F. A., & Widyaningrum, R. (2017). Fluorescence Imaging System Using High Power LED to Generate Oral Auto-fluorescence of Sprague dawley Rat. In *Fluorescence Imaging System Using High Power LED to Generate Oral Auto-fluorescence of Sprague dawley Rat* (Vol. 1, pp. 183–187).
- Shihab, M. Q. (1996). *WAWASAN AL-QURAN* (13th ed.). Bandung: Mizan.
- Shihab, M. Q. (2001). *Tafsir Al-Mishbah Juz1*. Jakarta: Lentera Hati.
- Shihab, M. Q. (2002). *Tafsir Al-Mishbah Juz3*. Jakarta: Lentera Hati.
- Stelmaszewski, A. (2004). Fluorescence method for the determination of oil identity. *Optica Applicata*, XXXIV(3).
- Strayer, D. (2016). *FOOD FATS AND OILS*. *Institute of Shortening and Edible Oils, Inc.* (Tenth Edit, Vol. 36). Washington, DC: Institute of Shortening and

Edible Oils. <https://doi.org/10.1007/BF02636974>

Tyler Behm, & Boster, E. (2010). CCD Camera Operation and Theory.

WHO. (1994). Health and Environmental Effects of Ultraviolet Radiation: A Scientific Summary of Environmental Health Criteria 160 Ultraviolet Radiation ((WHO/EHG/95.16). *World Health Organization*. Retrieved from <http://www.who.int/uv/publications/UVeHeffects.pdf>

York, T., & Jain, R. (2011). *Fundamentals of Image Sensor Performance*. Retrieved from <http://www.cse.wustl.edu/~jain/cse567-11/ftp/imgsens/index.html>

