

## PROTOTIPE ALAT PEMBANDING WARNA RGB PORTABEL BERBASIS SENSOR WARNA TCS230

Rully Martenius<sup>1)</sup>, Antonius Wibowo<sup>2)</sup>  
E-mail: chayliechang@gmail.com

### ABSTRAK

*Prototipe Alat Pembanding Warna RGB Portabel Berbasis Sensor Warna TCS230 ini dapat digunakan untuk mengetahui perbandingan Warna RGB pada hasil cetak sesuai dengan sampel yang diminta.*

*Alat ini membaca input berupa warna pada hasil cetak dan sampel produk, sedangkan keluarannya berupa LCD yang akan menampilkan hasil perbandingan antara sampel dan obyek apakah kedua input tersebut sesuai dengan batas toleransi atau tidak, batas toleransi di-set kurang lebih 10 poin pada tiap RGB. Sensor ini akan membaca dan mendeteksi kandungan RGB dari kedua input. Jika kandungan RGB sampel sama dengan kandungan RGB obyek, maka hasil produk tersebut telah sesuai. Sebaliknya jika kandungan RGB sampel tidak sama dengan kandungan RGB produk, maka produk tersebut tidak sesuai.*

*Alat ini menggunakan mikrokontroler sebagai otak atau pusat pemrosesan data dari keseluruhan kinerja sistem. Alat ini dapat digunakan untuk membandingkan Warna RGB karena mampu menganalisis kandungan warna RGB antara obyek dan sampel sesuai dengan toleransi yang ditentukan, dan mampu menentukan apakah hasil pengujian tersebut sesuai dengan batas toleransi atau tidak. Dengan alat yang sudah dirancang dan diimplementasikan ini tentunya akan sangat membantu dalam hal pendeteksian dan pengecekan warna RGB hasil cetak.*

**Kata kunci:** alat pembanding, warna RGB, sensor, mikrokontroler

### PENDAHULUAN

Salah warna adalah persoalan yang paling sering kali ditemui terhadap hasil pencetakan dengan sistem sablon. Salah warna yang dimaksud di sini adalah warna tidak sesuai (berbeda) dari warna pesanan atau warna yang dikehendaki.

Salah warna bisa disebabkan oleh kesalahan dalam memilih kode warna, merek tinta ataupun kesalahan dalam pencampuran warna (untuk warna turunan). Dalam beberapa kasus, kesalahan warna bisa juga diakibatkan oleh penggunaan tinta yang telah kadaluwarsa atau telah disimpan dalam waktu lama yang berakibat terjadinya degradasi warna (misal untuk tinta pigmen).

Biasanya kesalahan ini berupa warna yang telah disetujui oleh pemesan berdasarkan sampel yang dikirim berbeda dari hasil cetakan yang diproduksi. Dalam hal ini pihak pemesan mungkin saja menolak hasil yang telah diproduksi.

Mungkin untuk beberapa pelanggan perbedaan warna yang tidak terlalu mencolok masih bisa ditolerir. Akan tetapi, untuk pelanggan yang sangat detil dalam melakukan *quality control* hal ini bisa menjadi alasan untuk menolak hasil produksi kita.

Tujuan dan manfaat dari sistem ini adalah untuk mengurangi dan mencegah terjadinya ketidaksesuaian kualitas warna hasil cetakan dengan sampel yang diinginkan. Alat

ini mempunyai keunggulan yaitu merancang suatu alat atau sensor pendeteksi warna portabel. Dengan berkembangnya teknologi saat ini, maka suatu tantangan bagi ahli elektronika untuk dapat menciptakan suatu alat sederhana namun memiliki fungsi yang efektif dan efisien. Selain itu, jika dibandingkan dengan beberapa alat lain dengan nilai harga yang lebih mahal sehingga kurang ekonomis, seperti *brightness and color meter* ataupun *whiteness meter and color meter*. Maka dapat dilihat bahwa sensor pendeteksi warna ini jauh lebih fungsional dan ekonomis bagi kalangan industri kecil dan menengah.

Permasalahan yang dihadapi dalam pelaksanaan program ini adalah sebagai berikut:

- Merancang suatu sistem menggunakan mikrokontroler sebagai pengolah data yang dapat membandingkan hasil warna sablon terhadap sampel yang diinginkan;
- Merancang sistem pengenalan warna RGB;
- Merancang sistem perbandingan toleransi kesalahan warna RGB antara hasil sablon terhadap sampel yang diinginkan;
- Merancang sistem output berupa tampilan pada *Liquid Crystal Display (LCD)*;
- Mengimplementasikan sistem pengenalan warna RGB, dan sistem output pada *LCD*;
- Merancang sebuah indikator baterai, serta menampilkan tegangan baterai pada *LCD*, sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi baterai.

<sup>1)</sup> Mahasiswa di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

<sup>2)</sup> Staf Pengajar di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

Asumsi-asumsi yang digunakan sebagai batasan masalah pada pembuatan alat ini meliputi:

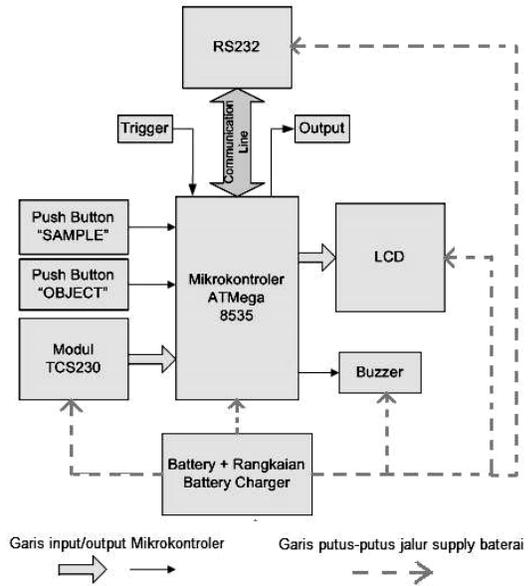
1. Alat pembanding warna *RGB* portabel ini dibuat untuk mengenali *RGB* pada warna;
2. Warna *RGB* pada hasil sablon dibandingkan terhadap sampel yang diinginkan;
3. Alat ini mampu mendeteksi obyek dengan warna *solid* (tanpa adanya gradasi warna) yang minimal mempunyai ukuran 4 cm × 4 cm;
4. Untuk memberikan informasi tentang kadar warna *RGB* tersebut ditampilkan pada output *LCD*;
5. Bahan material yang dipakai pada sampel harus sama persis dengan bahan yang digunakan pada hasil cetakan.

Tujuan yang hendak dicapai dalam pembuatan Prototipe Alat Pembanding Warna *RGB* Portabel Berbasis Sensor Warna *TCS230* ini adalah sebagai alat pembanding warna *RGB* portabel yang dapat mendeteksi kandungan warna *RGB* antara hasil sablon dengan sampel yang diinginkan. Oleh karena alat ini dirancang dengan biaya yang lebih ekonomis, sehingga dapat diaplikasikan pada kalangan industri menengah ke bawah atau *home industry*.

