

BAB II

TINJAUAN UMUM

2.1 Pengertian *Arduino*

Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware* dalam *arduino* memiliki prosesor Atmel AVR dan menggunakan *software* dan bahasa sendiri.

2.1.1 *Hardware*

Hardware dalam *arduino* memiliki beberapa jenis, yang mempunyai kelebihan dan kekurangan dalam setiap papannya. Penggunaan jenis *arduino* disesuaikan dengan kebutuhan, hal ini yang akan mempengaruhi dari jenis prosesor yang digunakan. Jika semakin kompleks perancangan dan program yang dibuat, maka harus sesuai pula jenis kontroler yang digunakan. Yang membedakan antara *arduino* yang satu dengan yang lainnya adalah penambahan fungsi dalam setiap *boardnya* dan jenis mikrokontroler yang digunakan. Dalam tugas akhir ini, jenis *arduino* yang digunakan adalah *arduino uno*.

2.1.1.1 *Arduino Uno*

Menurut Abdul Kadir (2013 : 16), *Arduino Uno* adalah salah satu produk berlabel *arduino* yang sebenarnya adalah suatu papan elektronik yang mengandung mikrokontroler ATmega328 (sebuah keping yang secara fungsional bertindak seperti sebuah komputer). Piranti ini dapat dimanfaatkan untuk mewujudkan rangkaian elektronik dari yang sederhana hingga yang kompleks. Pengendalian LED hingga pengontrolan robot dapat diimplementasikan dengan menggunakan papan berukuran relatif kecil ini. Bahkan dengan penambahan komponen tertentu, piranti ini bisa dipakai untuk pemantauan kondisi pasien di rumah sakit dan pengendalian alat-alat di rumah. (Sumber: B. Gustomo, 2015)

Tabel 2.1 *Index Board Arduino*

Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan pengoperasian	5V
Tegangan input yang disarankan	7-12V
Batas tegangan input	6-20V
Jumlah pin I/O digital	14 (6 di antaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin input analog	6
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	32 KB (ATmega328), sekitar 0.5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

(Sumber: B. Gustomo, 2015)



Gambar 2.1 Arduino Uno
(Sumber: B. Gustomo, 2015)

Hardware arduino uno memiliki spesifikasi sebagai berikut:

a. 14 pin IO Digital (pin 0–13)

Sejumlah pin *digital* dengan nomor 0–13 yang dapat dijadikan *input* atau *output* yang diatur dengan cara membuat program IDE.

b. 6 pin Input Analog (pin 0–5)

Sejumlah pin *analog* bernomor 0–5 yang dapat digunakan untuk membaca nilai *input* yang memiliki nilai *analog* dan mengubahnya ke dalam angka antara 0 dan 1023.

c. 6 pin Output Analog (pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11)

Sejumlah pin yang sebenarnya merupakan pin *digital* tetapi sejumlah pin tersebut dapat diprogram kembali menjadi pin *output analog* dengan cara membuat programnya pada IDE.

Papan Arduino Uno dapat mengambil daya dari USB *port* pada komputer dengan menggunakan USB *charger* atau dapat pula mengambil daya dengan menggunakan suatu AC *adapter* dengan tegangan 9 volt. Jika tidak terdapat *power supply* yang melalui AC *adapter*, maka papan Arduino akan mengambil daya dari USB *port*. Tetapi apabila diberikan daya melalui AC *adapter* secara bersamaan dengan USB *port* maka papan *Arduino* akan mengambil daya melalui AC *adapter* secara otomatis. (Sumber: B. Gustomo, 2015)

2.1.2 Software

Software arduino yang digunakan adalah *driver* dan IDE, walaupun masih ada beberapa *software* lain yang sangat berguna selama pengembangan arduino. *Integrated Development Environment* (IDE), suatu program khusus untuk suatu komputer agar dapat membuat suatu rancangan atau *sketsa* program untuk papan *Arduino*. IDE *arduino* merupakan *software* yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan *java*. IDE *arduino* terdiri dari :

1. Editor Program

Sebuah *window* yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*.

