

**ANALISA KANDUNGAN FORMALIN PADA IKAN BERSISIK
MENGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA DENGAN METODE *PROFILLING***

(Skripsi)

Oleh

NAILA AMALIA



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

ABSTRAK

ANALISA KANDUNGAN FORMALIN PADA IKAN BERSISIK MENGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA DENGAN METODE *PROFILLING*

OLEH
NAILA AMALIA

Telah dilakukan penelitian analisa kandungan formalin pada ikan bersisik menggunakan pengolahan citra dengan metode *profiling*. Objek yang digunakan adalah ikan gurami yang di rendam formalin selama 60 menit, larutan formalin yang digunakan yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Penentuan analisa kandungan formalin dilakukan dengan metode *profilling* yang menghasilkan *line profile*. Dari *line profile* ini dilakukan perhitungan analisis statistika yang dalam penelitian ini menggunakan 3 (tiga) parameter yaitu MAV, VAR, dan STD. Semakin tinggi konsentrasi formalin yang digunakan maka nilai MAV, VAR, dan STD semakin kecil. Proses pengambilan data dimulai dengan meletakkan objek di dalam sebuah kotak yang sudah dipasang sumber cahaya led (merah, hijau, biru, dan putih) dan *webcame* yang berfungsi untuk mengambil citra. *Webcame* langsung terhubung dengan laptop sehingga citra yang dihasilkan bisa langsung tersimpan dan diolah menggunakan program pengolahan citra pada matlab. Dari hasil penelitian pada led merah nilai MAV, VAR, dan STD semakin menurun pada konsentrasi 10%, 15% dan 20%. Pada led hijau nilai STD menurun pada konsentrasi 10%, 15% dan 20%. Namun respon yang paling bagus ditunjukkan oleh hasil *line profile* pada led putih yang memberikan respon perubahan naik dan turunnya tidak terlalu jauh pada setiap titik koordinat nya.

Kata Kunci : *Profilling, Line Profile, Webcame, Led, Analisis Statistika*

ABSTRACT

ANALYSIS OF FORMALDEHYDE CONTENT ON SCALY FISH BY USING IMAGE PROCESSING WITH PROFILLING METHOD

**BY
NAILA AMALIA**

It has been analyzed of formaldehyde content on scaly fish using image processing by profiling method. Object used was carp (*Osphronemus gouramy*), which was submerged on formaldehyde for 60 minutes, formalin solution used were 0%, 5%, 10%, 15% and 20%. Analysis contain of formaldehyde determined by profiling method which resulted line profile. From line profil, it continued to calculation of statistical analysis by using 3 (three) parameters : MAV, VAR, and STD. The higher formaldehyde concentration used, the lower MAV, VAR, and STD resulted. The data collection begin with putting an object inside a box that has been instaled led light (Red, Green, Blue, and White) and webcam which have function to take image. The webcam was directly connected with laptop that made the result of image processing could be directly stored and processed by using image processing program in matlab. The researchs shown that red led has MAV, VAR, and STD which more and more decrease in concentrations of 10%, 15%, and 20%. Green led has decrease result of STD in 10%, 15%, and 20% concentrations. Yet, the best response shown in result of white led line profile in which the alteration of increase and decrease were not outrageously much at every coordinate point.

Keywords : Profilling, Line profile, Webcam, Led, Statistical Analysis

**ANALISA KANDUNGAN FORMALIN PADA IKAN BERSISIK
MENGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA DENGAN METODE *PROFILLING***

Oleh

NAILA AMALIA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

Judul Skripsi : **ANALISA KANDUNGAN FORMALIN
PADA IKAN BERSISIK MENGGUNAKAN
PENGOLAHAN CITRA DENGAN METODE
PROFILLING**

Nama Mahasiswa : **Naila Amalia**

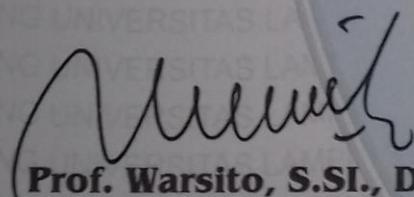
Nomor Pokok Mahasiswa : 1117041025

Jurusan : Fisika

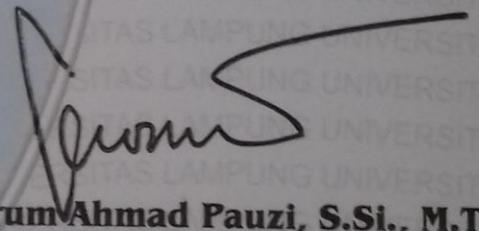
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

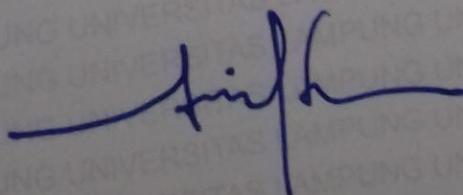


Prof. Warsito, S.Si., DEA., Ph.D.
NIP 19710212 199512 1 001



Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP 19801010 200501 1 002

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA



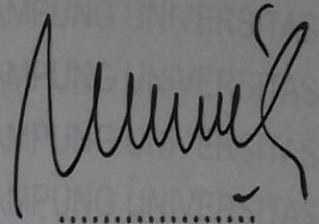
Arif Surtoto, S.Si., M.Si., M.Eng.
NIP 19710909 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

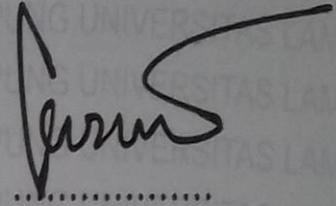
Ketua

: **Prof. Warsito, S.SI., DEA., Ph.D.**



Sekretaris

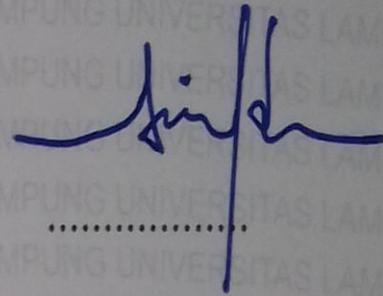
: **Gurum Ahmad Fauzi, S.Si., M.T.**



Penguji

Bukan Pembimbing

: **Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Warsito, S.SI., DEA., Ph.D.

NIP 19710212 199512 1 001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini sebagaimana disebut dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.



Bandar Lampung, 3 Januari 2017


Naila Amalia
NPM 1117041025

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Sukamulya Desa Tanjung Ratu Kecamatan Katibung Kabupaten Lampung Selatan pada tanggal 19 september 1992, anak ke enam dari tujuh bersaudara dari pasangan Bapak Su'eb dan Ibu Rohaenah. Penulis menyelesaikan pendidikan di Madrasah Ibtidaiyah Yayasan Pesantren Islam (MI YPI) Umbul Bandung pada tahun 2004, lulus dari SMP Muhammadiyah 1 Kalianda pada tahun 2007 dan lulus dari SMA Negeri 1 Kalianda pada tahun 2010.

Selanjutnya, pada tahun 2011 penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur seleksi nasional masuk perguruan tinggi (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswi, penulis aktif di kegiatan organisasi kemahasiswaan kampus antara lain Anggota Muda Rois (AMAR) FMIPA UNILA, Anggota Gerakan Muda Fisika (GAMAFI), Kapala Biro Keputrian ROIS FMIPA UNILA pada tahun 2012/2013, Anggota DANUS HIMAFI pada tahun 2012/2013, Wakil Ketua Umum ROIS FMIPA Unila pada tahun 2013/2014, Anggota Kemuslimahan Birohmah Unila pada tahun 2013/2014, Menteri Sekretaris Kabinet BEM U KBM Unila Kabinet Muda Bergerak tahun 2015/2016. Penulis pernah melakukan Praktek Kerja

Lapangan di Instalasi Pemeliharaan Sarana Prasarana Rumah Sakit Umum Abdoel Moeloek dan melakukan KKN di desa Kali Pasir Kecamatan Way Bungur Kabupaten Lampung Timur. Selanjutnya penulis melakukan penelitian dengan judul “Analisa Kandungan Formalin pada Ikan Bersisik Menggunakan Pengolahan Citra dengan Metode *Profilling*” sebagai tugas akhir jurusan Fisika FMIPA.

MOTTO

“ IKHLAS, SABAR, TAWAKKAL”

(IST)

Bismillahirrohmanirrohiim

"Nikmat di atas segala nikmat adalah nikmatnya rasa syukur"

Kuniatkan karya kecil ku ini karena

Allah SWT

Kupersembahkan karyaku ini untuk

Kedua orangtua ku tercinta "Bapak Su'eb dan Ibu Rohaenah" yang telah berjuang tanpa lelah tanpa keluh untuk selalu mendukung dan memotivasi dengan segala kemampuan yang dimiliki sehingga aku mampu menyelesaikan pendidikan S1. Semoga Allah senantiasa melimpahkan kasih sayang dan rahmat Nya.

Teteh dan Aa, serta adikeku tercinta yang selalu menjadi motivasi ku untuk terus berusaha menjadi lebih baik

Keluarga besar ku yang selalu siap siaga mendukung dan membantuku

Para Dosen dan Teman-teman

Serta

Almamater Tercinta Universitas Lampung

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, dan hidayah Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang digunakan untuk memenuhi tugas akhir studi sebagai syarat mendapat gelar Sarjana Strata 1 di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Laporan skripsi ini disusun berdasarkan penelitian yang dilakukan di Laboratorium Elektronika Dasar dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Penulis Menyadari bahwa laporan skripsi ini masih banyak kekurangan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran agar laporan skripsi ini menjadi lebih baik untuk kedepannya. Dan penulis berharap laporan skripsi ini dapat bermanfaat baik bagi penulis maupun pembaca.

Bandar Lampung, Februari 2017

Naila Amalia

SANWACANA

Asslaamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillahirobbil'alamin puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, dan sholawat serta salam semoga tersampaikan kepada teladan terbaik sepanjang masa yaitu Nabi Muhammad SAW.

Skripsi berjudul “Analisa Kandungan Formalin pada Ikan Bersisik Menggunakan Pengolahan Citra dengan Metode *Profilling*” yang menjadi salah satu syarat mendapat gelar Sarjana Strata I telah terselesaikan, hal ini tentu tidak luput dari do'a, dukungan, serta bantuan pihak lain.

Oleh karenanya, penulis dengan bangga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendo'akan, mendukung, serta membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada :

1. Kedua Orang Tua tersayang “Bapak Su'eb dan Ibu Rohaenah”, adik dan kakak-kakak tercinta “Teh Eti, Teh Edeh, A'Udin, Nyai, A'Apep, Dini” serta seluruh keluarga besar yang selalu mendo'akan, mendukung, dan memotivasi penulis baik berupa materi maupun moril.