**TINJAUAN PUSTAKA**

Prototipe alat pembanding warna *RGB* portabel ini terdiri dari sensor warna *TCS230* yang berfungsi untuk membaca warna (merah, hijau, biru), rangkaian pemrosesan sinyal (mikrokontroler) yang memproses dan mengolah data input untuk dipresentasikan. Pada alat ini dilengkapi jalur komunikasi *RS232* yang memiliki fungsi sebagai jalur komunikasi antara alat ini dengan perangkat komputer yang dilengkapi dengan jalur komunikasi serial. Dua (2) buah baterai *lithium ion* 3,7 V digunakan sebagai sumber daya listrik untuk menghidupkan alat ini. Terdapat *LCD* 16×4 untuk menampilkan informasi cara penggunaan alat ini, hasil warna *RGB* yang terbaca pada sampel, dan obyek serta perbandingan hasil dari sampel terhadap obyek, dan tegangan pada baterai. Diagram blok sistem prototipe alat pembanding warna *RGB* disajikan pada Gambar 1<sup>[1,2]</sup>.

Berdasarkan diagram blok pada Gambar 1, sistem alat pembanding warna *RGB* terdiri dari beberapa *input* dan *output* yang mempunyai fungsi dan peranan masing-masing. Terdapat *trigger* dan *output* yang disediakan pada alat ini agar untuk kedepannya alat ini dapat diaplikasikan langsung pada otomatisasi



**Gambar 1.** Diagram Blok Sistem Prototipe Alat Pembanding Warna *RGB*

sistem (*limit switch*, *conveyor*). *Buzzer* berfungsi berfungsi sebagai indikator suara yang dapat didengar oleh *user*.

Penjelasan dari diagram blok pada Gambar di atas adalah sebagai berikut:

1. *Push button sample* dan obyek digunakan sebagai masukan ke mikrokontroler untuk mengambil data dari sensor warna *TCS230*;
2. Mikrokontroler merupakan otak dari alat ini yang berfungsi untuk mengatur keseluruhan dari sistem, mengambil data dari sensor warna *TCS230*, mengirimkan data ke *LCD* dan *buzzer* sebagai indikator, mengolah data dari tombol-tombol, *trigger*, dan jalur komunikasi *RS232*. Mikrokontroler ini dilengkapi *ADC* dan *ADC* pada mikrokontroler ini difungsikan untuk menampilkan sisa tegangan yang terdapat pada baterai<sup>[3]</sup>;
3. Sensor warna *TCS230* mempunyai fungsi untuk mendeteksi hasil warna *RGB* pada obyek. Pada modul *TCS230*, cahaya warna dideteksi dengan menggunakan fotodiode yang disusun secara *array*, kemudian arus yang merupakan *output* dari fotodiode tersebut dikonversi menjadi frekuensi dengan *current to frequency converter*;
4. Sebagai indikator rangkaian *battery charger* digunakan komparator dan dekoder di mana pada *output*-nya terdapat tiga *LED* dengan warna yang berbeda yaitu hijau, biru, dan merah. *LED* warna hijau mengindikasikan baterai terisi penuh, *LED* warna biru mengindikasikan baterai dalam

kondisi antara penuh dan kosong, sedangkan LED warna merah mengindikasikan bahwa baterai agar segera diisi ulang;

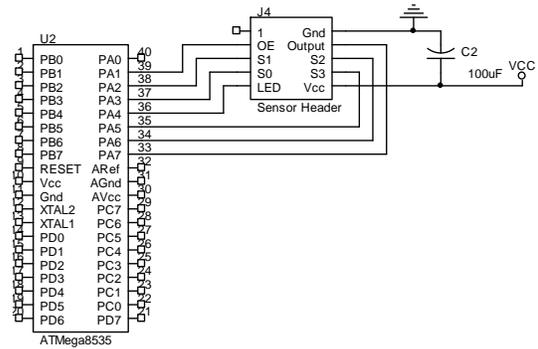
5. Baterai *lithium-ion* digunakan sebagai sumber daya listrik untuk keseluruhan sistem (mikrokontroler, komparator, dekoder, modul TCS230, RS232, LCD, dan *buzzer*) supaya dapat berjalan sesuai dengan fungsinya;
6. Jalur komunikasi RS232 digunakan sebagai jalur penerima dan pengiriman data atau dari sebuah *Personal Computer (PC)*. Dengan demikian alat pembanding warna RGB ini dapat dioperasikan dengan menggunakan tombol yang ada, atau dengan mengetik angka “S” dan “O” pada *keyboard*. Tombol “S” pada *keyboard* sama dengan tombol sampel, sedangkan tombol “O” pada *keyboard* sama dengan tombol obyek pada alat pembanding warna RGB ini. Kemudian hasil dari pengambilan data selain ditampilkan pada LCD juga akan diampilkkan pada PC<sup>[4]</sup>;
7. *Trigger* mempunyai fungsi sebagaimana tombol obyek. Sedangkan *output*-nya akan memberikan logika “HI” jika hasil yang didapat dari pengambilan warna RGB sampel dan obyek dalam batas toleransi yang telah ditentukan. *Output* memberikan logika “LO” jika hasil yang didapat dari pengambilan warna RGB sampel, dan obyek di luar dari batas toleransi yang telah ditentukan;
8. LCD digunakan untuk menampilkan cara penggunaan alat dengan singkat, menampilkan hasil sampel yang diambil, menampilkan hasil obyek yang diambil, menampilkan hasil dan perbandingan hasil antara sampel terhadap obyek, serta menampilkan sisa tegangan yang terdapat pada baterai<sup>[5]</sup>;
9. *Buzzer* digunakan sebagai indikator berupa suara sehingga dapat memudahkan *user* untuk mengetahui hasil dari pengambilan sampel dan obyek.

**METODE PENELITIAN**

**Perancangan dan Pembuatan Rangkaian Elektromagnetik**

Dalam penelitian ini modul sensor warna TCS230 digunakan sebagai piranti utama dalam mendeteksi warna RGB. Agar *output* dari modul sensor ini dapat dibaca oleh mikrokontroler, maka akan dihubungkan dengan PORT A mikrokontroler yang mempunyai fungsi khusus atau alternatif yaitu

sebagai analog *input* atau ADC. Gambar skematik rangkaian interkoneksi antara modul sensor dengan mikrokontroler ATmega8535 disajikan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Koneksi Antar TCS230 dan Mikrokontroler ATmega8535

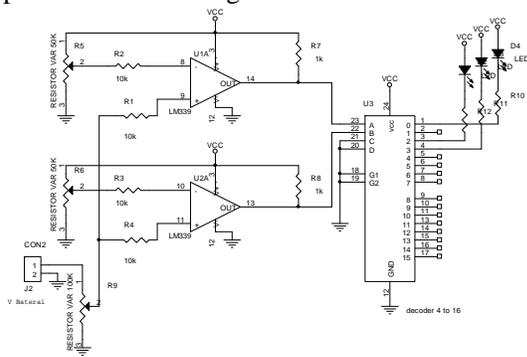
LED pada sensor warna diposisikan selalu pada kondisi nyala (*standby*) hal ini diharapkan dapat mengurangi gangguan pada saat pengambilan data frekuensi ke mikrokontroler. Obyek diletakkan di bawah alat ini kemudian sensor warna diaktifkan dengan memberikan *input* sebagaimana disajikan pada pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Input Sensor Warna

S0	S1	S2	S3	LED	OE
1	1	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	0	0
1	1	1	0	0	0

Rangkaian *battery charger* pada penelitian ini berfungsi untuk mengisi kembali muatan listrik pada baterai *lithium-ion* jika muatan listrik pada baterai habis. Sumber tegangan yang dipakai untuk mengisi baterai dapat diperoleh dari sumber daya DC lainnya. Baterai yang digunakan adalah baterai *rechargeable* jenis *lithium-ion* untuk *handphone* NOKIA dengan spesifikasi tegangan *output* 3,7 VDC, mempunyai daya tahan sampai 850 mAh. Berdasarkan spesifikasi minimum sistem ATmega8535 dan rangkaian lain dalam perancangan prototipe alat ini dibutuhkan tegangan sebesar 5 V yang berasal dari *output regulator* LM7805. Oleh karena itu, maka dibutuhkan 2 buah baterai yang bila diakumulasikan akan diperoleh tegangan sebesar 8,4 V saat baterai penuh dan 7,4 V saat baterai kosong. Berdasarkan *datasheet* LM7805, maka tegangan keluarannya sama dengan 5 V jika tegangan masukannya lebih besar daripada 7,4 V. Jadi sistem masih

dapat berjalan sampai pada saat baterai kosong. Skema rangkaian *battery charger* disajikan pada Gambar 3 sebagai berikut.



