

Rancang Bangun Prototype Pendeteksi Warna Untuk Membantu Penderita Buta Warna Menggunakan Sensor TCS3200 Berbasis Microcontroller Atmega328

Nining Igrisa*, Salmawaty Tansa, Mursalin, Asrie Arbie, Iskandar Z. Nasibu, Dewa Gede Eka Setiawan

Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Jend. Sudirman No. 06, Dulalowo Timur, Kota Gorontalo, 96128, Indonesia

*Penulis korespondensi, Surel: igrisanining066@gmail.com

Paper received: xx-xx-xxxx; revised: xx-xx-xxxx; accepted: xx-xx-xxxx

Abstract

This research uses quantitative data analysis by applying hardware and software design methods. The hardware system consists of a series of TCS3200 sensors based on the ATmega328 microcontroller. Color sensor to detect object color and 16x2 LCD to display output in the form of information on the detected color type. In the software system in the form of making programming as a giver of orders on this system. The physical parameters in this study are light parameters (color consisting of several different frequencies and light waves) and electrical quantities (voltage and current). This study aims to detect color to help color blind people. This tool is capable of detecting 19 colors in the RGB space. Based on the overall test results, the color sensor readings will always depend on the intensity of the ambient light and the distance between the sensor and the object. However, this tool has been successfully designed and can work properly and correctly as desired. In this study, testing on color blind patients cannot be said to be effective because there are still color blind patients who fail to use them too.

Keywords: TCS3200 sensors; Color blind; Light Wave

Abstrak

Pada penelitian ini menggunakan analisis data kuantitatif dengan menerapkan metode perancangan *hardware* dan *software*. Sistem perangkat *hardware* terdiri dari rangkaian sensor TCS3200 berbasis mikrokontroler ATmega328. Sensor warna untuk mendeteksi warna objek dan LCD 16x2 untuk menampilkan keluaran berupa informasi jenis warna yang dideteksi. Pada sistem *software* berupa pembuatan pemrograman sebagai pemberi perintah pada sistem ini. Adapun parameter fisika dalam penelitian ini yaitu parameter cahaya (warna yang terdiri dalam beberapa frekuensi dan gelombang cahaya yang berbeda) dan besaran listrik (tegangan dan arus). Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi warna untuk membantu penderita buta warna. alat ini mampu mendeteksi 19 warna dalam ruang RGB. Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan bahwa pembacaan sensor warna akan selalu bergantung pada intensitas cahaya sekitar dan jarak antara sensor dan objek. Namun dengan demikian alat ini sudah berhasil dirancang dan dapat bekerja dengan baik dan benar seperti yang diinginkan. Pada penelitian ini, pengujian kepada pasien penderita buta warna belum dapat dikatakan efektif karena masih terdapat penderita buta warna yang gagal menggunakan alat.

Kata kunci: Sensor TCS3200; Buta Warna; Gelombang Cahaya

1. Pendahuluan

Buta warna (*color Blinds*) merupakan penyakit yang langka ditemukan. Ada beberapa macam buta warna, yaitu buta warna total dan buta warna parsial. Buta warna total adalah apabila seseorang melihat segala sesuatu dalam nuansa abu-abu. Sedangkan buta warna parsial menyebabkan penderita kesulitan dalam mengenali warna merah, hijau dan biru. Buta warna sebagian besar ditemukan pada kaum pria dengan presentasi 7-10% sementara pada

wanita kurang dari 1%. Penyakit ini biasanya terjadi karena faktor keturunan dan juga terjadi secara alami (Natsir, n.d.).

Kekurangan buta warna menyulitkan seseorang tidak mampu melakukan pekerjaan tertentu yang dalam tanggung jawabnya membutuhkan persepsi warna. Dalam lingkup lebih khusus warna dapat digunakan sebagai penanda klasifikasi objek, komponen elektronik dan lain sebagainya. Penyebab utama buta warna adalah faktor genetik *sex-linked* dimana kelainan dibawah oleh kromosom X. Hal ini yang menyebabkan laki-laki lebih banyak dibandingkan wanita(Kartika et al., 2014).