2. Bapak Prof. Warsito, S.Si., DEA., Ph.D. selaku pembimbing I dan Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku pembimbing II yang dengan sabar serta penuh ketulusan membimbing penulis.
3. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng selaku ketua jurusan Fisika FMIPA sekaligus sebagai dosen penguji dalam ujian skripsi.
4. Seluruh Dosen Fisika, staf dan karyawan yang telah memberikan ilmu sehingga penulis mendapatkan gelar Sarjana.
5. Saudara yang telah menorehkan sejarah dalam hidup penulis, selalu membantu dan memotivasi penulis. Terima kasih untuk dua orang saudaraku “Rini Mulyani dan Sammi Rizki Taufik, S.Si”
6. Rekan-rekan yang telah membantu penelitian penulis “Trunggana, Anisa, cuna, shinta, desti, bang Feb, K’Juli, Irkham, Melita, Dian kimia, Ade, qori, linux, iqbal, jay” Teman Fisika angkatan 2011 yang selalu memotivasi penulis.
7. Keluarga kecilku di kampus yaitu keluarga BEM Muda Bergerak Dedew dan Paijo yang selalu memotivasi penulis untuk menyelesaikan skripsi.
8. Keluarga ROIS FMIPA 2013-2014, Personil Pejuang Tangguh, Keluarga Besar Kacang IJo dan Seluruh Personil kosan D2.
9. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis sangat menyadari banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini, oleh karena itu, perlu adanya kritik serta saran yang membangun. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, Februari 2017

Naila Amalia

DAFTAR ISI

	halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PENGESAHAN I	iv
HALAMAN PENGESAHAN II	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xx
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Penelitian	4
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Masalah	5

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terkait	6
B. Ikan Gurami	9
C. Formalin	10
D. Cahaya.....	11
E. Webcam.....	15
F. Sensor	17
G. LED.....	18
H. Matlab	21
I. Citra Digital.....	22
J. Analisis Statistik	26
K. <i>Profilling</i>	28

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	29
B. Alat dan Bahan.....	29
C. Prosedur Penelitian	31

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Larutan Formalin	37
B. <i>Hardware</i> (Perangkat Keras)	38
C. <i>Software</i> dan Pengolahan Citra.....	39
D. Analisis Data.....	54

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	70
B. Saran	71

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur Kimia Formaldehid	11
Gambar 2.2 Keterangan Hukum Snellius	13
Gambar 2.3 Pembiasan Cahaya	13
Gambar 2.4 Pembiasan Cahaya Pada Prisma.....	14
Gambar 2.5 <i>Webcam</i>	16
Gambar 2.6 Struktur LED... ..	19
Gambar 2.7 Ilustrasi Prinsip Kerja LED.....	19
Gambar 2.8 LED Merah	20
Gambar 2.9 LED Hijau	20
Gambar 2.10 LED Biru.....	20
Gambar 2.11 LED Putih	20
Gambar 2.12 Format Citra RGB.....	24
Gambar 2.13 Panjang Gelombang Elektromagnetik.....	25
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	31

Gambar 3.2 Desain Penelitian.....	32
Gambar 3.3 Diagram alir Perancangan Sistem	33
Gambar 4.1 Formalin dengan konsentrasi 5%, 10%, 15%, dan 20%	38
Gambar 4.2 Perangkat Keras (<i>Hardware</i>) Penelitian	38
Gambar 4.3 Form <i>Profilling</i> dan Perhitungan Nilai Analisis Statistika	40
Gambar 4.4 Tampilan Saat Menekan <i>Button</i> Buka <i>File</i>	41
Gambar 4.5 Tampilan Saat Memilih Citra yang Akan di <i>Profilling</i>	41
Gambar 4.6 Menampilkan Citra pada <i>Axes1</i>	42
Gambar 4.7 Program <i>Button</i> Buka <i>File</i>	42
Gambar 4.8 Tampilan Hasil Kalibrasi.....	43
Gambar 4.9 Tampilan Hasil <i>Grasycale</i>	45
Gambar 4.10 Program Pada <i>Button</i> <i>Grasycale</i>	45
Gambar 4.11 Potongan Program <i>Line Profile</i>	46
Gambar 4.12 Hasil <i>Profile</i> pada <i>Line</i> biru	47
Gambar 4.13 Hasil <i>Profile</i> pada <i>Line</i> Merah.....	47
Gambar 4.14 Hasil <i>Profile</i> pada <i>Line</i> Hitam	47
Gambar 4.15 Program pada <i>Pop-up Menu</i>	48
Gambar 4.16 Program <i>Profile</i> pada <i>Line</i> Biru	48
Gambar 4.17 Program <i>Profile</i> pada <i>Line</i> Merah.....	49
Gambar 4.18 Program <i>Profile</i> pada <i>Line</i> Hitam.....	50
Gambar 4.19 Program untuk Menyimpan Hasil <i>Profile</i>	50
Gambar 4.20 Contoh Tampilan Hasil Perhitungan.....	51

Gambar 4.21 Program Perhitungan Analisis Statistika.....	51
Gambar 4.22 Program Perhitungan Nilai RGB	52
Gambar 4.23 Tampilan Nilai RGB pada <i>Command Window</i>	53
Gambar 4.24 Hubungan perubahan konsentrasi formalin terhadap nilai MAV	56
Gambar 4.25 Hubungan perubahan konsentrasi formalin terhadap nilai VAR.....	57
Gambar 4.26 Hubungan perubahan konsentrasi formalin terhadap nilai STD.....	59
Gambar 4.27 Hasil <i>Line Profile</i> Penarikan <i>Line</i> Pertama pada Led Biru.....	59
Gambar 4.28 Hasil <i>Line Profile</i> Penarikan <i>Line</i> Kedua pada Led Biru.....	60
Gambar 4.29 Hasil <i>Line Profile</i> Penarikan <i>Line</i> Ketiga pada Led Biru.....	61
Gambar 4.30 Hasil <i>Line Profile</i> Penarikan <i>Line</i> Pertama pada Led Hijau.....	61
Gambar 4.31 Hasil <i>Line Profile</i> Penarikan <i>Line</i> Kedua pada Led Hijau.....	62
Gambar 4.32 Hasil <i>Line Profile</i> Penarikan <i>Line</i> Ketiga pada Led Hijau.....	62
Gambar 4.33 Hasil <i>Line Profile</i> Penarikan <i>Line</i> Pertama pada Led Merah.....	63
Gambar 4.34 Hasil <i>Line Profile</i> Penarikan <i>Line</i> Kedua pada Led Merah.....	63
Gambar 4.35 Hasil <i>Line Profile</i> Penarikan <i>Line</i> Ketiga pada Led Merah.....	64
Gambar 4.36 Hasil <i>Line Profile</i> Penarikan <i>Line</i> Pertama pada Led Putih.....	64
Gambar 4.37 Hasil <i>Line Profile</i> Penarikan <i>Line</i> Kedua pada Led Putih.....	65
Gambar 4.38 Hasil <i>Line Profile</i> Penarikan <i>Line</i> Ketiga pada Led Putih.....	65
Gambar 4.39 Hubungan Perubahan Konsentrasi Formalin Terhadap Nilai RGB Sumber Cahaya Led Merah	66
Gambar 4.40 Hubungan Perubahan Konsentrasi Formalin Terhadap Nilai RGB Sumber Cahaya Led Hijau.....	67
Gambar 4.41 Hubungan Perubahan Konsentrasi Formalin Terhadap Nilai RGB Sumber Cahaya Led Biru.....	67

Gambar 4.42 Hubungan Perubahan Konsentrasi Formalin Terhadap Nilai RGB
Sumber Cahaya Led Putih68

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Panjang Gelombang Cahaya Tampak.....	15
Tabel 3.1 Spesifikasi <i>Webcame</i>	29
Tabel 3.2 Spesifikasi <i>Personal Computer</i>	30
Tabel 3.3 Data Hasil Perhitungan Nilai Analisis Statistika	35
Tabel 3.4 Data Hasil Perhitungan Nilai RGB	36
Tabel 4.1 Nilai Tinggi Kertas Hasil Line Profile dengan Hasil Pengukuran.....	43
Tabel 4.2 Nilai <i>Graylevel</i> Menggunakan Perhitungan Analisis Statistika.....	54
Tabel 4.3 Nilai RGB	54

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tahun 2008, produksi perikanan Indonesia mencapai 8,6 juta ton. Hal tersebut terbilang masih rendah dibandingkan dengan potensi produksi yang mencapai 65 juta ton/tahun yang terdiri dari 7,3 juta ton ikan tangkap (6,4 juta ton perikanan laut dan 0,9 juta ton perikanan perairan umum) sedangkan 57,7 juta ton berasal dari perikanan akuakultur dengan rincian 47 juta ton budidaya laut (*marine aquaculture*), 5 juta ton budidaya tambak (*brackish water aquaculture*) dan 5,7 juta ton budidaya air tawar (*freshwater aqua culture*) (Kordi,2010). Besarnya potensi tersebut menjadikan ikan sebagai sumber pangan dan komoditi perdagangan nasional.

Gurami merupakan salah satu jenis ikan hasil budidaya air tawar yang banyak diminati masyarakat. Gurami memiliki kandungan air yang cukup tinggi yaitu 80% dari berat ikan sehingga mudah busuk. Hal tersebut menyebabkan perlu dilakukan pengawetan. Pengawetan yang biasa dilakukan adalah menggunakan es batu. Akan tetapi, karena memakan biaya cukup besar banyak pedagang yang berlaku curang dengan menambahkan zat pengawet berbahaya seperti formalin. Formalin merupakan senyawa kimia yang berfungsi sebagai *antibacterial agent* dapat memperlambat aktivasi bakteri dalam makanan yang mengandung banyak

protein. Formalin bereaksi dengan protein sehingga membuat makanan menjadi awet. Tetapi ketika masuk ke dalam tubuh manusia, ia bersifat mutagenik dan karsiogenik yang dapat memicu tumbuhnya sel kanker dan cacatnya gen pada tubuh (Mahdi,2008). Melihat bahaya tersebut, maka diperlukan adanya alat yang dapat digunakan untuk mendeteksi adanya kandungan formalin pada makanan. Di era modern ini banyak sistem atau komponen elektronika yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan tersebut, salah satu contohnya adalah sensor optik dan pengolahan citra digital.