Gambar 3. Skema Rangkaian *Battery Charger*

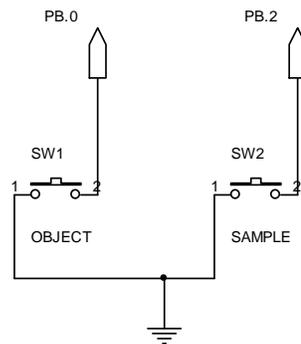
Dalam rangkaian *battery charger* indikator penuh atau *LED* berwarna hijau dihubungkan dengan pin 4 pada dekoder. Untuk indikator dalam kondisi di antara penuh dan kosong atau *LED* berwarna biru dihubungkan dengan pin 3 pada dekoder. Sedangkan pin 1 pada dekoder dihubungkan dengan indikator kosong atau *LED* berwarna merah. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel kebenaran dari rangkaian di atas sebagaimana disajikan pada Tabel 2<sup>[6]</sup>.

Tabel 2. Tabel Kebenaran dari Rangkaian

Input						Low Output
G1	G2	D	C	B	A	
L	L	L	L	L	L	Pin 1
L	L	L	L	H	L	Pin 3
L	L	L	L	H	H	Pin 4

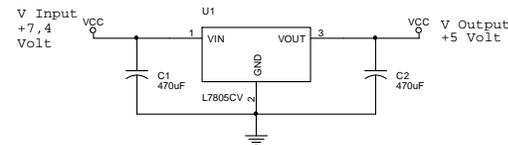
Terdapat 2 buah tombol yang digunakan sesuai dengan fungsinya masing-masing sebagai tombol sampel dan obyek. Tombol sampel atau tombol berwarna merah, sedangkan tombol obyek yang berwarna biru. Adapun rangkaian tombol ini dihubungkan ke minimum sistem *ATMega8535* sebagai *input*. Koneksi yang terjadi pada minimum sistem adalah *current sink*, maksudnya tombol dipakai sebagai *input* aktif *Low*. Jika terjadi penekanan tombol, maka mikrokontroler akan mendeteksi *Low* pada pin PB.0 dan PB.2 jika tidak ada penekanan berarti PB.0 dan PB.2 akan mengalami kondisi ambang. Besar tegangan pada pin ini akan bergantung pada inisialisasi *I/O* mikrokontroler. Dalam penelitian ini pin PB.0 dan PB.2 di-*set* sebagai *input* dengan menggunakan resistor *pull-up* internal. Jadi pada awal penge-*set*-an mikrokontroler akan membaca pin PB.0 dan PB.2 sebagai “*Hi*”. Untuk memperjelas maksud dari pernyataan di

atas berikut gambar dari rangkaian tombol yang terkoneksi dengan pin mikrokontroler *ATMega8535* sebagaimana disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema Rangkaian Tombol

Rangkaian regulator voltase ini berfungsi untuk mengatur tegangan dari baterai (sekitar +7,4 V) menjadi tegangan 5 V, yang digunakan sebagai sumber daya untuk sistem mikrokontroler dan sensor-sensor. Rangkaian ini menggunakan *IC Regulator L7805CV*. Rangkaian regulator voltase disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian Regulator Voltase 5 V

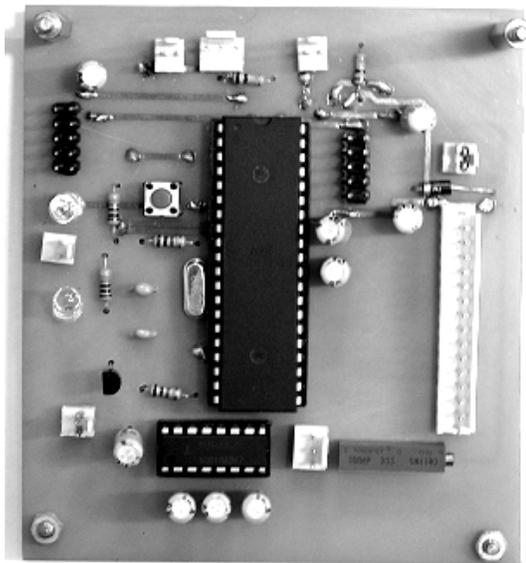
Mikrokontroler yang digunakan pada alat ini adalah mikrokontroler keluaran *ATMEL* dengan seri *ATMega8535*. Mikrokontroler pada alat ini mempunyai peran sebagai pusat pemrosesan data dan mengontrol fungsi dari rangkaian elektronik pendukung yang digunakan.

Pada alat ini minimum sistem mikrokontroler *ATMega8535* yang digunakan adalah dibuat oleh penulis sendiri. Hal ini dimaksudkan agar mempunyai fungsi yang lebih khusus untuk digunakan sebagai minimum sistem pada perancangan alat ini. Minimum sistem ini memiliki spesifikasi *hardware* sebagai berikut:

1. Mikrokontroler *ATMega8535* dengan *8Kbyte Flash memory*, *512 byte EEPROM*, *512 byte SRAM*, dan *8 channel ADC* dengan resolusi 10 bit;
2. Tersedia *port sensor header* untuk dihubungkan dengan sensor warna *TCS230*;
3. Terdapat 2 pin konektor *port* untuk tombol sampel;

4. Terdapat 3 pin konektor *port* untuk tombol obyek;
5. Terdapat rangkaian *reset*;
6. Frekuensi Osilator sebesar 8 MHz;
7. Dilengkapi indikator pemrograman berupa *LED*;
8. Tersedia jalur komunikasi serial UART RS-232 dengan 3 pin konektor;
9. Tersedia *port* untuk pemrograman secara *ISP*;
10. Tersedia 2 pin konektor *port* sebagai indikator tegangan baterai;
11. Tersedia 2 pin konektor *port* untuk *buzzer*;
12. Terdapat 16 pin konektor *port* untuk *LCD*.

Sistem mikrokontroler *ATMega8535* minimum disajikan pada Gambar 6 sebagai berikut.



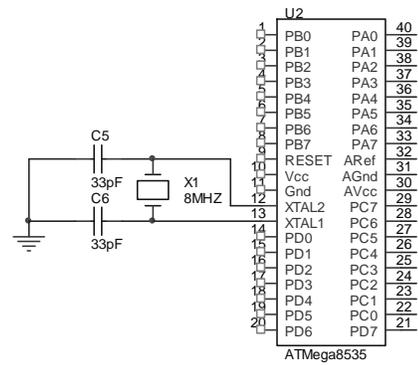
Gambar 6. Sistem *ATMega8535* Minimum

Rangkaian *clock* dalam penelitian ini berfungsi untuk mengaktifkan osilator sebagai *clock*, pin XTAL1 dan pin XTAL2 pada mikrokontroler dihubungkan dengan rangkaian sebagaimana disajikan pada Gambar 7. Rangkaian osilator terdiri dari sebuah kristal dengan frekuensi 8 MHz yang dirangkai dengan 2 buah kapasitor (C5 dan C6) yang nilainya sama sebesar 33 pF.

