

**STUDI AWAL RANCANGAN ALAT COLORMETER MENGGUNAKAN SENSOR OPT101
UNTUK MENENTUKAN SERAPAN EKTRAK PEWARNA ALAMI
BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO**

Puja Kahar¹⁾, Yulkifli²⁾ dan Ramli³⁾

*Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
Jl. Prof. Dr. Hamka Air Tawar, Padang 25131*

¹⁾ pujaaaaa.khr@gmail.com

²⁾ yulkifliamir@gmail.com

³⁾ ramlisutan@unp.ac.id

ABSTRACT

Colorimeter is a color measuring instrument used to measure the amount of output voltage produced by each different dye. The dyes used here are red and orange color dyes as the beginning of the experiment. The samples used can be used in hazardous and harmless coloring materials, but in this experiment using non-hazardous artificial materials. The results of the trial output are displayed on the LCD. This tool uses LED as a source of light emitted in samples that are red and orange, then captured by the OPT101 Sensor which converts light into an output voltage. The output voltage is amplified by a voltage amplifier circuit. The results of the output voltage are confirmed on the arduino which is then displayed on the LCD. The program from Arduino is programmed using Arduino software which is then compiled or sent to Arduino which is then displayed on the LCD. The results of the colormetrical device were made on a 2.4 volt red sample and an orange sample of 3.13 volts. So that from the measurement results we can distinguish colors from the sample used

Keywords : *Colorimeter Sensor OPT101, Pewarna makanan, LCD*

PENDAHULUAN

Fisika yaitu ilmu yang mempelajari tentang gejala alam. Fisika juga berhubungan dengan pemahaman, pengamatan, dan gejala-gejala fenomena alam juga termasuk sifat-sifat system yang dibuat oleh manusia (Gadrave, 2009). Fisika merupakan ilmu dasar atau fundamental karena hukum fisika diterapkan di cabang ilmu lain seperti kimia yang mempelajari jenis materi tertentu. Suatu zat kimia yang ditentukan oleh sifat molekul penyusunnya dapat dijelaskan dengan ilmu fisika. Salah satu contohnya pada pewarna makanan dan minuman. Warna makanan dan minuman tergantung molekul-molekul penyusun dari pewarna makanan tersebut. Disini digunakan pewarna dengan warna sampel merah dan orange.

Berdasarkan perkembangan IPTEK pada manusia membuatnya berfikir untuk dapat menghasilkan suatu hal yang alami menjadi sesuatu hal yang bermanfaat dan dapat dikembangkan dengan berbagai inovasi-inovasi baru. Para ahli juga terus melakukan penelitian untuk melahirkan produk teknologi guna memenuhi kebutuhan manusia. Hasil IPTEK tersebut telah terbukti banyak memberikan kemudahan dan keuntungan bagi manusia.

Salah satu disiplin ilmu yang memberikan andil yang cukup besar dalam perkembangan IPTEK ini adalah Fisika. Dalam ilmu Fisika telah memberikan dasar yang kuat pada kemajuan teknologi. Kemajuan teknologi yang sangat erat

hubungannya dengan kemajuan Fisika. Salah satu bidang kajian fisika yang tidak kalah pesat perkembangannya saat ini adalah Elektronika dan Instrumentasi. Kemajuan Elektronika dan Instrumentasi ini cukup membantu manusia dalam memenuhi kebutuhan. Karenaitu, bidang Elektronika dan Instrumentasi menjadi perhatian yang serius dan menarik dikalangan generasi perancang teknologi baru.

Dasar inilah penulis tertarik untuk melakukan penelitian lain yang membuat sebuah rancang bangun Colorimeter sebagai pendeteksi pada makanan menggunakan metode colorimetric dengan cara LED merah sebagai sumber cahaya yang akan di pancarkan pada pewarna makanan kemudian dideteksi oleh sensor OPT101 bagaimana perbedaan warna tiap pewarna makanan dan penulis tidak menggunakan sampel formalin ataupun boraks tetapi pewarna sintetik, sehingga kita dapat mendeteksi perubahan warna sampel berdasarkan penyerapan yang biasanya hanya warna yang kita lihat sama dengan mata telanjang sedangkan warna lainnya ada terdapat didalamnya. Maka, saya mengambil judul penelitian ini adalah “Studi Awal Rancang Bangun Colorimeter Sebagai Pendeteksi Pada Pewarna Makanan Menggunakan Sensor OPT101 Berbasis Arduino Uno”.

