

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR KELAYAKAN MINYAK GORENG
BEKAS MENGGUNAKAN SENSOR FOTODIODA
BERBASIS ARDUINO UNO**

(SKRIPSI)

Oleh

**Siti Roniah
NPM. 2017041008**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN ALAT UKUR KELAYAKAN MINYAK GORENG BEKAS MENGGUNAKAN SENSOR FOTODIODA BERBASIS ARDUINO UNO

Oleh

Siti Roniah

Minyak goreng merupakan salah satu bahan yang umum digunakan untuk memasak. Selain itu, minyak goreng juga berperan penting dalam menjaga kesehatan tubuh manusia. Masyarakat umumnya menggunakan minyak goreng hingga beberapa kali, hal ini menyebabkan turunnya kualitas dari minyak goreng tersebut. Oleh karena itu, dibuatlah alat ukur menggunakan sensor fotodioda dan inframerah untuk mendeteksi kekeruhan dan asam lemak bebas pada minyak goreng yang telah digunakan beberapa kali, sehingga dapat diketahui minyak tersebut apakah masih layak atau tidak untuk di konsumsi. Penelitian ini menggunakan 2 jenis sampel, yaitu minyak curah dan minyak kemasan yang digunakan sebanyak 2, 4 dan 6 kali pemakaian. Alat ini menampilkan informasi mengenai tingkat kekeruhan dan kadar asam lemak bebas pada minyak goreng. Hasil pengujian kekeruhan tertinggi pada sampel minyak curah sebesar 92,5 NTU dan untuk minyak kemasan sebesar 236 NTU. Hasil pengujian asam lemak bebas tertinggi untuk minyak curah yaitu sebesar 1,18% dan untuk minyak kemasan sebesar 1,31%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin sering minyak digunakan, maka nilai kekeruhan dan asam lemak bebas juga semakin tinggi, hal ini mengakibatkan minyak tersebut sudah tidak layak untuk di konsumsi.

Kata Kunci : Minyak, Fotodioda, Inframerah, Kekeruhan, Asam Lemak Bebas

ABSTRACT

DESIGN OF USED COOKING OIL FEASIBILITY MEASUREMENT TOOL USING ARDUINO UNO BASED PHOTODIODE SENSOR

By

Siti Roniah

Cooking oil is one of the most common ingredients used for cooking. In addition, cooking oil also plays an important role in maintaining the health of the human body. People generally use cooking oil up to several times, this causes a decrease in the quality of the cooking oil. Therefore, a measuring instrument was made using photodiode and infrared sensors to detect the turbidity and free fatty acid of cooking oil that has been used several times, so that it can be known whether the oil is still suitable or not for consumption. This research uses 2 types of samples, namely bulk oil and packaged oil which are used 2, 4 and 6 times. This tool displays information about the level of turbidity and free fatty acid content in cooking oil. The highest turbidity test result for bulk oil samples was 92.5 NTU and for packaged oil was 236 NTU. The highest free fatty acid test result for bulk oil was 1.18% and for packaged oil was 1.31%. These results show that the more oil is used, the higher the turbidity and free fatty acid values, resulting in the oil being unfit for consumption.

Keywords: *Oil, Photodiode, Infrared, Turbidity, Free Fatty Acid.*

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR KELAYAKAN MINYAK GORENG
BEKAS MENGGUNAKAN SENSOR FOTODIODA
BERBASIS ARDUINO UNO**

Oleh

Siti Roniah

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Sarjana
SARJANA SAINS**

Pada

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



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Penelitian : Rancang Bangun Alat Ukur Kelayakan Minyak
Goreng Bekas menggunakan Sensor Fotodioda
Berbasis Arduino Uno

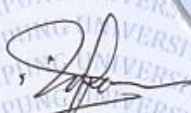
Nama Mahasiswa : Siti Roniah

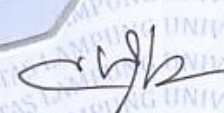
Nomor Pokok Mahasiswa : 2017041008

Jurusan : Fisika

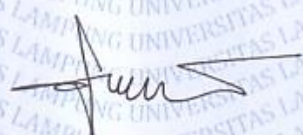
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




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


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

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA Unila


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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

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

Sekretaris

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

Penguji

Bukan Pembimbing

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



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 06 September 2024

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa didalam skripsi ini tidak terdapat karya orang lain dan tidak terdapat pendapat atau karya yang ditulis oleh orang lain kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

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

Bandar Lampung, 06 September 2024



Siti Roniah
NPM. 2017041008

RIWAYAT HIDUP



Penulis memiliki nama lengkap Siti Roniah yang lahir di Tangerang pada tanggal 20 November 2002. Penulis merupakan anak dari pasangan Duljani dan Munawaroh. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN Tanjakan 1 pada tahun 2014, MTsN 1 Tangerang pada tahun 2017 dan SMAN 2 Kabupaten Tangerang pada tahun 2020. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Lampung melalui SNMPTN pada tahun 2020. Selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung, penulis telah melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) pada tahun 2021 di Pusat Riset Konversi dan Konservasi Energi (BRIN) dengan judul “Analisis Sistem Stasiun Penukaran Baterai Kendaraan Listrik Umum (SPBKLU) Berbasis *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) menggunakan Mikrokontroler Esp32”. Penulis melakukan pengabdian masyarakat dengan mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode II di Desa Restu Buana, Kecamatan Rumbia, Lampung Tengah. Penulis melakukan kegiatan Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) pada tahun 2022 yang di amanahkan sebagai Bendahara Umum. Penulis juga mengikuti kegiatan Badan Eksekutif Mahasiswa Fmipa (BEMF) pada tahun 2023 yang di amanahkan sebagai Bendahara Dinas Hubungan Internal dan Kepemudaan. Serta pada tahun 2021 mengikuti kegiatan ROIS, HIMAFI dan BEM FMIPA sebagai anggota.

MOTTO

“ keberhasilan bukan milik orang yang pintar. Keberhasilan adalah kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha”

- B.J. Habibie –

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.”

- (Q.S Ar-Ra'd: 11) -

PERSEMBAHAN

Kedua Orang Tuaku

Ayahku Duljani

&

Ibuku Munawaroh

Keluarga besar, Bapak dan Ibu Dosen Fisika FMIPA Unila dan teman-temanku

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, atas segala berkat, rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini yang bertempat di Universitas Lampung. Dengan judul “**Rancang Bangun Alat Ukur Kelayakan Minyak Goreng Bekas menggunakan Sensor Fotodiode Berbasis Arduino Uno**”. Hasil penelitian ini disusun memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan TA dan juga syarat memenuhi salah satu mata kuliah wajib di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna dalam penulisan berikutnya yang lebih baik. Semoga laporan ini bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Bandar Lampung, 06 September 2024

Siti Roniah
NPM. 2017041008

SANWACANA

Puji Syukur Kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan proposal penelitian dengan judul **“Rancang Bangun Alat Ukur Kelayakan Minyak Goreng bekas menggunakan Sensor Fotodiode Berbasis Arduino Uno”**. Pada kesempatan kali ini dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terimakasih pada pihak-pihak yang turut membantu. Penulisan skripsi ini tidak dapat terwujud tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak, baik berupa tenaga maupun pikiran. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis haturkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT. Yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran penulis dalam melakukan berbagai hal.
2. Kedua Orangtua Duljani dan Munawaroh yang senantiasa berdoa untuk kelancaran penulis serta memberikan semangat, dorongan dan motivasi sampai saat ini.
3. Bapak Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku ketua jurusan Fisika FMIPA Unila yang telah membantu penulis dalam melakukan kegiatan selama menjadi mahasiswa, serta memberikan ilmu, motivasi, semangat, dan dukungan kepada penulis untuk menyusun tugas akhir.
4. Ibu Dr. Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing I yang telah membantu penulis dalam menyusun proposal tugas akhir serta memberikan semangat, motivasi, dukungan, ilmu, saran dan masukan kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Ibu Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan saran, dorongan, ilmu dan dukungan supaya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir tepat waktu.

6. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran, dorongan, ilmu dan dukungan supaya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir tepat waktu.
7. Ibu Suprihatin, S.Si., M.Si. sebagai pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
8. Segenap Dosen Jurusan Fisika FMIPA Unila yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis.
9. Adik Eros Caesar Febriyano dan kakak Asri Fajar Sidiq yang senantiasa mendukung dan mendoakan penulis dalam menyelesaikan perkuliahan.
10. Teman temanku Agriffa, Bella, Lola, Shinta, Puja dan Taris yang selalu ada memberikan dukungan, bantuan, saran dan kebersamaannya selama perkuliahan.
11. Teman – teman fisika angkatan 2020 yang telah berjuang selama ini, terimakasih telah memberikan semangat, dukungan dan kenangan selama penulis menuntut ilmu di Jurusan Fisika Fmipa Unila.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, sekalipun sudah berusaha dengan kemampuan yang dimiliki untuk menyempurnakan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menerima segala kritik dan saran yang membangun dari semua pihak baik itu penulis maupun untuk pembaca. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan umum bagi masyarakat.

Bandar Lampung, 06 September 2024

Siti Roniah
NPM. 2017041008

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
HALAMAN JUDUL	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
MENGESAHKAN	vi
PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xviii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terkait	5
2.2 Dasar Teori	10
2.2.1 Minyak Goreng	10
2.2.2 Kadar Asam Lemak Bebas	11

2.2.3	Kekeruhan Minyak Goreng.....	13
2.2.4	Sensor Inframerah	14
2.2.5	Fotodioda	16
2.2.6	Mikrokontroler Arduino Uno	17
2.2.7	LCD 12x6.....	19

III. METODE PENELITIAN

3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.2	Alat dan Bahan	21
3.3	Tahapan Penelitian.....	22
3.3.1	Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	24
3.3.2	Rancangan <i>Software</i>	27
3.3.3	Pengujian alat dan pengambilan data.....	27
3.3.4	Kalibrasi pengujian laboratorium kekeruhan & asam lemak bebas	29
3.3.5	Konversi data kekeruhan ke tegangan.....	30
3.3.6	Konversi nilai kekeruhan dengan nilai asam lemak bebas.....	31
3.3.7	Tingkat akurasi dan kesalahan pada kekeruhan dan ALB pada alat	32

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Realisasi Alat Sistem	35
4.2	Pengujian Sistem	36
4.2.1	Pengambilan Sampel.....	36
4.2.2	Pengujian Sistem Sensor Inframerah dan Fotodioda	38
4.2.3	Pengujian Sistem <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD).....	40
4.3	Pengujian Sistem Keseluruhan	42
4.3.1	Hubungan Kekeruhan terhadap Tegangan Input.....	42
4.3.2	Hubungan Kekeruhan terhadap Asam Lemak Bebas.....	47
4.3.3	Akurasi dan Presisi alat kekeruhan minyak	50
4.3.4	Pengujian beberapa sampel minyak makanan di masyarakat	52

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	53
5.2	Saran	53

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Rantai Karbon asam lemak bebas.....	12
Gambar 2.2 Sensor Inframerah dengan (a) Fototransistor dan (b) Fotodioda.....	15
Gambar 2.3 Proses pemantulan, penerusan gelombang Infrared.	15
Gambar 2.4 Skema kerja fotodioda (a) ke bawah (b) ke atas.	16
Gambar 2.5 Skematik Mikrokontroler Arduino Uno.....	19
Gambar 2.6 LCD I2C untuk (a) skematik LCD (b) komponen pada LCD.	20
Gambar 3.1 Diagram alir tahapan penelitian.....	23
Gambar 3.2 Diagram blok perancangan.	24
Gambar 3.3 Rangkaian alat keseluruhan.	25
Gambar 3.4 Desain rancang alat ukur kekeruhan minyak.....	26
Gambar 3.5 Diagram alir pemrograman.....	27
Gambar 3.6 Grafik konversi kekeruhan & tegangan minyak curah & kemasan. 31	31
Gambar 3.7 Grafik karakteristik konversi kekeruhan dengan asam lemak 32	32
Gambar 4.1 Realisasi komponen alat turbidity oil.	35
Gambar 4.2 Realisasi alat keseluruhan.....	36
Gambar 4.3 Minyak belum terpakai.	37
Gambar 4.4 Minyak yang sudah terpakai.....	37
Gambar 4.5 Rangkaian inframerah dan fotodioda.....	38
Gambar 4.6 Rangkaian pengambilan data jarak (a) tanpa penghalang 39	39
Gambar 4.7 Rangkaian pengujian LCD 40	40
Gambar 4.8 Hasil penampilan pengujian LCD (a) Mode minyak kemasan..... 42	42
Gambar 4.9 Grafik kalibrasi karakteristik sistem dengan minyak curah 45	45
Gambar 4.10 Grafik kalibrasi karakteristik sistem dengan minyak kemasan. 47	47
Gambar 4.11 Grafik kalibrasi kekeruhan dan asam lemak curah. 48	48
Gambar 4.12 Grafik konversi kekeruhan dan asam lemak..... 49	49

