

UJI SENSITIVITAS SENSOR TCS230 BERBASIS ARDUINO UNO SEBAGAI ALAT PENDETEKSI WARNA BAGI PENDERITA BUTA WARNA

Daffa Mahendra, Dzulkifli

Program Studi Fisika, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

Email: daffa.17030224035@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Pengujian terhadap sensor TCS230 memberikan peluang untuk mengetahui sensitivitas dan tingkat kesalahan (*error*) sehingga dapat membantu penderita kelainan buta warna (*color blindness*) dalam mengidentifikasi suatu objek warna. Fokus pada penelitian ini adalah untuk meneliti sensitivitas dari Sensor TCS230 terhadap warna RGB pada suatu objek warna. Metode penelitian yang dilakukan oleh peneliti secara kuantitatif menggunakan sumber data primer. Pengujian data menggunakan metode MSE (*Mean Square Error*) dan ACPP (*Algoritma Closest Pair Point*). Hasil dari penelitian menggunakan metode MSE menemukan bahwa pada uji warna merah (R/Red) memiliki nilai *error* paling kecil sebesar 2,82%, warna biru memiliki nilai *error* paling kecil sebesar 10,44%, warna hijau memiliki nilai *error* paling kecil sebesar 11,33%, warna putih memiliki nilai *error* paling kecil sebesar 4,50% dan warna kuning memiliki nilai *error* paling kecil sebesar 7,90%. Hasil penelitian menggunakan metode ACPP menghasilkan nilai *error* pada sampel 1 (satu) sebesar 6,54% dengan warna terdekat yaitu merah koral dan sampel 2 (dua) sebesar 14,90% dengan warna terdekat yaitu warna merah salmon gelap. Peneliti mengambil kesimpulan bahwa pada metode MSE memiliki tingkat *error* rendah pada jarak 1 cm dan semakin besar jarak maka frekuensi yang diperlukan semakin besar serta metode ACPP memiliki jarak warna terdekat dengan kesesuaian mayoritas sampel warna.

Kata Kunci: ACPP, buta warna, frekuensi, jarak, MSE,

Abstract

Testing the TCS230 sensor provides an opportunity to determine the sensitivity and error rate so as to help people with color blindness in identifying a color object. The focus of this study was to examine the sensitivity of the TCS230 Sensor to RGB colors on a color object. Research methods conducted by researchers quantitatively using primary data sources. Data testing using MSE (Mean Square Error) and ACPP (The Closest Pair Point Algorithm) methods. The results of the study using MSE method found that in the red color test (R/Red) had the smallest error value of 2.82%, blue had the smallest error value of 10.44%, green color had the least error value of 11.33%, white had the smallest error value of 4.50% and yellow had the least error value of 7.90%. The results of the study using ACPP method produced a error value in the sample of 1 (one) of 6,54% with the closest color of coral red and 2 (two) samples of 14,90% with the nearest color of dark salmon red. The researchers concluded that in the MSE method has a low error rate at a distance of 1 cm and the greater the distance, the frequency required the greater and the ACPP method has the closest color distance to the majority of color samples.

Keywords: ACPP, color blindness, distance, frequency, MSE.

PENDAHULUAN

Indera penglihatan memungkinkan kita untuk melihat berbagai objek dari segi bentuk, isi, warna dan lain sebagainya. Warna adalah salah satu unsur penting dalam penglihatan manusia dimana kita dapat mengidentifikasi suatu objek dengan detail karena adanya perbedaan warna. Warna menurut beberapa literatur didefinisikan sebagai spektrum tertentu dari cahaya sempurna (warna putih) yang terdispersi oleh suatu permukaan benda dan dipengaruhi oleh pigmennya. (Hakim & Romiyadi, 2020)

Visualisasi warna oleh mata dikendalikan oleh otak dan perasaan sehingga kemampuan untuk membedakan warna akan lebih selektif. Kemampuan tersebut tidak sepenuhnya dimiliki oleh semua orang dikarenakan adanya sebuah kelainan yang menyebabkan mata tidak dapat membedakan

gradasi warna maupun warna pokok yang biasa disebut dengan buta warna (*color blindness*). Ketidakmampuan tersebut tentunya dapat terbantu oleh orang normal (tidak buta warna) dengan mendampingi penderita buta warna. Keadaan tersebut tentunya cukup merepotkan sehingga memerlukan alat yang mempermudah bagi penderita agar lebih mandiri.

Pengembangan teknologi saat ini menghasilkan berbagai inovasi yang dapat membantu penderita buta warna. Penggunaan sensor TCS230 dapat menjadi solusi untuk mempermudah penderita kelainan buta warna dalam membedakan warna. Sensor tersebut telah diproduksi oleh perusahaan TAOS.Inc Texas dengan dilengkapi oleh konfigurasi filter fotodiode warna merah, biru dan hijau sebagai penyeleksi warna. Sistem pendeteksian pada sensor dimulai dari *LED Super Bright* yang berfungsi sebagai

pemancar gelombang cahaya (*transmitter*) kepada suatu objek dan matriks berjumlah 8x8 fotodiode sebagai *receiver* yang akan menerima gelombang cahaya pantulan dari objek dimana perubahan warna dapat terbaca. (Hakim & Romiyadi, 2020)

Penelitian terdahulu terkait penggunaan sensor warna telah dilakukan oleh Ratnawati (2019), menggunakan 10 (sepuluh) objek warna dan sensor TCS3200 berbasis Arduino Nano. Pengujian ini memanipulasi dari jarak antara sensor dengan objek warna pada rentang dan lebar objek. Hasil pengamatan pada pengujian tersebut menyebutkan bahwa keakuratan pembacaan sensor TCS3200 dengan objek warna yaitu pada jarak 1,5 cm dengan lebar objek sebesar 5,5 cm.

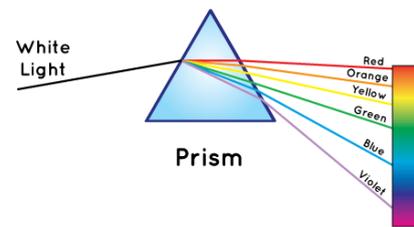
Penelitian terdahulu juga dilakukan oleh Natsir (2019) yang menggunakan sensor TCS3200 (sensor sejenis TCS230) dengan memanipulasi jarak dari sensor ke objek warna (sejumlah 6 buah) pada rentang 1-5 cm dan nilai frekuensi dibatasi sampai pada nilai sebesar 255. Hasil pembacaan sensor dengan jarak yang berbeda menghasilkan nilai frekuensi yang beragam dengan kesimpulan semakin jauh jarak yang dibaca oleh sensor maka semakin besar frekuensi serta cenderung kurang efektif dalam pembacaan warna, sehingga didapat tingkat keakuratan pada pembacaan sensor yaitu jarak 2 cm.