Pada eksekusi instruksi dalam sebuah *clock cycle*, satu *machine cycle* dikerjakan selama satu periode osilator. Persamaan matematis untuk perhitungan waktu satu *machine cycle* adalah sebagai berikut:

$$1 \text{ machine cycle} = 1 \times \text{periode oscillator}$$

dan  $T = \frac{1}{f}$ , maka:



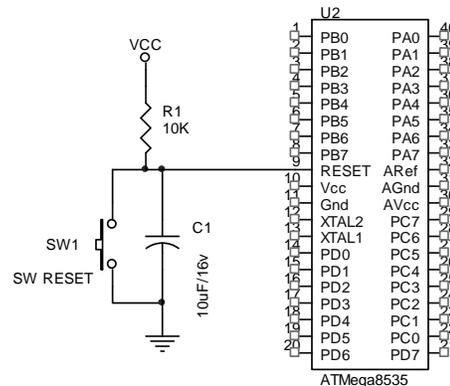
Gambar 7. Rangkaian Osilator

$$T_{\text{machine cycle}} = \frac{1}{f_{\text{kristal}}} \quad (1)$$

Berdasarkan persamaan di atas maka diperoleh nilai  $T_{\text{machine cycle}}$  sebagai berikut:

$$T_{\text{machine cycle}} = \frac{1}{8 \text{ MHz}} = 0,125 \mu\text{s}$$

Rangkaian *reset* dalam penelitian ini berfungsi untuk me-*reset program counter* dan mengembalikan sistem ke dalam kondisi awal. *Reset* dilakukan secara manual yaitu dengan menekan *switch* yang akan memberikan logika *low*. Rangkaian *reset* disajikan pada Gambar 8.

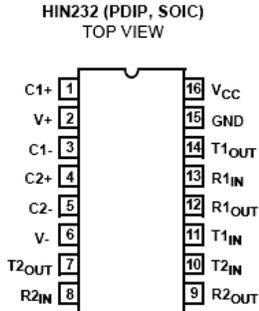


Gambar 8. Rangkaian Reset

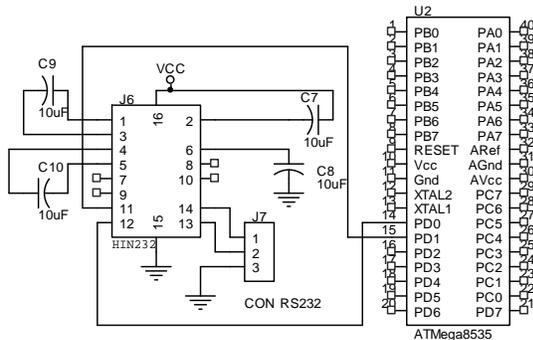
Cara kerja rangkaian *reset* ini adalah bahwa jika *switch reset* SW1 ditekan, maka tegangan akan langsung ke *ground* sehingga pin *RESET* akan mendapat sinyal *low*. Sinyal ini digunakan untuk me-*reset program counter* mikrokontroler pada kondisi awal.

Rangkaian serial RS232 mempunyai fungsi sebagai jalur komunikasi serial. Dengan demikian alat ini dapat memberikan atau menerima data dari suatu perangkat komputer dengan cara informasi yang dikirim satu bit pada satu waktu. Pin PD.0 mikrokontroler *ATMega8535* mempunyai fungsi khusus atau fungsi alternatif sebagai *RXD (USART Input*

Pin). Pin PD.1 mikrokontroler *ATMega8535* mempunyai fungsi alternatif sebagai *TXD (USART Output Pin)*. *Integrated Circuit (IC)* yang digunakan untuk komunikasi serial adalah *HIN232*, serta konfigurasi pin disajikan pada Gambar 9. Rangkaian serial *RS232* disajikan pada Gambar 10.



Gambar 9. Konfigurasi Pin pada HIN232



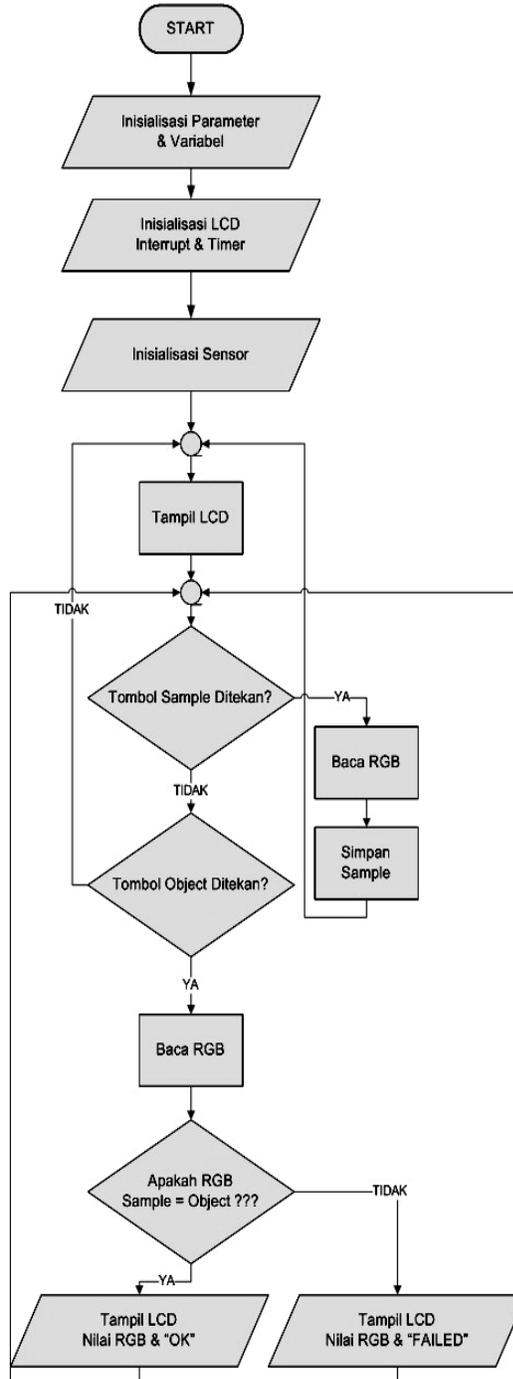
Gambar 10. Rangkaian Serial RS232

Mikrokontroler *ATMega8535* digunakan untuk mengontrol kerja dari pengaturan modul sensor warna *TCS230*, mengirim dan menerima data serial dari komunikasi serial *RS232*, membaca tegangan baterai melalui *ADC* mikrokontroler *ATMega8535*, dan menampilkan data-data berisi informasi ke *LCD*.

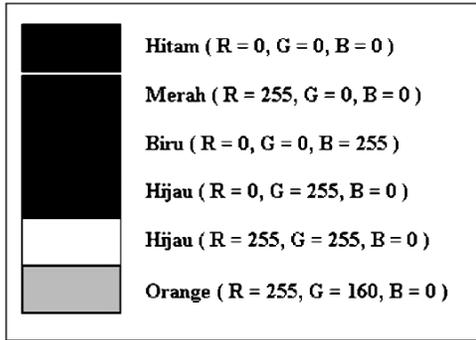
Pada saat pertama kali alat akan mengambil sampel untuk dibaca nilai *RGB*-nya dan nilai *RGB* tersebut akan disimpan untuk digunakan sebagai pembanding dari *RGB* obyek.