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Uno R3	18
Tabel 3.1 Alat-alat Penelitian.....	21
Tabel 3.2 Bahan-bahan Penelitian	21
Tabel 3.3 Perangkat lunak yang digunakan	22
Tabel 3.4 Pengukuran tegangan dengan jarak	28
Tabel 3.5 Data pengukuran tegangan minyak	29
Tabel 3.6 Hasil pengujian laboratorium kekeruhan dan asam lemak bebas	30
Tabel 3.7 Nilai kekeruhan laboratorium dan nilai tegangan.....	30
Tabel 3.8 Pengambilan data kekeruhan dan ALB minyak curah dan	31
Tabel 3.9 Data pengukuran kekeruhan minyak di laboratorium	33
Tabel 3.10 Data pengukuran asam lemak bebas minyak di laboratorium	33
Tabel 4.1 Data pengukuran tegangan dengan jarak.....	39
Tabel 4.2 Nilai tegangan minyak curah dan minyak kemasan	43
Tabel 4.3 Data konversi minyak curah	44
Tabel 4.4 Data konversi minyak kemasan	46
Tabel 4.5 Hasil pengujian kekeruhan dan asam lemak bebas minyak curah.....	48
Tabel 4.6 Hasil pengujian kekeruhan dan asam lemak bebas minyak kemasan...	49
Tabel 4.7 Hasil pengujian kekeruhan alat buatan (A : 2 pemakaian, B : 4.....	50
Tabel 4.8 Hasil pengujian asam lemak bebas alat buatan (A : 2 pemakaian, B : .	51
Tabel 4.9 Pengujian beberapa jenis sampel	52

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Minyak goreng merupakan salah satu kebutuhan masyarakat yang sering digunakan setiap hari. Umumnya masyarakat menggunakan minyak goreng secara berulang kali untuk menggoreng makanan. Minyak goreng dengan pemanasan tinggi yang digunakan secara berulang kali sangat tidak baik untuk kesehatan tubuh manusia. Minyak goreng selama masa penggorengan dengan suhu yang tinggi akan mengakibatkan kerusakan pada bahan gorengan sehingga cita rasa menjadi tidak enak, terjadinya kerusakan vitamin dan asam lemak esensial pada minyak akan meningkat (Rusdiana, 2015). Laju perubahan kimia dan tingkat kerusakan minyak tergantung pada jenis minyak dan pemanasan pada minyak. Kerusakan akibat pemanasan pada suhu tinggi sekitar 200 – 250° akan merusak kandungan yang ada didalam minyak. Penggunaan minyak berulang kali (lebih dari 1) dengan suhu tinggi mengakibatkan keracunan dalam tubuh manusia dan berbagai macam penyakit seperti diare, pengendapan lemak dalam pembuluh darah, kanker dan menurunkan nilai pencernaan lemak (Nainggolan dkk, 2016). Menurut badan standarisasi SNI, standar kelayakan minyak goreng di Indonesia maksimal kadar asam lemak bebasnya yaitu 0,30 % dan nilai kekeruhannya 25 NTU.

Minyak mempunyai parameter sifat fisik dan sifat kimia yang menjadi petunjuk/indikator kualitas dalam minyak. Parameter sifat fisik minyak meliputi bau, kelarutan, warna, titik cair, bobot jenis, titik kekeruhan, titik didih, titik pelunakan, titik nyala dan titik api. Sedangkan parameter sifat kimia pada minyak meliputi hidrolisa, hidrogenasi dan oksidasi. Untuk menentukan suatu standar kelayakan minyak goreng terdiri dari beberapa faktor yaitu kandungan air, warna,

bilangan peroksida, kotoran dalam minyak dan kandungan asam lemak bebas (Sutiah dkk, 2008). Mengonsumsi asam lemak bebas dapat mengakibatkan seseorang beresiko tinggi terkena penyakit diabetes, jantung dan kanker. Standar mutu dari minyak goreng yang baik mempunyai kadar air kurang dari 0,1%, kadar kotoran kurang dari 0,01%, bebas dari warna merah dan kuning (harus berwarna pucat), tidak berwarna hijau, jernih, memiliki bilangan peroksida maksimal 2 mek O_2/kg , memiliki kadar asam lemak bebas 0,30 % dan memiliki kandungan logam berat serendah mungkin (kurang dari 2%) (Marofi dkk, 2017).

Minyak goreng bekas atau biasa disebut minyak jelantah merupakan senyawa yang mengandung karsinogenik dengan bilangan asam dan peroksida yang tinggi. Minyak jelantah yang dibuang sembarangan akan mengalir ke saluran air hingga mengubah senyawa air menjadi tidak layak pakai. Minyak jelantah termasuk limbah minyak yang berasal dari jenis-jenis minyak goreng seperti minyak jagung, minyak sayur, minyak samin dan minyak lainnya. Minyak jelantah merupakan minyak goreng yang sudah digunakan berulang kali misalnya empat kali pemakaian dan sudah turun kualitasnya. Lemak pada makanan tidak boleh mengandung lebih dari 0,30 % asam lemak bebas. Minyak goreng dapat digunakan hingga 3-4 kali pemakaian, namun berdampak pada asam lemak yang terkandung semakin jenuh dan berubah warna, sehingga menjadi kurang baik untuk dikonsumsi (Garnida dkk, 2022). Oleh sebab itu, untuk mengatasi permasalahan tersebut, dibutuhkan alat ukur kekeruhan dan asam lemak bebas minyak goreng menggunakan sensor fotodioda berbasis arduino uno untuk mengetahui minyak goreng tersebut masih layak digunakan atau tidak.

Penelitian terkait kekeruhan air sudah banyak dilakukan, tetapi masih sedikit yang melakukan penelitian mengenai kekeruhan minyak. Penelitian tersebut antara lain penelitian Fauziah dan Trafsilo (2023) menggunakan fotodioda dan LED inframerah untuk mendeteksi kekeruhan minyak dan menggunakan sensor TCS3200 untuk menentukan warna pada minyak. Metode yang digunakan dengan menaruh sensor pada alat penggorengan untuk mendeteksi minyak tersebut sehat atau tidak untuk digunakan, penelitian ini memiliki akurasi yaitu 71,42 %. Kelemahannya yaitu tidak ada pembandingan antara pemakaian berapa kali minyak

itu masih dikatakan sehat atau tidak. Zafran dkk, (2022) melakukan penelitian terkait frekuensi penggunaan minyak goreng untuk penggorengan ikan dan tahu menggunakan metode jaringan syaraf tiruan. Akurasi yang didapat sebesar 80 %. Marofi dkk, (2017) melakukan penelitian terkait penggunaan minyak goreng menggunakan metode bayes, penelitian ini digunakan untuk mendeteksi warna pada minyak yang digunakan beberapa kali pemakaian. Semakin tinggi nilai kekeruhan minyak goreng, maka nilai tegangan fotodioda semakin kecil. Kelemahannya yaitu akurasi mencapai 71,42%. Savira dkk, (2021) mengimplementasikan resiko peningkatan kadar glukosa dalam darah menggunakan fotodioda. Metode yang digunakan yaitu non-invasif atau tidak memerlukan sampel darah, yang kemudian memerlukan fotodioda untuk penerima cahaya dan inframerah pemberi cahaya. Penelitian ini mempunyai akurasi alat peningkatan kadar glukosa sebesar 98,66 %.

Berdasarkan penelitian – penelitian tersebut masih sedikit pengaplikasian sensor fotodioda untuk pengukuran kekeruhan minyak. Oleh sebab itu, penulis melakukan penelitian ini menggunakan sensor fotodioda dan mikrokontroler arduino uno untuk mengukur kelayakan minyak goreng menggunakan nilai kekeruhan dan kadar asam lemak bebas. Fotodioda akan menangkap cahaya dari inframerah yang dihalangi oleh sampel minyak berbeda, nilai kekeruhan dan asam lemak bebas akan dibaca oleh sensor dan ditampilkan pada LCD.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk merealisasikan sistem pengukuran kelayakan minyak goreng berbasis arduino uno, perlu dirumuskan beberapa hal yang menjadi masalah yaitu :

1. Bagaimana merancang alat ukur kelayakan minyak goreng bekas menggunakan sensor fotodioda berbasis arduino uno?
2. Bagaimana tingkat akurasi pada sensor fotodioda untuk mengukur kekeruhan dan asam lemak bebas pada minyak goreng?
3. Bagaimana pengaruh kualitas minyak goreng bekas yang sudah beberapa kali pakai menurut nilai kekeruhan dan asam lemak bebas?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membuat sistem elektronika untuk mengukur kelayakan minyak goreng bekas menggunakan sensor fotodioda.
2. Mengetahui tingkat akurasi sensor fotodioda pada minyak goreng bekas.
3. Mengetahui tingkat kekeruhan dan kadar asam lemak bebas yang terkandung didalam minyak goreng bekas.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor fotodioda.
2. Sumber cahaya yang digunakan adalah LED inframerah.
3. Penelitian ini menggunakan sampel minyak curah dan minyak kemasan, sampel yang digunakan yaitu ikan yang digoreng 2, 4, dan 6 kali penggorengan.
4. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno.
5. Bahasa pemrograman yang digunakan, yaitu bahasa C (*software arduino uno*).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui tingkat kekeruhan dan asam lemak bebas minyak goreng bekas menggunakan sensor fotodioda.
2. Dapat mengetahui tingkat akurasi sensor fotodioda pada minyak goreng bekas.
3. Dapat mengetahui nilai kekeruhan dan kadar asam lemak bebas pada minyak goreng yang masih bagus untuk dikonsumsi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Beberapa penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan topik penelitian ini yang dijadikan sebagai acuan antara penelitian yang sudah dilakukan dengan yang akan dilakukan. Penelitian-penelitian tersebut sebagai berikut.

Fauziah dan Trafsilo (2023) mendeteksi alat otomatis sistem pendeteksi ketidaklayakan minyak dan reaktor biodiesel tipe statis. Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini berupa sensor TCS3200, fotodiode, minyak, solenoid, mikrokontroler arduino uno, bahan makanan, dan *static mixer*. Alat ini bekerja untuk mendeteksi warna dan kekeruhan pada minyak yang sudah beberapa kali pemakaian. Penelitian yang dilakukan yaitu untuk menentukan minyak goreng yang masih sehat untuk dikonsumsi dan yang tidak sehat untuk dikonsumsi. Metode yang dilakukan dengan memasang alat ini pada bagian penggorengan. Hasil yang didapat pada penelitian ini berupa nilai akurasi dari kekeruhan minyak tersebut sebesar 71,42% dan akurasi warna sebesar 89,67%.

Widiyatun dkk, (2019) menganalisis tentang viskositas, massa jenis, dan kekeruhan pada minyak goreng curah bekas pakai. Minyak goreng tersebut digunakan untuk menggoreng ikan dan tempe sebanyak 1, 2, dan 3 kali pemakaian. Pengukuran kekeruhan pada minyak goreng curah bekas pakai sebelum digunakan sebesar 12,85 NTU, sedangkan nilai kekeruhan minyak setelah digunakan menjadi 4,99 NTU. Minyak goreng yang secara terus menerus digunakan akan mengalami penurunan standar mutu. Pengukuran viskositas pada minyak goreng curah yang belum dipakai mengandung 67 mPa.s, sedangkan setelah digunakan viskositasnya menjadi 70 mPa.s, sehingga dapat disimpulkan setelah pemakaian

nilai viskositas pada minyak akan meningkat dari sebelum pemakaian. Pada pengukuran kekeruhan minyak goreng, pemakaian 1 dengan 2 mengalami penurunan, tetapi setelah penggunaan ketiga, nilai kekeruhannya menjadi meningkat, ini membuktikan bahwa semakin banyak minyak goreng digunakan, nilai kekeruhannya akan semakin tinggi.