Observasi awal yang dilakukan di RSUD dr. M.M. dunda limboto peneliti melakukan wawancara dengan dokter Marcella yang berada di Rumah sakit umum tersebut. Dari hasil wawancara yang dilakukan, terdapat pasien penderita buta warna total dan buta warna parsial yang sering datang untuk melakukan pemeriksaan. Pasien buta warna cenderung lebih banyak pada usia 40 tahun keatas dengan tidak dapat membedakan beberapa macam warna seperti merah, hijau, kuning dan biru sehingga perlu pengenalan warna yang dilakukan berulang untuk melatih penglihatan pasien. hal ini karena kemampuan pasien untuk membedakan warna perlahan berkurang akibat bertambahnya usia yang disebabkan sel kerucut pada mata akan semakin terkikis sehingga berkurangnya intensitas cahaya dan pigmen warna pada objek yang dilihat. berdasarkan hasil observasi itu saat ini dunia kesehatan belum ada dipasarkan sebuah alat deteksi warna yang membantu penderita buta warna untuk mengenal membedakan warna secara otomatis dengan memberikan informasi warna yang sesungguhnya. Sehingga selama ini pasien yang datang hanya melakukan pemeriksaan saja.

Penelitian ini sebelumnya dilakukan oleh Saiful Widiyanto (2013) yang berjudul Rancang Bangun Alat Deteksi warna untuk Penderita Buta Warna Berbasis Mikrokontroler AVR ATmega16. Hasil penelitiannya yaitu, sistem mendeteksi berupa warna primer dengan menggunakan sensor TCS3200 dan mikrokontroler ATmega16 sebagai pengendali untuk mengelompokkan kedalam warna. Pada tampilan LCD akan didapatkan nilai besaran frekuensi yang terukur sesuai dengan nilai RGB dan gelombang suara yang dikeluarkan mini speaker IC ISD2590 yang terintegrasi dengan mikrokontroler AVR ATmega16. Berbeda dengan penelitian yang akan dilakukan peneliti yaitu berbasis Mikrokontroler ATmega328 arduino uno dimana hasil penelitiannya dapat mendeteksi warna primer, sekunder dan tersier dengan menggunakan sensor TCS3200 yang dikendalikan oleh ATmega328 untuk mendeteksi jenis warna objek. pada tampilan lcd akan didapatkan jenis informasi warna

Berdasarkan hasil observasi permasalahan dan sejalan dengan sistem teknologi otomatis semakin tinggi dan perkembangan tersebut didukung oleh tersedianya perangkat keras maupun perangkat lunak yang semakin meningkat pula kemampuannya dan berdasar pada kajian penelitian sebelumnya maka peneliti berinisiatif merancang bangun prototype pendeteksi warna dengan menggunakan sensor TCS3200 berbasis arduino uno. metode yang diterapkan yaitu metode perancangan berupa perancangan *hardware* dan *software*. Perancangan *hardware* merupakan perancangan pengkabelan agar arduino uno sebagai pengendali dari alat ini terhubung dengan semua komponen lain yang digunakan. Perancangan *software* meliputi pembuatan pemrograman untuk arduino uno dengan menggunakan *software* Arduino IDE agar semua komponen terintegrasi dengan baik. Dalam hal ini peneliti menggunakan sensor tcs3200 pada sebuah sistem mikrokontroler ATmega328 dan sampel yang digunakan berupa kertas warna yang telah disediakan. Sistem ini bekerja

dimana inputnya menggunakan sampel kertas warna yang kemudian akan dideteksi oleh sensor TCS3200. Outputnya berupa text yang menyebutkan jenis warna hasil deteksi dari input tersebut ditampilkan oleh lcd.