Setelah didapatkannya sampel oleh alat selanjutnya alat akan mengambil nilai *RGB* dari obyek yang tersedia. Setelah itu alat ini akan membandingkan nilai *RGB* dari sampel terhadap obyek, "apakah *RGB* sampel terhadap *RGB* obyek sama?" Bila hasil perbandingan antara sampel terhadap obyek sama, maka *LCD* akan menampilkan nilai *RGB* tersebut dan memunculkan tulisan "*OK*". Apabila hasil perbandingan nilai *RGB* itu tidak sama, maka *LCD* akan menampilkan nilai *RGB* tersebut dan

menampilkan tulisan "*Failed*". Setelah menampilkan hasilnya, jika tombol "*Obyek*" ditekan, maka alat ini akan membandingkan kembali hasil antara sampel terhadap obyek baru. Kerja dari alat ini disajikan pada diagram alir kinerja sistem pada gambar 11 sebagai berikut. Contoh beberapa Sampel warna dan komposisi *RGB*-nya disajikan pada Gambar 12.



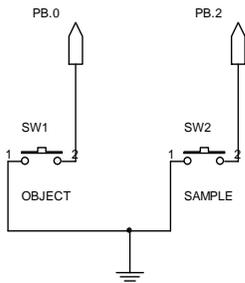
Gambar 11. Diagram Alir Kinerja Sistem



Gambar 12. Contoh Beberapa Sampel Warna dan Komposisi Warna RGB-nya

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**  
**Pengujian Peralatan**

Pengukuran rangkaian *push button* pada rangkaian ini dipakai sebagai *input* bagi mikrokontroler *ATMega8535*. Pengukuran dilakukan pada setiap pin PB.0 dan PB.2 dengan menggunakan multimeter digital. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui apakah kondisi *push button* berjalan dengan baik. Rangkaian *push button* disajikan pada Gambar 13.



Gambar 13. Rangkaian Push Button

Hasil pengukuran rangkaian *push button* disajikan pada Tabel 3 di bawah ini:

Tabel 3. Hasil Pengukuran Rangkaian Push Button

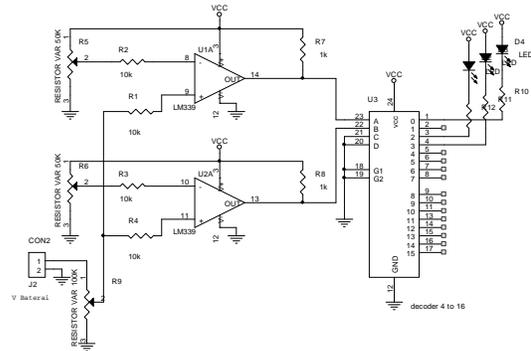
Kondisi Push Button	Tegangan (V)	
	PB.0	PB.2
Ditekan	0	0
Tidak Ditekan	5	5

Dari hasil pengukuran di atas dapat dilihat bahwa rangkaian ini telah bekerja dengan baik, karena telah dapat memberikan logika tegangan yang berbeda untuk keadaan *push button* ditekan dan tidak ditekan.

Rangkaian *battery charger* dirancang untuk dapat melakukan pengisian ulang daya pada baterai *lithium-ion* BL-5C 850 mA<sub>H</sub> yang dapat digunakan pada alat pembanding warna RGB ini. Pengukuran dan pengujian rangkaian

*battery charger* bertujuan untuk mengetahui kinerja dari rangkaian *charger* dan indikator penuh, kosong, dan antara penuh dan kosong.

Cara pengukuran indikator baterai yang dilakukan adalah dengan menghubungkan rangkaian *battery charger* dengan sumber daya DC (dalam pengujian menggunakan *power supply* GW Tipe GPR-3030). Pengukuran pada komparator dilakukan pada setiap pin *output* 3 dan *output* 4 (kaki pin 14 dan 13 pada IC LM339N). Pengukuran dilakukan untuk mengetahui apakah kondisi indikator rangkaian *battery charger* berjalan dengan baik. Rangkaian *battery charger* disajikan pada Gambar 14.



Gambar 14. Rangkaian Battery Charger

Hasil pengukuran rangkaian indikator tegangan baterai disajikan pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Rangkaian Indikator Baterai.

Tegangan (V)	Komparator		LED (Nyala/Mati)		
	Output 3	Output 4	Hijau	Biru	Merah
8,4	5	5	Nyala	Mati	Mati
8,2	5	5	Nyala	Mati	Mati
8,0	0	5	Mati	Nyala	Mati
7,8	0	5	Mati	Nyala	Mati
7,6	0	5	Mati	Nyala	Mati
7,4	0	5	Mati	Nyala	Mati
7,2	0	5	Mati	Nyala	Mati
7,0	0	5	Mati	Nyala	Mati
6,8	0	0	Mati	Mati	Nyala
6,6	0	0	Mati	Mati	Nyala
6,4	0	0	Mati	Mati	Nyala

Batas atas dari rangkaian indikator tegangan ini ialah apabila *Output* 3 dan *Output* 4 pada level *Hi*. Sedangkan batas bawah dari rangkaian indikator tegangan ini jika *Output* 3 dan *Output* 4 pada level *Low*. Rangkaian indikator tegangan ini digunakan untuk memantau level tegangan baterai sebagai petunjuk kondisi penuh, kosong, dan di antara penuh dan kosong. Seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4 di atas rangkaian ini telah bekerja

dengan baik untuk membaca dan membedakan level tegangan baterai saat penuh, kosong, dan kondisi di antara penuh dan kosong. Pada Tabel 4 tersebut dapat dilihat adanya kisaran tegangan batas atas dan batas bawah untuk masing-masing kondisi sudah sesuai dengan perancangan rangkaian indikator baterai.

Pengujian alat secara keseluruhan ini akan menguji keseluruhan fitur dari sistem pembandingan warna *RGB* portabel sebanyak 10 kali pada setiap warna (merah, jingga, kuning, kuning muda, hijau, hijau muda, biru, merah muda, dan ungu). Pada saat pengujian menggunakan kertas lipat berwarna atau biasa disebut dengan kertas origami. Pada saat pengujian, alat ini dihubungkan ke *PC* agar sekaligus dapat dilihat hasil proses pengiriman data melewati jalur komunikasi serial.

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui besarnya *error* dari sistem yang telah dirancang ini. Perhitungan *error* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (2) di bawah ini.

$$\%error = \frac{\sum kesalahan}{\sum percobaan} \times 100\% \quad (2)$$

Pengujian ini dilakukan dalam 2 macam, yang pertama menguji perbandingan warna yang sama antara sampel terhadap obyek. Sedangkan yang kedua menguji perbandingan warna yang tidak sama antara sampel terhadap obyek. Pada setiap macam pengujian dilakukan sebanyak 10 kali, karena ada 9 warna, maka pengujian dilakukan sebanyak 180 kali. Dalam pengujian 90 kali pengamatan ini pemasangan datanya menggunakan *keyboard* sekaligus untuk pengujian jalur komunikasi serial *RS232*. Adapun hasil pengujiannya disajikan pada Tabel 5 sampai dengan Tabel 22. Tabel 5 sampai dengan Tabel 13 merupakan tabel hasil pengujian warna yang sama. Sedangkan Tabel 14 sampai dengan Tabel 22 merupakan tabel hasil pengujian warna yang diuji secara acak dengan warna yang tidak sama.