Zhafran dkk, (2022) mengklasifikasikan frekuensi penggunaan minyak goreng ikan dan tahu menggunakan metode jaringan syaraf tiruan berbasis arduino uno. Alat dan bahan yang digunakan yaitu LCD, mikrokontroler arduino uno, sensor TCS3200, dan sensor LDR. Tujuan dari penelitian ini untuk membedakan frekuensi penggunaan minyak goreng untuk menggoreng ikan dan tahu, dengan cara menggunakan sensor TCS3200 dan sensor LDR. Hasil pengolahan dari MLP yang akan dimasukkan kedalam kode program dan di input oleh sistem. Setelah di proses kemudian dikelompokkan berdasarkan hasil oleh jaringan syaraf tiruan. Akurasi yang didapat melalui proses klasifikasi menggunakan sensor warna yaitu 98,872%, sensor LDR 70 data latih, serta 20 data uji menghasilkan durasi komputasi selama 5,114 detik dan akurasi sistem sebesar 80%.

Amani dan Kiki (2016) membuat alat ukur kualitas air minum dengan parameter pH, suhu, tingkat kekeruhan dan jumlah padatan terlarut. Alat dan bahan yang digunakan yaitu sensor pH, sensor LM35, sensor fotodiode, TDS dan mikrokontroler arduino uno. Metode yang digunakan pertama dengan menguji hasil dari pengkondisi sinyal, setelah itu menguji satu persatu sensor yang digunakan dengan menghubungkan pada arduino uno, mulai dari sensor suhu, sensor kekeruhan, sensor pH dan sensor konduktivitas. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu pada parameter suhu, pengujian 1 menghasilkan 26,37°, pengujian 2 menghasilkan 26,86°, pengujian 3 menghasilkan 26,37° dan pengujian 4 menghasilkan 26,39°. Parameter selanjutnya yaitu pH, dengan nilai pada pengujian 1 sebesar 5,26, pengujian 2 sebesar 5,28, pengujian 3 sebesar 5,24 dan pengujian 4 sebesar 5,24. Parameter kekeruhan menghasilkan nilai untuk pengujian 1 sampai pengujian 4 senilai 181. Parameter terakhir yaitu TDS dengan menghasilkan nilai untuk pengujian 1 sampai 4 yaitu sebesar 70,87. Air yang digunakan berupa air aquades dan air sumur. Nilai eror terendah 0,127% dan

tertinggi 5,4%. Rata-rata eror adalah 2,23% dan rata-rata standar deviasinya 1,145.

Faisal dkk, (2016) merancang sistem monitoring tingkat kekeruhan air secara realtime menggunakan Sensor *Turbidity Sensor Device-10* (TSD-10). Metode yang dilakukan pada penelitian ini yaitu merancang sistem monitoring yang terdiri dari perangkat keras dan lunak yang dapat memonitor tingkat kekeruhan air dengan menggunakan sensor TSD-10 dan mikrokontroler ATmega8 sebagai pengolah. Perancangan *Graphical User Interface* (GUI) sebagai media penampil dan penyimpanan data serta menggunakan bahasa pemrograman *Basic* dan *Delphi* untuk perangkat lunak. Hasil pada penelitian ini yaitu tegangan keluaran sensor semakin berkurang seiring dengan bertambahnya tingkat kekeruhan air yang diukur. Penurunan tegangan keluaran sensor berbanding lurus dengan tingkat kekeruhan air, nilai ketepatan dari sistem bervariasi dari 75,36% sampai 99,99%. Persentase ketepatan rata-rata pengukuran adalah 93,49% dan persentase kesalahan rata-rata pengukuran adalah 6,51%. Dari data yang ada juga dapat dilihat bahwa kesalahan pengukuran cukup tinggi dan ketepatan pengukuran relatif rendah pada pengukuran dengan tingkat kekeruhan air di 37,80 NTU dan 6,28 NTU. Kesimpulannya yaitu tegangan keluaran sensor TSD-10 berkurang seiring dengan pertambahan tingkat kekeruhan air. Pengurangan disebabkan semakin tinggi kekeruhan air maka semakin lemah intensitas cahaya yang diterima oleh fototransistor. Nilai sensitivitas sensor dari hasil karakteristik sensor TSD-10 adalah 2 mV/NTU.

Marofi dkk, (2017) merancang sistem klasifikasi frekuensi penggunaan minyak goreng dengan menggunakan metode bayes. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi warna pada minyak goreng yang berkali kali terpakai. Penggorengan dilakukan dengan uji coba sebanyak 20 kali dengan ikan dan 15 kali non ikan. Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu arduino R3, LCD 16x2, sensor fotodiode dan sensor warna TCS3200. Hasil yang didapat yaitu dengan menggunakan fotodiode sebagai sensor pendeteksi kekeruhan minyak goreng dapat bekerja dengan baik dan sesuai harapan, karena semakin tinggi nilai kekeruhan minyak goreng, maka nilai pada fotodiode berupa tegangan semakin

kecil. Tingkat akurasi yang diperoleh sebesar 71,42 % dan kecepatan waktu pemrosesan rata-rata sebesar 13,144 detik.

Putri dan Harmadi (2018) merancang alat ukur tingkat kekeruhan air menggunakan Fotodioda Array Berbasis Mikrokontroler ATmega328. Metode yang digunakan yaitu fotodioda array diletakkan 90° terhadap sumber cahaya. Pengukuran tingkat kekeruhan zat cair dengan metode *nephelometer* (sudut 90°) paling sensitif dibandingkan dengan sudut 45° dan 0° (metode turbidimeter). Tinggi dari fotodioda array yang dibuat yaitu 4,5 cm lalu diletakkan didalam gelas kimia dengan posisi vertikal. LED ditembakkan ke arah sampel air. Partikel-partikel yang berada didalam sampel air akan mengakibatkan hamburan cahaya. Hamburan cahaya yang terjadi dideteksi oleh fotodioda array. Pengukuran menggunakan fotodioda array bertujuan untuk memperluas jangkauan deteksi cahaya. Hasil yang didapatkan ditampilkan pada LCD. Hasil penelitian menggunakan fotodioda array dengan susunan 5 buah fotodioda secara paralel mampu mengukur tingkat kekeruhan air pada rentang 17,57 NTU sampai 189,551 NTU. Sensitivitas alat ukur yaitu sebesar 0,7673 mV/NTU, setiap kenaikan tingkat kekeruhan 1 NTU maka tegangan bertambah sebesar 0,7673 mV dengan error rata-rata alat ukur tingkat kekeruhan air yang telah dirancang sebesar 2,964%.

Afandi dan Khairul (2018) merancang alat pendeteksi kelayakan air minum yang diproduksi depot air minum isi ulang (amiu) berbasis mikrokontroler AT89S51. Metode yang dilakukan yaitu dengan alat dan bahan mikrokontroler AT89S51, inframerah, fotodioda, sensor pH, laptop, catu daya, lcd 2x16, adc 0809, resistor, potensiometer, saklar, transistor, *switch reset*. Pengujian pertama akan menguji kadar zat terlarut pada air minum melalui intensitas cahaya yang mengenai fotodioda. Pengujian kedua akan menguji derajat keasaman air minum dengan sensor pH. Data yang telah diperoleh dari hasil tampilan LCD dan data yang diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan TDS meter dan pH meter dibandingkan. Hasil yang diperoleh tegangan pada fotodioda sangat tergantung pada intensitas cahaya yang mengenai permukaan fotodioda. Cahaya yang sampai ke fotodioda tergantung pada kekentalan larutan yang dilewati oleh cahaya yang dipancarkan oleh inframerah, semakin kental larutan yang terdapat pada air

maka intensitas cahaya yang mengenai fotodiode semakin kecil dan sebaliknya. Intensitas cahaya yang diterima fotodiode akan dikonversikan menjadi sinyal tegangan. Hasil yang diperoleh pada kadar zat terlarut (TDS) air minum isi ulang yang diproduksi depot air minum sebesar 0,002 sedangkan nilai koefisien derajat keasaman (pH) air minum sebesar 0,474.

Tadeus dkk, (2019) melakukan sistem monitoring pH dan kekeruhan pada akuarium air tawar berbasis *internet of things*. Sistem dimulai dari sensor kekeruhan membaca kekeruhan pada air dan sensor pH membaca tingkat keasaman pada air. Sensor kekeruhan berupa sensor ini berupa *optical* sensor yang mengukur kekeruhan menggunakan pembiasan antara fototransistor dan IR LED (diode). Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali, pengujian pertama dan kedua dilakukan pada kedua sensor untuk mengetahui apakah monitoring berjalan baik atau tidak. Sementara pengujian ketiga dilakukan pada output yang berupa pompa filter. Pengujian kedua sensor dilakukan dalam waktu 5 hari dengan pengambilan sampel pada saat pagi hari dan sore hari. Jika pada air mineral yang memiliki kekeruhan 5 NTU, maka didapatkan hasil pembacaan sebesar 6,913 NTU dan jika pada air bersih yang memiliki kekeruhan 25 NTU, didapatkan hasil pembacaan sebesar 23,468 NTU.

Savira dkk, (2021) mengimplementasikan sistem monitoring risiko peningkatan kadar glukosa darah secara non-invasive menggunakan fotodiode. Metode *non-invasive* yaitu untuk mengukur kadar glukosa dalam darah yang tidak memerlukan sampel darah. Pada penelitian ini kadar glukosa dalam darah akan diukur dengan metode non-invasive, menggunakan fotodiode sebagai penerima cahaya serta LED inframerah sebagai pemancar cahaya maka kadar glukosa dalam darah dapat terbaca melalui pengukuran dengan ujung jari. Hasil pembacaan sensor akan diolah dalam Arduino Uno dan kemudian akan ditampilkan pada LCD. Hasil yang diperoleh yaitu alat ukur kadar gula dalam darah secara non-invasive menggunakan LED sebagai sumber cahaya dan fotodiode sebagai sensor penerima dapat diimplementasikan dengan baik serta mempunyai persentase akurasi sebesar 98,66%. Alat tersebut juga dapat melakukan pengukuran secara berkala tanpa harus takut terluka atau infeksi. Dalam proses pengambilan data, intensitas cahaya dari luar dapat mempengaruhi nilai yang dideteksi oleh sensor

sehingga diperlukan tempat yang memiliki intensitas cahaya yang sama agar hasil pengukurannya lebih stabil.

Suliyani dkk, (2021) merancang alat ukur kekeruhan air menggunakan fototransistor dan LED inframerah berbasis arduino uno. Metode yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan sensor fototransistor dan LED, air yang akan diuji coba menggunakan alat ini dimasukkan kedalam gelas ukur yang sudah dirancang pada alat. Hasil yang didapat pada penelitian ini yaitu semakin tinggi tingkat kekeruhan air, maka semakin tinggi pula nilai tegangan yang diperoleh. Sensor fototransistor yang digunakan sangat peka terhadap cahaya, sehingga intensitas cahaya perlu dikurangi agar perubahan kekeruhan dapat terdeteksi. Hasil perbandingan alat ukur buatan dengan alat standar juga menunjukkan grafik trend linier, dimana semakin tinggi nilai tegangan pada alat buatan, maka semakin tinggi pula nilai kekeruhan yang diperoleh pada alat ukur standar. Alat ukur buatan memiliki batas pengukuran minimum 0 NTU dan maksimum 318,94 NTU untuk air tanah, sedangkan untuk air abu batas pengukuran minimum sebesar 0 NTU dan maksimum sebesar 285,13 NTU. Berdasarkan hasil pengukuran pada kedua sampel diperoleh tingkat akurasi sebesar 94,66% untuk air tanah dan 96,63% untuk air abu.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Minyak Goreng

Minyak goreng merupakan salah satu kebutuhan masyarakat yang penting dan hampir digunakan setiap hari. Banyak jenis minyak yang terdapat di Indonesia, tetapi masyarakat umum biasanya menggunakan minyak kelapa sawit untuk menggoreng makanan. Minyak goreng yang digunakan berulang kali atau biasa disebut minyak jelantah, minyak tersebut jika digunakan pada suhu tinggi disertai dengan kontak udara dan air pada proses penggorengan, akan mengakibatkan terjadinya berbagai senyawa reaksi kimia. Semakin sering digunakan minyak akan menjadi rusak. Minyak akan cepat berasap atau berbusa dan minyak juga akan mengalami perubahan warna dari kuning menjadi kecoklatan. Seiring lamanya penggorengan yang dilakukan, maka jumlah minyak yang diserap oleh makanan

pun akan semakin banyak. Hal ini yang akan menyebabkan minyak tersebut mengalami kenaikan asam lemak bebas. Pembentukan asam lemak bebas pada minyak goreng bekas terjadi karena angka asam pada minyak akan meningkat, angka asam inilah yang menyebabkan minyak menjadi rusak atau tidak baik untuk dikonsumsi (Sophianti dkk, 2017).