Penelitian yang dilakukan oleh Aruan et al (2016), menggunakan sensor TCS230 dengan manipulasi menghasilkan data error pada warna merah sebesar 28,0336%, warna hijau sebesar 38,96495 % dan warna biru sebesar 32,99103% sehingga dapat disimpulkan dari nilai error rata – ratanya dapat dilihat bahwa semua mempunyai nilai error dibawah 50%. Hal ini dapat dikatakan bahwa sensor bekerja dengan cukup banyak untuk mendeteksi warna serta perubahannya meskipun kecil.

Pengujian pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sensitivitas dan tingkat *error* pada sensor TCS230 dalam mengidentifikasi suatu warna objek.

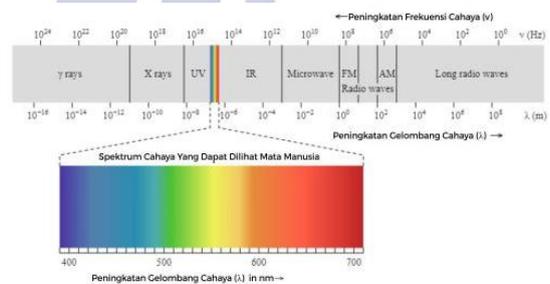
Warna

Spektrum yang terbentuk dari dispersi cahaya sempurna yang berwarna putih merupakan definisi dari warna. Warna merupakan pengembangan dari eksperimen yang dilakukan oleh Issac Newton (1704) dari penemuan ilmuwan sebelumnya dimana Newton melakukan eksperimen dengan meletakkan prisma pada ruangan gelap yang kemudian disinari oleh cahaya putih matahari. Cahaya tersebut terdispersi atau terpecah menjadi susunan warna pelangi (gambar 1) yaitu merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu yang kemudian kita kenal sebagai spektrum. (Dey, 2018)



Gambar 1. Spektrum Cahaya Pada Prisma (Erickson, 2020)

Suatu spektrum warna tertentu memiliki identitasnya masing-masing. Hal ini dikarenakan setiap warna memiliki panjang gelombang. Visualisasi panjang gelombang yang terlihat oleh mata manusia berkisar antara 380 - 780 nanometer (nm) (atau dalam frekuensi 790-400 terahertz). Sensitivitas maksimum pada area mata terjadi pada rentang 555 nm pada saat mata telah beradaptasi dengan cahaya di wilayah hijau dari spektrum optik. (Mirza, 2016) Penginterpretasian otak terhadap dispersi warna dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu merah, hijau dan biru (RGB). (Hakim & Romiyadi, 2020)



Gambar 2. Spektrum Sinar Tampak (S-gala.com, 2020)

Sistem grafik pada komputasi menggunakan ruang warna asli yaitu RGB (*Red, Green, and Blue*) sebagai penangkap warna gambar. Hal ini dikarenakan ada pembawaan pigmen dari unsur warna primer seperti biru (cyan), merah (magenta), dan kuning (yellow). (Widodo dalam jurnal Qolbuiddin AZ et al, 2018)

Warna dasar RGB memiliki kode desimal yang merupakan konversi dari bahasa pemrograman (*true color* atau kombinasi warna) dimana literasi tersebut tercantum dalam artikel Wikipedia sebagai berikut.

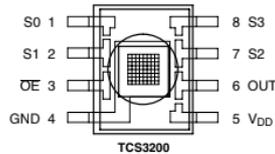
Merah tua	CC 00 00	00 00 00	GreenYellow	AD FF 2F	173 255 47	LightSkyBlue	87 CE FA	135 206 250
Koral terang	FF 80 80	240 128 128	Chartreuse	7F FF 00	127 255 0	DeepSkyBlue	00 80 FF	0 191 255
Salmon	FA 80 72	250 128 114	LawnGreen	7C FC 00	124 252 0	DeepSkyBlue	1E 90 FF	30 144 255
Salmon gelap	99 99 7A	233 150 122	lime	90 FF 00	0 255 0	CornflowerBlue	64 95 FD	100 149 237
Salmon terang	FF A0 7A	255 160 122	limeGreen	32 CD 32	50 205 50	MediumSlateBlue	79 69 EE	123 104 238
Krimson	DC 14 3C	220 20 60	PaleGreen	98 FB 98	152 251 152	RoyalBlue	41 69 E1	65 105 225
Merah Bata	FF 00 00	255 0 0	LightGreen	90 EE 90	144 230 144	Blue	00 00 FF	0 0 255
Merah tua	80 00 00	128 0 0	MediumSpringGreen	00 FA 9A	0 250 154	MediumBlue	00 00 CD	0 0 205

Gambar 3. Kode Desimal Warna (a) Merah (*Red/R*); (b) Hijau (*Green/Hijau*); (c) Biru (*Blue/B*) (Wikipedia, 2019)

TCS230

Sensor TCS230 merupakan sensor yang berfungsi untuk mendeteksi warna dari suatu objek atau benda menggunakan *LED Super Bright* sebagai *transmitter*-nya dan fotodiode sebagai *receiver*. Rangkaian pada sensor terdiri dari matrik

array 8x8, LED Super Bright dan dilengkapi dengan konfigurasi 64 (enam puluh empat) buah fotodiode dengan rincian untuk filter merah, hijau, biru dan tanpa filter masing-masing berjumlah 16 (enam belas).