**Tabel 5.** Hasil Pengujian Warna Merah

No	Sampel <i>RGB</i> (Alat dan <i>PC</i> )	Obyek <i>RGB</i> (Alat dan <i>PC</i> )	Keterangan
1	128 033 017	126 032 016	Hasil: <i>OK</i>
2	128 033 017	127 032 016	Hasil: <i>OK</i>
3	128 033 017	126 031 016	Hasil: <i>OK</i>
4	128 033 017	125 031 016	Hasil: <i>OK</i>
5	128 033 017	126 032 016	Hasil: <i>OK</i>
6	128 033 017	126 032 016	Hasil: <i>OK</i>
7	128 033 017	127 032 017	Hasil: <i>OK</i>
8	128 033 017	125 032 016	Hasil: <i>OK</i>
9	128 033 017	125 032 016	Hasil: <i>OK</i>
10	128 033 017	125 031 016	Hasil: <i>OK</i>

**Tabel 6.** Hasil Pengujian Warna Jingga

No	Sampel <i>RGB</i> (Alat dan <i>PC</i> )	Obyek <i>RGB</i> (Alat dan <i>PC</i> )	Keterangan
1	213 085 026	214 085 026	Hasil: <i>OK</i>
2	213 085 026	214 085 026	Hasil: <i>OK</i>
3	213 085 026	212 085 026	Hasil: <i>OK</i>
4	213 085 026	212 084 026	Hasil: <i>OK</i>
5	213 085 026	213 085 026	Hasil: <i>OK</i>
6	213 085 026	212 085 026	Hasil: <i>OK</i>
7	213 085 026	209 084 026	Hasil: <i>OK</i>
8	213 085 026	212 085 027	Hasil: <i>OK</i>
9	213 085 026	209 084 026	Hasil: <i>OK</i>
10	213 085 026	210 084 026	Hasil: <i>OK</i>

**Tabel 7.** Hasil Pengujian Warna Kuning

No	Sampel <i>RGB</i> (Alat dan <i>PC</i> )	Obyek <i>RGB</i> (Alat dan <i>PC</i> )	Keterangan
1	174 190 059	174 190 059	Hasil: <i>OK</i>
2	174 190 059	174 189 056	Hasil: <i>OK</i>
3	174 190 059	175 190 057	Hasil: <i>OK</i>
4	174 190 059	172 190 059	Hasil: <i>OK</i>
5	174 190 059	175 190 057	Hasil: <i>OK</i>
6	174 190 059	174 189 057	Hasil: <i>OK</i>
7	174 190 059	172 190 059	Hasil: <i>OK</i>
8	174 190 059	174 189 056	Hasil: <i>OK</i>
9	174 190 059	172 189 059	Hasil: <i>OK</i>
10	174 190 059	174 189 057	Hasil: <i>OK</i>

**Tabel 8.** Hasil Pengujian Warna Kuning Muda

No	Sampel <i>RGB</i> (Alat dan <i>PC</i> )	Obyek <i>RGB</i> (Alat dan <i>PC</i> )	Keterangan
1	158 221 077	161 225 079	Hasil: <i>OK</i>
2	158 221 077	161 226 079	Hasil: <i>OK</i>
3	158 221 077	158 226 077	Hasil: <i>OK</i>
4	158 221 077	158 222 077	Hasil: <i>OK</i>
5	158 221 077	157 220 078	Hasil: <i>OK</i>
6	158 221 077	158 224 078	Hasil: <i>OK</i>
7	158 221 077	157 221 078	Hasil: <i>OK</i>
8	158 221 077	156 219 077	Hasil: <i>OK</i>
9	158 221 077	159 225 080	Hasil: <i>OK</i>
10	158 221 077	159 220 077	Hasil: <i>OK</i>

**Tabel 9.** Hasil Pengujian Warna Hijau

No	Sampel <i>RGB</i> (Alat dan <i>PC</i> )	Obyek <i>RGB</i> (Alat dan <i>PC</i> )	Keterangan
1	011 064 040	012 062 040	Hasil: <i>OK</i>
2	011 064 040	011 063 040	Hasil: <i>OK</i>
3	011 064 040	012 064 041	Hasil: <i>OK</i>
4	011 064 040	012 065 041	Hasil: <i>OK</i>
5	011 064 040	011 060 038	Hasil: <i>OK</i>
6	011 064 040	012 064 041	Hasil: <i>OK</i>
7	011 064 040	011 061 039	Hasil: <i>OK</i>
8	011 064 040	011 064 040	Hasil: <i>OK</i>
9	011 064 040	012 064 041	Hasil: <i>OK</i>
10	011 064 040	011 059 037	Hasil: <i>OK</i>

**Tabel 10.** Hasil Pengujian Warna Hijau Muda

No	Sampel RGB (Alat dan PC)	Obyek RGB (Alat dan PC)	Keterangan
1	023 099 052	024 101 053	Hasil: <i>OK</i>
2	023 099 052	023 101 053	Hasil: <i>OK</i>
3	023 099 052	024 101 054	Hasil: <i>OK</i>
4	023 099 052	022 099 052	Hasil: <i>OK</i>
5	023 099 052	023 099 052	Hasil: <i>OK</i>
6	023 099 052	023 100 052	Hasil: <i>OK</i>
7	023 099 052	024 101 053	Hasil: <i>OK</i>
8	023 099 052	023 099 052	Hasil: <i>OK</i>
9	023 099 052	024 101 053	Hasil: <i>OK</i>
10	023 099 052	023 101 053	Hasil: <i>OK</i>

**Tabel 11.** Hasil Pengujian Warna Biru

No	Sampel RGB (Alat dan PC)	Obyek RGB (Alat dan PC)	Keterangan
1	015 037 096	015 037 096	Hasil: <i>OK</i>
2	015 037 096	014 035 092	Hasil: <i>OK</i>
3	015 037 096	015 037 096	Hasil: <i>OK</i>
4	015 037 096	013 034 090	Hasil: <i>OK</i>
5	015 037 096	016 038 097	Hasil: <i>OK</i>
6	015 037 096	015 036 095	Hasil: <i>OK</i>
7	015 037 096	014 035 094	Hasil: <i>OK</i>
8	015 037 096	015 037 097	Hasil: <i>OK</i>
9	015 037 096	015 037 096	Hasil: <i>OK</i>
10	015 037 096	014 034 092	Hasil: <i>OK</i>

**Tabel 12.** Hasil Pengujian Warna Merah Muda

No	Sampel RGB (Alat dan PC)	Obyek RGB (Alat dan PC)	Keterangan
1	289 089 103	290 088 101	Hasil: <i>OK</i>
2	289 089 103	286 089 103	Hasil: <i>OK</i>
3	289 089 103	289 089 103	Hasil: <i>OK</i>
4	289 089 103	286 088 103	Hasil: <i>OK</i>
5	289 089 103	285 089 104	Hasil: <i>OK</i>
6	289 089 103	286 089 103	Hasil: <i>OK</i>
7	289 089 103	286 089 102	Hasil: <i>OK</i>
8	289 089 103	287 089 103	Hasil: <i>OK</i>
9	289 089 103	286 090 104	Hasil: <i>OK</i>
10	289 089 103	287 089 103	Hasil: <i>OK</i>