Kebiasaan masyarakat yaitu memakai kembali minyak goreng yang sudah dipakai atau disebut minyak jelantah. Secara fisik, minyak goreng yang baru dipakai satu-dua kali masih terlihat jernih sehingga cenderung untuk dipakai kembali. Alasan yang paling utama adalah penghematan biaya. Tetapi penggunaan minyak bekas pakai tersebut yaitu berdampak buruk bagi kesehatan tubuh manusia. Pada minyak jelantah terdapat material tak berguna yaitu senyawa peroksida yang menyebabkan meningkatnya risiko terhadap beberapa penyakit, antara lain karsinoma atau sel kanker dan terdapat kadar asam lemak bebas yang akan menyebabkan penumpukan lemak atau terjadinya kolestrol jahat pada tubuh. Pemakaian minyak kelapa sawit yang telah dipanaskan puluhan kali akan menimbulkan kerusakan hati dan kanker (Suroso, 2013).

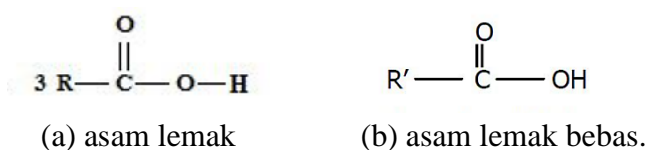
Pemerintah melalui Badan Standarisasi Nasional (BSN) mengeluarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-3741-2002 standar mutu minyak goreng. Standar mutu merupakan hal yang penting untuk menentukan minyak yang bermutu baik atau buruk. Syarat mutu minyak goreng dibagi menjadi 2 persyaratan, yaitu persyaratan mutu I dan persyaratan mutu II. Persyaratan mutu I antara lain, kadar air maksimum 0,1%, bilangan asam maksimum 0,6 mg KOH/g, asam lemak maksimum 0,30% dan kadar bilangan peroksida maksimal 2 mek O_2/kg . Persyaratan mutu II antara lain kadar air maksimum 0,3%, bilangan asam maksimum 2 mg KOH/g, asam lemak maksimum 0,30%. Persyaratan mutu I dianggap memiliki kualitas lebih tinggi dibandingkan dengan persyaratan mutu II (Nasruddin, 2011).

2.2.2 Kadar Asam Lemak Bebas

Kadar asam lemak bebas yang terkandung di dalam minyak menjadi salah satu parameter penentu kualitas suatu minyak. Besarnya asam lemak bebas dalam

minyak, ditunjukkan dengan nilai asam. Nilai asam yang tinggi mengindikasikan bahwa asam lemak bebas yang ada didalam minyak juga tinggi, sehingga kualitasnya tidak baik. Pembentukan asam lemak bebas pada minyak bekas disebabkan oleh proses oksidasi dan hidrolisis yang terjadi selama proses penggorengan. Hal ini disebabkan minyak mengalami berbagai reaksi kimia diantaranya reaksi hidrolisis dan oksidasi. Oksidasi pada minyak goreng merupakan proses ketika minyak goreng bereaksi dengan oksigen. Proses oksidasi terjadi pada suhu tinggi atau paparan udara dalam waktu yang lama. Oksidasi dapat memicu reaksi berantai yang menghasilkan senyawa lain yang berperan dalam meningkatkan kadar asam lemak bebas. Proses oksidasi dapat menjadi 3 tahap utama yaitu, inisiasi, propagasi dan terminasi. Inisiasi yaitu radikal bebas yang terbentuk dari lemak tidak jenuh akibat panas, cahaya atau logam berat sebagai katalis. Propagasi yaitu radikal bebas yang terbentuk dan bereaksi dengan oksigen dan terminasi yaitu reaksi berantai ketika radikal bebas bereaksi satu sama lain. Hidrolisis pada minyak goreng terjadi akibat penguraian trigliserida menjadi gliserol dan asam lemak bebas yang bereaksi akibat campuran dengan air. Reaksi ini terjadi ketika minyak bersentuhan dengan air, terutama pada suhu yang tinggi. Proses hidrolisis dibagi menjadi 2 yaitu hidrolisis termal dan hidrolisis enzimatis. Hidrolisis termal terjadi ketika minyak goreng di panaskan dalam kondisi lembab/air bercampur dengan minyak. Suhu yang tinggi dapat mempercepat pemutusan ikatan ester dalam trigliserida. Hidrolisis enzimatis terjadi akibat penyimpanan minyak yang bereaksi dengan mikroba atau kondisi penyimpanan yang tidak stabil.

Proses hidrolisis dan oksidasi sangat berpengaruh dalam pembentukan asam lemak bebas. Peningkatan kadar asam lemak bebas akibat oksidasi dan hidrolisis dapat mempengaruhi rasa, bau dan stabilisasi minyak goreng. Adapun struktur pembentukan asam lemak bebas pada **Gambar 2.1**



Gambar 2. 1 Rantai Karbon asam lemak bebas.

Berdasarkan **Gambar 2.1** menunjukkan asam lemak masih terikat dalam bentuk trigliserida, simbol “3R” menggambarkan rantai hidrokarbon dari asam lemak yang masih bagian dari molekul trigliserida. Sedangkan pembentukan asam lemak bebas terjadi setelah proses pemecahan ikatan ester (hidrolisis), asam lemak melepaskan diri dari gliserol sehingga menjadi asam lemak bebas. Pembentukan asam lemak bebas terjadi ditandai dengan simbol “R” yang tidak terikat dengan molekul lain, gugus O dan H yang bebas menghasilkan COOH yang mengakibatkan radikal bebas seperti kolestrol jahat (Ilmi dkk, 2015).

Semakin banyak mengkonsumsi asam lemak bebas, maka akan mengakibatkan meningkatnya kadar *low density lipoprotein* (LDL) dalam darah yang merupakan kolestrol jahat. Pada kolestrol darah yang paling meningkat berpengaruh tidak baik bagi jantung dan pembuluh darah. Menurut standar mutu SNI standar kadar asam lemak pada minyak yaitu sebesar 0,30% dan tidak tahan dengan pemanasan suhu yang tinggi. Penetapan kadar asam lemak bebas menggunakan metode alkalimetri dimana prinsipnya mode yang digunakan yaitu terjadinya reaksi netralisasi akibat adanya reaksi antara ion hidrogen yang berasal dari minyak dengan ion hidroksida yang berasal dari basa pada pentiter (Sophianti dkk, 2017). Nilai asam lemak bebas akan meningkat seiring dengan dilakukannya penggorengan minyak yang sama pada suhu yang tinggi. Semakin sering digunakan minyak akan semakin keruh, semakin keruh minyak goreng tersebut, nilai asam lemak bebas akan semakin tinggi. Oleh sebab itu kekeruhan akan berbanding sama dengan nilai asam lemak bebas, tidak baik jika digunakan berulang kali dengan pemanasan tinggi (Nurhasnawati, 2015).

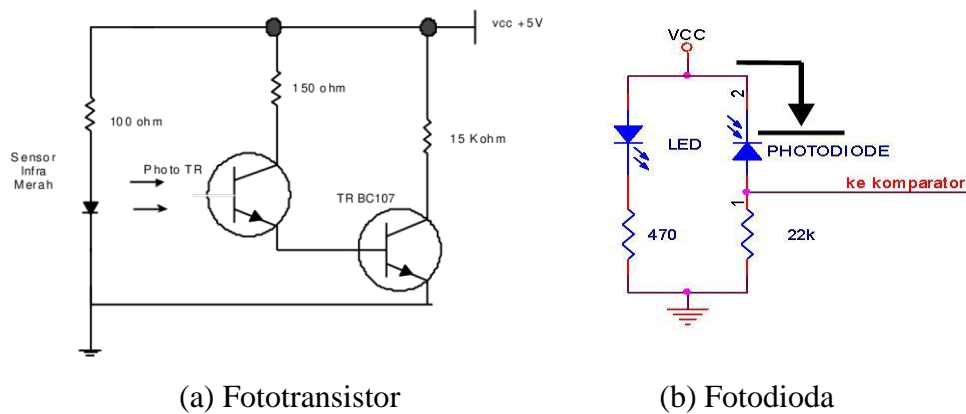
2.2.3 Kekeruhan Minyak Goreng

Kekeruhan merupakan parameter fisik untuk mengetahui kualitas suatu minyak. Kandungan minyak jenuh yang terdapat pada minyak goreng bisa menyebabkan obesitas dan gangguan kesehatan lainnya (Ramadhan, 2019). Kekeruhan pada minyak goreng terjadi karena akumulasi partikel padat, residu makanan, kadar air, kotoran, debu dan partikel – partikel konduktif didalam minyak dan degradasi selama penggunaan berulang kali. Kekeruhan dapat mengurangi kejernihan pada

minyak dan menyebabkan penyebaran absorpsi yang melewatinya. Oleh karena itu, kekeruhan pada minyak yang sudah digunakan berulang kali meningkatkan koefisien absorpsi efektif yang mengurangi intensitas cahaya untuk mencapai fotodiode (Firdaus, 2019). Berdasarkan SNI 7709 : 2019 warna kuning hingga jingga merupakan warna normal yang ada pada minyak goreng. Kekeruhan terjadi karena suhu tinggi dan dilakukan berulang. Semakin jernih minyak goreng, maka nilai tegangan pada fotodiode akan semakin besar, sebaliknya jika semakin keruh minyak goreng, maka nilai tegangan fotodiode akan semakin kecil. Hal ini disebabkan karena kekeruhan merupakan kondisi minyak goreng yang sudah tidak jernih lagi dan sudah tersuspensi dengan partikel-partikel lain. Intensitas pada minyak goreng yang keruh akan lebih banyak diserap atau disebarkan, sehingga intensitas cahayanya akan berkurang dan arus yang dihasilkanpun berkurang (Zhafran, 2022).

2.2.4 Sensor Inframerah

Inframerah merupakan cahaya yang tidak tampak. Jika dilihat dengan spektroskop cahaya, maka radiasi cahaya infra merah akan nampak pada spektrum elektromagnet dengan panjang gelombang diatas panjang gelombang cahaya merah. Dengan panjang gelombang ini maka cahaya inframerah ini akan tidak tampak oleh mata namun radiasi panas yang ditimbulkannya masih terasa/dideteksi. Pada dasarnya komponen yang menghasilkan panas juga menghasilkan radiasi inframerah termasuk tubuh manusia maupun tubuh binatang. Cahaya inframerah, walaupun mempunyai panjang gelombang yang sangat panjang tetap tidak dapat menembus bahan-bahan yang tidak dapat melewatkan cahaya yang nampak sehingga cahaya inframerah tetap mempunyai karakteristik seperti halnya cahaya yang nampak oleh mata. Komponen yang dapat menerima inframerah ini merupakan komponen yang peka cahaya yang dapat berupa diode (fotodiode) atau transistor (fototransistor). Adapun sensor inframerah dengan fototransistor dan fotodiode seperti pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Sensor Inframerah dengan (a) Fototransistor dan (b) Fotodioda.

LED *infrared* sebagai pemancar cahaya inframerah merupakan singkatan dari *Light Emitting Diode* yang terbuat dari bahan Galium Arsenida (GaAs) dapat memancarkan cahaya inframerah dan radiasi panas saat diberi energi listrik. Adapun proses pemantulan pada gelombang cahaya inframerah dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Proses pemantulan, penerusan gelombang *Infrared*.

Berdasarkan **Gambar 2.3** adalah pada saat gelombang inframerah membentur suatu penghalang maka sebagian gelombang tersebut akan dipantulkan sebagian diserap dan sebagian yang lain akan diteruskan (Nuryaman dkk, 2017).

Adapun rumus dari pemantulan gelombang sebagai berikut :

$$I_i \sin Q_i = I_r \sin Q_r \quad (2.1)$$

dengan I_i adalah sinar datang, I_r adalah sinar pantul, Q_i adalah sudut datang ($^\circ$) dan Q_r adalah sudut pantul ($^\circ$).

(Darmawan dkk, 2023).