Gambar 4. Sensor TCS230 dan Blok Diagram (Hakim & Romiyadi, 2020)

TCS230 dikemas dalam bentuk transparan agar memudahkan sensor dalam menerima intensitas cahaya serta chip DIP yang berjumlah 8 (delapan) pin. Konfigurasi pin fotodiode pada sensor terletak pada selektor S2 dan S3. Kombinasi fungsi dapat dilakukan pada pin S2 dan S3 dalam memilih bagian filter fotodiode. (terlihat pada gambar 4)

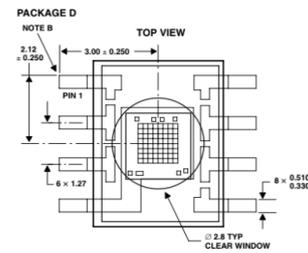
Sistem kerja dari sensor TCS230 berfungsi untuk mengkonversi cahaya ke frekuensi warna. Pengkonversian tersebut dapat dijalankan menggunakan konfigurasi fotodiode silikon yang diprogram dengan menggabungkan sirkuit tunggal CMOS monolitik tunggal yang berfungsi untuk mengubah arus ke bentuk frekuensi. Hasil keluaran dari sensor akan berbentuk gelombang persegi (50% siklus kerja) dimana intensitas cahayanya (*Super LED Bright*) akan sebanding dengan nilai frekuensi pada hasil keluaran. Nilai preset dalam frekuensi skala penuh ada 3 (tiga) dimana penskalaannya menggunakan input kontrol yang berjumlah 2 (dua) pin. *Interface* pada mikrokontroler dan LCD dapat dimungkinkan menggunakan Input digital dan output digital. Pengaturan impedansi pada setiap unit jalur input mikrokontroler akan diatur oleh *Output Enable* (OE). (Hakim & Romiyadi, 2020)

Tabel 1. Fungsi Pin Sensor TCS230

Nama	No Kaki IC	I/O	Fungsi pin
GND	4	-	Sebagai <i>Ground</i> pada power supply
OE	3	I	<i>Output enable</i> , sebagai input untuk frekuensi output skala rendah
OUT	6	O	Sebagai output frekuensi
S0, S1	1,2	I	Sebagai saklar pemilih pada frekuensi output skala Tinggi
S2, S3	7,8	I	Sebagai saklar pemilih 4 kelompok dioda
VDD	5	-	Supply tegangan

Sumber : Hakim & Romiyadi, 2020 (terjemahan)

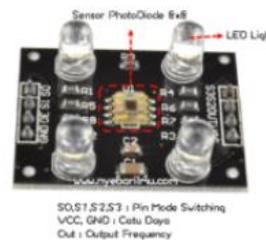
Array fotodiode 8x8 akan terbaca pada konverter cahaya ke frekuensi dimana terdapat filter merah, hijau, biru dan tanpa filter yang akan di *interdigitated* untuk meminimalkan tingkat *error* dalam pembacaan filter warna saat penyinaran. Jenis dan warna fotodiode yang sama akan terhubung secara paralel. Ukuran dimensi dari fotodiode berkisar 120 mm x 120 mm dan pusat 144 mm. (Hakim & Romiyadi, 2020)



Gambar 5. Rincian Ukuran TCS230 (Hakim Romiyadi, 2020)

Prinsip Kerja Sensor TCS230

Nilai modulasi 50% pada gelombang persegi (*Output* sensor TCS230) dengan pembacaan sensor TCS230 akan berbanding lurus.



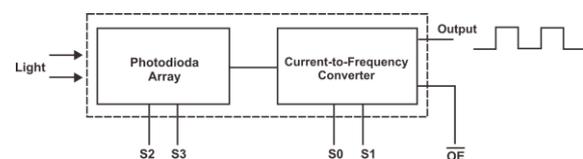
Gambar 6. Modul Sensor TCS230 (Nyebarinilmu.com, 2018)

Sensor TCS230 Fotodiode dengan array 8x8 akan terkonversi menjadi frekuensi sesuai dengan jenis filter warna yang terdiri dari :

- filter merah pada dioda berjumlah 16 (enam belas)
 - filter hijau pada dioda berjumlah 16 (enam belas)
 - filter biru pada dioda berjumlah 16 (enam belas)
 - clear* (tanpa filter) pada dioda berjumlah 16 (enam belas)
- Penggunaan dioda di atas akan terhubung secara paralel (rangkaiannya) dengan metode *switching* pada pin (S0,S1,S2,S3). (Hakim & Romiyadi, 2020)

Modulasi Sensor TCS230

Fotodiode yang berjumlah 16 buah (masing-masing filter) akan terhubung secara paralel (gambar 4) dimana pada pembacaan warna menggunakan 2 pin logika yaitu S2 dan S3 sehingga pada pengaturannya dua pin tersebut akan diprogram ke tingkat logika rendah (*LOW*). Sensor memiliki 2 pin kontrol, S0 dan S1 yang berfungsi untuk mengukur frekuensi keluaran. Frekuensi ini dapat di adjust dengan 3 nilai preset yang berbeda yaitu 100%, 20% atau 2%. Penskalaan frekuensi bertujuan untuk berbagai penghitung frekuensi dalam optimalisasi keluaran sensor.



Gambar 7. Blok Diagram Modulasi Sensor TCS230 (Hakim Romiyadi, 2020)

Konfigurasi S2 dan S3 Sensor Warna TCS230

Pemilihan konfigurasi pada kelompok fotodiode dapat menggunakan selektor S2 dan S3. Pemilihan tersebut juga memperhatikan segi kombinasi fungsi S2 dan S3 seperti yang terlihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Konfigurasi Filter S2 dan S3

S2	S3	PHOTODIODE TYPE
L	L	Red
L	H	Blue
H	L	Clear (no filter)
H	H	Green

Sumber : Hakim & Romiyadi, 2020

Pencahayaan pada suatu objek oleh sensor TCS230 akan mengakibatkan fotodiode didalamnya mengeluarkan arus yang sebanding dengan warna dari objek yang disinari. Keluaran berupa arus dari fotodiode kemudian akan dikonversikan menjadi sinyal kotak atau pulsa digital dengan frekuensi sebanding dengan besarnya arus. Frekuensi Output ini bisa diskala dengan mengatur kaki selektor S0 dan S1.

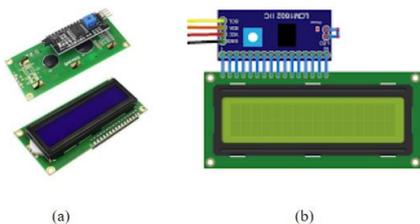
Tabel 3. Penskalaan Output Sensor Warna TCS230

S0	S1	OUTPUT FREQUENCY SCALING (f_o)
L	L	Power down
L	H	2%
H	L	20%
H	H	100%

Sumber : Hakim & Romiyadi, 2020

LCD 16x2 I2C

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan alat elektronik yang memiliki fungsi sebagai penampil karakter pada layar *interface* yang akan memuat huruf, angka maupun simbol tertentu. Ukuran maupun bentuk LCD memiliki spesifikasinya masing-masing.