Prototype ini untuk mendeteksi warna. Implementasi dari prototype ini kepada penderita buta warna yang bertujuan untuk sebagai alat bantu pengenalan warna kepada pasien penderita buta warna. Pengenalan warna yang dimaksud adalah penderita dapat membedakan beberapa macam warna dengan menggunakan prototype yang dirancang tersebut. Penelitian ini, difokuskan pada perancangan prototype dan hubungan frekuensi, gelombang cahaya dan besaran listrik dengan rancangan rangkaian prototype.

2. Metode

Buta warna secara kongenital terdiri dari monokromasi, dikromasi dan anomali trikromasi. Monokromasi adalah buta warna total dimana penderita tidak dapat membedakan warna karena kerusakan sel kerucut pada retina. Dikromasi merupakan salah satu buta warna yang disebabkan oleh rusaknya pigmen sel. Dikromasi terdiri dari protanopia artinya tidak ada fotoreseptor warna merah, deutanopia yang berarti tidak ada fotoreseptor warna hijau dan tritanopia yang artinya tidak ada fotoreseptor warna biru. Anomali trikromasi adalah buta warna yang disebabkan oleh kerusakan pigmen sel kerucut retina bagian sensitivitas spektrum. Anomali trikromasi terdiri dari protanomali artinya penderita kesulitan membedakan warna merah dan hijau sedangkan tritanomali dimana penderita sulit membedakan warna biru dan kuning (Purwoko, 2018).

Warna adalah spektrum yang terdapat didalam suatu cahaya sempurna atau berwarna putih dimana setiap warna tersusun dari warna dasar. Untuk cahaya warna dasar penyusunnya adalah warna merah, hijau dan biru (RGB). Adapun parameter warna memiliki gelombang cahaya yang berbeda (Zulkarnain et al., 2019).

2.1. Observasi

Observasi merupakan teknik pengumpulan data dengan terjun langsung ke lokasi untuk mengamati permasalahan yang terjadi. Pada penelitian ini, peneliti melakukan pengamatan secara langsung pada pasien penderita buta warna di klinik mata RSUD dr. M.M. Dunda Limboto.

2.2. Wawancara

Wawancara merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui tatap muka dan tanya jawab langsung antara pengumpul data terhadap narasumber. Adapun sumber data peneliti yaitu pakar-pakar yang sudah lama berkecimpung dan ahli dalam bidang elektronika dan mikrokontroler.

2.3. Perancangan Prototype

Perancangan merupakan suatu tahap yang paling penting dalam pembuatan prototype ini. Karena dengan merancang kita dapat mengetahui komponen apa saja yang akan digunakan sehingga prototype yang dibuat dapat bekerja sesuai dengan apa yang diharapkan. Pada penelitian ini, akan merancang *hardware* dan *software*.

2.4. Kalibrasi Sensor

Tahap selanjutnya melakukan kalibrasi. Kalibrasi merupakan proses pengecekan dan pengaturan akurasi dengan cara membandingkannya dengan standar atau tolak ukur. Kalibrasi ini diperlukan untuk memastikan bahwa hasil yang didapatkan sudah akurat.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Berikut ditampilkan hasil rancangan perangkat keras (*hardware*) berupa prototype deteksi warna untuk penderita buta warna.



Gambar 1. Bentuk Fisik Prototype Deteksi Warna untuk Penderita Buta Warna Menggunakan Sensor TCS3200 Berbasis Arduino Uno

Dari Gambar 1 terlihat bentuk fisik dari prototype pendeteksi warna untuk penderita buta warna menggunakan sensor warna jenis TCS3200 berbasis arduino uno. peneliti menggunakan mikrokontroller arduino sebagai pengendali utama dan penerima kode program dari software arduinoIDE. menggunakan satu sensor dengan posisi sensor berada didalam sebuah corong berbentuk kamera untuk memaksimalkan pembacaan frekuensi warna yang dideteksi agar tidak terpengaruhi oleh cahaya luar. Menggunakan satu buah lcd 16x2 untuk menampilkan *output* jenis warna dari sistem pendeteksi warna. Menggunakan I2C *module* ke arduino uno sebagai penghubung kabel lcd dan menggunakan adapter cas 4,5-5A sebagai sumber daya dalam penggunaan prototype ini.