A. Colorimeter

Colorimeter itu sendiri adalah detector yang digunakan untuk menentukan konsentrasi dengan

analisis intensitas cahaya yang diteruskan oleh larutan. Detector memiliki kemampuan untuk mengukur absoransi sampel dengan range 0,05 sampai dengan 1,0. Detector dilengkapi sumber cahaya dengan empat panjang gelombang. Panjang gelombang cahaya yang digunakan adalah 430 nm, 470 nm, 565 nm, dan 635 nm. (Anggoro, 2016: 22).

Detektor colorimeter bekerja berdasarkan Hukum Beer-Lambert. Sinar datang dengan panjang gelombang λ memiliki intensitas I_0 , setelah melewati molekul penyerap maka intensitasnya menjadi I . Intensitas cahaya berkurang menunjukkan adanya cahaya yang diserap oleh molekul penyerap. (Anggoro, 2016: 22).

B. Zat terlarut dan Molaritas

Zat-zat yang memiliki fasa padat dan gas lazimnya disebut sebagai zat terlarut (solute) sedangkan yang berfasa cair dikatakan sebagai pelarut. Suatu zat dikatakan sebagai pelarut apabila memiliki jumlah yang lebih banyak dibandingkan jumlah zat terlarut. Dalam kondisi tertentu misalnya campuran antara alkohol dan air dengan perbandingan 50:50. Dari campuran yang demikian air dan alkohol dapat dikatakan sebagai pelarut dan dapat pula dikatakan sebagai zat terlarut.

Untuk menyatakan jumlah atau banyak zat terlarut dalam suatu larutan digunakan istilah konsentrasi. Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk menyatakan konsentrasi zat terlarut di dalam larutan. Proses pengenceran dilakukan dengan cara menambah air murni (aquades) ke dalam larutan sehingga didapat kemolaran yang diinginkan. Proses pengenceran dapat dilakukan dengan cara mengikuti formulasi pada persamaan 1 :

$$V_1 M_1 = V_2 M_2 \quad (1)$$

Dimana V_1 adalah volume mula-mula dalam satuan liter atau milliliter (l atau ml). M_1 adalah molaritas mula-mula dalam molL^{-1} atau mmolmL^{-1} . V_2 adalah volume setelah pengenceran Dalam l atau ml. M_2 adalah molaritas setelah pengenceran dalam molL^{-1} atau mmolmL^{-1} .

C. Pewarna

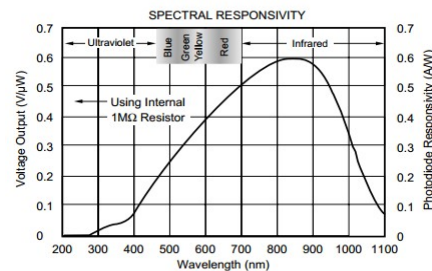
Pewarna makanan adalah zat aditif yang ditambahkan untuk meningkatkan warna makanan atau minuman. Pewarna makanan dicampurkan untuk memberi warna pada makanan, meningkatkan daya tarik visual pangan, merangsang indera penglihatan, menyeragamkan dan menstabilkan warna, dan menutupi atau mengatasi perubahan warna. Zat ini tersedia dalam berbagai bentuk, seperti cairan, bubuk, gel, atau pasta.