Gambar. 8

(a) LCD 16x2 I2C (Robozone.in) dan (b) Rangkaian LCD 16x2 I2C (Kelasrobotcom.blogspot)

LCD pada penelitian ini menggunakan tipe 16x2 dengan jumlah baris 2 (dua) serta jumlah karakter per baris 16 (enam belas). LCD yang menggunakan I2C, memiliki beberapa pin antara lain VCC (Sumber Daya), GND (*Ground*) sebagai catu daya dan SDA (*Serial Data*), SCL (*Serial Clock*) sebagai penampil karakter yang diprogram pada mikrokontroler agar bisa ditampilkan secara *interface* pada LCD perlu untuk dicarikan identitas alamat sehingga ketika diberikan perintah dapat dijalankan.

Arduino UNO

Pemrograman tidak lepas dari peran mikrokontroler sebagai sistem kendali. Pengendalian dalam suatu sistem biasanya menggunakan bahasa, simbol, maupun karakter tertentu agar dapat terdefinisi pada mikrokontroler. Arduino UNO merupakan salah satu mikrokontroler yang sering digunakan dimana mikrokontroler jenis ini berbasis ATmega328 (*datasheet*). Arduino UNO memiliki beberapa pin yang berfungsi sebagai *output* PWM (*Pulse Width Modulation*) yang berjumlah 14 pin dimana 6 pin sebagai input digital dan 6 pin input sebagai input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset.



Gambar 9. Arduino UNO (Rinaldo et al, 2018)

Sumber daya Arduino UNO dapat menggunakan kabel USB yang terhubung dengan gadget (komputer atau laptop), Adaptor (AC ke DC), maupun baterai. Perbedaan dari berbagai jenis mikrokontroler dengan Arduino UNO yaitu dari segi pemakaian fitur ATmega8U2 dimana penggunaannya berfungsi sebagai konverter USB-to-serial menggunakan chip RFID. (Hakim & Romiyadi, 2020)

Buta Warna

Buta Warna (*color blindness*) merupakan suatu kelainan pada sel kerucut mata yang menyebabkan kemampuan mata dalam menangkap spektrum warna tertentu tidak sesuai dengan yang dilihat oleh mata normal. Penglihatan warna yang tervisualisasi oleh mata berasal dari stimulasi fotoreseptor retina mata. Fotoreseptor akan menangkap panjang gelombang yang dipantulkan oleh pigmen pada suatu objek yang mengenai sinar (berasal dari sumber cahaya) yang kemudian diteruskan ke pigmen lembayung dari sel konus (kerucut). Pigmen yang terbaca pada sel konus (kerucut) ada 3 (tiga) macam yaitu sel yang peka terhadap warna merah (*red*), hijau (*green*) dan biru (*Blue*). (Ardiyani et al, 2019)

Sel konus akan menyebabkan buta warna jika salah satu selnya mengalami kerusakan. Adapun jenis-jenis buta warna dibedakan menjadi 3 (tiga), yaitu : (Ardiyani et al, 2019)

a. Monokromasi

Kondisi dimana sel kerucut mengalami kerusakan total sehingga hanya dapat melihat warna putih dan hitam saja. Monokromasi terbagi menjadi 2 jenis yaitu :

1. Cone Monochromacy

Kondisi dimana tidak berfungsinya 2 sel konus (kerucut) sehingga penderita masih bisa melihat warna tertentu karena masih ada 1 sel konus (kerucut) yang masih normal.

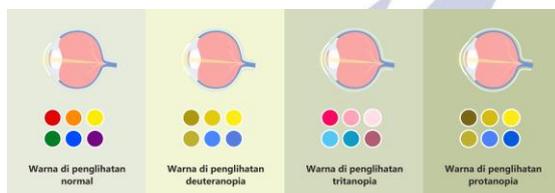
2. Rod Monochromacy

Kondisi dimana tidak berfungsinya 3 sel konus (kerucut) sehingga penderita tidak dapat membedakan warna sama sekali. Warna yang terlihat hitam, abu-abu dan putih.

b. Dikromasi

Kondisi dimana sel kerucut mengalami kerusakan pada salah satu selnya. Dikromasi terbagi menjadi 3 jenis yaitu :

1. Protanopia, kondisi tidak adanya reseptor retina warna merah.
2. Deutanopia, kondisi tidak adanya reseptor retina warna hijau.
3. Tritanopia, kondisi tidak adanya reseptor retina warna biru.



Gambar 10. Buta Warna Jenis Dikromasi (Ardiyani et al, 2019)

c. Anomalous Trichromacy

Kondisi dimana penderita memiliki sel kerucut (konus) yang lengkap namun berbeda-beda dalam menginterpretasikan warna. *Anomalous Trichromacy* terbagi menjadi 3 (tiga) yaitu : (Ardiyani et al, 2019)

1. Trikromat Anomali

Kondisi pada sensitivitas pada pigmen warna biru memiliki kelainan, dimana spektrum biru bergeser dari spektrum merah menuju ke spektrum hijau (gradasi).

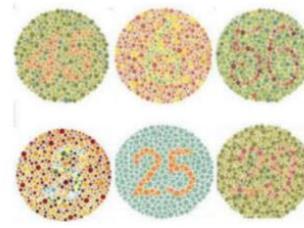
2. Protanomali

Kondisi pada sensitivitas pada pigmen warna merah memiliki kelainan, dimana pada pencampuran warna merah (gradasi) terlihat buram.

3. Deutromali

Kondisi pada sensitivitas pada pigmen warna hijau memiliki kelainan, dimana pada pencampuran warna hijau (gradasi) terlihat buram.

Pengujian pada penderita buta warna biasanya menggunakan suatu pola warna yang membentuk angka, karakter atau suatu pola, dimana sering digunakan dalam buku Ishihara atau buku uji tes buta warna. Adapun sampel pada objek ini sebagai berikut.



Gambar 11. Pola Tes Buta Warna (Syam, 2018)

Metode Algoritma Closest Pair Point (ACPP)

Pencarian jarak terdekat kumpulan titik pada sebuah objek penelitian dapat menggunakan metode *algoritma closest pair point*. Algoritma ini sering digunakan pada bidang dua dimensi. Penentuan sensitivitas sensor warna pada pola tes (buta warna) dapat diuji dengan metode ini.