**Tabel 13.** Hasil Pengujian Warna Ungu

No	Sampel RGB (Alat dan PC)	Obyek RGB (Alat dan PC)	Keterangan
1	026 018 039	027 019 042	Hasil: <i>OK</i>
2	026 018 039	026 018 041	Hasil: <i>OK</i>
3	026 018 039	026 018 040	Hasil: <i>OK</i>
4	026 018 039	027 019 043	Hasil: <i>OK</i>
5	026 018 039	027 019 041	Hasil: <i>OK</i>
6	026 018 039	025 018 039	Hasil: <i>OK</i>
7	026 018 039	027 019 042	Hasil: <i>OK</i>
8	026 018 039	027 019 041	Hasil: <i>OK</i>
9	026 018 039	026 018 040	Hasil: <i>OK</i>
10	026 018 039	027 019 041	Hasil: <i>OK</i>

**Tabel 14.** Hasil Pengujian Warna Merah Terhadap Warna Lain

No	Sampel RGB (Alat dan PC)	Obyek RGB (Alat dan PC)	Keterangan
1	126 032 016	Jingga 213 085 026	Hasil: <i>Failed</i>
2	126 032 016	Kuning 176 191 059	Hasil: <i>Failed</i>
3	126 032 016	Kuning Muda 150 211 073	Hasil: <i>Failed</i>
4	126 032 016	Hijau 011 059 038	Hasil: <i>Failed</i>
5	126 032 016	Hijau Muda 022 096 050	Hasil: <i>Failed</i>
6	126 032 016	Biru 013 034 090	Hasil: <i>Failed</i>
7	126 032 016	Merah Muda 288 088 101	Hasil: <i>Failed</i>
8	126 032 016	Ungu 026 019 040	Hasil: <i>Failed</i>
9	126 032 016	Jingga 211 085 026	Hasil: <i>Failed</i>
10	126 032 016	Kuning 175 191 057	Hasil: <i>Failed</i>

**Tabel 15.** Hasil Pengujian Jingga Terhadap Warna Lain

No	Sampel RGB (Alat dan PC)	Obyek RGB (Alat dan PC)	Keterangan
1	210 084 026	Merah 124 032 016	Hasil: <i>Failed</i>
2	210 084 026	Kuning 173 190 058	Hasil: <i>Failed</i>
3	210 084 026	Kuning Muda 152	Hasil: <i>Failed</i>
4	210 084 026	Hijau 011 061 038	Hasil: <i>Failed</i>
5	210 084 026	Hijau Muda 022 097 050	Hasil: <i>Failed</i>
6	210 084 026	Biru 013 035 093	Hasil: <i>Failed</i>
7	210 084 026	Merah Muda 285 087 102	Hasil: <i>Failed</i>
8	210 084 026	Ungu 027 019 041	Hasil: <i>Failed</i>
9	210 084 026	Merah 124 032 017	Hasil: <i>Failed</i>
10	210 084 026	Kuning 174 191 059	Hasil: <i>Failed</i>

**Tabel 16.** Hasil Pengujian Kuning Terhadap Warna Lain

No	Sampel <i>RGB</i> (Alat dan <i>PC</i> )	Obyek <i>RGB</i> (Alat dan <i>PC</i> )	Keterangan
1	175 191 057	Kuning Muda 151	Hasil: <i>Failed</i>
2	175 191 057	Hijau 011 059 037	Hasil: <i>Failed</i>
3	175 191 057	Hijau Muda 022 098 051	Hasil: <i>Failed</i>
4	175 191 057	Biru 015 036 095	Hasil: <i>Failed</i>
5	175 191 057	Merah Muda 286 087 101	Hasil: <i>Failed</i>
6	175 191 057	Ungu 027 019 041	Hasil: <i>Failed</i>
7	175 191 057	Merah 124 032 016	Hasil: <i>Failed</i>
8	175 191 057	Jingga 211 084 026	Hasil: <i>Failed</i>
9	175 191 057	Kuning Muda	Hasil: <i>Failed</i>
10	175 191 057	Hijau 011 061 038	Hasil: <i>Failed</i>

**Tabel 18.** Hasil Pengujian Hijau Terhadap Warna Lain

No	Sampel <i>RGB</i> (Alat dan <i>PC</i> )	Obyek <i>RGB</i> (Alat dan <i>PC</i> )	Keterangan
1	012 063 040	Hijau Muda 022 102 052	Hasil: <i>Failed</i>
2	012 063 040	Biru 014 035 097	Hasil: <i>Failed</i>
3	012 063 040	Merah Muda 302 093 109	Hasil: <i>Failed</i>
4	012 063 040	Ungu 027 019 043	Hasil: <i>Failed</i>
5	012 063 040	Merah 129 031 016	Hasil: <i>Failed</i>
6	012 063 040	Jingga 216 088 025	Hasil: <i>Failed</i>
7	012 063 040	Kuning 184 199 059	Hasil: <i>Failed</i>
8	012 063 040	Kuning Muda 156	Hasil: <i>Failed</i>
9	012 063 040	Hijau Muda 022 102 053	Hasil: <i>Failed</i>
10	012 063 040	Biru 016 039 101	Hasil: <i>Failed</i>

**Tabel 17.** Hasil Pengujian Kuning Muda Terhadap Warna Lain

No	Sampel <i>RGB</i> (Alat dan <i>PC</i> )	Obyek <i>RGB</i> (Alat dan <i>PC</i> )	Keterangan
1	159 215 079	Hijau 011 061 040	Hasil: <i>Failed</i>
2	159 215 079	Hijau Muda 023 101 052	Hasil: <i>Failed</i>
3	159 215 079	Biru 015 038 100	Hasil: <i>Failed</i>
4	159 215 079	Merah Muda 296 092 107	Hasil: <i>Failed</i>
5	159 215 079	Ungu 030 022 047	Hasil: <i>Failed</i>
6	159 215 079	Merah 129 032 016	Hasil: <i>Failed</i>
7	159 215 079	Jingga 214 086 027	Hasil: <i>Failed</i>
8	159 215 079	Kuning 185 204 061	Hasil: <i>Failed</i>
9	159 215 079	Hijau 011 061 039	Hasil: <i>Failed</i>
10	159 215 079	Hijau Muda 024 105 055	Hasil: <i>Failed</i>

**Tabel 19.** Hasil Pengujian Hijau Muda Terhadap Warna Lain

No	Sampel <i>RGB</i> (Alat dan <i>PC</i> )	Obyek <i>RGB</i> (Alat dan <i>PC</i> )	Keterangan
1	023 101 053	Biru 015 038 097	Hasil: <i>Failed</i>
2	023 101 053	Merah Muda 288 088 101	Hasil: <i>Failed</i>
3	023 101 053	Ungu 027 019 042	Hasil: <i>Failed</i>
4	023 101 053	Merah 124 031 016	Hasil: <i>Failed</i>
5	023 101 053	Jingga 213 086 027	Hasil: <i>Failed</i>
6	023 101 053	Kuning 178 193 058	Hasil: <i>Failed</i>
7	023 101 053	Kuning Muda	Hasil: <i>Failed</i>
8	023 101 053	Hijau 011 058 037	Hasil: <i>Failed</i>
9	023 101 053	Biru 015 038 098	Hasil: <i>Failed</i>
10	023 101 053	Merah 124 030 015	Hasil: <i>Failed</i>