D. Pengertian LED

Light Emitting Diode atau sering disingkat dengan LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. LED merupakan keluarga Dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. Warna-warna Cahaya yang dipancarkan oleh LED tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang dipergunakannya. LED juga dapat memancarkan sinar inframerah yang tidak tampak oleh mata seperti yang sering kita jumpai pada Remote Control TV ataupun Remote Control perangkat elektronik lainnya. LED merupakan keluarga dari Dioda yang terbuat dari Semikonduktor. Cara kerjanya pun hampir sama dengan Dioda yang memiliki dua kutub yaitu kutub Positif (P) dan Kutub Negatif (N). LED hanya akan memancarkan cahaya apabila dialiri tegangan maju (bias forward) dari Anoda menuju ke Katoda.

E. Sensor OPT101

Sensor cahaya adalah alat yang digunakan untuk mengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. OPT101 adalah OPT101 monolithic dengan transimpedance amplifier. Tegangan keluaran meningkat secara linear terhadap intensitas cahaya. Amplifier dirancang pada operasi sumber tegangan rangkap atau tunggal, yang sesuai untuk peralatan battery-operated Sugito(2011). Sensor OPT101 merupakan rangkaian fotodiode yang dipadukan dengan rangkaian penguat (amplifier) memiliki impedansi keluaran rendah sehingga mudah untuk melakukan pengukuran keluarannya. Sensor OPT101 bekerja dengan hubungan tegangan dan intensitas cahaya linear yang dapat dilihat pada Gambar 5.



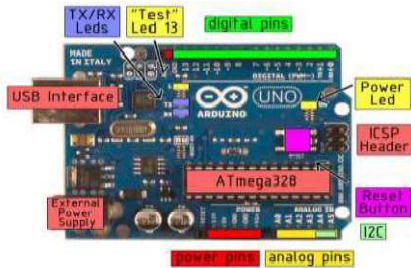
Gambar 1. Hubungan tegangan dengan panjang gelombang. (Datasheet sensor OPT101. 2003)

Semakin besar intensitas dan arus yang diberikan tegangan keluaran akan semakin besar. Begitu pula pengaruh panjang gelombang dengan tegangan keluaran.

F. Mikrokontroler Arduino

Mikrokontroler arduino yang digunakan adalah Hardware-nya yang memiliki prosesor Atmel AVR dan software-nya memiliki bahasa

pemrograman sendiri. Arduino Uno bukan hanya sebagai sebuah alat pengembangan saat ini, akan tetapi sebagai sebuah kombinasi hardware, bahasa pemrograman dan Integrated Development Environment (IDE) yang mampu berperan sebagai penulis program, merubah ke dalam bentuk biner serta meng-upload ke memory mikrokontroler (Giyartono, 2011). Arduino Uno mengandung mikroprosesor dan dilengkapi dengan osilator 16 MHz (yang memungkinkan operasi berbasis waktu dilaksanakan dengan tepat), dan regulator (pembangkit tegangan) 5 volt. Sejumlah pin tersedia di papan. Pin 0 hingga 13 digunakan untuk isyarat digital, yang hanya bernilai 0 atau 1. Pin A0-A5 digunakan untuk isyarat analog. Arduino Uno dilengkapi dengan Static Random Acces Memory (SRAM) berukuran 2KB untuk memegang data, flash memory berukuran 32KB, dan Erasable Programmable Read-Only Memory (EEPROM) untuk menyimpan program (Abdul, Kadir, 2012). Pada Gambar 2 merupakan board Arduino Uno.

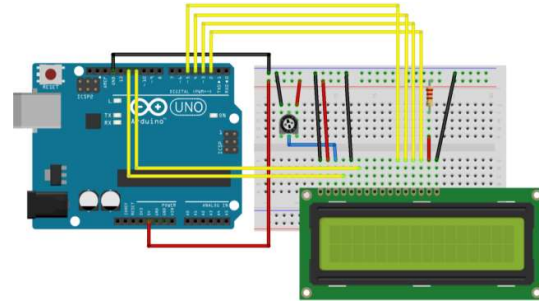


Gambar 2. Board Arduino Uno

Gambar 2. board arduino uno ini merupakan arduino uno yang sudah dilengkapi dengan external power supply dan USB antar muka yang bisa langsung dihubungkan dengan komputer. Hal ini memungkinkan Arduino Uno328 memiliki performa yang cukup baik dalam menjalankan eksekusi program yang sudah dirancang (Yulkifli, dkk, 2014).