Persamaan metode *algoritma closest pair point* sebagai berikut :

$$d = \sqrt{(Rd - Ri)^2 + (Gd - Gi)^2 + (Bd - Bi)^2} \dots (1)$$

Penjelasan dari persamaan diatas menyebutkan bahwa d sebagai nilai *closest pair point*, "Rd" sebagai nilai *red* warna objek, "Ri" sebagai nilai *red* pengukuran putih, "Gd" sebagai nilai *green* warna objek, "Gi" sebagai nilai *green* pengukuran putih, "Bd" sebagai nilai *blue* warna objek dan "Bi" sebagai nilai *blue* pengukuran putih. (Syam, 2017)

Metode Mean Square Error (MSE)

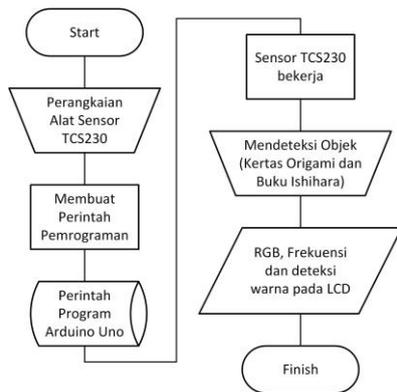
Rata-rata kesalahan kuadrat diantara nilai aktual dan nilai peramalan. Persamaan metode MSE dimodifikasi untuk penyelesaian pada penelitian ini sebagai berikut :

$$MSE = \frac{\sum (Xd - Xi)^2}{X_{maks}} \dots (2)$$

Penjelasan dari persamaan diatas menyebutkan bahwa X_d sebagai nilai uji (jumlah nilai RGB uji dibagi 3), X_i sebagai nilai literatur (jumlah nilai RGB literatur dibagi 3), dan X_{maks} (255) sebagai nilai paling maksimum yang dapat dicapai literatur.

Metode

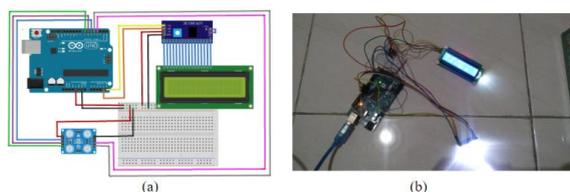
Penelitian ini menggunakan beberapa metode. Metode penelitian yang digunakan oleh peneliti antara lain : (1). Studi literatur, dalam metode ini mempelajari tentang sensor TCS230, Arduino UNO, LCD 16x2 I2C dan rangkaian sistem sensor warna serta membandingkannya dengan hasil penelitian sebelumnya; (2) Pengumpulan data warna, metode ini mengumpulkan literatur kode desimal RGB pada setiap warna yang bertujuan untuk mengidentifikasi jenis warna pada sensor TCS230 dan bahasa pemrograman sistem deteksi warna pada Arduino UNO; (3) Pengujian sistem, metode ini menggunakan alat pendeteksi warna dengan sensor TSC230 dan Arduino UNO dengan LCD 16x2 I2C sebagai penampil data karakter pada *interface* pada kondisi uji data sampel; (4) Pengambilan kesimpulan, metode ini dilakukan dengan melihat hasil dari pengujian sistem yang telah dilakukan.



Gambar 12. Diagram Alir / Flowchart

Komponen utama yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu sensor warna TCS230, LCD 16x2 I2C, breadboard, kabel jumper, dan Arduino UNO. Pemasangan rangkaian alat dimulai dengan melakukan penyambungan kabel jumper pada setiap komponen. Perlu diketahui juga beberapa jenis komponen membutuhkan sambungan khusus (*female-to-male*, *male-to-male* atau *female-to-female*) dimana kondisi tersebut tergantung dari jenis inputan pada setiap komponen.

Komponen Arduino UNO berbasis Atmega 328 (yang memiliki bahasa pemrograman tersendiri) dilengkapi dengan *Integrated Development Environment* (IDE) yang memiliki fungsi sebagai wadah untuk menulis bahasa pemrograman, menyusun perintah pemrograman serta memprosesnya menjadi kode biner sehingga dapat diupload (unggah) ke dalam sistem pengendali (Arduino UNO). Perintah dari sistem pengendali akan diteruskan pada sensor TCS230 dalam mengidentifikasi objek warna. Pengidentifikasian tersebut melalui proses pengkonversian data dari setiap filter fotodiode yang menyerap pantulan gelombang dari cahaya *Super LED Bright*. Keluaran dari fotodiode berupa arus yang hasilnya akan sebanding dengan kadar gelombang dari warna dasar objek yang diteliti.



Gambar 13.

(a) Desain Sistem Sensor TCS230 menggunakan aplikasi Fritzing dan (b) Sistem Real Sensor TCS230

Panjang gelombang (λ) cahaya pada warna dasar objek akan sebanding dengan frekuensi yang dibaca Arduino UNO. λ cahaya tersebut memiliki rentang yang dapat diterima oleh masing-masing filter fotodiode sehingga keluaran akhir dari sensor TCS230 berupa komposisi nilai frekuensi dari warna RGB. Rentang gelombang diperoleh dari pengasumsian nilai maksimum frekuensi yaitu sebesar 255. Nilai maksimum frekuensi tersebut akan dibagi menjadi resolusi 8 bit untuk setiap

warna. Pin yang digunakan oleh Arduino UNO yaitu 3, 4, 6, dan 7 sebagai input serta pin 5 sebagai output frekuensi dari sensor TCS230. Pin yang digunakan pada LCD 16x2 I2C adalah pin A4, A5 sebagai *interface* karakter. Catu daya menggunakan pin VCC dan GND. (seperti pada gambar 12)

Pemrograman dalam Arduino UNO menggunakan *mapping* pada area warna merah (*Red/R*) berkisar antara nilai 25 (*low value map as 0*) -72 (*low value map as 255*), warna hijau (*Green/G*) berkisar antara 30 (*low value map as 0*) - 90 (*low value map as 255*), dan warna biru (*Blue/B*) berkisar antara nilai 25 (*low value map as 0*) -70 (*low value map as 255*). Pengoperasian Arduino UNO pada penelitian ini membutuhkan tegangan sebesar nilai 5V (VCC). Pelaksanaan dalam pengujian alat ini akan berfokus pada dua objek yaitu objek berwarna polos (1 warna penuh) dan objek berpola (Tes Uji Buta Warna Ishihara). Pada objek warna penuh memiliki variasi warna RGB pada kertas origami seperti pada gambar berikut :