2. *Compiler*

Berfungsi untuk kompilasi *sketch* tanpa unggah ke *board* bisa dipakai untuk pengecekan kesalahan kode *sintaks sketch*. Sebuah modul yang mengubah kode program menjadi kode *biner* bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa *processing*.

3. *Uploader*

Berfungsi untuk mengunggah hasil kompilasi *sketch* ke *board* target. Pesan *error* akan terlihat jika *board* belum terpasang atau alamat *port* COM belum terkonfigurasi dengan benar. Sebuah modul yang memuat kode *biner* dari komputer ke dalam *memory* didalam papan *arduino*.(Sumber: B.Gustomo, 2015)

2.2 Program Arduino Ide

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The window title is "Blink | Arduino 1.0.5". The menu bar includes "File", "Edit", "Sketch", "Tools", and "Help". Below the menu bar is a toolbar with icons for opening files, saving, and running. The main text area contains the following code:

```
/*
 * Blink
 * Turns on an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.
 *
 * This example code is in the public domain.
 */

// Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards.
// give it a name:
int led = 13;

// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  pinMode(led, OUTPUT);
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  digitalWrite(led, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);             // wait for a second
  digitalWrite(led, LOW);  // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);             // wait for a second
}
```

The status bar at the bottom right indicates "Arduino Uno on COM2".

Gambar 2.2 Tampilan Program Arduino Uno
(Sumber: Septa Ajjie, 2016)

Kode Program *Arduino* biasa disebut *sketch* dan dibuat menggunakan bahasa pemrograman C. Program atau *sketch* yang sudah selesai ditulis di *Arduino IDE* bisa langsung *dicompile* dan *diupload* ke *Arduino Board*.

Secara sederhana, *sketch* dalam *Arduino* dikelompokkan menjadi 3 blok (lihat gambar di atas):

1. Header
2. Setup
3. Loop

1. Header

Pada bagian ini biasanya ditulis definisi-definisi penting yang akan digunakan selanjutnya dalam program, misalnya penggunaan *library* dan pendefinisian *variable*. *Code* dalam blok ini dijalankan hanya sekali pada waktu *compile*. Di bawah ini contoh *code* untuk mendeklarasikan *variable led* (integer) dan sekaligus di isi dengan angka 13

```
int led = 13;
```

2. Setup

Di sinilah awal program *Arduino* berjalan, yaitu di saat awal, atau ketika *power on Arduino board*. Biasanya di blok ini diisi penentuan apakah suatu pin digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan perintah *pinMode*. Inisialisasi *variable* juga bisa dilakukan di blok ini

```
// the setup routine runs once when you press reset:
```

```
void setup() { // initialize the digital pin as an output.
```

```
  pinMode(led, OUTPUT); }
```

OUTPUT adalah suatu makro yang sudah didefinisikan *Arduino* yang berarti = 1. Jadi perintah di atas sama dengan `pinMode(led, 1);`

Suatu pin bisa difungsikan sebagai *OUTPUT* atau *INPUT*. Jika difungsikan sebagai *output*, dia siap mengirimkan arus listrik (maksimum 100 mA) kepada beban yang disambungkannya. Jika difungsikan sebagai *INPUT*, pin tersebut

memiliki *impedance* yang tinggi dan siap menerima arus yang dikirimkan kepadanya.