G. LCD

LCD berfungsi menampilkan suatu nilai hasil sensor, menampilkan teks, atau menampilkan menu pada aplikasi mikrokontroler. LCD yang digunakan adalah jenis LCDM1632. LCD M1632 merupakan modul LCD dengan tampilan 16 x 2 baris dengan konsumsi daya rendah. Modul tersebut dilengkapi dengan mikrokontroler yang didesain khusus untuk mengendalikan LCD. (Gamayel, Rizal, 2007).



Gambar 3. Rangkaian LCD

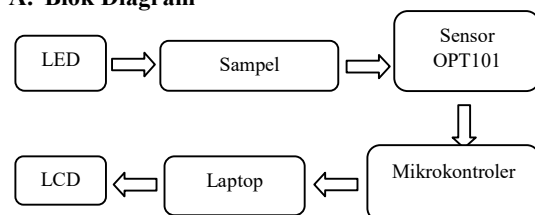
Berdasarkan latar belakang ini penulis tertarik untuk membuat sebuah alat ukur intensitas cahaya menggunakan ekstrak warna tumbuhan sebagai sampel untuk dihat seberapa besar intensitas cahaya pada tumbuhan yang warnanya berbeda-beda tersebut. disini penulis menggunakan sensor OPT101 untuk menangkap intensitas cahaya yang diberikan oleh ekstrak tumbuhan tersebut sehingga dapat dibaca oleh sensor dan dihubungkan dengan mikrokontroler sebagai alat untuk menampilkan berapa besar intensitas cahaya yang dihasilkan pada PC.

Penelitian ini sejalan dengan Sugito (2011), membuat aplikasi sensor OPT101 sebagai pendeteksi Intensitas Cahaya untuk Rancangan bangun Densitometer berbasis mikrokontroler ATMEGA8535. Penelitian ini memiliki tidak membuat pemberian densitas cahaya kepada sensor menggunakan bahan alami tetapi menggunakan film radiografi. Sehingga mengeluarkan biaya untuk membelinya. Upaya untuk mencegahnya bisa menggunakan bahan alami seperti ekstrak tumbuhan. Dengan dasar inilah penulis tertarik untuk melakukan penelitian ini, sebagai judul dari penelitian ini adalah "Rancangan alat colorimeter menggunakan sensor Sensor OPT101 untuk menentukan serapan ekstrak pewarna berbagai mikrokontroler arduino"

METODE PENELITIAN

Dalam perancangan sistem, direncanakan dari blok diagram sederhana yang ditunjukkan Gambar 1 di bawah ini :

A. Blok Diagram



Gambar 4. Blok Diagram Rangkaian

Sesuai dengan blok diagram di atas, maka sistem ini terdiri atas :

1. LED

LED merupakan keluarga dari Dioda yang terbuat dari Semikonduktor. Cara kerjanya pun hampir sama dengan Dioda yang memiliki dua kutub yaitu kutub Positif (P) dan Kutub Negatif (N). LED hanya akan memancarkan cahaya apabila dialiri tegangan maju (bias forward) dari Anoda menuju ke Katoda.

2. Sampel (ekstrak alami tumbuhan)

Ekstrak alami tumbuhan berupa tumbuhan yang memiliki warna yang sangat khas, disini tumbuhan yang digunakan yaitu :

- Pinang (Areca Cathecu)
- Safflower (Crocus Sativus)
- Kunyit (Curcuma domestica)
- Kulit manggis (Garcinia mangostana)
- Kesumba (Bixa Orellana)
- Akar mengkudu (Morinda citrifolia)
- Getah gambir
- Kulit kayu tingi (Peltophorum pterocarpum)
- Ketapang (Terminalia catappa)
- Jati (Tectona grandis)

Tetapi disini kami baru mencoba menggunakan pewarna buatan, warna yang kami gunakan adalah merah dan orange

3. Sensor OPT101

Sensor OPT101 merupakan rangkaian fotodiode yang dipadukan dengan rangkaian penguat (amplifier) memiliki impedansi keluaran rendah sehingga mudah untuk melakukan pengukuran keluarannya.