Gambar 14. (a) Pengujian Objek Kertas Origami (merah) dan Pengujian Objek Buku Ishihara (Pola)

Pengujian pada dua objek akan ditampilkan pada data *interface* LCD 16x2 I2C dimana tampilannya seperti pada gambar 14 dimana huruf "M" merupakan simbol kode desimal dari merah (*Red/R*), "H" merupakan simbol kode desimal dari hijau (*Green/G*), "B" merupakan simbol kode desimal dari biru (*Blue/B*), "F" merupakan simbol kode desimal dari frekuensi (*frequency*) dan "Me" merupakan informasi dari sistem bahwa warna yang terdeteksi adalah merah.



Gambar 15. Tampilan *Interface* dari LCD 16x2 I2C

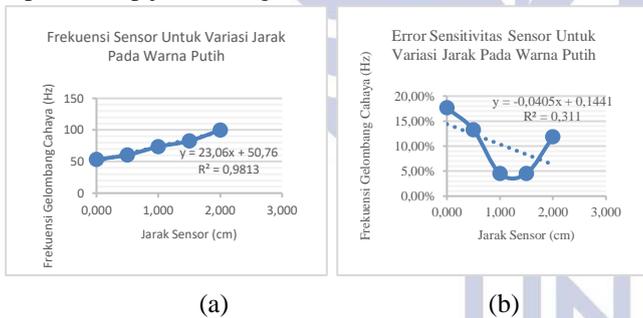
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian sampel objek warna (origami dan buku ishigura), didapatkan hasil pengujian seperti yang tertera pada tabel berikut :

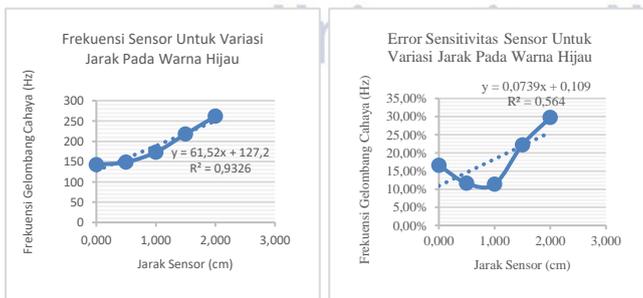
Tabel 5. Data Hasil Pengujian Pada Kertas Origami

Warna	Literatur			Pengukuran			Error	Jarak ± 0,075 (cm)	Frekuensi (Hz)
	R	G	B	R	G	B			
Putih	255	255	255	288	298	315	17.65%	0.000	53
				274	286	306	13.24%	0.500	60
				255	263	281	4.50%	1.000	73
				232	255	266	4.54%	1.500	83
				202	225	240	11.87%	2.000	100
Hijau (greenlame)	50	205	50	134	228	70	16.55%	0.000	142
				121	220	53	11.63%	0.500	149
				76	194	1	11.33%	1.000	173
				0	135	0	22.22%	1.500	218
				0	78	0	29.73%	2.000	262
Biru	0	255	255	75	231	277	15.92%	0.000	117
				54	225	265	12.78%	0.500	121
				6	190	246	10.44%	1.000	145
				2	176	228	14.12%	1.500	158
				0	98	166	32.17%	2.000	208
Merah	255	0	0	252	1	33	4.82%	0.000	184
				244	0	12	2.90%	0.500	194
				233	0	0	2.82%	1.000	203
				190	0	0	8.48%	1.500	236
				154	0	0	13.23%	2.000	272
Kuning Kehijauan	255	255	86	293	280	171	19.32%	0.000	82
				286	270	147	14.01%	0.500	90
				277	258	121	7.90%	1.000	100
				227	207	0	21.15%	1.500	136
				163	140	0	38.27%	2.000	185

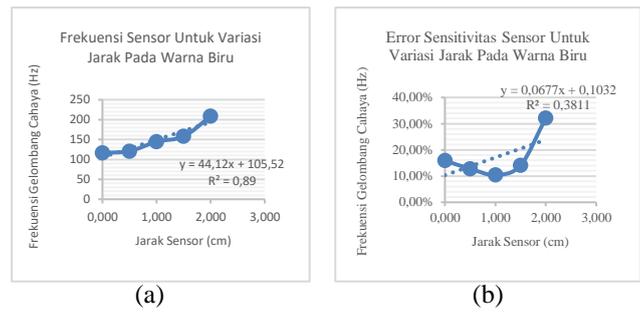
Pada tabel 5 didapatkan hasil *error* pada setiap jarak yang dimanipulasi pada rentang 0-2 cm (sentimeter), hal tersebut dilakukan karena pada rentang tersebut merupakan jarak efektif pada sensor TCS230 dalam mengidentifikasi suatu warna. Adapun grafik minimum *error* dan frekuensi pada setiap jarak sebagai berikut.



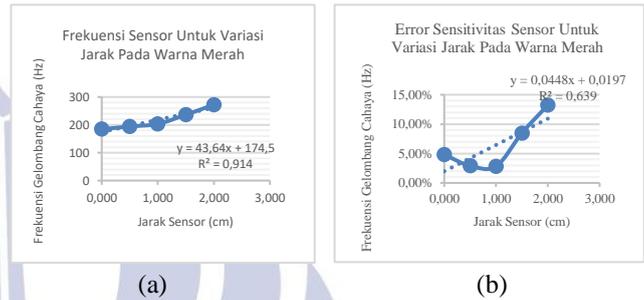
Gambar 16. (a) Frekuensi dan (b) *Error* Pada Warna Putih



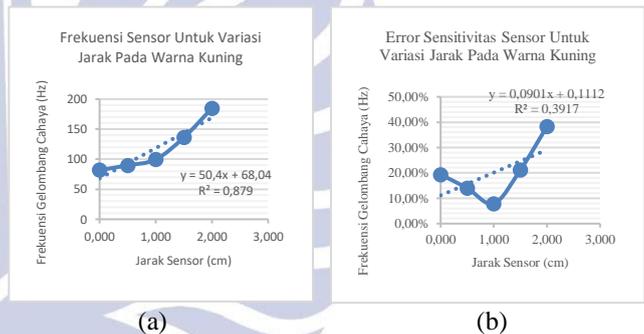
Gambar 17. (a) Frekuensi dan (b) *Error* Pada Warna Hijau