**Tabel 20.** Hasil Pengujian Biru Terhadap Warna Lain

No	Sampel RGB (Alat dan PC)	Obyek RGB (Alat dan PC)	Keterangan
1	015 037 096	Merah Muda 286 088 103	Hasil: <i>Failed</i>
2	015 037 096	Ungu 026 018 040	Hasil: <i>Failed</i>
3	015 037 096	Merah 125 031 015	Hasil: <i>Failed</i>
4	015 037 096	Jingga 212 085 026	Hasil: <i>Failed</i>
5	015 037 096	Kuning 175 192 059	Hasil: <i>Failed</i>
6	015 037 096	Kuning Muda	Hasil: <i>Failed</i>
7	015 037 096	Hijau 011 060 038	Hasil: <i>Failed</i>
8	015 037 096	Hijau Muda 022 099 052	Hasil: <i>Failed</i>
9	015 037 096	Merah Muda 288 090 104	Hasil: <i>Failed</i>
10	015 037 096	Ungu 028 020 043	Hasil: <i>Failed</i>

**Tabel 22.** Hasil Pengujian Ungu Terhadap Warna Lain

No	Sampel RGB (Alat dan PC)	Obyek RGB (Alat dan PC)	Keterangan
1	027 019 041	Merah 127 033 017	Hasil: <i>Failed</i>
2	027 019 041	Jingga 212 085 026	Hasil: <i>Failed</i>
3	027 019 041	Kuning 177 193 058	Hasil: <i>Failed</i>
4	027 019 041	Kuning Muda 152 215 073	Hasil: <i>Failed</i>
5	027 019 041	Hijau 011 058 037	Hasil: <i>Failed</i>
6	027 019 041	Hijau Muda 023 101 052	Hasil: <i>Failed</i>
7	027 019 041	Biru 015 038 099	Hasil: <i>Failed</i>
8	027 019 041	Merah Muda 289 089 103	Hasil: <i>Failed</i>
9	027 019 041	Merah 126 032 015	Hasil: <i>Failed</i>
10	027 019 041	Jingga 213 085 026	Hasil: <i>Failed</i>

**Tabel 21.** Hasil Pengujian Merah Muda Terhadap Warna Lain

No	Sampel RGB (Alat dan PC)	Obyek RGB (Alat dan PC)	Keterangan
1	288 089 103	Ungu 025 018 039	Hasil: <i>Failed</i>
2	288 089 103	Merah 125 032 016	Hasil: <i>Failed</i>
3	288 089 103	Jingga 212 085 026	Hasil: <i>Failed</i>
4	288 089 103	Kuning 175 193 058	Hasil: <i>Failed</i>
5	288 089 103	Kuning Muda 153 216 075	Hasil: <i>Failed</i>
6	288 089 103	Hijau 011 058 037	Hasil: <i>Failed</i>
7	288 089 103	Hijau Muda 023 101 052	Hasil: <i>Failed</i>
8	288 089 103	Biru 016 040 101	Hasil: <i>Failed</i>
9	288 089 103	Ungu 026 019 041	Hasil: <i>Failed</i>
10	288 089 103	Merah 126 033 017	Hasil: <i>Failed</i>

**Tabel 23.** Hasil Pengujian dengan Bahan yang Berbeda

No	Sampel RGB (Alat dan PC)	Obyek RGB (Alat dan PC)	Keterangan
1	Merah 127 033 017	Merah 114 031 017	Hasil: <i>Failed</i>
2	Jingga 212 085 026	Jingga 198 074 023	Hasil: <i>Failed</i>
3	Kuning 177 193 058	Kuning 165 174 057	Hasil: <i>Failed</i>
4	Kuning Muda 152 215 073	Kuning Muda	Hasil: <i>Failed</i>
5	Hijau 011 058 037	Hijau 010 039 027	Hasil: <i>Failed</i>
6	Hijau Muda 023 101 052	Hijau Muda 014 87 043	Hasil: <i>Failed</i>
7	Biru 015 038 099	Biru 011 033 075	Hasil: <i>Failed</i>
8	Merah Muda 289 089 103	Merah Muda 263 078 096	Hasil: <i>Failed</i>
9	Ungu 026 019 041	Ungu 012 008 028	Hasil: <i>Failed</i>
10	Hijau 011 058 037	Hijau 009 038 026	Hasil: <i>Failed</i>

Dari hasil pengujian di atas, tidak dialami kesalahan pengukuran dari 180 kali pengamatan. Tampilan pada *LCD* sudah sesuai dengan tampilan pada terminal di *PC*. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa tingkat keberhasilan alat pada pengujian mencapai 100%, serta waktu rata-rata yang diperlukan untuk mengumpulkan data perbandingan warna *RGB* adalah 4 detik.

Dari hasil pengujian kertas dengan bahan yang berbeda, dapat ditemukan bahwa pada pengujian menggunakan kertas dengan bahan *glossy* pantulan cahaya yang didapat oleh alat ini lebih kecil daripada kertas dengan bahan yang tidak *glossy*.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang melibatkan pengujian alat dan pengukuran yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Jalur komunikasi *RS232* dapat bekerja dengan baik sebagai sarana komunikasi serial komputer dengan alat ini;
2. Sistem minimum bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya, sebagai pusat pemrosesan data, dan pengontrol fungsi dari rangkaian elektronik pendukung yang digunakan;
3. *Push button*, *buzzer*, *trigger*, *output*, dan *LCD* telah bekerja dengan baik sebagai sarana *input* dan *output* pada alat ini;
4. Rangkaian *battery charger* yang dilengkapi dengan indikator tegangan baterai yang berupa gabungan rangkaian komparator sederhana, dan dekoder telah bekerja dengan baik sehingga mampu mendeteksi kondisi baterai penuh, kosong,

dan kondisi baterai antara penuh dan kosong;

5. Alat yang dibuat telah berfungsi sesuai dengan rencana yang diinginkan, yaitu dapat membaca, dan membedakan warna *RGB*.

### Saran

Dalam pemakaian alat disarankan bahwa posisi peletakan alat terhadap obyek warna agar lebih diperhatikan, bahan dari obyek warna tidak boleh berbeda. Alat ini diletakkan persis di atas obyek warna supaya didapatkan hasil pengukuran yang lebih baik dalam pembacaan warna *RGB*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Vander, *Human Physiology – The Mechanism of Body Function*, Edisi Kedelapan, McGraw-Hill Book Company, New York, 2001
- [2] Parallax, *TAOS TCS230 Datasheet, 2006*  
[http://delta\\_electronic.com/article/wp\\_content/uploads/2008/09/an0126.pdf](http://delta_electronic.com/article/wp_content/uploads/2008/09/an0126.pdf), Diakses 24 Agustus 2009
- [3] Atmel, *ATMega8535 datasheet, 2006*,  
[www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2502.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2502.pdf), Diakses 14 Februari 2009
- [4] Anonim, *RS232 Specifications and Standart*, <http://en.wikipedia.org/wiki/RS-232>, Diakses 21 Januari 2010
- [5] Anonim, *Liquid Crystal Display – 016M004*, <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/vishay/016m004b.pdf>, Diakses 17 Nopember 2009
- [6] Fairchild, *MM74HC154 Datasheet, 1999*,  
[http://www.jaycar.com.au/images\\_upload/d/74HC154.PDF](http://www.jaycar.com.au/images_upload/d/74HC154.PDF), Diakses 18 Maret 2010