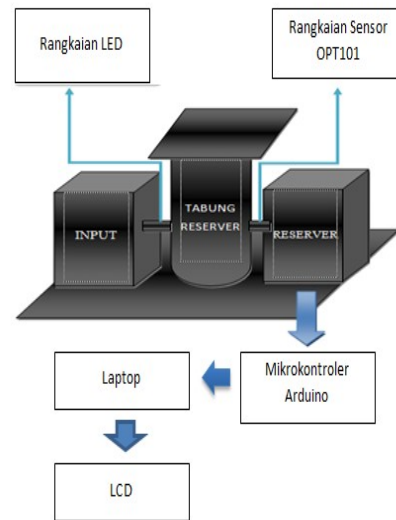
4. Mikrokontroler arduino

Mikrokontroler arduino yang digunakan adalah Hardware-nya yang memiliki prosesor Atmel AVR dan software-nya memiliki bahasa pemrograman sendiri.

5. LCD (Liquid Crystal Display)

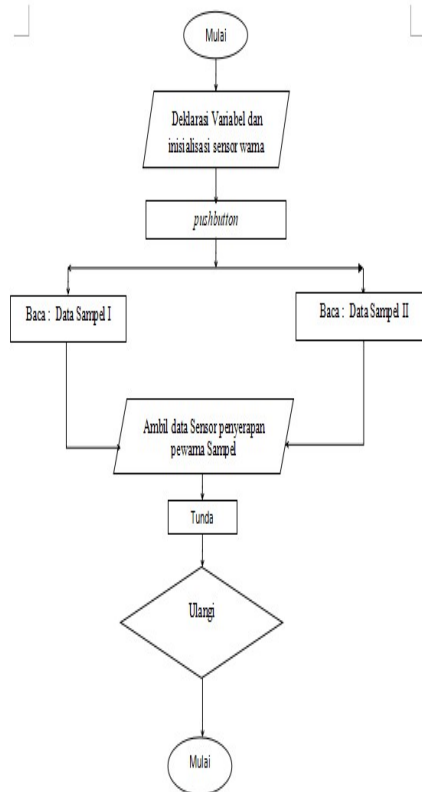
LCD adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. Lcd disini digunakan untuk menampilkan hasil dari dari keluaran yang telah diolah oleh mikrokontroler arduino berupa bentuk nilai tegangan keluaran yang berbeda-beda untuk setiap sampel yang berbeda.

B. Desain Mekanik



Gambar 6. Rangkaian Sistem

Desain perangkat lunak Perangkat lunak pada Rancang Bangun Colorimeter Sebagai Pendeteksi Pada Pewarna Makanan Menggunakan Sensor OPT101 Berbasis Arduino Uno ini, merupakan sebuah pemograman menggunakan arduino. Perangkat lunak berupa flowcard pada Gambar 5.



Gambar 7. DiagramAlir perangkat Lunak

Cara Kerja

1. Menyiapkan sampel untuk input berupa cairan berwarna (disini menggunakan warna merah, orange dan hijau).
2. Merangkai rangkaian sesuai dengan rangkaian yang telah dibuat.
3. Aplikasi arduino dibuka dan software di setting
4. Program diverifikasi dengan mengklik gambar centang terlebih dahulu. Apabila terdapat kesalahan dalam pemrograman, akan muncul peringatan error pada layar.
5. Klik File -> save pada tempat sesuai keinginan.
6. Project board dihubungkan dengan port-port arduino uno menggunakan kabel telepon yang susunannya sesuai dengan program yang telah dibuat.
7. Arduino uno dihubungkan dengan laptop menggunakan kabel USB
8. Meletakkan sampel antara LED dan photodiode
9. Setelah selesai barulah mengklik Tools pada aplikasi arduino kemudian dipilih board -> arduino uno dan dipilih port dan centang pada pilihannya.
10. Diklik Tools pada aplikasi arduino kemudian dipilih board -> arduino uno dan dipilih port dan centang pada pilihannya.
11. Program diupload dengan mengklik gambar panah agar dapat terdownload oleh mikrokontroler arduino uno.
12. Pada keyboard di klik Ctrl+Shift+M sehingga monitor akan menampilkan output dari sensor berupa tegangan sesuai program yang telah dibuat.