2.2.5 Fotodiode

Fotodiode merupakan sensor cahaya semikonduktor yang dapat mengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. Fotodiode merupakan sebuah dioda dengan sambungan P-N yang dipengaruhi cahaya dalam kerjanya. Cahaya yang dapat dideteksi oleh fotodiode ini mulai dari cahaya inframerah, cahaya tampak, ultra ungu sampai dengan sinar-X. Skematik fotodiode dapat dilihat pada **Gambar 2.4**. Adapun rumus untuk mencari nilai arus menjadi tegangan yaitu seperti persamaan (2.2).

$$I_c = \frac{P}{A}$$

$$P = V \cdot I \quad V = I \cdot R \quad I = \frac{V}{R}$$

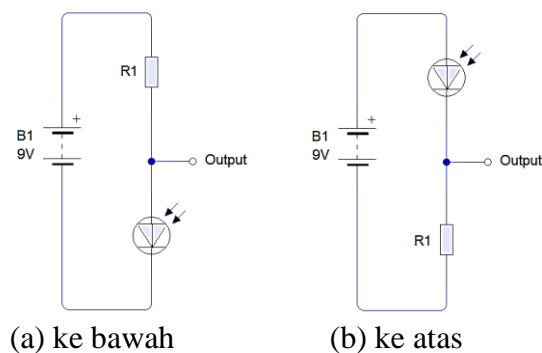
$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$I_c = \frac{P}{A}$$

$$I_c = \frac{\frac{V^2}{R}}{A}$$

$$I_c = \frac{V^2}{A \cdot R} \quad (2.2)$$

Dengan P adalah Daya (watt), V adalah Tegangan (Volt), I adalah Arus (Ampere), A adalah Luas penampang (m^2), R adalah Resistansi (ohm) dan I_c adalah Intensitas Cahaya (W/m^2).



Gambar 2.4 Skema kerja fotodiode (a) ke bawah (b) ke atas.

Berdasarkan **Gambar 2.4** prinsip kerja dari fotodioda terdiri dari satu lapisan tipis semikonduktor tipe-N yang memiliki kebanyakan elektron dan satu lapisan tebal semikonduktor tipe-P yang memiliki kebanyakan hole. Lapisan semikonduktor tipe-N adalah katoda sedangkan lapisan semikonduktor tipe-P adalah anoda. Saat fotodioda terkena cahaya, foton yang merupakan partikel terkecil cahaya akan menembus lapisan semikonduktor tipe-N dan memasuki lapisan semikonduktor tipe-P. Foton-foton tersebut kemudian akan bertabrakan dengan elektron-elektron yang terikat sehingga elektron tersebut terpisah dari intinya dan menyebabkan terjadinya hole. Cahaya yang dikenakan pada fotodioda akan mengakibatkan terjadinya pergeseran foton yang akan menghasilkan pasangan *electron-hole* di kedua sisi dari sambungan. Ketika elektron-elektron yang dihasilkan itu masuk ke pita konduksi maka elektron-elektron itu akan mengalir ke arah positif sumber tegangan sedangkan hole yang dihasilkan mengalir ke arah negatif sumber tegangan sehingga arus akan mengalir didalam rangkaian. Besarnya pasangan elektron ataupun hole yang dihasilkan tergantung dari besarnya intensitas cahaya yang dikenakan pada fotodioda (Nuryaman dkk, 2017).

2.2.6 Mikrokontroler Arduino Uno

Mikrokontroler merupakan sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung didalam sebuah chip. Mikrokontroler berbeda dari mikroprosesor serba guna yang digunakan dalam sebuah *Personal Computer* (PC), karena didalam sebuah mikrokontroler umumnya telah terdapat komponen pendukung sistem minimal mikroprosesor, yakni memori dan antarmuka I/O, bahkan ada beberapa jenis mikrokontroler yang memiliki fasilitas *Analog to Digital Converter* (ADC), *Programmable Peripheral Interface* (PLL), *Electrically Erasable Programmable Read Only Memory* (EEPROM) dalam satu kemasan, sedangkan didalam mikroprosesor umumnya hanya berisi *Central Processing Unit* (CPU) saja.

Arduino adalah sebuah *platform* komputasi fisik *open source* berbasis Rangkaian input/output sederhana (I/O) dan lingkungan pengembangan yang mengimplementasikan bahasa *Processing*. Arduino dapat digunakan untuk mengembangkan objek interaktif mandiri atau dapat dihubungkan ke perangkat lunak pada komputer (seperti *Flash*, *Pengolahan*, *VVVV*, atau *Max/MSP*).

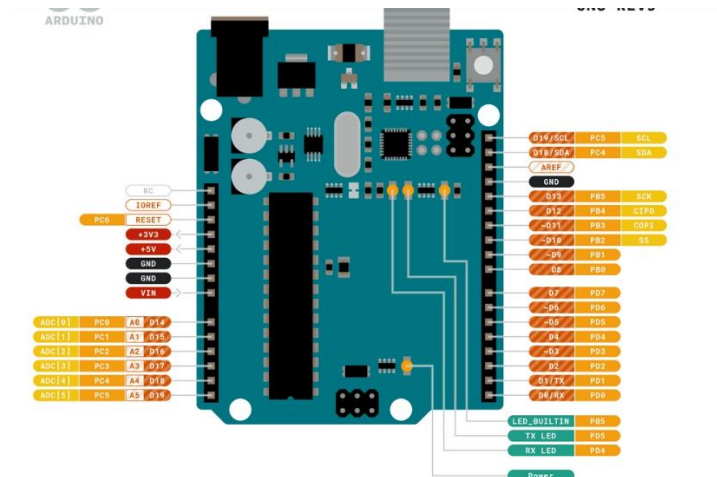
Rangkaiannya dapat dirakit dengan tangan atau dibeli. *Integrated Development Environment* (IDE) Arduino bersifat *open source*. Arduino Uno adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328 (Sokop dkk, 2016).

Arduino Uno merupakan sebuah board mikrokontroler berbasis ATmega328. *Board* ini memiliki 14 pin *input/output* digital (6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 pin *input* analog, resonator keramik (*crystal*) 16 MHz, koneksi USB, colokan listrik (*power jack*), *header* ICSP dan tombol *reset*. Arduino bertindak sebagai pemroses utama dari sistem dalam menjalankan tugas mengolah data tegangan sensor, menggunakan ADC, menerapkan kontrol proporsional serta menampilkan informasi pada LCD. Prinsip kerja arduino uno yaitu dengan pembacaan oleh komponen input, data dikirim ke pin *input* arduino uno, data akan masuk ke mikrokontroler, setelah itu data dikirim ke pin *output* arduino uno dan data disalurkan ke komponen output (Ramadhan dan Muhammad Rivai, 2018).

Pada penelitian ini mikrokontroler yang digunakan, yaitu mikrokontroler ATmega328p yang terpasang pada arduino. Skematik dari mikrokontroler arduino uno dilihat pada **Gambar 2.5** dan spesifikasinya ditunjukkan pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Uno R3

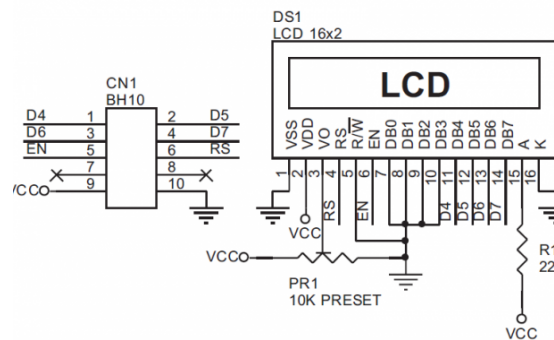
Spesifikasi	Keterangan
Mikrokontroler	Atmega328P
Tegangan operasi	5V
Tegangan Input yang disarankan	7-12V
Batas Tegangan Input	6-20V
Jumlah pin I/O digital	14 (6 diantaranya PWM)
Jumlah pin analog	6
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3,3 V	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
<i>Clock speed</i>	16Hz



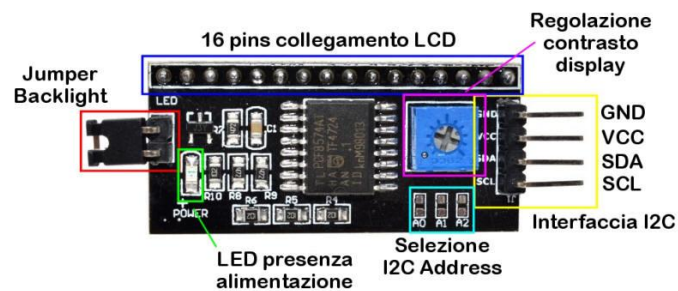
Gambar 2.5 Skematik Mikrokontroler Arduino Uno.

2.2.7 LCD 12x6

Layar *Liquid Crystal Display* (LCD) adalah modul etalase elektronik dan memiliki cakupan penggunaan yang luas. Layar LCD 16x2 adalah modul yang sangat mendasar dan biasanya digunakan di berbagai perangkat dan sirkuit. Modul ini lebih disukai daripada tujuh segmen dan LED multi-porsi lainnya. Alasannya adalah: LCD tidak mahal, dapat diprogram secara efektif dan sederhana, dapat membuat dan menampilkan karakter khusus, LCD 16x2 menyiratkan dapat menampilkan 16 karakter untuk setiap baris dan ada 2 baris. Dalam LCD setiap karakter ditampilkan dalam kotak 5x8 piksel. Umumnya LCD memiliki dua register, *Command register* dan data register. Instruksi perintah yang diberikan oleh mikrokontroler akan disimpan dalam register perintah. Instruksi perintah adalah tugas yang telah ditentukan, dapat berupa membersihkan layar LCD, mencetak pada layar atau mengatur posisi kursor dll. Register data menyimpan informasi yang akan ditampilkan pada layar LCD. Informasinya adalah nilai ASCII karakter yang akan ditampilkan pada LCD. Adapun skematik dari LCD dapat dilihat pada **Gambar 2.6**.



(a) Skematik LCD



(b) Komponen pada LCD

Gambar 2.6 LCD I2C untuk (a) skematik LCD (b) komponen pada LCD.

Gambar 2.6 merupakan gambar komponen dan skematik dari LCD dan Layar LCD alfanumerik 16x2 karakter dengan lampu latar biru. Konten putih ditampilkan dalam dua baris 16 karakter. Ini telah dilengkapi dengan modul konverter I2C (disolder ke konektor), yang sangat memudahkan pengoperasian tampilan dan mengurangi jumlah pin mikrokontroler ke jalur SCL dan SDA antarmuka I2C. Ada juga potensiometer untuk mengatur kontras pada papan konverter (Hidayat dan Achmad, 2022).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari sampai dengan September 2024. Perancangan dan pembuatan serta pengambilan data dilakukan di Laboratorium Elektronika Dasar, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Lampung, Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Bandar Lampung dan UPTD Balai Laboratorium Kesehatan Bandar Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 3.1** berikut.

Tabel 3.1 Alat-alat Penelitian

No.	Nama	Fungsi
1.	Laptop	Untuk membuat program menggunakan software arduino IDE
2.	Solder	Untuk membongkar dan memasang komponen yang ada di PCB
3.	Gelas Ukur	Wadah tempat mengukur sampel minyak
4.	Bor PCB	Untuk membuat lubang pada papan PCB
5.	Kawat Timah	Untuk merekatkan komponen elektronika pada papan PCB
6.	Peralatan Kerja Lainnya	Sebagai pendukung dalam membuat alat, seperti obeng, kabel, bor dan lain-lain.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Bahan-bahan Penelitian

No.	Nama	Fungsi
1.	Arduino Uno	Untuk menampilkan hasil pembacaan pada LCD dan sebagai prosesor utama pada rangkaian

No.	Nama	Fungsi
2.	Fotodiode dan LED Inframerah	Sensor untuk mendeteksi kekeruhan pada minyak
3.	LCD 16x2	Untuk menampilkan nilai kekeruhan minyak
4.	Resistor	Untuk menghambat arus listrik dan mengurangi arus yang mengalir pada LED
5.	Tabung Kecil	Menyimpan minyak
6.	Power Supply	Memberikan tegangan pada arduino
7.	Jumper	Penghubung antara rangkaian satu dengan yang lain
8.	Papan PCB	Untuk menghubungkan rangkaian dan mengkomunikasikan dengan rangkaian lain
9.	Kotak	Sebagai tempat alat penelitian
10.	Minyak Curah	Sebagai sampel penelitian
11.	Minyak kemasan	Sebagai sampel penelitian
12.	Bahan Makanan	Sebagai sampel penelitian yaitu ikan
13.	Trimpot	Sebagai kalibrasi tegangan

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3.3**.