Penelitian mengenai pendeteksian formalin sudah banyak dilakukan, seperti yang dilakukan oleh Fitriya pada tahun 2013 menggunakan sistem laser spekel dengan prinsip hamburan cahaya. Pola spekel dikarakterisasi menggunakan histogram intensitas tingkat keabuan pada citra, semakin tinggi konsentrasi formalin dan lama waktu perendaman pola spekel semakin rapat dan nilai kontras spekelnya semakin menurun, hal tersebut dikarenakan adanya lapisan baru yang terbentuk setelah perendaman sehingga lapisan semakin tebal.

Selain itu, Wulan pada januari 2015 melakukan penelitian formalin pada bakso dengan metode spektrofotometri. Perubahan warna dapat diukur oleh spektrofotometri pada serapan panjang gelombang 518 nm. Penelitian ini menghasilkan kesimpulan perubahan warna dari warna bening menjadi warna merah terjadi pada bakso mengandung formalin, dan dinyatakan tidak mengandung formalin apabila terbentuk warna kuning atau tidak menimbulkan reaksi warna.

Pada penelitian ini akan dirancang sistem pengolahan citra digital dengan metode *profililing* yang memanfaatkan sensor optik pada *webcam* untuk menganalisa kandungan formalin pada ikan bersisik (gurami) menggunakan LED sebagai sumber cahaya. Proses pengolahan citra dilakukan menggunakan *MATLAB*. *Profilling* merupakan suatu metode untuk mendapatkan hasil *line profile* dari permukaan kulit ikan yang sudah di *grayscale*. Dari metode *profililing* ini, akan diperoleh nilai selisih *graylevel* menggunakan perhitungan analisis statistika dalam hal ini yaitu nilai MAV, VAR, dan STD. Dari selisih nilai *graylevel* tersebut dapat dilakukan analisa kandungan formalin pada ikan. Selain nilai *graylevel*, pada penelitian ini juga akan dilakukan perhitungan nilai RGB untuk melihat pengaruh formalin terhadap nilai tiga warna dasar tersebut.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana membuat desain alat penelitian pendeteksi formalin.
2. Bagaimana merancang perangkat lunak untuk mendeteksi adanya kandungan formalin pada ikan.
3. Bagaimana membuat program pengolahan citra pada Matlab untuk mendeteksi kandungan formalin pada ikan.
4. Bagaimana cara melakukan analisis statistika pada ikan berformalin dan tidak berformalin.
5. Bagaimana cara menggunakan metode *profililing* untuk mendeteksi kandungan formalin pada ikan.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Konsentrasi formalin yang digunakan yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. penggunaannya dengan cara direndam selama 60 menit.
2. Pengambilan data dilakukan pada 60 menit pertama perendaman.
3. Ikan yang akan diuji kandungan formalinnya yaitu ikan gurami (bersisik).
4. LED yang digunakan yaitu LED berwarna merah, hijau, biru, dan putih.
5. Jenis *webcam* yang digunakan yaitu *webcam A4TECH*.
6. Pengolahan citra dilakukan dengan menggunakan metode *profilting*.
7. Analisis Statistika dilakukan dengan menggunakan parameter *Mean Absolute Value* (MAV), *Variance* (VAR), *Standard Deviation* (STD).

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu :

1. Membuat sistem pengolahan citra sebagai pendeteksi formalin pada ikan gurami dengan memanfaatkan sensor optik berbasis *webcam*.
2. Menghitung perubahan nilai analisis statistika dengan tiga parameter yaitu MAV (*Mean Absolute Value*), VAR (*Variance*), dan STD (*Standard Deviation*) terhadap perubahan konsentrasi formalin.
3. Menghitung perubahan nilai RGB terhadap perubahan konsentrasi formalin.
4. Membandingkan respon line profile hasil profiling untuk setiap konsentrasi formalin yang digunakan.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Membantu masyarakat khususnya lembaga pengawasan obat dan makanan untuk mendeteksi kandungan formalin pada ikan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terkait

Penelitian tentang pengujian kandungan formalin sudah dilakukan oleh Singgih (2013) metode yang digunakan pada penelitian tersebut yaitu dengan metode *Spot Test*. Prinsip kerjanya yaitu dengan menambahkan cairan (*reagent*) pada bahan makanan. Data diolah dengan mikrokontroler ATmega8 dan *output* dapat dibaca pada tampilan LCD. Dari penelitian tersebut menghasilkan nilai RGB yang semakin kecil terhadap konsentrasi formalin yang semakin tinggi.

Fitrya pada tahun 2013 melakukan penelitian menggunakan sistem laser spekel dengan prinsip hamburan cahaya pada pencitraan optik dengan bantuan detektor berupa CCD (*Charge-Coupled Device*) yang sensitif terhadap cahaya. Sistem pencitraan dilakukan dengan menggunakan sumber cahaya berupa laser *continuous wave* (CW) dari laser He-Ne yang memiliki intensitas lebih rendah dari cahaya tampak. Penelitian ini menggunakan sistem komputer sebagai penampil citra spekel dan proses pengolahannya. Pola spekel diperoleh dengan menggunakan perangkat sistem LSI terdiri dari laser dengan panjang gelombang 632,8 nm, CCD (*Charge-Coupled Device*), PC (*Personal Computer*), dan *software Ulead Video Studio-7*. Konsentrasi formalin yang digunakan yaitu

0,001%, 0,005%, 0,01 %, dan 0,05%. Pengujian dilakukan pada tomat tanpa formalin, perendaman selama 15 menit dan 30 menit. Pola spekel dikarakterisasi menggunakan histogram intensitas tingkat keabuan pada citra. Pola spekel yang dihasilkan berupa pola gelap dan terang secara acak. Semakin tinggi konsentrasi formalin dan lama waktu perendaman pola spekel semakin rapat dan nilai kontras spekelnya semakin menurun, hal tersebut dikarenakan adanya lapisan baru yang terbentuk setelah perendaman sehingga lapisan semakin tebal.

Selain kedua penelitian tersebut, penelitian uji kandungan formalin juga pernah dilakukan oleh Wulan pada januari 2015 objek yang diteliti yaitu bakso daging. Penelitian ini menggunakan pereaksi dan beberapa zat kimia seperti asam fosfat 85%, formalin 37%, larutan *fennilhidrazina hidroklorida* 1%, larutan *kalium ferrisianida* 1%, dan larutan *asam klorida*. Selain itu menggunakan spektrofotometer untuk mengetahui kadar formalin. Pengamatan secara kasat mata, bakso kontrol yang dibuat sendiri terlihat teksturnya bulat agak kasar, tidak lengket dan basah, warna bakso abu-abu muda sebelum penyimpanan dan mengalami kerusakan seperti berlendir, bertekstur rapuh dan lengket, berwarna kemerahan yang gelap dan berkapang setelah penyimpanan satu hari. Sedangkan dari beberapa sampel yang diduga mengandung formalin pada pengamatan hari pertama tetap tidak mengalami kerusakan tekstur. Pada pengamatan hari kedua, sampel tersebut tidak berlendir, tidak adanya jamur pada permukaan bakso dan juga tidak lengket. Sedangkan dari warna sudah mulai berubah menjadi abu-abu pucat dan kemerahan. Hal ini menunjukkan bahwa sampel bakso yang masih awet hingga hari kedua tersebut memang mengandung pengawet yang berbahaya.

Pengujian secara kualitatif dilakukan menggunakan metode *schryver*. Dari hasil pemeriksaan tersebut dapat diidentifikasi adanya formalin yang terkandung di dalam bakso, ditunjukkan dengan terjadinya perubahan warna dari warna bening menjadi warna merah, dan dinyatakan tidak mengandung formalin apabila terbentuk warna kuning atau tidak menimbulkan reaksi warna.

Anggriawan,dkk (2014) melakukan penelitian yang bertujuan menghasilkan test kit kertas yang dapat mendeteksi kandungan formalin. Metode yang digunakan yaitu metode eksplorasi. Pengumpulan data diperoleh berdasarkan penelitian dan pengamatan perubahan warna pada test kit kertas yang dihasilkan dari uji reagen Schiff, dimana kertas test kit akan memberikan respon warna menjadi ungu ketika diuji pada makanan mengandung formalin. Penelitian ini berhasil mendeteksi kandungan formalin pada ikan dan tahu dengan beberapa konsentrasi formalin, semakin tinggi konsentrasi formalin maka warna ungu yang dihasilkan semakin pekat. Kemudian pada tahun 2015 dilakukan penelitian mengenai penentuan kadar formalin oleh Jaman, dkk terhadap beberapa species ikan air tawar dan air laut dengan metode spektrofotometri menggunakan *nash reagen* dengan ekstraksi TCA (asam trikloroasetat), nash reagen digunakan sebagai indicator untuk mendeteksi absorbansi formaldehid yang kemudian dari absorbansi ini menghasilkan kurva standar. Adapun perhitungan nilai absorbansi dilakukan menggunakan UV-Spektrofometer. Penelitian ini mengungkapkan adanya kandungan formalin pada beberapa ikan yaitu ikan Rohu, Nila, dan koi Thai sebesar 1,45 mg/g sampai dengan 2,6 mg/g.

Tahun 2011 Adlim, dkk membuat sensor kimia sederhana yang dapat mendeteksi kandungan formalin. Metode yang digunakan yaitu metode Schiff Fushsine (SF) dan NASH. Sensor hasil penelitian ini disebut dengan forpastrip. Sensor ini dapat mendeteksi formalin serendah 2% dari formalin atau setara dengan 0,8% dari formaldehid dalam makanan yang terkontaminasi dan tanggal kadaluarsa 10 hari.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada objek yang akan diteliti yaitu ikan gurami dalam keadaan basah berformalin dan tanpa formalin. Sumber cahaya yang digunakan yaitu LED warna merah, hijau, biru, dan putih, pengolahan citra dilakukan menggunakan metode *profilling line* untuk perhitungan analisis statistika.

B. Ikan Gurami

Gurami (*Osphrenemus Gouramy*) dikenal sebagai ikan yang lambat pertumbuhannya, namun memiliki beberapa keunggulan lain yaitu :

1. Serat dagingnya kesat dan cita rasa gurami yang gurih dan khas sehingga disukai masyarakat.
2. Mudah dipelihara karena bersifat gumari sebagai pemakan apa saja terutama dedaunan.
3. Gurami dapat hidup di air tergenang sehingga dapat dipelihara di berbagai lingkungan perairan dan wadah budidaya.
4. Gurami mudah dibenihkan.