Mekanisme proses sistem pendeteksi warna mulai bekerja ketika alat disambungkan ke sumber listrik kemudian kertas warna ditempelkan pada corong sensor warna tcs3200 setelah itu warna dideteksi kemudian diteruskan pada lcd untuk menampilkan *output* berupa informasi jenis warna.

3.2. Pengujian Sistem

Dalam melakukan pengujian tahapan-tahapan yang pertama kali dilakukan yaitu pengujian terhadap perangkat inputan berupa sensor warna TCS3200, kemudian pengujian terhadap perangkat output yaitu berupa Lcd, dan melakukan pengujian secara keseluruhan pada prototype deteksi warna. Dengan demikian, secara keseluruhan prototype pendeteksi warna sudah dapat bekerja sesuai dengan perancangan yang diharapkan dan sudah dapat digunakan oleh penderita buta warna dalam mengenali warna yang sering mereka jumpai dalam kehidupan sehari-hari

Tabel 1 di bawah ini merupakan hasil kalibrasi sensor warna TCS3200 pada masing-masing warna sebagai nilai frekuensi pembacaan warna yang akan dideteksi oleh

Tabel 1. Kalibrasi Sensor TCS320

		R	G	B
R	merah tua	243	148	148
	merah	240	146	146
	merah muda	243	152	152
G		R	G	B
	hijau tua	123	178	178
	Hijau	175	220	220
B	hijau muda	202	228	228
		R	G	B
	biru tua	84	104	183
Y	biru	82	94	177
	biru muda	155	202	230
		R	G	B
O	Kuning	252	250	227
	kuning muda	252	251	237
		R	G	B
P	Orange	245	203	198
	orange muda	250	235	215
		R	G	B
B	ungu	132	121	191
	ungu muda	207	167	214
		R	G	B
	Coklat	114	48	50
	Coklat muda	197	151	129

3.3. Hasil Perancangan Software

Hasil perancangan *software* yang dimaksud adalah hasil keseluruhan bahasa program yang dibuat pada sistem prototype deteksi warna ini. Hasil perancangan *software* mendeskripsikan data apa saja yang dimasukkan pada mikrokontroler arduino uno. Pada alat deteksi warna hasil perancangan software dituliskan pada tabel 2 potongan kode program keseluruhan prototype deteksi warna untuk penderita buta warna. kode program tersebut telah diupload dan disimpan pada mikrokontroler.

Tabel 2. Kode Program Prototype

Kode Program Prototype	<pre> #include <Wire.h> #include <LiquidCrystal_I2C.h> LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); #define S0 4 #define S1 5 #define S2 6 #define S3 7 #define sensorOut 8 #define gapVal 3 int redMin = 91; // Red minimum value int redMax = 1264; // Red maximum value int greenMin = 111; // Green minimum value int greenMax = 1572; // Green maximum value int blueMin = 115; // Blue minimum value int blueMax = 1633; // Blue maximum value int redPW = 0; int greenPW = 0; int bluePW = 0; int redValue; int greenValue; </pre>
------------------------	--

Berikut adalah Tabel 3 range nilai frekuensi warna pada masing-masing jenis warna

Tabel 3. Range Nilai Frekuensi Warna Keseluruhan

No	Kelompok Warna	Jenis Warna	Range
1	Hitam		0-56
2	Putih		231-241
3	Primer	Biru	82-177
		Merah	146-240
		Hijau	175-220
4	Sekunder	Coklat	48-114
		Ungu	121-191
		Orange	198-245
		Kuning	227-252
5	Tersiser	Biru tua	84-183
		Hijau tua	123-278
		Coklat muda	129-197
		Merah tua	148-243
		Merah muda	152-243
		Biru muda	155-230
		Ungu muda	167-207
		Hijau muda	202-228
		Orange muda	215-250
		Kuning muda	237-252