Gambar 18. (a) Frekuensi dan (b) *Error* Pada Warna Biru



Gambar 19. (a) Frekuensi dan (b) *Error* Pada Warna Merah



Gambar 20. (a) Frekuensi dan (b) *Error* Pada Warna Kuning

Frekuensi sensor pada setiap jarak di masing-masing warna (pada grafik) menunjukkan terjadinya peningkatan dimana dua objek terkait memiliki hubungan yang berbanding lurus. Frekuensi yang dipancarkan oleh LED Super Bright pada sensor membutuhkan jangkauan tertentu pada saat pendeteksian objek berwarna, tentunya jarak yang semakin jauh akan membutuhkan frekuensi pancaran sinar yang lebih besar (pada oleh LED Super Bright) agar pendeteksian pada setiap warna sesuai dengan literatur kode desimal RGB.

Pengujian sensor TCS230 dalam mendeteksi objek warna pertama (kertas origami) menghasilkan tingkat *error* minimum pada jarak 1 cm (pada grafik). Literasi menyebutkan bahwa rentang jarak efektif pada sensor berkisar 0 – 2 cm, hal ini berkaitan dengan ketajaman warna yang dideteksi oleh sensor dan faktor intensitas cahaya ruang.

Ketajaman warna setiap objek (dengan jarak masing-masing) yang diuji oleh sensor akan berbeda, dikarenakan semakin jauh jarak objek maka kemampuan sensor dalam mendeteksi akan terbagi (fokus) dengan warna di

sekelilingnya (luasan deteksi). Fokus pada sensor akan lebih baik jika mendeteksi dalam rentang yang dekat.

Pengujian sensor TCS230 ini dilakukan pada kondisi intensitas penyinaran cenderung agak besar (siang hari) dimana hal ini agak mengganggu sensor dalam bekerja, karena pantulan pada cahaya juga akan terbaca pada sensor dan cukup mempengaruhi nilai RGB pada objek yang diteliti. Keterkaitan sensitivitas sensor pada kondisi pencahayaan ruang ditunjukkan pada grafik *error* (di atas) dengan rincian setiap penambahan jarak akan meningkatkan nilai *error* pada sensitivitas (masing-masing warna).

Pengujian selanjutnya pada buku isihara (objek berpola) menggunakan 2 (dua) buah sampel sebagai berikut.

Tabel 6. Data Hasil Pengujian Pada Sampel 1 (satu)

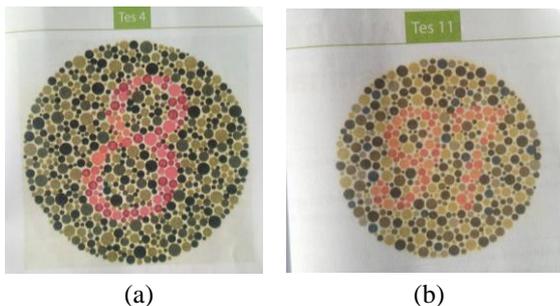
No	d (Algoritma Closest Pair Point)	Warna Murni (Putih)			Warna Pengujian Buku Ishihara			Keterangan
		Ri	Gi	Bi	Rd	Gd	Bd	
1	198,34	255	263	281	174	124	165	Merah Korral (d paling kecil merupakan database dari RGB yang mendekati warna Merah Korral)
2	156,45	255	263	281	212	175	159	
3	201,30	255	263	281	169	153	136	
4	205,78	255	263	281	169	145	136	
5	203,70	255	263	281	190	158	119	
6	159,45	255	263	281	190	175	165	
7	328,20	255	263	281	93	73	68	
8	259,89	255	263	281	131	102	119	
9	265,68	255	263	281	126	115	102	
10	267,21	255	263	281	120	124	97	

Pada tabel 6 menunjukkan bahwa varian “d” (*algoritma closest pair point*) yang paling minimum adalah data percobaan yang **kedua** mendekati warna **merah korral** dengan nilai persentase *error* sebesar **6,54%** menggunakan metode MSE.

Tabel 7. Data Hasil Pengujian Pada Sampel 2 (dua)

No	d (Algoritma Closest Pair Point)	Warna Murni (Putih)			Warna Pengujian Buku Ishihara			Keterangan
		Ri	Gi	Bi	Rd	Gd	Bd	
1	113,03	255	263	281	223	209	187	Merah Salmon Gelap (d paling kecil merupakan database dari RGB yang mendekati warna Merah Korral)
2	261,78	255	263	281	142	115	97	
3	216,87	255	263	281	152	145	131	
4	242,74	255	263	281	180	141	85	
5	445,97	255	263	281	24	5	0	
6	266,45	255	263	281	136	119	91	
7	187,48	255	263	281	180	162	142	
8	183,38	255	263	281	185	166	142	
9	171,04	255	263	281	201	170	148	
10	135,59	255	263	281	223	192	170	

Pada tabel 7 menunjukkan bahwa varian “d” (*algoritma closest pair point*) yang paling minimum adalah data percobaan yang **pertama** mendekati warna **merah salmon gelap** dengan nilai persentase *error* sebesar **14,90%** menggunakan metode MSE. Sampel 1 (satu) dan 2 (dua) yang diuji terlampirkan dibawah ini.



(a) Sampel 1 (dua) dan (b) Sampel 2 (dua)

Gambar 21.

Kemampuan sensor TCS230 dalam mengidentifikasi warna pada objek di atas (sampel 1 dan 2) hanya dapat mendefinisikan satu jenis warna. Rentang nilai yang diperoleh tidak cukup untuk mengartikan semua warna dalam satu jenis warna. Penggunaan metode ACPP memberikan pilihan untuk mengambil keputusan dalam mengidentifikasi warna dengan syarat nilai RGB terdekat (mayoritas warna) sesuai kode desimal pada literasi. Pengambilan data pada uji kedua ini dilakukan pada saat intensitas cahaya terang (siang hari) sehingga pembacaan warna RGB yang ditampilkan agak terganggu namun dapat sesuai dan mendekati pada kode desimal warna literatur. Hal ini dikarenakan sensor diberikan perlakuan dengan mendeteksi objek warna pada jarak 1 cm (sentimeter).