Habitat gurami adalah rawa di daratan rendah. Ia dapat tumbuh baik pada suhu antara 24°C – 28°C sehingga ketinggian lokasi yang cocok untuk budidaya ikan ini adalah 0 m–800 m di atas permukaan laut. Gurami sangat peka terhadap suhu, sehingga jika dipelihara pada suhu rendah kurang dari 15°C tidak akan berkembangbiak. Gurami memiliki labirin (*labyrinth*) berfungsi untuk mengambil oksigen dari udara sehingga gurami dapat hidup pada perairan minim oksigen (Kordi, 2010).

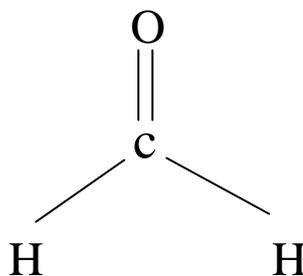
Kehidupan gurami di perairan memiliki suhu optimum berkisar 24°C sampai 28°C , kandungan oksigen terlarut 3 ppm – 5 ppm dengan Ph 7–8. Ikan ini memiliki alat pernapasan berupa insang dan insang tambahan (*labyrinth*). *Labyrinth* berfungsi sebagai alat bantu pernapasan untuk mengambil oksigen langsung dari udara. Gurami memiliki kepekaan yang rendah terhadap senyawa-senyawa beracun dalam air, sehingga gurami masih bertahan hidup dengan kadar CO_2 (karbondioksida) terlarut hingga mencapai 100 ppm dalam perairan. Adanya bahan beracun dalam perairan seperti sulfida dalam bentuk asam sulfida (H_2S) atau nitrogen dalam bentuk amoniak (NH_3) atau amonium (NH_4) tidak cukup berpengaruh pada kehidupan ikan gurami (Saparinto, 2011).

C. Formalin

Formalin atau formaldehid adalah senyawa kimia dengan rumus CH_2O . Larutan formalin tidak berwarna dan berbau sangat menusuk, biasanya ditambah metanol 15% sebagai stabilisator (Winarno, 2007). Formalin adalah senyawa kimia berbentuk gas dan memiliki bau sangat menusuk, mengandung 37% dalam air, ditambahkan methanol sebagai stabilisator sebanyak 15% (Mulono, 2005).

Formalin berfungsi sebagai antimikroba yang dapat membunuh bakteri, jamur bahkan virus. Dapat bereaksi dengan protein yang terkandung di dalam makanan, sehingga membuatnya tidak mudah busuk (Suwahono, 2009).

Biasanya formaldehid digunakan untuk pembersih karena dapat membunuh kuman, pengawet pada mayat, dan dalam konsentrasi <1% biasanya digunakan sebagai pengawet kosmetik (Dreisbach, 1982). Menurut Winarno Dir. Jen. POM 2003 mengatakan bahwa ambang batas kadar formaldehid yang masih dapat diterima oleh tubuh adalah 0,2 mg/kg dari berat badan. Formaldehid memiliki rumus molekul CH₂O, memiliki nama kimia *formaldehyde* dan nama lain *formol*, *morbicid*, *methanal*, *formic aldehyde*, *methyl oxide*, *oxide methylene*, *methylene aldehyde*, *oxomethane*, *formoform*, *formalith*. Ambang bau formalin 0,1-1 ppm. Rumus struktur kimianya seperti berikut:



Gambar 2.1 Struktur Kimia Formaldehid

(Fauziah, 2005).

D. Cahaya

Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik sehingga dapat merambat dalam ruang hampa. Sebagian cahaya akan terpantul jika mengenai suatu benda tembus

cahaya ataupun benda gelap. Cahaya yang dipantulkan oleh benda akan ditangkap oleh mata sehingga seseorang dapat mengamati warna, susunan benda, terang gelapnya benda, dan membedakan benda satu dengan benda lainnya. Paket-paket cahaya disebut dengan *foton* (Tipler, 1991).

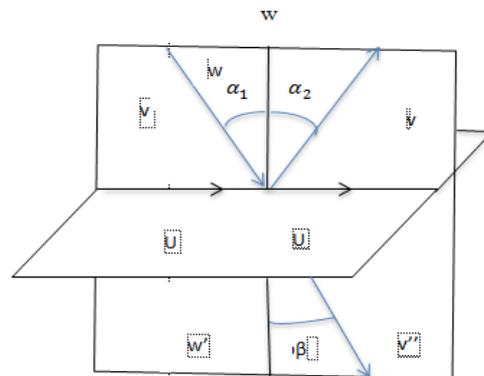
Cahaya memiliki lima sifat yaitu dapat mengalami peristiwa pantulan (refleksi), pembiasan (refraksi), polarisasi, interferensi, dan difraksi. Cahaya dapat terpantul oleh permukaan pemantul yang mengkilap, terbias oleh bahan yang bening dan terpolarisasi oleh polarisator. Dua sifat lainnya yaitu difraksi dan interferensi. Sifat fisis cahaya sebagai gelombang yang merambat adalah dapat terdifraksi bila melewati celah sempit, antar gelombang cahaya dapat berinterferensi bila setiap gelombang yang berinterferensi memiliki fase yang berbeda. Cahaya juga merupakan bagian dari spektrum gelombang elektromagnetik. Perbedaannya adalah cahaya dapat dilihat kasat mata sedangkan komponen spektrum gelombang elektromagnetik lainnya tidak terlihat oleh mata (Priyambodo dan Jati, 2010).

1. Hukum Snellius

Hukum Snellius merupakan kaidah-kaidah yang berhubungan dengan pemantulan dan pembiasan sinar-sinar cahaya, adapun kaidah-kaidahnya yaitu:

- a. Sinar datang, normal, sinar terpantul, sinar terbias terletak di satu bidang datar.
- b. Sudut pantul sama dengan sudut datang.
- c. Perbandingan antara sinus sudut datang dan sinus sudut bias adalah tetap, tidak bergantung pada besar sudut datang.

Berikut ini adalah Gambar dari hukum snellius .



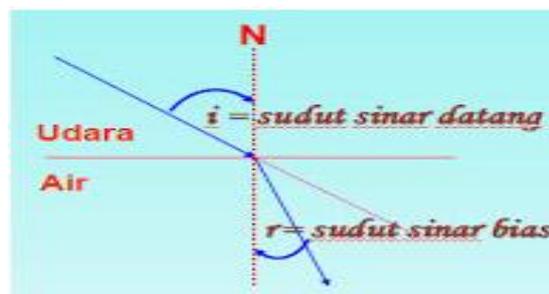
Gambar 2.2 Keterangan Hukum Snellius

Pada gambar 2.2 terlihat bahwa α_1 merupakan sudut datang, α_2 merupakan sudut pantul, sedangkan β adalah sudut bias. Persamaan Snellius untuk pembiasan cahaya :

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2 \quad (2.1)$$

(Soedjo, 1999).

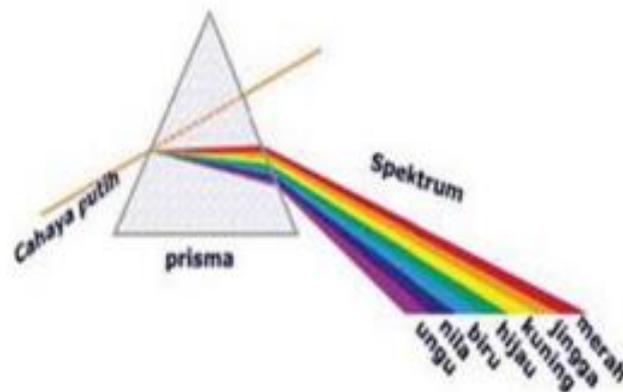
Selain itu, Giancoli (2001) juga berpendapat bahwa refraksi merupakan peristiwa pembiasan atau pembelokkan cahaya akibat melewati dua medium dengan nilai indeks berbeda. Peristiwa refraksi ditunjukkan pada Gambar 2.4 berikut ini.



Gambar 2.3 Pembiasan Cahaya

Dari Gambar 2.3 sinar bias akan mendekati garis normal jika indeks bias $n_2 > n_1$ dan akan menjauhi garis normal jika $n_2 < n_1$ (Giancoli, 2001).

Cahaya dapat mengalami dispersi. Dispersi merupakan peristiwa penguraian cahaya polikromatis menjadi beberapa warna lainnya. Peristiwa dispersi dapat diamati dengan melewatkan cahaya putih ke sebuah prisma. Cahaya setelah melewati prisma akan terdispersi menjadi warna penyusunnya (Heimbeker dkk, 2002). Gambar 2.4 adalah penggambaran peristiwa dispersi.



Gambar 2.4 Pembiasan Cahaya pada Prisma

Cahaya dapat menimbulkan radiasi elektromagnetik terdiri atas paket-paket energi diskrit yang disebut *foton*/kuanta. Tiap-tiap *foton* memiliki energi E bergantung pada frekuensi radiasi seperti pada persamaan berikut :

$$E = h\nu \quad (2.2)$$

Dimana :

E = Energi foton (J)

h = Tetapan *Planck* ($6,626 \times 10^{-34}$ J.s)

ν = frekuensi (Hz)

Dari persamaan di atas, foton berfrekuensi tinggi memiliki energi lebih besar contohnya energi foton cahaya biru lebih besar dari cahaya merah (Krane, 1992).

2. Spektrum Cahaya Tampak

Cahaya tampak yaitu cahaya yang dapat dilihat oleh mata manusia dengan panjang gelombang 400 nm sampai 700 nm, dan terdiri dari beberapa warna. (Giancoli, 2001). Pada Tabel 2.1 merupakan panjang gelombang dari cahaya tampak.

Tabel 2.1 Panjang Gelombang Cahaya Tampak

Panjang Gelombang (nm)	Nama Warna	Contoh Warna
625-700	Merah	
600-625	Jingga	
555-600	Kuning	
480-555	Hijau	
450-480	Biru	
430-450	Nila	
400-430	Ungu	

E. Webcam

Webcam atau *Web-Camera* merupakan salah satu jenis kamera yang mengaplikasikan teknologi CCD (*Charge Couple Device*) dimana sinyal video dan audionya dilakukan secara *realtime* (Bass dkk, 1995).



Gambar 2.5 Webcam

Array CCD (Charge Couple Device) banyak diaplikasikan pada kamera digital, yang berfungsi sebagai sensor optik pada kamera digital. Sensor ini memiliki hasil yang proporsional terhadap integral energi cahaya yang diproyeksikan ke permukaan sensor (Prasetyo,2011).