Tabel 3 disusun mulai dari warna hitam, putih, primer, sekunder dan tersier. Kemudian disusun dari range frekuensi terkecil sampai terbesar. Hal ini dilakukan agar lebih spesifik untuk pembacaan. Misalnya warna hitam, range atau rentang nilainya diantara 0-56. Artinya pada rentang nilai tersebut akan dibaca warna hitam. Demikian pula untuk warna selanjutnya.

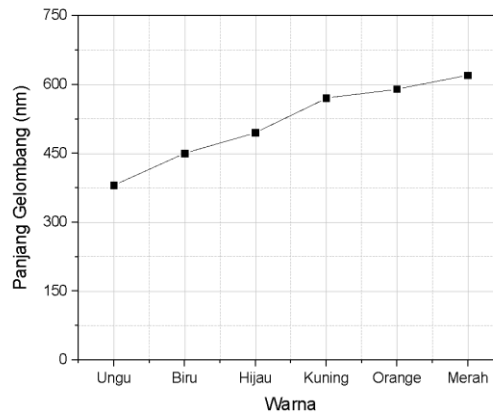
3.4. Hubungan Frekuensi, Gelombang Cahaya dan Besaran Listrik dengan Rancangan Rangkaian Prototipe Deteksi Warna

Proses sistem rangkaian ini memanfaatkan sensor cahaya sebagai pendeteksi warna. sensor ini termasuk kedalam jenis sensor fisika. Sensor fisika itu sendiri merupakan sensor yang mendeteksi suatu parameter fisika berdasarkan hukum-hukum fisika. Adapun parameter fisika dalam penelitian ini yaitu parameter cahaya (warna yang terdiri dalam beberapa frekuensi) dan besaran listrik (tegangan dan arus). Hal ini dikarenakan sensor cahaya ini merupakan alat yang digunakan untuk mengubah parameter cahaya menjadi parameter listrik. Tabel 4 menjelaskan warna dan panjang gelombang dan grafik hubungan warna dalam panjang gelombang.

Tabel 4. Warna dalam Panjang Gelombang

No.	Pencampuran Warna	Warna yang dihasilkan	Panjang Gelombang (nm)
1.	Merah+biru	Ungu	380-450
2.	Biru	Biru	450-495
3.	Kuning+biru	Hijau	495-570
4.	Merah+hijau	Kuning	570-590
5.	Merah+kuning	Orange	590-620
6.	Merah	Merah	620-750

Berdasarkan Tabel 4 maka informasi yang diperoleh bahwa setiap warna tercampur atas beberapa warna dengan memiliki panjang gelombang yang berbeda. Misalnya, ungu merupakan hasil campuran dari merah dan biru dengan panjang gelombang 380-450 (nm), dari rentang panjang gelombang tersebut bisa dilihat bahwa warna ungu yang tampak jelas memiliki panjang gelombang 415 (nm). Demikian untuk warna seterusnya.



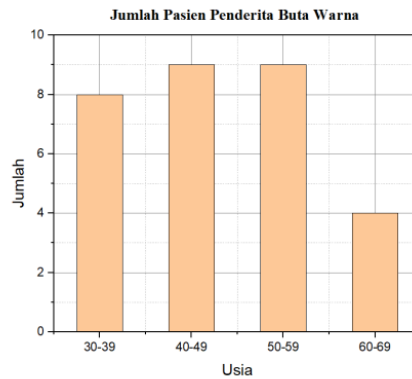
Gambar 2. Grafik Hubungan Warna dan Panjang Gelombang

Panjang gelombang, frekuensi dan kecepatan cahaya. Setiap warna memiliki panjang gelombang dan frekuensi berbeda yang dapat ditunjukkan dalam suatu bentuk gelombang sinusoida. Jika menaikkan frekuensi maka panjang gelombang akan berkurang. Misalnya ketika kita mendapatkan sinar warna merah dengan panjang gelombang 650 nm dan hijau 540 nm, maka dapat diketahui bahwa warna hijau memiliki frekuensi yang besar daripada warna merah.