otomatis enter sehingga tampilan pada monitor berjalan secara vertikal. Ketika tidak diberikan kode “\n”, tampilan tersebut akan berjalan secara horisontal. Sehingga perubahan tegangan pada sensor akan tampil di monitor.



Gambar 8. Rangkaian program



Gambar 9. Nilai tegangan sampel Orange

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pada praktik kali ini, digunakan sensor OPT101 yang inputnya berupa cahaya dari lampu LED yang dipancarkan pada air alami yang memiliki warna berbeda kami menggunakan warna merah, orange dan hijau. Output tersebut akan ditampilkan pada monitor yang berupa tegangan. Monitor yang digunakan adalah monitor pada laptop. Pemasangan lampu LED dan sensor OPT101 dalam project board harus saling berdekatan karena nyala lampu LED tersebut digunakan oleh sensor sebagai inputnya. Sehingga besar tegangan yang tampil pada monitor bergantung besar intensitas cahaya yang tertangkap oleh sensor OPT101.

Pada software tertulis kode “float” yang tertulis dalam void loop, kode ini berfungsi untuk tampilan nilai tegangan nantinya berbentuk bilangan desimal. Sedangkan pada kode selanjutnya tertulis “Serial.println” yang kode “\n” ini berfungsi untuk



Gambar 10. Nilai tegangan sampel merah

Pengujian Tingkat warna pada 10kali perulangan setiap 1 menit

Tabel1. Pengujian Sampel

NO	Sampel	
	Merah	Orange
1	2,43 V	3,14 V
2	2,4 V	3,14 V
3	2,4 V	3,14 V
4	2,4 V	3,13 V
5	2,4 V	3,13 V
6	2,4 V	3,13 V
7	2,4 V	3,13 V
8	2,3 V	3,13 V
9	2,3 V	3,13 V
10	2,3 V	3,13 V

PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan baik secara grafik dapat memberikan hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian. Adapun hasil penelitian yang diperoleh yaitu, spesifikasi performansi sitem dan spesifikasi desain sistem.

Spesifikasi performansi rancang bangun *Colorimeter* Sebagai pendeteksi pada pewarna makanan ini merupakan pengidentifikasian atau pengukuran fungsi setiap bagian pembentukan sistem. Studi Kasus Rancang bangun *Colorimeter* sebagai pendeteksi pada pewarna makanan ini terdiri dari sensor OPT101, LED merah, kuvet, dan tabung reaksi. Rancang bangun *Colorimeter* ini juga dilengkapi dengan rangkaian elektronika yang terdiri dari rangkaian LED, rangkaian sensor OPT101, rangkaian LCD dan stu set mikrokontroler arduino. Sedangkan untuk sensor OPT101 diletakan sejajar dengan LED merah agar cahaya LED dapat terbaca oleh sensor.

Studi awal rancang bangun *Colorimeter* ini menentukan besar perubahan tegangan terhadap perubahan konsentrasi pewarna makanan. Prinsip kerja dari *Colorimeter* ini adalah bermula dari pengetahuan kimia yang menentukan perubahan warna dari setiap sampel dengan menentukan berapa perubahan tegangan keluaran dari setiap pewarna pada setiap perubahan konsentrasi. Pengukuran dilakukan menggunakan 2 sampel yaitu *Indigo Carmine* (warna merah) dan *Berilian Blue* (warna biru). Setelah itu sampel yang ada diletakkan pada kuvet yang telah disediakan tetapi sebelum dimasukkan kedalam kuvet sampel dimasukkan kedalam tabung reaksi. Pengukuran dilakukan dengan sampel 1 dan sampel 2 dengan variasi kosentrasi dari 0.1% sampai dengan 1%. Sehingga data hasil pengukuran absorpsi dapat baca oleh

sensor OPT101 yang disinari LED. Sinyal keluaran sensor tersebut deprogram pada mikrokontroler arduino sehingga mendapatkan tegangan. Hasil keluaran akan ditampilkan menggunakan LCD.