Pada kamera digital gambar ditangkap menggunakan sensor yang berfungsi mengubah cahaya menjadi muatan-muatan listrik. Sensor yang biasa digunakan adalah jenis sensor yang diberi nama *charge coupled device (CCD)*. Jenis alat semikonduktor ini berfungsi mengubah cahaya menjadi elektron. Saat CCD bekerja mengubah cahaya menjadi elektron pada dasarnya sama dengan cara kerja sel surya mengubah energi cahaya menjadi listrik (elektron-elektron), sehingga CCD dapat dianggap sebagai sebuah lapisan tipis dua dimensi yang mengandung ribuan atau jutaan sel surya kecil. Saat sensor sel surya dalam CCD mengubah cahaya menjadi elektron, pada saat yang bersamaan CCD akan membaca nilai (muatan yang terkumpul) pada masing-masing sel yang membentuk gambar. CCD memproses pembacaan hasil sensor yaitu dengan memindahkan muatan melalui chip dan membacanya di salah satu sudut lariknya. Alat yang disebut ADC digunakan untuk mengubah tiap-tiap nilai pixel menjadi data digital dengan

mengukur jumlah muatan tiap-tiap *photosite* dan mengubahnya menjadi bentuk biner (Yusuf,2015).

F. Sensor

Sensor merupakan elemen penting pada sistem instrumentasi yang dapat mengkonversikan suatu besaran fisis yang akan diukur ke dalam bentuk sinyal elektrik. Sensor akan mengubah besaran non listrik menjadi besaran listrik. Sedangkan transduser merupakan alat instrumentasi untuk merubah suatu bentuk energi ke bentuk energi yang lain (Bishop, 1995). Berdasarkan jenisnya, sensor dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu :

1. Sensor Pasif

Sensor pasif tidak dapat menghasilkan tegangan sendiri sehingga memerlukan catu daya eksternal. Tetapi sensor ini dapat menghasilkan perubahan nilai resistansi, kapasitansi atau induktansi apabila mengalami perubahan kondisi pada lingkungan sekitarnya. Sensor pasif umumnya terdiri dari tiga jenis diantaranya :

- a. Sensor resistif, digunakan sebagai detektor untuk mengukur resistansi. Umumnya terdiri dari potensiometer, strain gauge, RTD (*Resistance Temperatur Detector*), *thermistor*, *hygrometer resistif* dan *psychometer*.
- b. Sensor Kapasitif dan Induktif, digunakan untuk mengukur kepadatan, aliran, dan panjang.
- c. Sensor Photo, dapat mengubah besar arus listrik jika terkena cahaya/sinar. Besarnya arus listrik akan dimanfaatkan untuk mengetahui keadaan yang ingin diukur.

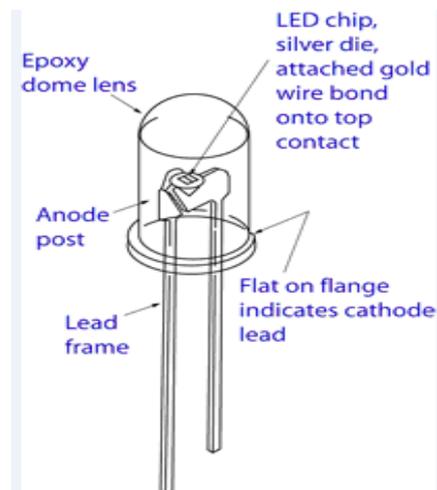
2. Sensor Aktif

Sensor aktif tidak memerlukan catu daya dari luar, sensor ini dapat menghasilkan energi listrik berupa tegangan DC (Sugiharto, 2002).

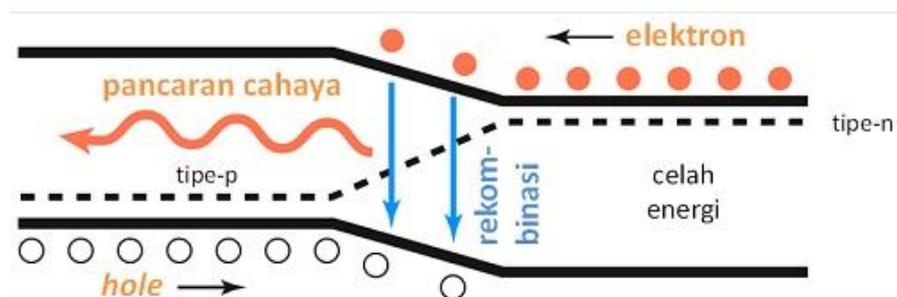
Sensor optik atau lebih dikenal dengan sensor cahaya merupakan sensor yang mendeteksi perubahan cahaya dari sumber cahaya, pantulan cahaya maupun bias cahaya yang mengenai benda atau ruangan. Contohnya adalah *photocell*, *phototransistor*, *photodiode*, *photovoltaic*, *photomultiplier*, *pyrometer optic* dan sebagainya (Fraden, 2014).

G. LED

LED (*Light Emitting Diode*) adalah dioda semikonduktor yang memancarkan cahaya jika dibias maju. Struktur LED sama dengan dioda yaitu sambungan semikonduktor P dan N. Jika sebagian semikonduktor tipe-P disambungkan dengan sebagian semikonduktor tipe-N, maka sambungan yang terbentuk akan melewatkan arus dalam satu arah dan memberikan tahanan yang cukup besar terhadap aliran arus dalam arah yang sebaliknya. Jika LED dibias maju, maka arus bias akan menyebabkan diinjeksikannya elektron ke dalam bahan tipe-P dan lubang diinjeksikan ke dalam bahan tipe-N. Dinyatakan dalam tingkat energi, elektron bebas bergerak melalui daerah dekat sambungan. Dalam proses ini, energi dilepas sebagian dalam bentuk cahaya dan sisanya dalam bentuk panas. Efisiensi daya keluaran cahayanya sangat rendah yaitu kurang dari 1% (Lister,1988).



Gambar 2.6 Struktur LED



Gambar 2.7 Ilustrasi Prinsip Kerja LED

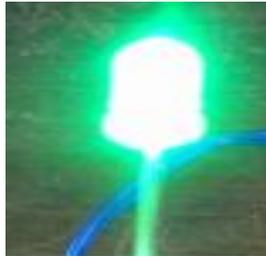
LED terdiri dari beberapa warna yaitu merah, hijau, kuning, biru dan putih. Warna tersebut dapat dihasilkan tergantung dari bahan semikonduktor yang digunakan. Perbedaan warna tersebut juga menunjukkan adanya perbedaan panjang gelombang cahayanya (Kurniawati, 2008).

Bahan semikonduktor yang digunakan pada LED yaitu *gallium arsenide* (GaAs), *gallium arsenide phosphide* (GaAsP), *gallium phosphide* (GaP). LED dari GaAs memancarkan radiasi inframerah, GaAsP memancarkan cahaya merah atau kuning, dan GaP memancarkan cahaya merah atau hijau. LED biasanya

digunakan untuk lampu indikator dan *display* (peraga) pada berbagai jenis instrumentasi. Satu jenis *display* yang menggunakan LED adalah *seven segment display* (Bishop, 1995). Berikut ini tampilan dari LED :



Gambar 2.8 LED Merah



Gambar 2.9 LED Hijau



Gambar 2.10 LED Biru



Gambar 2.11 LED Putih

H. MATLAB

MATLAB (*Matrix Laboratory*) adalah sebuah program untuk analisis dan komputasi numerik yang merupakan suatu bahasa pemrograman matematika lanjutan yang dibentuk dengan dasar pemikiran menggunakan sifat dan bentuk matriks. Matlab telah berkembang menjadi sebuah *environment* pemrograman canggih dan berisi fungsi-fungsi *built-in* untuk melakukan pengolahan sinyal, aljabar linier, dan kalkulasi matematika lainnya. Matlab berisi *toolbox* yang terdiri dari fungsi-fungsi tambahan untuk aplikasi khusus. Matlab juga bersifat *extensible* yaitu seorang pengguna dapat menulis fungsi baru untuk ditambahkan di *library* jika fungsi-fungsi *built-in* yang tersedia tidak dapat melakukan tugas tertentu.

Matlab banyak digunakan pada :

- a. Matematika dan komputasi
- b. Pengembangan dan algoritma
- c. Pemrograman modeling, simulasi, dan pembuatan prototype
- d. Analisis data, eksplorasi, dan visualisasi
- e. Analisis numeric dan statistika
- f. Pengembangan aplikasi teknik

Matlab juga memiliki fasilitas yang dapat digunakan untuk mengefisiensi suatu program yaitu GUI (*Graphic User Interfaces*). GUI merupakan matlab *script* file yang dibuat untuk menunjukkan analisis suatu permasalahan khusus (Arhami dan Desiani,2005).

I. Citra Digital

Definisi citra menurut kamus Webster adalah suatu representasi, kemiripan atau imitasi dari suatu objek atau benda. Suatu citra digital melalui pengolahan citra digital (*digital image processing*) menghasilkan citra digital yang baru, termasuk di dalamnya ada perbaikan citra (*image restoration*) dan peningkatan kualitas citra (*image enhancement*). Sedangkan analisis citra digital (*digital image analysis*) menghasilkan suatu keputusan atau suatu data, termasuk di dalamnya adalah pengenalan pola (*pattern recognition*) (Achmad dan Firdausy, 2013).

1. Dasar-Dasar Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra merupakan sebuah metode hasil pengembangan pemahaman dasar visual manusia. Dalam prosesnya, pengolahan citra meliputi beberapa proses dasar seperti pengambilan citra, *image sampling* dan kuantisasi .

- a. Pengambilan Citra, dilakukan menggunakan *array CCD*. *Array CCD* (*Charge Couple Device*) banyak diaplikasikan pada kamera digital, yang berfungsi sebagai sensor optik pada kamera digital. Sensor ini memiliki hasil yang proporsional terhadap integral energi cahaya yang diproyeksikan ke permukaan sensor (Prasetyo, 2011).
- b. *Image Sampling* dan Kuantisasi. *Sampling* merupakan proses pendigitalisasian nilai koordinat, sedangkan kuantisasi merupakan pendigitalisasian nilai amplitudo (Prasetyo, 2011). *Sampling* menyatakan besarnya kotak-kotak yang disusun dalam baris dan kolom atau dengan kata lain besar kecilnya ukuran *pixel* pada citra, sedangkan kuantisasi

menyatakan besarnya nilai tingkat kecerahan yang dinyatakan dalam tingkat keabuan sesuai dengan jumlah bit biner yang dipakai (Basuki dkk., 2005).