Grafik diatas merupakan hubungan warna dalam panjang gelombang. Dimana tersusun dari panjang gelombang terkecil 400 nm sampai panjang gelombang terbesar 750 nm. Jika semakin kecil dari 400 nm maka warna atau cahaya tidak dapat terjangaku oleh mata manusia dan jika pula semakin besar dari 750 nm juga tidak dapat dijangkau oleh mata manusia, misalnya merah muda hasil dari beberapa campuran warna dan panjang gelombang yang berbeda sehingga yang mengalami gangguan pada mata akan sulit membedakan antara merah dengan merah muda dan merah tua.

3.5. Implementasi

Dalam penelitian ini telah dilakukan observasi terlebih dahulu kepada pasien penderita buta warna parsial dan total di salah satu klinik mata yang berada di RSUD M.M. Dunda Limboto. Hal itu dilakukan untuk memperkenalkan sistem pendeteksi warna dan cara penggunaanya kepada beberapa pasien penderita buta warna. Jumlah data pasien terdiri dari 16 laki-laki dan 14 perempuan sehingga secara keseluruhan berjumlah 30 orang yang memiliki gangguan pada mata di klinik tersebut.



Gambar 3. Penderita Buta Warna Berdasarkan Usia

Gambar 3 diatas menjelaskan diagram batang jumlah pasien penderita buta warna berdasarkan usia. Dimana pada usia 30-39 tahun berjumlah 8 orang , usia 40-49 tahun berjumlah 9 orang, usia 50-59 tahun berjumlah 9 orang dan usia 60-69 tahun berjumlah 4 Orang. Sehingga total pasien 30 orang terdiri dari laki-laki dan perempuan.

3.6. Pengujian Alat kepada Penderita Buta Warna

Pengujian alat terhadap penderita buta warna untuk melihat berapa kasus untuk satu orang tertentu yang gagal, tidak gagal dan yang di antara gagal dan tidak gagal dalam menggunakan alat deteksi warna ini. Gambar 4 dibawah ini menunjukkan pengujian alat deteksi warna terhadap penderita buta warna. Dimana penderita menggunakan alat tersebut untuk mendeteksi warna kemudian melihat keluaran yang ditampilkan pada lcd alat. Misalnya, keluaran menampilkan merah maka si penderita dapat mengetahui ini pasti warna merah.