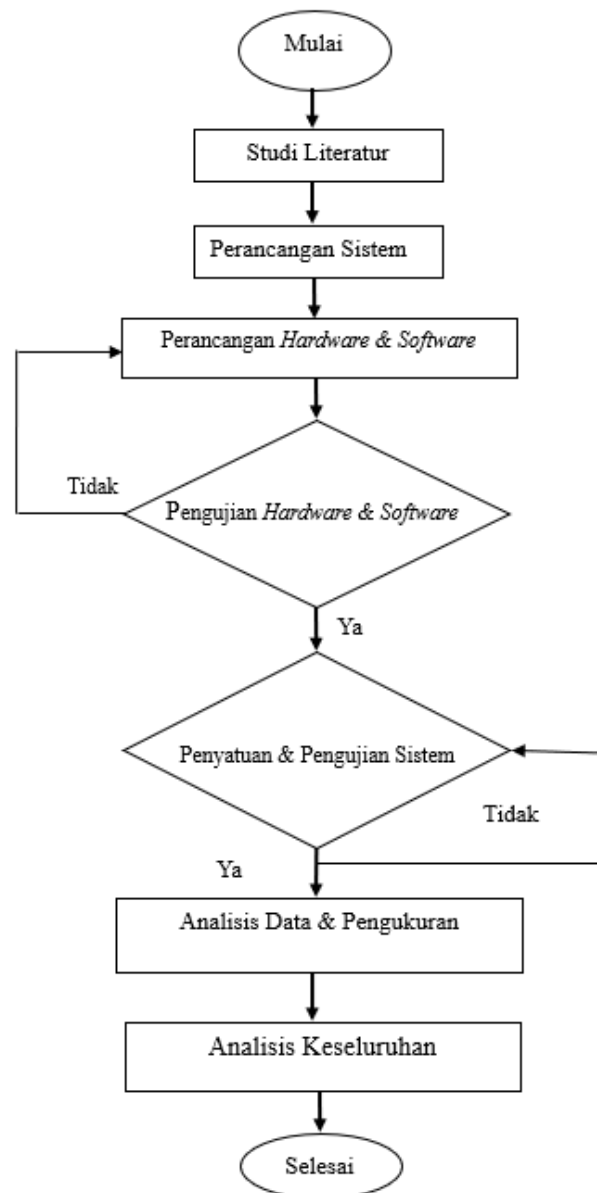
Tabel 3.3 Perangkat lunak yang digunakan

No.	Nama	Fungsi
1.	Software Arduino IDE	Membuat dan meng upload program ke arduino uno, serta menampilkan hasil keluaran yang dilakukan pada rancangan bangun arduino uno
2.	Fritzing	Membuat gambar rangkaian
3.	Microsoft Excel	Mengolah hasil data penelitian
4.	Microsoft Word	Menulis laporan penelitian

3.3 Tahapan Penelitian

Penulis merealisasikan penelitian ini dalam beberapa tahapan. Secara keseluruhan perancangan ini dibagi dalam 4 tahapan. Tahapan-tahapan tersebut, diantaranya adalah mencari literatur yang berhubungan dengan perancangan alat menggunakan Arduino Uno. Kemudian membuat perancangan sistem. Setelah itu, merancang skema dan membuat rangkaian (*hardware*), serta membuat program (*software*). Pembuatan hardware dan software bertujuan untuk menghasilkan alat

ukur yang sesuai dan dapat diaplikasikan. Kemudian dilakukan penyatuan dan pengujian sistem secara keseluruhan hingga output yang dihasilkan sesuai dengan proses yang diinginkan. Pada tahap penelitian ini dapat dijelaskan dengan adanya diagram alir pada **Gambar 3.1**.



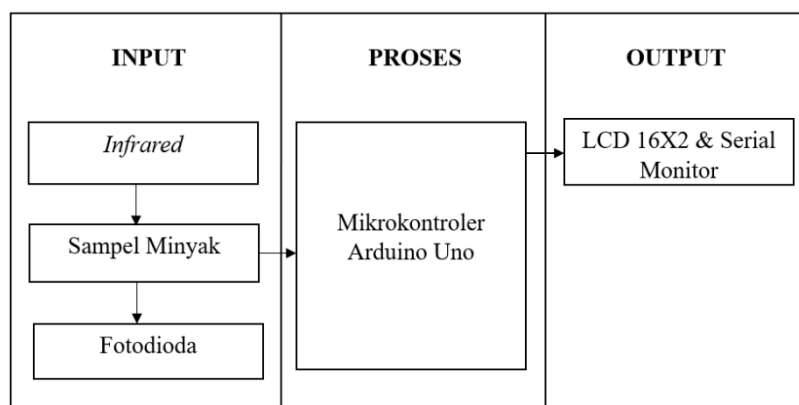
Gambar 3.1 Diagram alir tahapan penelitian.

Berdasarkan **Gambar 3.1** pada tahap penelitian ini dilakukan dengan mencari literatur yang berhubungan dengan penelitian terkait, yang bersumber dari jurnal, buku dan sumber lain yang telah tervalidasi, pencarian literatur berguna untuk

memudahkan penulis dalam membuat laporan penelitian dan mempermudah dalam membuat alat pada penelitian terkait. Setelah mencari literatur, langkah selanjutnya yaitu dengan menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dan juga analisis laboratorium. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu laptop, gelas ukur, solder, bor pcb, kawat timah, arduino uno, fotodioda, led inframerah, LCD 16x2, resistor, tabung kecil, *power supply*, *jumper*, papan pcb, kotak, trimpot, minyak curah, minyak kemasan dan bahan makanan yang digunakan yaitu ikan. Pada tahap penelitian ini diperlukan juga alat dan bahan perangkat lunak yang dibutuhkan seperti, *Software Arduino Uno*, *Fritzing*, *Microsoft Excel* dan *Microsoft Word*. Tahapan selanjutnya yaitu dengan perancangan *Hardware* dan *Software* hingga berjalan dengan baik, maka langkah selanjutnya dengan pengujian *Hardware* dan *Software* sesuai dengan proses yang diharapkan. Setelah selesai tahapan terakhir adalah dengan analisis dan pengujian sistem secara keseluruhan hingga dapat digunakan.

3.3.1 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Hardware yang dirancang untuk alat ukur kekeruhan ini terdiri dari Fotodioda, LED, Inframerah dan *Power Supply* sebagai rangkaian *input*, Arduino Uno sebagai proses, dan LCD sebagai *output*. Blok diagram tersebut dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.

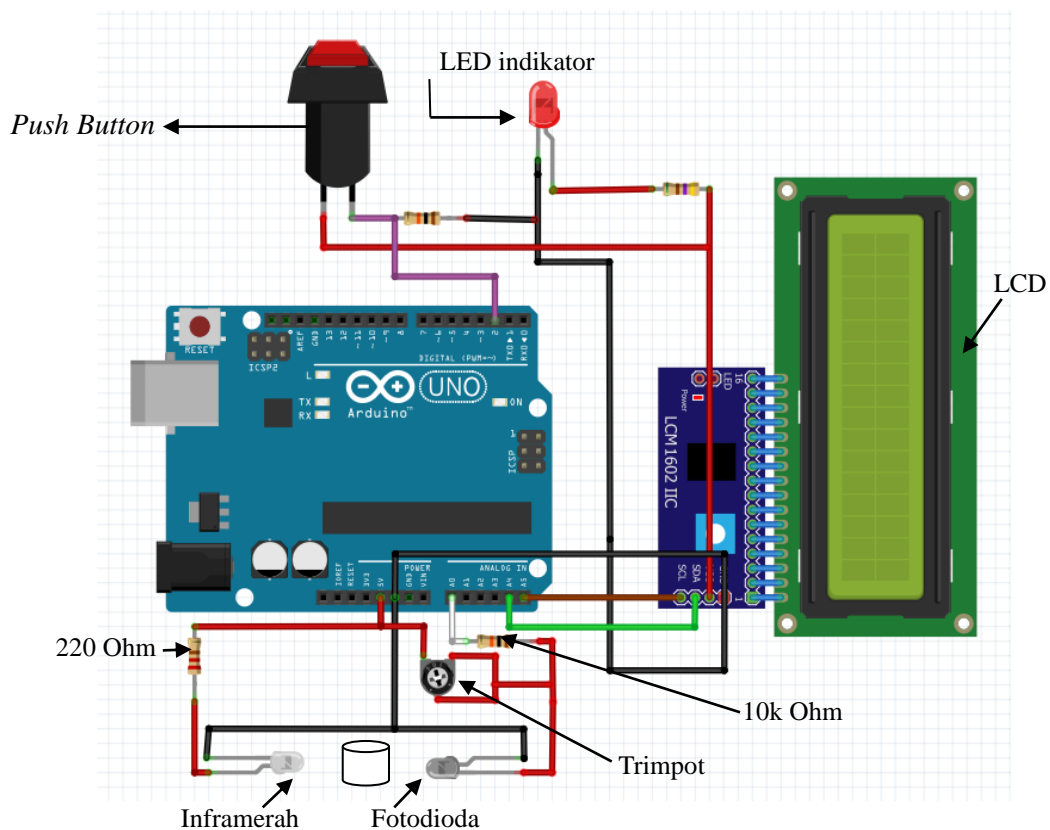


Gambar 3.2 Diagram blok perancangan.

Berdasarkan **Gambar 3.2** dapat dijelaskan sebagai berikut. Sampel minyak akan diletakkan diantara IR LED dan Fotodioda, IR LED memancarkan cahaya yang

akan diterima fotodiode. Pancaran cahaya inilah yang kemudian dibaca oleh fotodiode, kemudian digunakannya adaptor untuk menyalakan alat. Setelah itu masukan (*input*) dari pembacaan sensor fotodiode akan diterima oleh arduino uno. Nilai analog yang dihasilkan sensor akan dibaca oleh ADC Arduino dan diproses oleh arduino. Kemudian, dinyatakan sebagai nilai kekeruhan minyak dalam bentuk *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU). Nilai kekeruhan minyak akan ditampilkan pada LCD.

Rangkaian keseluruhan dari alat ukur ini dapat dilihat pada **gambar 3.3**.



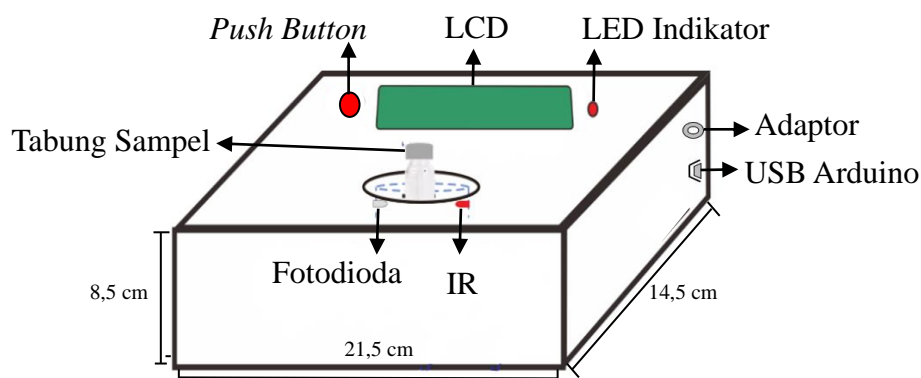
Gambar 3.3 Rangkaian alat keseluruhan.

Berdasarkan **Gambar 3.3** rangkaian ini menggunakan LCD dan arduino, jalur pin SDA dan SCL pada LCD dihubungkan ke pin A4 dan A5 Arduino. Kemudian untuk VCC dihubungkan ke pin 5 V pada Arduino dan *ground* pada LCD dihubungkan dengan *ground* yang ada pada arduino. Terdapat penggunaan fotodiode, LED, trimpot dan resistor yang digunakan untuk mengukur kekeruhan pada sampel minyak yang terhubung dengan arduino dan diproses pada *software*

arduino. Intensitas cahaya yang dipancarkan LED menggambarkan nilai kekeruhan minyak yang akan dikonversikan menjadi tegangan oleh ADC Arduino. Pada fotodiode kaki yang panjang dihubungkan dengan *ground*, sedangkan yang pendek dihubungkan dengan salah satu kaki pada resistor yang terhubung A0 arduino uno. Pada inframerah kaki yang pendek dihubungkan dengan *ground*, sedangkan yang panjang dihubungkan dengan salah satu kaki resistor yang terhubung 5v pada arduino dan dua kaki trimpot terhubung dengan vcc. Adapun penggunaan *push button* untuk mengubah mode dari minyak curah ke minyak kemasan.

Alat ukur ini memanfaatkan komponen fotodiode dan Inframerah sebagai sensor untuk alat ukur kelayakan minyak goreng bekas. Sensor akan menerima besaran fisis cahaya dan mengubahnya menjadi nilai analog. Kemudian sinyal analog akan dikonversi menjadi sinyal digital oleh rangkaian ADC pada Arduino. Data selanjutnya akan diolah oleh Arduino sehingga menjadi nilai kekeruhan. Selanjutnya, LCD akan menampilkan nilai kekeruhan.

Adapun desain rancangan alat ukur kekeruhan minyak dapat dilihat pada **Gambar 3.4**.