2. Operasi Pengolahan Citra

Pengolahan citra pada dasarnya dilakukan dengan cara memodifikasi setiap titik dalam citra tersebut sesuai keperluan. Secara garis besar, modifikasi tersebut dikelompokkan menjadi enam yaitu :

- a. Operasi titik, pada operasi ini setiap titik diolah secara tidak gayut terhadap titik yang lain.
- b. Operasi global, karakteristik global biasanya berupa sifat statistik dari citra yang digunakan untuk memodifikasi nilai setiap titik.
- c. Operasi temporal/berbasis bingkai, sebuah citra diolah dengan cara dikombinasikan dengan citra lain.
- d. Operasi geometri, dimana bentuk, ukuran, atau orientasi citra dimodifikasi secara geometris.
- e. Operasi banyak titik bertetangga, pada operasi ini data dari titik-titik yang bersebelahan (bertetangga) dengan titik yang ditinjau ikut berperan dalam mengubah nilai.
- f. Operasi morfologi, yaitu operasi berdasarkan segmen atau bagian dalam citra yang menjadi perhatian (Achmad dan Firdausy, 2013).

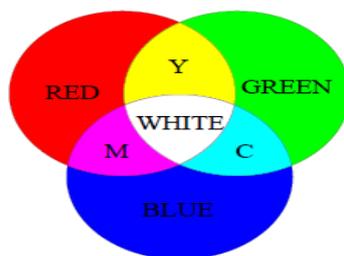
3. Citra Skala Keabuan (*Gray Scale*)

Citra skala keabuan memberi kemungkinan warna yang lebih banyak daripada citra biner karena ada nilai-nilai lain diantara nilai minimum (biasanya=0) dan

nilai maksimumnya. Banyaknya kemungkinan nilai minimum dan nilai maksimumnya bergantung pada jumlah bit yang digunakan. Sebagai contoh untuk skala keabuan 4 bit maka jumlah kemungkinan nilainya adalah $2^4=16$ dan nilai maksimumnya adalah $2^4-1=15$, sedangkan untuk skala keabuan 8 bit maka jumlah kemungkinan nilainya adalah $2^8=256$ dan nilai maksimumnya adalah $2^8-1=255$.

4. Citra Warna (*True Color*)

Pada citra warna setiap titik mempunyai warna spesifik yang merupakan kombinasi dari tiga warna dasar, yaitu merah, hijau, dan biru. Format citra ini sering disebut dengan citra RGB (*red-green-blue*). Setiap warna dasar mempunyai intensitas sendiri dengan nilai maksimum 255 (8bit), misalnya warna kuning merupakan kombinasi warna merah dan hijau sehingga nilai RGB-nya adalah 255 225 0, sedangkan warna ungu muda nilai RGB-nya adalah 150 0 150. Jadi setiap titik pada citra warna membutuhkan data sebesar 3 byte.

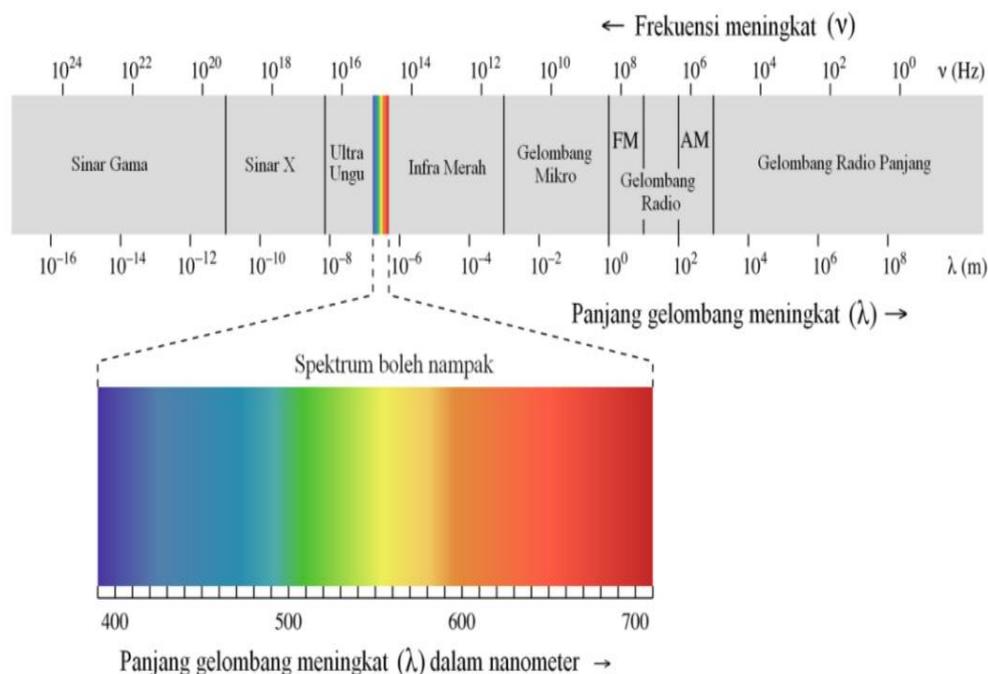


Gambar 2.12 Format Citra RGB

5. Dasar-dasar Warna

Pada tahun 1966, Sir Isaac Newton mendiskusikan bahwa ketika cahaya dilewatkan ke kaca prisma, kemunculan cahaya tidak putih melainkan terdiri dari spektrum kontinu dari warna dengan range dari violet sampai merah. Benda yang

memantulkan cahaya dibatasi range spektrum *visible* yang ditunjukkan beberapa bentuk warna. Misalnya, objek *green* memantulkan cahaya dengan panjang gelombang utamanya dalam range 500 sampai 570 nm. Berikut ini gambar dari panjang gelombang *visible* spektrum elektromagnetik.



Gambar 2.13 Panjang Gelombang Elektromagnetik

Cahaya kromatis merentangkan spektrum elektromagnetik mulai dari sekitar 400-700 nm. Tiga kuantitas dasar yang digunakan untuk menggambarkan kualitas sumber cahaya kromatis adalah *radiance*, *luminance*, dan *brightness*. *Radiance* adalah jumlah perkiraan energi yang mengalir dari sumber cahaya, dan biasanya diukur dalam watt (W). *Luminance* diukur dalam lumens (lm), memberikan ukuran perkiraan energi yang dilihat observer dari sumber cahaya. Misalnya, cahaya diemisikan dari operasi sumber dalam jarak region infrared dari spektrum yang dapat mempunyai energi signifikan (*radiance*), tetapi *observer* akan

kesulitan melihatnya, dan luminasinya hampir menjadi nol. *Brightness* adalah deskriptor subyektif yang secara praktek tidak mungkin diukur (Prasetyo, 2011).

Cones adalah sensor dalam mata yang dapat merespon warna. Jumlah *cones* pada setiap mata antara 6 sampai 7 juta yang dapat dibagi ke dalam tiga kategori utama, yaitu *red*, *green*, dan *blue*. Perkiraanannya 65% dari semua *cones* sensitif terhadap cahaya merah (*red*), 33% sensitif terhadap cahaya hijau (*green*), dan hanya sekitar 2% sensitif terhadap warna biru. Untuk tujuan standarisasi, CIE (*Commision International de l'Eclairage The International Commission on Illumination*) didesain tahun 1931 bahwa nilai panjang gelombang menjadi tiga warna pokok yaitu *blue* 435,8 nm, *green* 546,1 nm, dan *red* 700 nm (Prasetyo, 2011).

J. Analisis Statistika

Statistika adalah ilmu tentang pengolahan dan analisis suatu data hingga penarikan kesimpulan dari data itu. Sedangkan statistik adalah hasil pengolahan dan analisis dari data itu (Harmed, 1982). Analisis statistika merupakan analisis terhadap suatu data dalam upaya mengolah data menjadi informasi, sehingga karakteristik atau sifat-sifat data tersebut dapat dengan mudah dipahami dan bermanfaat untuk menjawab masalah-masalah yang berkaitan dengan kegiatan penelitian. Pengolahan data dalam analisis statistika dilakukan dengan perhitungan matematis. Penentuan kekasaran suatu bahan dapat dilakukan dengan analisis statistika menggunakan parameter yang beragam. Parameter kekasaran standar yang sering digunakan dalam praktek diantaranya adalah :

1. Mean Absolute Value (MAV)

Mean Absolute Value (MAV) untuk menentukan ekstraksi ciri berdasarkan bentuk gelombang yang dihasilkan oleh citra sisik ikan dengan persamaan berikut :

$$MAV_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x \quad (2.19)$$

Penambahan semua nilai x_i mutlak dalam segmen k dan membaginya dengan panjang segmen N .

2. Variance (VAR)

Variance (VAR) merupakan salah satu fungsi kawasan ruang untuk mengetahui suatu variable acak dengan persamaan berikut :

$$VAR_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i + \bar{x})^2 \quad (2.20)$$

Variance dari variabel acak dapat didefinisikan sebagai nilai yang diharapkan dari kuadrat perbedaan antara variabel acak dan rata-rata.

3. Standar Deviation (STD)

Deviasi standar dari suatu himpunan yang terdiri atas N bilangan disimbolkan X_1, X_2, \dots, X_N dengan s , didefinisikan sebagai :

$$s = \sqrt{\sum_{j=1}^N \frac{(x_j - \bar{x})^2}{N}} = \sqrt{\sum \frac{(x)^2}{N}} \quad (2.21)$$

Dimana x mempresentasikan deviasi dari masing – masing bilangan X_j terhadap rata – rata \bar{X} . Jadi s adalah akar kuadrat rata-rata dari deviasi terhadap rata-ratanya

atau sering disebut pula dengan istilah deviasi akar kuadrat rata-rata (*root mean square deviation*) (Spiegel, dkk.2007).

Standar deviasi dapat digunakan sebagai pembandingan nilai *varians* pada kulit ikan. Semakin besar nilai *varians* maka nilai *standard deviation* (STD) nya semakin besar. Begitupula sebaliknya semakin kecil nilai *varians* maka nilai *standard deviation* (STD) nya juga semakin kecil.

K. Profilling

Profilling merupakan metode penarikan garis pada citra keabuan untuk mendapatkan *line profile* suatu citra dalam bentuk gelombang. Penarikan garis dapat dilakukan di tiga titik yang berbeda sehingga dapat mewakili permukaan keseluruhan citra (Iffa, 2015). Dari hasil *line profile* dalam bentuk gelombang ini kemudian kandungan formalin dapat di analisa melalui selisih nilai *graylevel* yang diperoleh melalui perhitungan analisis statistika.