(a) Pasien 1



(b) Pasien 2



(c) Pasien 3



(d) Pasien 4



(e) Pasien 5



(f) Pasien 6



(g) Pasien 7



(h) Pasien 8



(i) Pasien 9



(j) Pasien 10



(k) Pasien 11



(l) Pasien 12



(m) Pasien 13



(n) Pasien 14



(o) Pasien 15



(p) Pasien 16



(q) Pasien 17



(r) Pasien 18



(s) Pasien 19



(t) Pasien 20



(u) Pasien 21



(v) Pasien 22



(w) Pasien 23



(x) Pasien 24



(y) Pasien 25



(z) Pasien 26



(a') Pasien 27



(b') Pasien 28



(c') Pasien 29



(d') Pasien 30

Gambar 4. Pengujian Alat Deteksi Warna kepada Penderita Buta Warna

Gambar 4 menjelaskan Pengujian alat terhadap penderita buta warna untuk melihat berapa kasus untuk satu orang tertentu yang gagal, tidak gagal dan yang di antara gagal dan tidak gagal dalam menggunakan alat deteksi warna ini. pengujian alat deteksi warna terhadap penderita buta warna. Dimana penderita menggunakan alat tersebut untuk mendeteksi warna kemudian melihat keluaran yang ditampilkan pada lcd alat. Misalnya, keluaran menampilkan merah maka si penderita dapat mengetahui ini pasti warna merah. Diketahui bahwa terdapat beberapa pasien yg gagal menggunakan alat deteksi warna ini karena terdapat beberapa faktor salah satunya kurang memahami penggunaan alat dan pasien memang sulit membedakan warna bahkan memang buta terhadap beberapa macam warna. misalnya warna yang mengalami banyak campuran seperti merah, merah muda dan merah tua. Oleh karena itu hasil pengujian alat terhadap pasien belum dapat dikatakan efektif. Akan tetapi secara keseluruhan alat ini sudah berhasil dirancang dan dapat digunakan dengan baik dan benar.

Tabel 5 menjelaskan pembagian penderita buta warna yang gagal, tidak gagal dan di antara gagal dan tidak gagal terhadap penggunaan alat deteksi warna.

Tabel 5. Kasus Penderita Buta Warna yang Gagal, Tidak Gagal, dan diantara Gagal dan Tidak Gagal terhadap Penggunaan Alat Deteksi Warna

Jenis Kelamin	Gagal	Tidak Gagal	Antara Gagal dan Tidak Gagal	Total
Laki-laki	5	8	3	16
Perempuan	2	10	2	14
Jumlah Keseluruhan				30

Berdasarkan pengujian keseluruhan menunjukkan alat deteksi warna untuk penderita buta warna sangat membantu bagi mereka yang mengalami gangguan pada mata. Penderita buta warna dapat menggunakan alat deteksi warna ini sebagai alat bantu pengenalan warna. Dimana alat tersebut dapat digunakan dengan praktis karena dibuat dengan ukuran sederhana, otomatis dan sistem yang mudah. Sekarang ini, teknologi alat deteksi warna sangat dibutuhkan oleh mereka yang mengalami gangguan pada mata mengingat saat ini alat deteksi warna belum ada dipasarkan, oleh karena itu alat yang dirancang tersebut sangat bermanfaat untuk si penderita buta warna.

4. Simpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti dapat diambil kesimpulan yaitu: Prototype deteksi warna untuk penderita buta warna berhasil dirancang dengan menggunakan arduino uno dan perangkat seperti sensor warna tcs3200 dan output berupa teks yang berisikan informasi jenis warna pada lcd, menghasilkan bagaimana hubungan frekuensi, gelombang cahaya dan besaran listrik (tegangan dan arus) dengan rancangan rangkaian prototype. keseluruhan prototype ini sudah dapat digunakan oleh penderita buta warna untuk membantu mengenal dan membedakan warna yang tidak mampu mereka lihat dan intensitas cahaya sekitar dapat mempengaruhi pembacaan sensor saat mendeteksi warna.

Daftar Rujukan

- Kartika, Kuntjoro, K., Yenni, & Halim, Y. (2014). Patofisiologi dan Diagnosis Buta Warna. *Cdk-215*, 41(4), 268–271.
- Natsir, M. F. (n.d.). *Alat Pengindeteksi Spektrum Warna Bagi Penderita Buta Warna Output Teks dan Suara Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno Color Spectrum Identification System For Color Blind Puppets Output Text and Sound*. 5–9.
- Purwoko, M. (2018). Prevalensi Buta Warna pada Mahasiswa Universitas Muhammadiyah Palembang. *Jurnal Kedokteran Brawijaya*, 30(2), 159. <https://doi.org/10.21776/ub.jkb.2018.030.02.15>
- Zulkarnain, I., Ramadhan, M., & Anwar, B. (2019). Implementasi Alat Pendeteksi Warna Benda Menggunakan Fuzzy Logic dengan Sensor TCS3200 Berbasis Arduino. *Jurnal Teknologi Sistem Informasi Dan Sistem Komputer TGD*, 2(2), 106–117.