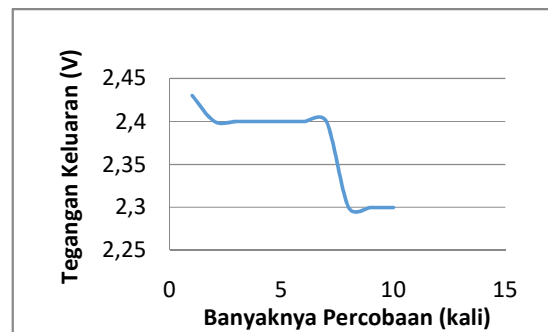
Sensor yang digunakan pada penelitian ini yaitu sensor OPT101 yang memiliki tegangan keluaran 0 Volt (*low*) dalam keadaan gelap dan 4.8 Volt disaat terang (*high*) dalam keadaan terang. Sensor ini memiliki sensitivitas $0.45 \text{ V}/\mu\text{W}$ dengan luas fotodiode $5,2 \text{ mm}^2$. Tegangan keluaran mengalami peningkatan 0,45 Volt untuk setiap kenaikan daya $1\mu\text{W}$. Sensor OPT101 mempunyai kepekaan yang tinggi pada daerah dekat panjang gelombang cahaya merah. Kelebihan alat ini dibandingkan alat standar yang ada sekarang ini adalah terdapat sensor OPT101 yang sensitive terhadap warna.

Pengujian tentang besar tegangan keluaran terhadap warna yang menggunakan warnasampe 1 (merah) dan sampel 2 (biru).

Pengujian tentang besar tegangan keluaran terhadap warna yang menggunakan warna merah,orange dan hijau sebagai sampel.

1. Sampel Merah

Untuk pengujian pertama menggunakan sampel warna merah. Dimana pada sampel warna merah ini kami menggunakan air dengan pewarna merah buatan sebanyak 150 ml yang terletak pada gelas ukur. Pengujian pada sampel warna merah ini dilakukan secara berulang sebanyak 5 kali perulangan. Dimana didapatkan nilai tegangan sensor berturut-turut yaitu 2,43 V, 2,4 V, 2,4 V, 2,4 V, 2,4 V, 2,4 V, 2,3 V, 2,3 V, dan 2,3 V sehingga dapat dihitung nilai rata-ratanya yaitu 2,373 V.

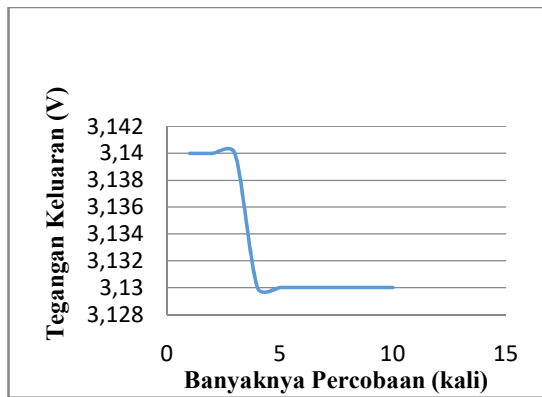


Gambar 11. Grafik sampel warna merah

2. Sample Orange

Untuk pengujian kedua menggunakan sampel warna orange. Dimana pada sampel warna orange ini kami menggunakan air dengan pewarna orange buatan sebanyak 150 ml yang terletak pada gelas ukur. Pengujian pada sampel warna merah ini dilakukan secara berulang sebanyak 5 kali perulangan. Dimana didapatkan nilai tegangan sensor berturut-turut yaitu 3,14 V, 3,14 V, 3,14 V, 3,13 V,