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2016 sampai dengan bulan November 2016 dan bertempat di Laboratorium Elektronika Dasar dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Webcam

Pada penelitian ini menggunakan *webcame* A4TECH untuk mengambil gambar atau citra. Adapun spesifikasi dari *Webcame* tersebut yaitu :

Tabel 3.1 Spesifikasi *Webcame*

Deskripsi	Spesifikasi
<i>Merk</i>	A4TECH "Anti-glare Webcam"
<i>Image Sensor</i>	1/6" CMOS, 640 x 480 pixels
<i>Focus range</i>	Automatic 10 cm
<i>Computer interface</i>	USB 2.0
<i>Lens</i>	$F=2.4, f=3.5 \text{ mm}$
<i>Resolution</i>	16 megapixel

2. Multimeter Digital dan Analog, digunakan untuk mengukur tegangan pada batu baterai.

3. PC atau *Personal Computer*

PC digunakan untuk aplikasi pengolahan citra dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3.2 Spesifikasi *Personal Computer*

Deskripsi	Spesifikasi
<i>Processor</i>	<i>Intel ® Atom™ N550 (1.5GHz, 1MB L2 cache)</i>
<i>Video</i>	<i>Intel ® Graphics</i>
<i>RAM</i>	<i>1 GB</i>
<i>Hard Disk</i>	<i>320 GB</i>
<i>Operating System</i>	<i>Window 7, 32 bit</i>

4. *Software*

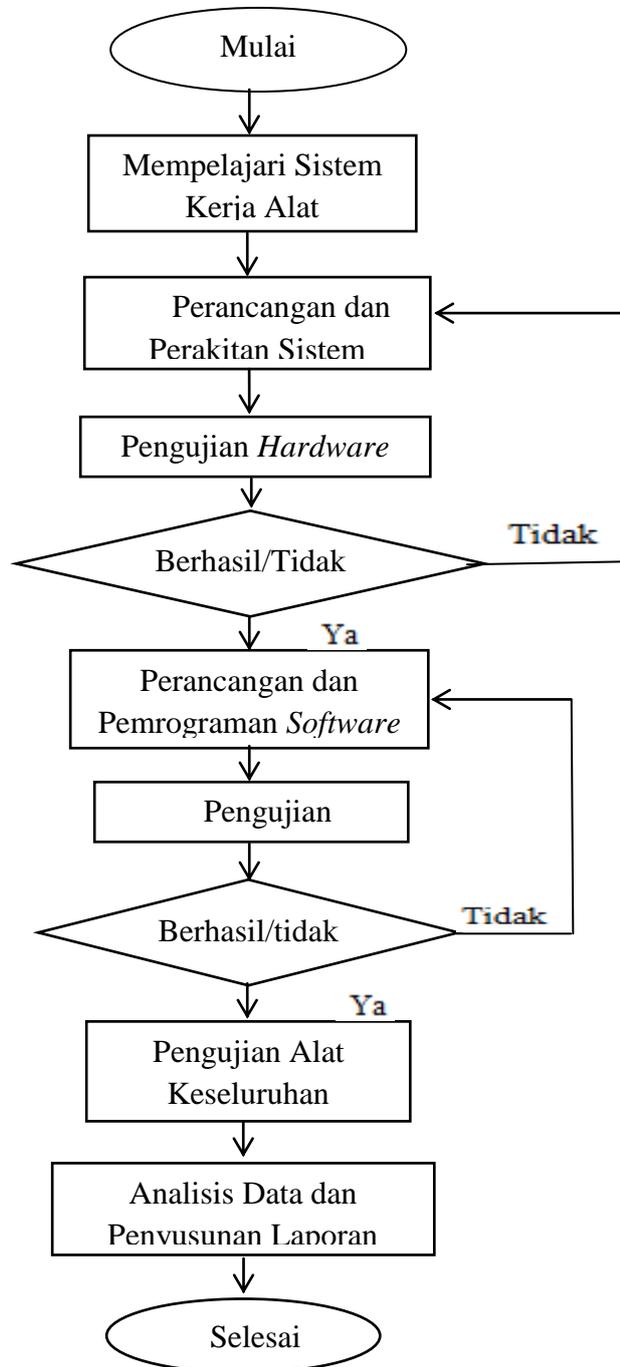
Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini yaitu MATLAB R2009a yang berfungsi untuk mengolah citra kulit ikan dengan menghitung masing-masing nilai statistika dan RGB nya.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. LED, digunakan sebagai sumber cahaya.
2. Batu Baterai, berfungsi sebagai sumber tegangan.
3. *Switch*, berfungsi sebagai pemutus atau penyambung arus listrik.
4. Kabel Penghubung, digunakan untuk menghubungkan komponen-komponen elektronika.
5. IC 7805 digunakan untuk menurunkan nilai tegangan masukan dari baterai.
6. Matlab, *software* yang digunakan untuk proses pengolahan citra.
7. Ikan gurami dan formalin, sebagai objek uji dan zat yang akan di deteksi.

C. Prosedur Penelitian

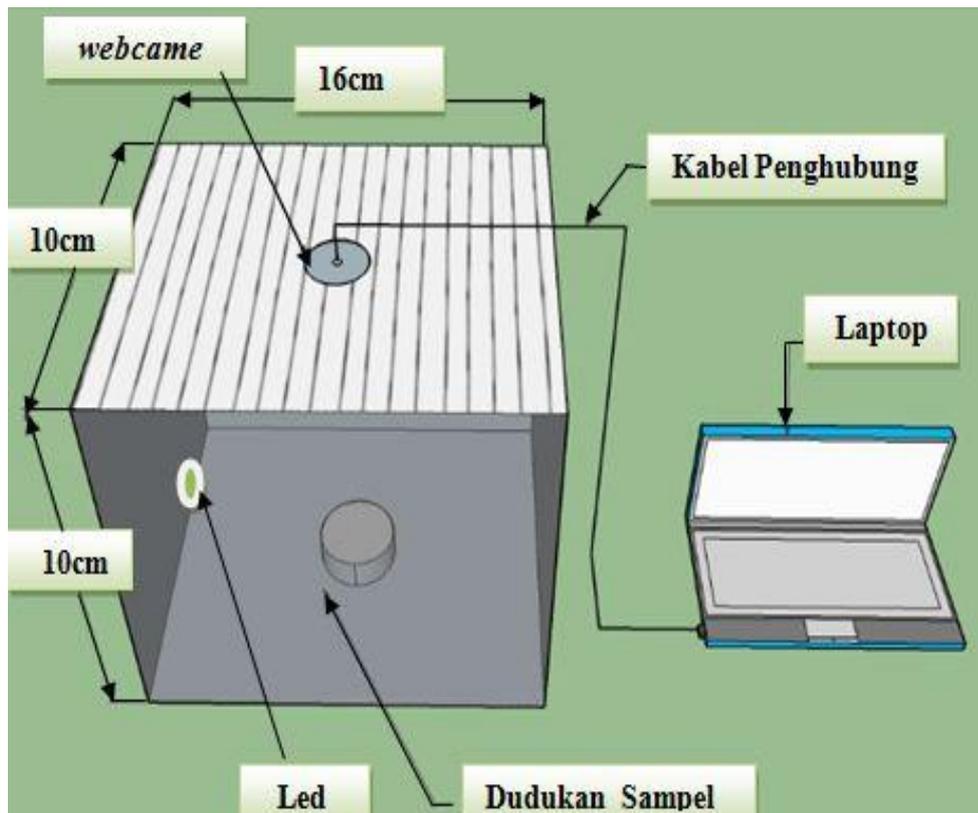
Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini yaitu :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

1. Desain Penelitian

Langkah awal dari penelitian ini yaitu membuat desain alat terdiri dari sebuah kotak gelap yang tidak tembus cahaya digunakan untuk menempatkan objek, LED sebagai sumber cahaya, dan ikan gurami sebagai objek penelitian. LED yang digunakan yaitu berwarna merah, hijau, biru, dan putih.

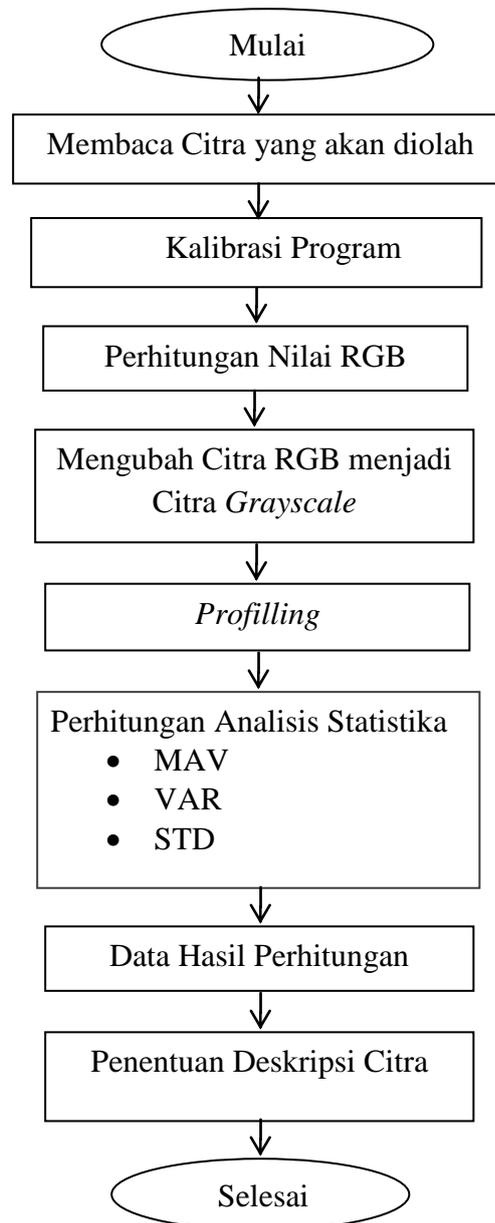


Gambar 3.2 Desain Penelitian

Ikan yang digunakan sebagai objek yaitu ikan basah. Secara kasat mata ikan yang telah diberi formalin terlihat lebih mengkilat dibandingkan dengan ikan tanpa formalin. Dibagian atas kotak diberi lubang untuk memasang *webcam* dan disamping kiri kotak diberi lubang untuk memasang LED. Setelah mengambil citra menggunakan *webcam*, citra dikirim ke laptop kemudian dilakukan pengolahan citra menggunakan MATLAB.