3. Loop

Blok ini akan dieksekusi secara terus menerus. Apabila program sudah sampai akhir blok, maka akan dilanjutkan dengan mengulang eksekusi dari awal blok. Program akan berhenti apabila tombol *power Arduino* di matikan. Di sinilah fungsi utama program *Arduino* kita berada.

```
void loop() {
  digitalWrite(led, HIGH); // nyalakan LED
  delay(1000); // tunggu 1000 milidetik
  digitalWrite(led, LOW); // matikan LED
  delay(1000); // tunggu 1000 milidetik }
```

Perintah *digitalWrite(pinNumber,nilai)* akan memerintahkan arduino untuk menyalakan atau mematikan tegangan di *pinNumber* tergantung nilainya. Jadi perintah di atas *digitalWrite(led,HIGH)* akan membuat pin nomor 13 (karena di header dideklarasikan led = 13) memiliki tegangan = 5V (HIGH). Hanya ada dua kemungkinan nilai *digitalWrite* yaitu *HIGH* atau *LOW* yang sebetulnya adalah nilai integer 1 atau 0. Kalau sudah dibuat program diatas, selanjutnya kita ambil kabel USB yang diikutsertakan pada saat membeli *Arduino*, pasang ke komputer dan *board arduino*, dan *upload* programnya. Lampu LED yg ada di *Arduino* board kita akan kelap-kelip. Sekedar informasi, sebuah LED telah disediakan di *board Arduino Uno* dan disambungkan ke pin 13.

Selain blok *setup()* dan *loop()* di atas kita bisa mendefinisikan sendiri blok fungsi sesuai kebutuhan. Kita akan jumpai nanti pada saat pembahasan proyek. (Sumber: Septa Ajjie, 2016)

2.3 Baterai

Baterai *Lithium Polimer* atau biasa disebut dengan *LiPo* merupakan salah satu jenis baterai yang sering digunakan dalam dunia RC. Utamanya untuk RC tipe pesawat dan *helikopter*.

Ada tiga kelebihan utama yang ditawarkan oleh baterai berjenis *LiPo* ketimbang baterai jenis lain seperti NiCad atau NiMH yaitu

- a. Baterai *LiPo* memiliki bobot yang ringan dan tersedia dalam berbagai macam bentuk dan ukuran
- b. Baterai *LiPo* memiliki kapasitas penyimpanan energi listrik yang besar
- c. Baterai *LiPo* memiliki tingkat discharge rate energi yang tinggi, dimana hal ini sangat berguna sekali dalam bidang RC. Selain keuntungan yang dimilikinya, baterai jenis ini juga memiliki beberapa kelemahan yaitu
- d. Harga baterai *LiPo* masih tergolong mahal jika dibandingkan dengan baterai jenis NiCad dan NiMH
- e. Performa yang tinggi dari baterai *LiPo* harus dibayar dengan umur yang lebih pendek. Usia baterai *LiPo* sekitar 300-400 kali siklus pengisian ulang. Sesuai dengan perlakuan yang diberikan pada baterai.
- f. Alasan keamanan. Baterai *LiPo* menggunakan bahan elektrolit yang mudah terbakar.
- g. Baterai *LiPo* membutuhkan penanganan khusus agar dapat bertahan lama. *Charging*, *Discharging*, maupun penyimpanan dapat mempengaruhi usia dari baterai jenis ini. (Sumber: Dickson Kho, 2015)



Gambar 2.3 Baterai *LiPo*

(Sumber: Dickson Kho, 2015)

2.4 Sensor Warna TCS 3200

Sensor warna TCS3200 adalah sensor pendeteksi warna yang memiliki chip sensor Taos TCS3200 untuk mengontrol 4 LED RGB dan LED putih. TCS3200

dapat mendeteksi dan mengukur hampir tak terbatas warna. Aplikasinya membaca tes strip, menyortir warna, cahaya ambient sensing dan kalibrasi, dan pencocokan warna. IC yang terdapat dalam sensor warna TCS3200 berguna sebagai pengkonversi warna cahaya ke nilai frekuensi. Ada dua komponen utama pembentuk IC ini, yaitu photodiode dan pengkonversi arus ke frekuensi. Keluaran dari sensor ini sendiri berupa output digital yang berbentuk pulsa pulsa hasil pembacaan warna RGB.