3,13 V, 3,13 V, 3,13 V, 1,13 V, 3,13V dan 3,13V sehingga dapat dihitung nilai rata-rata tegangan keluarannya yaitu 3,133 V



Gambar 11. Grafik sampel warna orange

Jadi, dari data yang diperoleh kita dapat mengetahui bahwa pemantulan warna yang diberikan oleh LED dengan penghalang sampel warna merah, dan orange mengenai sensor OPT101 didapatkan nilai tegangan keluaran tertinggi yaitu pada sampel berwarna merah dan yang terendah pada warna orange.

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dan rangkaiannya dapat menspesifikasikan performansinya dan spesifikasi desain alat serta mengetahui cara kerja alat colorimeter pada larutan pewarna makanan. Dimana dari cahaya LED yang menghasilkan cahaya yang terang dipancarkan pada sampel pewarna makanan yang kemudian diserap oleh sensor OPT101 yang menghasilkan tegangan yang berbeda berdasarkan nilai tegangan dari setiap warna ekstrak tumbuhan yang dijadikan sampel bagi alat colorimeter tersebut. Dari hasil pengukuran kita dapat membuat sebuah kesimpulan dari alat tersebut dalam sebuah tabel yaitu perbandingan antara warna pewarna makanan

SARAN

Saran Berdasarkan hasil yang telah dicapai dan kendala yang ditemukan dalam penelitian sebagai saran untuk tindak dan pengembangan dalam penelitian ini yaitu :

1. Alat *Colorimeter* ini sebagai alat ukur warna berdasarkan besar tegangan
2. Desain mekanik *Colorimeter* secara digital dikembangkan agar bentuknya lebih efisien dan lebih mudah saat diatur posisi dan larutan yang kita inginkan.
3. Sensor OPT101 sensitif terhadap warna merah dengan panjang gelombang 625 nm

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anggraini, Dian. 2010. Aplikasi Mikrokontroler ATMEGA16 Sebagai Pengontrol Sistem Emergency dan Lampu Jalan yang Dilengkapi dengan Sensor Cahaya (LDR) pada Miniatur Kompleks Perumahan Modern : Lampung.
- [2] Fraden, Jacob. 2003. Handbook of Modern Sensors. Newyork: Springer.
- [3] Herianto, Eko. 2015. Rancang Bangun Alat Otomatis Pendeteksi Makanan Yang Mengandung Bahan Pengawet Berbahaya berbasis Mikrokontroler. Bandung: Universitas Komputer Indonesia.
- [4] Helen dan Imawan, Cuk. 2014. Enhancement of the Stability of silver nanoparticles synthesized using aqueous extract of diospyros discolor willd. Leaves using polyvynil alcohol. Jakarta: Universitas Indonesia.
- [5] Pangan, Ebook. 2006. Pewarna Pangan. Teknologi Pangan Unimus.
- [6] Sugito, Heri, dkk. 2011. Aplikasi Sensor OPT 101 sebagai Pendeteksi Intensitas Cahaya Untuk Rancang bangun Densitometer Berbasis Mikrokontroler ATMEGA8535. Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika FMIPA UNDIP : Semarang.
- [7] Ulrich, Karl T dan Eppinger, Steven D. 2001. Perancangan dan Pengembangan Produk. Edisi Pertama. Jakarta : Salemba Teknika.
- [8] Yulkifli. 2013. Sistem Sensor Dan Aplikasinya. UNP: Padang.
- [9] Yulkifli, dkk. 2014. Pembuatan Sistem Pengukuran Viskositas Fluida Secara Digital Menggunakan Sensor Efek Hall Ugn3503 Berbasis Arduino Uno328. Jurnal Sainstek Vol. VI No. 1: 71-83 Juni 2014.
- [10] Yulkifli, dkk. 2016. Development of digital viscometer based on sensor technology and microcontroller. International Conference on Mathematics and Natural Sciences (IConMNS 2017). Universitas