2. Rancangan Sistem Pengolahan Citra

Langkah-langkah yang dilakukan pada sistem pengolahan citra penelitian ini yaitu dijelaskan pada diagram blok rancangan sistem berikut ini :



Gambar 3.3 Diagram alir Perancangan Sistem

Proses pada diagram alir sistem di atas, dilakukan secara berulang untuk masing-masing warna LED. Pengolahan citra ini menghasilkan nilai analisis statistika dan RGB.

a. Membaca citra yang akan diolah

Pada proses ini citra yang sudah diambil menggunakan *webcam* kemudian dibaca oleh sistem dalam hal ini yaitu pembacaan citra dilakukan oleh MATLAB.

b. Kalibrasi Program

proses ini bertujuan untuk memastikan apakah program siap digunakan atau tidak, dan untuk menghasilkan data yang akurat dengan ketelitian tertentu.

c. Perhitungan Nilai RGB

Proses ini dilakukan untuk mendapatkan nilai RGB pada masing-masing LED dengan konsentrasi formalin yang berbeda, proses ini dilakukan pengulangan sebanyak 3x untuk menghasilkan nilai rata-rata yang akurat.

d. Merubah citra RGB menjadi citra *Grayscale*

Proses ini digunakan untuk mengubah citra RGB menjadi citra *grayscale* atau citra skala keabuan, sehingga warna yang ditampilkan yaitu hitam sebagai warna minimal dan putih sebagai warna maksimalnya dan warna antara keduanya yaitu abu-abu.

e. *Profiling*

Profiling merupakan proses penarikan garis pada citra *grayscale* untuk menghasilkan *line profile* dengan bentuk gelombang. Penarikan garis dilakukan pada 3 titik yang mewakili sampel secara keseluruhan.

3. Pengambilan Data

Data yang diambil pada penelitian ini yaitu nilai RGB dan analisis statistika pada ikan tanpa formalin dan berformalin dengan konsentrasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Pengambilan data tersebut dapat mempermudah analisis dalam penelitian ini sehingga dapat ditarik suatu kesimpulan.

a. Pengambilan Data untuk Nilai Analisis Statistika

Proses ini dilakukan untuk mendapatkan nilai hasil perhitungan analisis statistika yaitu *Variance* (VAR), STD, dan MAV.

Tabel 3.3 Data Hasil Perhitungan Nilai Analisis Statistika

No	LED	Kandungan Formalin	Nilai Analisis Statistika		
			MAV	VAR	STD
1	Merah (Red)	0%			
		5%			
		10%			
		15%			
		20%			
2	Hijau (Green)	0%			
		5%			
		10%			
		15%			
		20%			
3	Biru (Blue)	0%			
		10%			
		15%			
		20%			
4	Putih (White)	0%			
		5%			
		10%			
		15%			
		20%			

b. Pengambilan Data untuk Nilai RGB

Pengambilan data ini dilakukan untuk memperoleh nilai RGB pada objek untuk setiap konsentrasi yang berbeda.

Tabel 3.4 Data Hasil Perhitungan Nilai RGB

No	LED	Kandungan Formalin	Nilai			Rata-rata Total
			R	G	B	
1	Merah (Red)	0%				
		5%				
		10%				
		15%				
		20%				
2	Hijau (Green)	0%				
		5%				
		10%				
		15%				
		20%				
3	Biru (Blue)	0%				
		5%				
		10%				
		15%				
		20%				
4	Putih (White)	0%				
		5%				
		10%				
		15%				
		20%				

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Deteksi kandungan formalin pada ikan bersisik bisa dilakukan dengan pengolahan citra yaitu dengan menghitung nilai RGB dan nilai *graylevel* menggunakan perhitungan analisis statistika. Akuisisi data nya bisa memanfaatkan sensor optik pada webcam yang dihubungkan pada laptop atau PC.
2. Semakin besar panjang gelombang cahaya maka nilai MAV, VAR, dan STD yang diperoleh semakin kecil.
3. Dari setiap sumber cahaya tidak diperoleh data yang menjawab teori secara sempurna, hanya saja diperoleh nilai yang semakin menurun pada rentang konsentrasi tertentu seperti pada led merah nilai MAV, VAR, dan STD semakin menurun pada konsentrasi 10%, 15% dan 20%. Pada led hijau nilai STD menurun pada konsentrasi 10%, 15% dan 20%.
4. Led biru menghasilkan data yang lebih baik pada perekam RGB untuk nilai R dan G dibandingkan yang lain, karena respon yang dihasilkan data menurun pada konsentrasi 0 % ke 5%, dan dari 15% ke 20%.

B. Saran

Adapun saran penulis berdasarkan penelitian yang dilakukan dan hasil yang diperoleh yaitu meningkatkan ketelitian dan ketepatan pada saat pengambilan data, jarak kamera ke benda kemudian posisi led atau sumber cahaya serta penempatan posisi ikan juga harus lebih diperhatikan sesuai dengan jarak yang telah ditentukan. Melakukan penelitian dengan waktu perendaman yang berbeda serta menggunakan kamera yang memiliki resolusi yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Balza., dan Kartika Firdausy. 2013. *Pengolahan Citra Digital Menggunakan Delphi*. ANDI OFFSET. Yogyakarta.
- Adlim, M., Hasan, Z. Fitri, Y. Amri, M. Sari, dan S. Mahya. 2011. Preparation of Chemical Sensors for Simple Formalin Detection in Contaminated Food. *Proceedings of The Annual International Conference Syiah Kuala University*. Vol 01, No 02, Pp 1-8.
- Anggriawan, Randi dwi., C. D. Anggraini, Susiana, P. Y. Sari, M. Firdaus, dan A. Rahem. 2014. PERFORMA (Paper Test Kit Formalin) as The Alternative Selection to Improve the Quality of Food Ingredients. *Food Science and Quality Management*. Vol 31, Pp 122-126.
- Arhami, Muhammad., dan Anita Desiani. 2005. *Pemrograman Matlab*. ANDI. Yogyakarta
- Bass, M., Stryland, E. V., Williams, D. R. dan Wolfe, W. L.. 1995. *Handbook of Optics Volume II Devices, Measurement, and Properties*. McGraw-Hill. United States of America.
- Basuki, A., Palandi, J. F., dan Fatchurohman. 2005. *Pengolahan Citra Digital Menggunakan Visual Basic*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Bishop, O. 1995. *Understand Electronics*. Newnes. London.
- Dreisbach, Robert H. 1982. *HandBook of Poisoning*. University of Washington. Washington.
- Fauziah, Munayah. 2005. *Pengelolaan Aman Limbah Layanan Kesehatan. Terjemahan Dari Safe Management of wastes from Health Care Activities 1999*. Pruss,A. WHO.
- Fitrya, Neneng., Sandra, dan Harmadi. 2013. Analisis Kontras Spekel Menggunakan LSI (Laser Speckel Imaging) Untuk Mendeteksi Formalin Pada Tomat (*Lycopersicum Esculentum Mill*). *Jurnal Fisika dan Aplikanya*. Vol 09, No 02, Pp 80-85.

- Fraden, J. 2014. *Handbook Of Modern Sensor Physics, Design and Application*. Springer Verlag. New York.
- Giancoli, C Douglas. 2001. *Fisika edisi ke lima Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.
- Harmed, Donald L. 1982. *Statistical Methods (Third Edition)*. Philippines. Addison Wesley Publishing Company.
- Heimbeker, B., Nowikow, I., Howes, C.T., Mantha, J., Smith, B. P dan Bommel, H. M. 2002. *Physics Concept and Connections Book Two*. Irwin Publishing. Canada. Halaman 481-485..
- Iffa, Putri Yulia Dzati. 2015. *Perbandingan Perhitungan Kekasaran Permukaan Kulit Tangan Dengan Metode Analisis Statistik Dan Dimensi Fraktal*. Skripsi. Universitas Lampung
- Jaman, Niloy., S. Hauque, S. C. Chakraborty, E. Hoq, dan H. P. Seal. 2015. Formaldehyde Content By Spectrophotometric Methode in Some Fresh Water and Marine Fishes Of Bangladesh. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. Vol 02, No 06, Pp 94-98.
- Kordi, M Ghufuran H. 2010. *Pemeliharaan 14 Ikan Air Tawar Ekonomis di Keramba Jaring Apung*. ANDI OFFSET. Yogyakarta.
- Krane, K. alih bahasa Hans J. W. 1992. *Fisika Modern*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Lister, E. C. 1998. *Mesin dan Rangkaian Listrik*. Erlangga. Jakarta.
- Mahdi, C. 2008. Mengenal Berbagai Produk Reagen Kit Tester Untuk Uji Formalin, Boraks, Zat Pewarna Berbahaya Dan Kandungan Yodium Pada Garam Beryodium. *Jurnal Peningkatan Mutu dan Teknologi Pangan*. Vol 03, Pp 118-128
- Mulono, H. J. 2005. *Toksikologi Lingkungan*. Universitas Erlangga. Surabaya.
- Prasetyo, Eko. 2011. *Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya Menggunakan Matlab*. ANDI OFFSET. Yogyakarta.
- Priyambodo, Tri Kuntoro dan Bambang Murdaka Eka Jati. 2010. *Fisika Dasar Listrik-Magnet, Optika, Fisika Modern untuk mahasiswa ilmu-ilmu Eksakta dan Teknik*. ANDI OFFSET. Yogyakarta.
- Saparinto, Cahyo. 2011. *Budidaya Gurami di Lahan Terbatas*. Lily Publisher. Yogyakarta.

- Singgih, Haryadi. 2013. Uji Kandungan Formalin Pada Ikan Asin Menggunakan Sensor Warna Dengan Bantuan FMR. *Jurnal ELTEK*. Vol 11, No 01, Pp 55-70.
- Soedoyo, Peter. 1999. *Fisika Dasar*. ANDI OFFSET. Yogyakarta.
- Spiegel, Murray R dan Larry J Stephens. 2007 . *Statistika Edisi 3*. Erlangga. Jakarta.
- Sugiharto, A. 2002. *Penerapan Dasar Transduser dan Sensor*. Kanisius. Yogyakarta.
- Suwahono., S. Marroh, dan A. N. Fadlila. 2009. Analisis Kualitatif Formaldehid Pada Mie Basah. *Jurnal Of Agriculture and Foof Science*. Vol 04, No 02, Pp 130-137.
- Tipler. 1991. *Fisika Untuk Sains dan Teknik Jilid 2*. Erlangga. Jakarta.
- Wiliyana. 2012. *Perbandingan Algoritma Arithmetic Dengan Geometric Mean Filter Untuk Reduksi Noise Pada Citra*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Winarno, F. G. 2007. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT.Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Wulan, Sri Ratna Sari. 2015. *Identifikasi Formalin Pada Bakso Dari Pedangan Bakso Di Kecamatan Panakkukang Kota Makassar*. Skripsi. Fakultas Kedokteran Universitas Hasanudin Makasar.
- Yusuf, Momang. 2015. *Cara Kerja Kamera Digital*. <http://amateur-physics.blogspot.co.id/2015/03/cara-kerja-kamera-digital.html>. Jum'at, 30 Juli 2016 Pukul 10.30 WIB