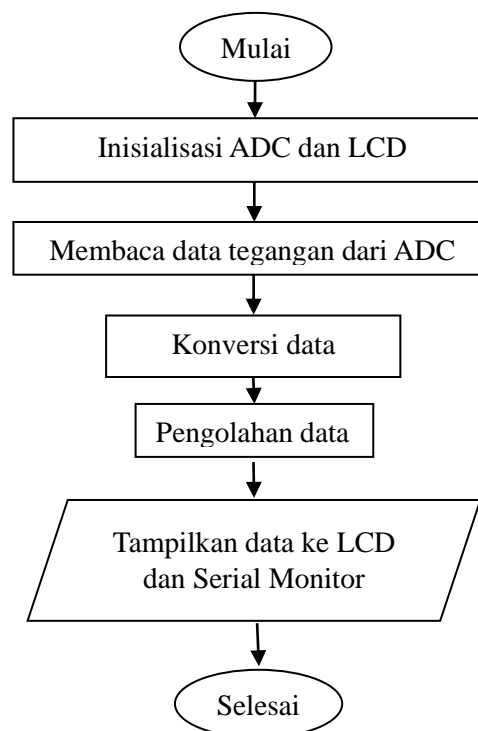
Gambar 3.4 Desain rancang alat ukur kekeruhan minyak.

Berdasarkan **Gambar 3.4** menunjukkan kotak alat ukur kelayakan minyak goreng bekas memiliki ukuran 21,5cm x 14,5cm x 8,5cm. LCD yang digunakan menggunakan LCD 16x2 atau I2C yang digunakan untuk menampilkan hasil kekeruhan dan asam lemak bebas pada sampel. Minyak yang digunakan yaitu 10 ml untuk kekeruhan, dan 100 ml untuk kadar asam lemak bebas. LED Indikator digunakan untuk memberikan sinyal bahwa alat sudah menyala. Tabung sampel digunakan untuk menyimpan/sebagai wadah untuk meletakkan sampel minyak. Adaptor dan USB arduino digunakan untuk sebagai sumber arus listrik. Fotodiode

beserta inframerah yang saling berhadapan sebagai sensor pengukur kekeruhan minyak.

3.3.2 Rancangan *Software*

Perancangan sistem untuk penentuan kelayakan minyak goreng bekas dikendalikan seluruhnya oleh mikrokontroler arduino uno, seperti dijelaskan pada diagram alir pemrograman **Gambar 3.5**.



Gambar 3.5 Diagram alir pemrograman.

Berdasarkan **Gambar 3.5** diagram alir pemrograman dimulai dari inisialisasi ADC dan LCD. Lalu selanjutnya membaca data tegangan dari ADC, setelah itu di konversi dan diolah untuk di tampilkan pada LCD.

3.3.3 Pengujian alat dan pengambilan data

Program dimulai dengan menginisialisasi pin arduino yang digunakan, kemudian membaca data dari ADC dan mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital. Selanjutnya data akan diolah oleh mikrokontroler (arduino) dan ditampilkan nilainya pada LCD.

Pengujian alat dan pengambilan data dilakukan dengan memastikan bahwa sistem ini sesuai dengan perencanaan dan dapat diaplikasikan, untuk itu diperlukan suatu pengujian. Metode pengujian yang dilakukan yaitu menyesuaikan nilai tegangan pada alat. Setelah itu, pengujian perangkat lunak (Software) dilakukan dengan meng-upload program ke dalam software arduino dan melihat apakah program tersebut masih ada error atau tidak pada serial monitor. Setelah dilakukan pengujian *hardware* dan *software*, selanjutnya pengujian keseluruhan dengan menggunakan sampel minyak yang akan di uji pada alat, untuk mengetahui apakah sudah bekerja dengan baik atau belum. Selanjutnya dengan mengambil data pada penelitian, pengambilan data meliputi data kekeruhan (NTU) dan data asam lemak bebas (%).

Sebelum melakukan pengambilan data keseluruhan, dilakukan pengambilan data tegangan pada minyak dengan pengambilan data jarak dan membandingkan jarak mana yang lebih optimal untuk mengukur tegangan pada fotodiode. Adapun rancangan tabel untuk mengukur tegangan dengan jarak dapat dilihat pada **Tabel 3.4**.

Tabel 3.4 Pengukuran tegangan dengan jarak

No	Jarak (cm)	Tegangan (V)		
		Tanpa Penghalang	Penghalang penggaris besi	Penghalang botol kaca
1	2			
2	4			
3	6			
4	8			

Berdasarkan **Tabel 3.4** setelah didapat nilai jarak dengan tegangan, kemudian gunakan nilai jarak yang diinginkan untuk mengukur sampel minyak bekas. Langkah selanjutnya yaitu mencari nilai tegangan dari minyak bekas yang digunakan secara 2, 4, dan 6 kali pemakaian secara 10 kali perulangan dengan fotodiode untuk minyak curah dan minyak kemasan. Data tegangan pada sampel dapat dilihat pada **Tabel 3.5**.

Tabel 3.5 Data pengukuran tegangan minyak

No	Nilai Tegangan Minyak Curah (V)			Nilai Tegangan Minyak kemasan (V)		
	A	B	C	A	B	C
	1					
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Rata ²						

Berdasarkan **Tabel 3.5** merupakan tabel tegangan nilai sistem yang diambil secara berulang sebanyak 10 kali dengan titik didih minyak 160–180°C. A_{curah} merupakan minyak curah yang telah digunakan untuk 2 kali penggorengan, B_{curah} untuk minyak curah yang digunakan untuk 4 kali penggorengan, dan C_{curah} untuk minyak curah dengan 6 kali penggorengan. Minyak kemasan yang digunakan yaitu minyak kemasan dengan merek minyak fetta. $A_{kemasan}$ adalah minyak kemasan yang telah digunakan 2 kali pemakaian, $B_{kemasan}$ adalah minyak kemasan yang telah digunakan 4 kali pemakaian dan $C_{kemasan}$ adalah minyak kemasan dengan 6 kali pemakaian. Perubahan nilai tegangan menjadi NTU dapat dilakukan dengan karakterisasi sistem. Pengukuran pada sistem akan menghasilkan nilai tegangan, sedangkan alat ukur laboratorium akan menghasilkan nilai kekeruhan (NTU). Kemudian nilai tegangan akan di konversi dengan nilai kekeruhan. Setelah itu, dibuatlah grafik karakteristik berdasarkan nilai tegangan dan kekeruhan.

3.3.4 Kalibrasi pengujian laboratorium kekeruhan dan asam lemak bebas

Hasil pengujian nilai laboratorium untuk kekeruhan yaitu dalam satuan NTU dan hasil pengujian untuk asam lemak bebas dengan satuan %. **Tabel 3.6** menunjukkan hasil pengujian kekeruhan dan asam lemak bebas di laboratorium seperti berikut.

Tabel 3.6 Hasil pengujian laboratorium kekeruhan dan asam lemak bebas

Sampel	Kekeruhan (NTU)	Asam lemak bebas (%)
<i>A_{curah}</i>		
<i>B_{curah}</i>		
<i>C_{curah}</i>		
<i>A_{kemasan}</i>		
<i>B_{kemasan}</i>		
<i>C_{kemasan}</i>		

Berdasarkan **Tabel 3.6** pengujian dilakukan untuk sampel kekeruhan yaitu pada Laboratorium Kesehatan Daerah sedangkan untuk pengujian asam lemak bebas dilakukan di Laboratorium BSPJI.

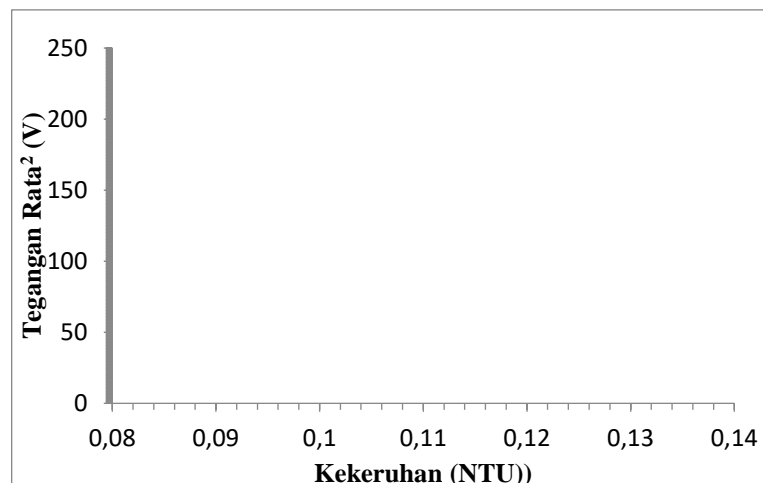
3.3.5 Konversi data kekeruhan ke tegangan

Tegangan yang diukur dengan satuan volt, akan dikonversi menjadi nilai kekeruhan dengan satuan (NTU) laboratorium. Nilai tegangan yang sudah di rata-ratakan dan nilai kekeruhan dapat dilihat pada **Tabel 3.7** sebagai berikut.

Tabel 3.7 Nilai kekeruhan laboratorium dan nilai tegangan

Sampel	Kekeruhan (NTU)	Tegangan Rata² (V)
<i>A_{curah}</i>		
<i>B_{curah}</i>		
<i>C_{curah}</i>		
<i>A_{kemasan}</i>		
<i>B_{kemasan}</i>		
<i>C_{kemasan}</i>		

Berdasarkan **Tabel 3.7** setelah diketahui nilai tegangan dari masing–masing sampel minyak dan diketahui nilai kekeruhan dari setiap sampel minyak di laboratorium. Langkah selanjutnya yaitu membuat grafik karakteristik dari tegangan dan kekeruhan. Hal ini dilakukan untuk mengkonversi nilai kekeruhan pada minyak, menjadi nilai tegangan. Grafik yang dibuat dikelompokkan berdasarkan jenis minyaknya, yaitu minyak curah dan minyak kemasan. Pada grafik linier yang dibuat, didapatkan nilai Y dan R² untuk setiap sampel minyak. Nilai tersebutlah yang akan dimasukkan kedalam program arduino uno. Grafik karakteristik dapat dilihat pada **Gambar 3.6**.



Gambar 3.6 Grafik konversi kekeruhan dan tegangan minyak curah dan kemasan.

Pada pengujian kekeruhan minyak goreng dilakukan dengan 3 kali percobaan (2, 4, 6), minyak yang akan digunakan yaitu minyak curah yang dijual tanpa merek. Penggunaan minyak goreng curah seperti pada **Gambar 3.6** dilakukan dengan menggoreng ikan sebanyak 2 kali, 4 kali, dan 6 kali penggorengan. Begitupun dengan minyak goreng kemasan, minyak tersebut dipakai untuk menggoreng ikan dengan pemakaian 2, 4, dan 6 kali.

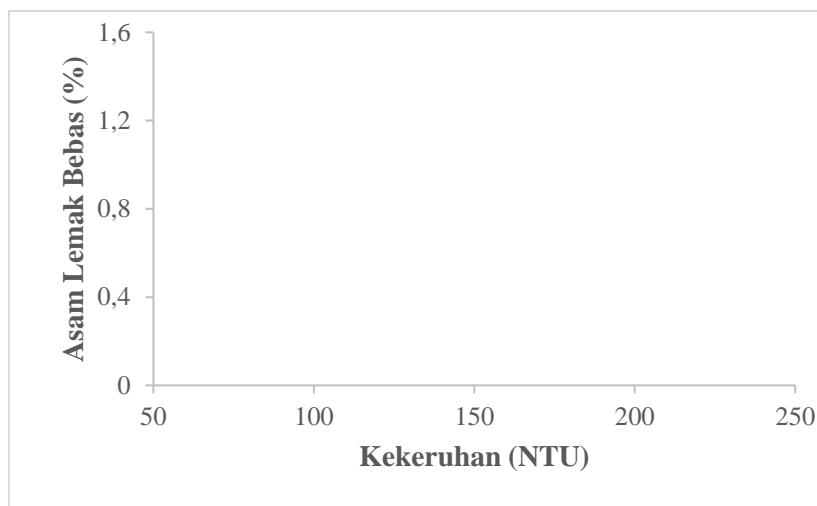
3.3.6 Konversi nilai kekeruhan dengan nilai asam lemak bebas

Setelah diketahui nilai kadar asam lemak bebas pada minyak di laboratorium, langkah selanjutnya yaitu dengan membuat konversi antara kekeruhan dengan asam lemak bebas. Pengambilan data kekeruhan dan asam lemak bebas dapat dilihat pada **Tabel 3.8**.