PENUTUP Kesimpulan

Penelitian uji sensitivitas sensor TCS230 mendapatkan beberapa data dari manipulasi jarak sensor terhadap objek kertas origami dimana nilai *error* pada jarak 1 cm merupakan nilai minimum kesalahan terhadap identifikasi suatu warna. Penggunaan MSE menghasilkan tingkat *error* pada warna merah sebesar 2,82%, warna biru sebesar 10,44%, warna hijau sebesar 11,33%, warna putih sebesar 4,50% dan warna kuning sebesar 7,90%. Metode ACPP pada objek buku isihara menghasilkan data berupa jarak terdekat dari warna mayoritas (d) dimana pada sampel 1 (satu) memiliki nilai *error* sebesar 6,54% dengan warna terdekat yaitu merah korral dan sampel 2 (dua) memiliki nilai *error* sebesar 14,90% dengan warna terdekat yaitu warna merah salmon gelap. Hasil dari uji sensitivitas dari sensor tersebut mengindikasikan bahwa sensor TCS230 dapat dijadikan alat yang dapat membantu penderita buta warna dalam mengidentifikasi warna tertentu.

Saran

Penelitian yang dilakukan pada uji sensitivitas ini memberikan pengalaman agar :

- 1 Pengujian sensor TCS230 harus pada posisi, jarak dan letak yang sesuai untuk mendeteksi warna.
- 2 Pola warna dapat dikonversi kedalam bentuk inialisasi huruf walaupun ada beberapa yang tidak sesuai.
- 3 Sensor digerakan dari kiri ke kanan selama perpindahan jarak yang sama dan sesuai.
- 4 Kekurangan ACPP dalam menentukan hasil warna dikarenakan hanya akan membaca mayoritas warna dimana dipengaruhi oleh intensitas cahaya dari warna tersebutlah yang akan terbaca di sekitar sensor saja.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa, Dekan FMIPA Prof. Madlazim, M.Si., Ketua Jurusan Fisika maupun Prodi Fisika Prof. Munasir, S.Si. M.Si., Dosen Pembimbing Akademik Lydia Rohmawati, S.Si., M.Si., Dosen

Pembimbing Tugas Akhir Dzulkifli, S.Si., M.T serta kepada pihak-pihak yang lain yang sudah membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiyana R, Nasution H, Tursina. 2019. Aplikasi Tes Buta Warna dengan Metode Ishihara Metode Colour Gradation dan Metode Farnsworth. *JUSTIN*. Vol. 7, No. 4, pp: 250-256.
- Aruan NM, Andjani D, Yuliora E. 2016. Pembuatan Album Warna Dengan Menggunakan Sensor Warna Jenis TCS230. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*. Vol. 5, pp. 47-52.
- Dey R. 2018. Another Perspective of Colour (Colour Mingle). *International Journal of Innovative Science and Research Technology*. Vol. 3, pp: 649-651.
- Erickson K. 2020, April 21. *Why is The Sky Blue*. Diakses Pada 13 Maret 2021, dari <https://spaceplace.nasa.gov/blue-sky/en/>
- Hakim AR, Romiyadi R. 2020. Studi Literatur : Pemanfaatan Sensor TCS230 Untuk Membedakan Warna Suatu Objek. *JUST IT*. Vol. 12, No. 1, pp. 22-26.
- Kelasrobotcom.blogspot. 2016, September 16. Bagaimana cara mengetahui alamat pada LCD I2C. Diakses pada 5 Maret 2021, dari <http://kelasrobotcom.blogspot.com/2016/09/bagaimana-cara-mengetahui-alamat-pada-LCD-i2C.html>.
- Mirza Y, Firdaus A. 2016. Light Dependent Resistant (LDR) Sebagai Pendeteksi Warna. *Jurnal JUPITER*. Vol. 8, No. 1, pp. 39-45.
- Natsir MF. 2019. Alat Pengindeteksi Spektrum Warna Bagi Penderita Buta Warna Output Teks dan Suara Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal INSYPRO*. Vol. 4 No. 2, pp. 1-5.
- Nyebartilmu.com. 2018, Januari 5. *Cara Mengakses Modul Sensor Warna Tcs230 Menggunakan Arduino*. Diakses pada 5 Maret 2021, dari <https://www.nyebartilmu.com/cara-mengakses-module-sensor-warna-tcs230-menggunakan-arduino/>
- Qolbuiddin AZ, Sari MI, Handayani R. 2018. Perancangan Dan Implementasi Sensor Warna Untuk Kunci Elektrik. *e-Proceeding of Applied Science*. Vol. 4 No. 3, pp. 2102-2115.
- Raiqua N. 2020, November 15. *Buta Warna*. Diakses pada 9 Maret 2021. <https://www.sehatq.com/penyakit/buta-warna>.
- Rinaldo A, Fahmi K, Sari L, dan Hendro. 2018. Alat Pendeteksi Warna Dengan Menggunakan Sensor TCS230 Berdasarkan Warna Dasar Penyusun RGB. *Prosiding SNIPS*. pp. 78-85.
- Robozone.in. 2020. 1602 16x2 LCD Display with I2C/IIC interface – Blue Backlight. Diakses pada 5 Maret 2021, dari <https://robozone.in/shop/1602-16x2-lcd-display-with-i2c-iic-interface-blue-backlight>.
- S-Gala.com. 2020, Juni 13. *Banyaknya Warna Lampu Ternyata Disebabkan Oleh Frekuensi Cahaya, Mana Warna yang Paling Cocok untuk Ruangan Anda ?*. Diakses pada 13 Maret 2021, dari <https://www.s-gala.com/blog-post/warna-lampu-frekuensi-cahaya>.
- Syam S, Mustika N. 2018. Prototipe Alat Bantu Deteksi Pola Warna Untuk Penderita Buta Warna. *JTRISTE*. Vol. 5, No. 2, pp. 1-7.
- Syam S. 2017. Prototipe Alat Ukur dan Rekam Kadar Hara Tanah Sawah Menggunakan Sensor Warna. *JURNAL IT*. Vol 8 No. 3, pp. 136-143
- Wikipedia. 2019, Oktober 25. *Daftar Warna*. Diakses pada 9 Maret 2021, dari https://id.wikipedia.org/wiki/Daftar_warna.