Tabel 3.8 Pengambilan data kekeruhan dan asam lemak bebas minyak curah dan minyak kemasan

Sampel	Minyak	
	Kekeruhan (NTU)	Asam Lemak Bebas (%)
<i>A_{curah}</i>		
<i>B_{curah}</i>		
<i>C_{curah}</i>		
<i>A_{kemasan}</i>		
<i>B_{kemasan}</i>		
<i>C_{kemasan}</i>		

Berdasarkan **Tabel 3.8** nilai kekeruhan dan asam lemak bebas di konversi sesuai dengan jenis minyaknya yaitu minyak curah dan minyak kemasan. Grafik karakterisasi konversi minyak curah dan minyak kemasan dapat dilihat pada **Gambar 3.7**.



Gambar 3.7 Grafik karakteristik konversi kekeruhan dengan asam lemak bebas minyak curah dan minyak kemasan.

Berdasarkan **Gambar 3.7** menunjukkan nilai hasil konversi kekeruhan dengan asam lemak bebas minyak kemasan dan minyak curah.

3.3.7 Tingkat akurasi dan kesalahan pada kekeruhan dan ALB pada alat

Setelah dilakukan karakteristik sensor minyak curah dan minyak kemasan, langkah selanjutnya yaitu menguji keakurasian alat ukur buatan dengan alat ukur yang ada di laboratorium. Pengujian ini dilakukan dengan 10 kali pengulangan untuk mendapatkan rata-rata pada alat ukur buatan. Adapun rancangan tabel untuk pengukuran keseluruhan kekeruhan Minyak curah dan minyak kemasan dapat dilihat pada **Tabel 3.9**.

Tabel 3.9 Data pengukuran kekeruhan minyak di laboratorium

sampel	Rata-Rata	Uji	Akurasi (%)	Kesalahan (%)
	pengujian sensor buatan (NTU)	Laboratorium (NTU)		
A_{curah}				
B_{curah}				
C_{curah}				
A_{kemasc}				
B_{kemasc}				
C_{kemasa}				

Selanjutnya rancangan untuk pengukuran keseluruhan asam lemak bebas minyak curah dan minyak kemasan dapat dilihat pada **Tabel 3.10**.

Tabel 3.10 Data pengukuran asam lemak bebas minyak di laboratorium

sampel	Rata- Rata	Uji	Akurasi (%)	Kesalahan (%)
	pengujian sensor buatan (ALB)	Laboratorium (ALB)		
A_{curah}				
B_{curah}				
C_{curah}				
A_{kemasc}				
B_{kemasc}				
C_{kemasa}				

Tingkat akurasi dan kesalahan pengukuran dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan (3.1) dan (3.2).

$$\% E = \left| \frac{Y - \bar{X}_n}{Y} \right| \times 100 \quad (3.1)$$

$$\% A = \left(1 - \left| \frac{Y - \bar{X}_n}{Y} \right| \right) \times 100 \quad (3.2)$$

Dengan, %E menyatakan presentase kesalahan, %A menyatakan presentase akurasi, Y menyatakan nilai referensi, X_n menyatakan nilai hasil pengukuran dan \bar{X}_n menyatakan rata-rata nilai hasil pengukuran.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Telah terealisasikannya alat ukur kekeruhan minyak goreng bekas menggunakan fotodioda berbasis arduino uno, untuk menyatakan kelayakan konsumsi minyak goreng yang digunakan secara berulang kali, dengan parameter fisik yaitu kekeruhan dan parameter kimia yaitu asam lemak bebas.
2. Nilai tegangan yang didapat dari alat ukur buatan berbanding terbalik dengan nilai kekeruhan yang terdapat di laboratorium. Hal ini sesuai dengan prinsip kerja fotodioda, dimana semakin keruh/kotor minyak goreng, maka cahaya inframerah akan sulit ditangkap oleh fotodioda. Tingkat akurasi alat buatan keseluruhan yaitu sebesar 96 %.
3. Nilai kekeruhan berbanding lurus dengan nilai kadar asam lemak bebas. Semakin sering digunakan minyak akan mengalami peningkatan nilai kekeruhan dan asam lemak bebas, sehingga minyak tersebut sudah tidak layak untuk di konsumsi. Hal ini dibuktikan dengan nilai akurasi kekeruhan sebesar 96,8 % dan ALB sebesar 95,2 %. Nilai tertinggi diperoleh pada saat 6 kali pemakaian.
4. Batas kelayakan penggunaan minyak goreng yang baik yaitu hanya 1 kali pemakaian.

5.2 Saran

Untuk mengembangkan dan penyempurnakan penelitian ini, maka dibuatlah saran seperti berikut.

1. Pada alat buatan, tempat untuk meletakkan sampel minyak, agar dibuat lebih presisi seperti ukuran wadah yang digunakan. Sehingga nilai yang di dapatkan lebih konstan.
2. Sampel yang digunakan lebih bervariasi, seperti penggunaan beberapa jenis minyak bermerek, hal ini untuk menunjukkan minyak mana yang kualitasnya lebih baik untuk di konsumsi.
3. Menambahkan Op Amp sebagai penguat arus keluaran fotodiode, untuk mendapatkan nilai diatas angka 1 Volt.
4. Sampel minyak dilakukan mulai dari 0 pemakaian sampai 5 kali pemakaian, hal ini bertujuan untuk mendapatkan nilai yang lebih spesifik.
5. Penambahan alat ukur untuk menentukan asam lemak bebas.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, I dan Khairul, A. (2018). Rancang Bagun Alat Pendeteksi Kelayakan Air Minum Yang Diproduksi Depot Air Minum Isi Ulang (AMIU) Berbasis Mikrokontroler At89s51 dan Lcd Menggunakan Inframerah dan Photodiode sebagai Indikator. *Jurnal Einstein*, 6(2), 39–44.
- Al-khusaibi, M and Mohammad, S, R. (2021). Quality Assessment of Frying Oil Degradation. *Techniques to Measure Food Safety and Quality*. Springer Nature, Hal 329-344.
- Amani, F dan Kiki, P. (2016). Alat Ukur Kualitas Air Minum dengan Parameter pH, Suhu, Tingkat Kekeruhan, dan Jumlah Padatan Terlarut. *Jurnal JETri*, 14(1), 49–62.
- Danel, G dan Wildian. (2012). Otomatisasi Keran Dispenser Berbasis Mikrokontroler AT89S52 Menggunakan Sensor Fotodiode dan Sensor Ultrasonik Ping. *Jurnal Fisika Unand*, 1(1), 60-65.
- Faisal, M., Harmadi dan Dwi, P. (2016). Perancangan Sistem Monitoring Tingkat Kekeruhan Air Secara Realtime Menggunakan Sensor Tsd-10. *Jurnal Ilmu Fisika*, 8(1), 9–16.
- Fauziyah, F dan Trafsilo, P. (2023). Perancangan Otomatisasi Integrasi Sistem Pendeteksi Ketidaklayakan Minyak dan Reaktor Biodiesel Tipe Static. *Jurnal Energi dan Mekanika Terbarukan*, 6(2), 99–107.
- Firdaus, M. D. (2019). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Penuaan dan Kualitas Minyak Transformator di Pt. WismatataEltra Perkasa. *Jurnal teknik Elektro*, 8(3), 515-522.
- Garnida, A., Rahmah, A. A., Sari, I. P dan Muksin, N. N. (2022). Sosialisasi Dampak dan Pemanfaatan Minyak Goreng Bekas di Kampung Jati Rw. 005 Kelurahan Buaran, Kecamatan Serpong, Kota Tangerang Selatan. *Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat*, 1(1), 1–6.
- Ghifari, H. S dan Fitri, U. (2022). Klasifikasi Kualitas Minyak Goreng berdasarkan Fitur Warna dan Kejernihan dengan Metode K-Nearest Neighbour berbasis Arduino Uno. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 6(7), 3269-3274.

- Hidayat, R. I dan Achmad, R. (2022). Rancang Bangun Mesin Penetas Telur Burung Love Bird Otomatis Berbasis Arduino Uno R3. *Jurnal Elektro*, 1(1), 1–7.
- Marofi, M. N., Syauqy Dahniyal dan Fitriyah, H. (2017). Rancang Bangun Sistem Klasifikasi Frekuensi Penggunaan Minyak Goreng dengan Menggunakan Metode Bayes. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 1(11), 1169–1177.
- Nainggolan, B., Nora, S dan Anna, J. (2016). Uji Kelayakan Minyak Goreng Curah dan Kemasan yang digunakan Menggoreng Secara Berulang. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 8(1), 45–57.
- Nasruddin. (2011). Studi Kualitas Minyak Goreng Dari Kelapa (*Cocos Nucifera L.*) Melalui Proses Sterilisasi dan Pengepresan. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 22(1), 9–18.
- Nurhasnawati, H., Risa, S dan Nana, C. (2015). Penetapan Kadar Asam Lemak Bebas dan Bilangan Peroksida pada Minyak Goreng yang digunakan Pedagang Gorengan di Jl.A.W Sjahranie Samarinda. *Jurnal Ilmiah Manuntung*, 1(1), 25-30.
- Nuryaman, A., Edi, M dan Rina, M. (2017). Rancang Bangun Prototipe Alat Pengukur Kecepatan Kendaraan dengan Sensor Infra Merah. *Seminar Nasional Teknik Elektro*, 1(1), 345–366.
- Parung, J., Stephani, L., Amelia, S., Dina.N.P. (2021). Penggunaan Teknologi Blockchain, Internet of Things dan Artificial Intelligence untuk mendukung kota cerdas. *Supply Chain Industri Perikanan*. 1-131.
- Putri, A. O dan Harmadi. (2018). Rancang Bangun Alat Ukur Tingkat Kekeruhan Air Menggunakan Fotodiode Array Berbasis Mikrokontroler ATMega328. *Jurnal Fisika Unand*, 7(1), 27–32.
- Ramadhan, M. S dan Muhammad Rivai. (2018). Sistem Kontrol Tingkat Kekeruhan pada Aquarium Menggunakan Arduino Uno. *Jurnal Teknik ITS*, 7(1), 87–91.
- Rohman, A. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Rusdiana, R. 2015. Analisis Kualitas Minyak Goreng berdasarkan Parameter Viskositas dan Indeks Bias. *Skripsi*.
- Sadi, S. (2015). Rancang Bangun Sistem Eskalator Otomatis Menggunakan Sensor Photodiode dan Infrared Berbasis Mikrokontroler ATMEGA32. *Jurnal Dinamika UMT*, 1(1), 71-90.
- Savira, S., Abdi Bangsa, I dan Nurpulaela, L. (2021). Implementasi Sistem Monitoring Risiko Peningkatan Kadar Glukosa Darah Secara Non-Invasive Menggunakan Photodiode dan LED. *Jurnal Elektro Luceat*, 7(1), 1–6.

- Sokop, S. J., Mamahit, D. J., Eng, M dan Sompie, S. R. U. A. (2016). Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Journal Teknik Elektro Dan Komputer*, 5(3), 13–23.
- Suliyani, N., Sri, W. S., Gurum, A. P dan Arif, S. (2021). Rancang Bangun Alat Ukur Kekeruhan Air Menggunakan Fototransistor dan LED Inframerah Berbasis Arduino Uno. *J. Energy Mater. Instrum. Technol.*, 2(2), 39–47.
- Sutiah, Firdausi, S. K. S dan Wahyu, S. B. (2008). Studi Kualitas Minyak Goreng dengan Parameter Viskositas dan Indeks Bias. *Jurnal Berkala Fisika*, 11(1), 53-58.
- Sopianti, D., S., Herlina dan Handi, T. S. (2017). Penerapan Kadar Asam Lemak Bebas pada Minyak Goreng. *Jurnal Katalisator.*, 2(2), 100-105.
- Suroso, A. S. (2013). Kualitas Minyak Goreng Habis Pakai Ditinjau dari Bilangan Peroksida, Bilangan Asam dan Kadar Air. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 3(2), 77–88.
- Tadeus, D. Y., Khasnan, A dan Didik, A. (2019). Model Sistem Monitoring pH dan Kekeruhan pada Akuarium Air Tawar berbasis *Internet of Things*. *Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna*, 15(2), 49–56.
- Widiyatun, F., Selvia, N dan Dwitiyanti, N. (2019). Analisis Viskositas, Massa Jenis, dan Kekeruhan Minyak Goreng Curah Bekas Pakai. *Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi*, 4(1), 25–30.
- Zhafran, A., Syauqy, D dan Widasari, E. R. (2022). Klasifikasi Frekuensi Penggunaan Minyak Goreng Ikan dan Tahu menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan berbasis Arduino. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 6(6), 2548–2964.