Berikut ini adalah Spesifikasi sensor warna TSC 3200.

Tegangan kerja (2.7V ke 5.5V)

Dimensi : 28.4x28.4mm

Dapat berkomunikasi dengan mikrokontroler melalui :

Pin S0 - S1 : Pin untuk seleksi input frekuensi output

Pin S2 - S3 : Input sensor photodiode

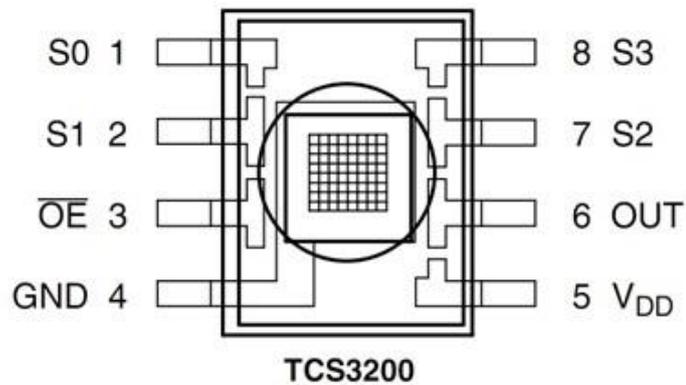
Pin OUT : frekuensi output

Pin OE : enable pin output (aktif low). (Sumber: Donny, 2013)



Gambar 2.4 Sensor Warna TCS 3200

(Sumber: Donny, 2013)



Gambar 2.5 Pin TCS 3200

(Sumber: Donny, 2013)

Fungsi dari pin-pin diatas dijelaskan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 2.2 Fungsi Pin TCS 3200

Nama	No	I/O	Discription
GND	4		Ground
OE	3	I	Enable for active low
OUT	6	O	Output frekuensi
S0, S1	1,2	I	Output Frekuensi scaling selection input
S2, S3	7,8	I	Photodiode type selection input
VDD	5		Supply voltage

(Sumber: Donny, 2013)

Pada prinsipnya pembacaan warna pada TCS 3200 dilakukan secara bertahap yaitu membaca frekuensi warna dasar secara simultan dengan cara memfilter pada tiap tiap warna dasar. Untuk itu diperlukan sebuah pengaturan atau pemrograman untuk memfilter tiap-taip warna tersebut (Sumber: Donny, 2013). Berikut tabel pengaturan pemfilteran warna yang terdapat pada TCS3200 :

Tabel 2.3 Pengaturan Pemfilteran Warna Pada TCS3200

S2	S3	Photodiode type
L	L	Red
L	H	Blue
H	L	Clear (no filter)
H	H	Green

(Sumber: Donny, 2013)

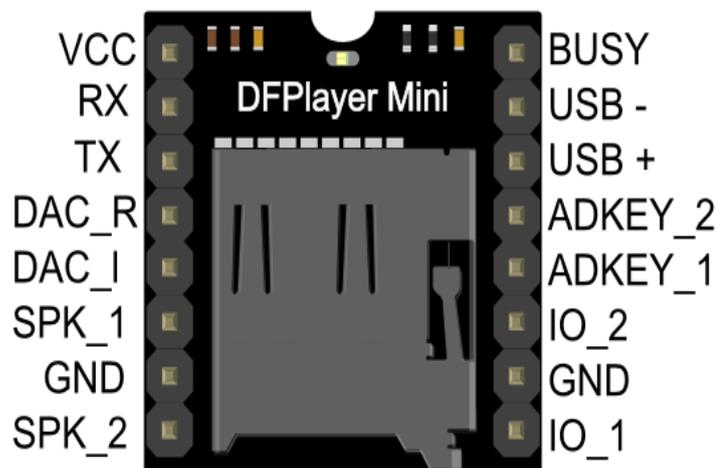
2.5 DFPlayer Mini

DFPlayer Mini adalah modul MP3 kompak dan dapat langsung dihubungkan ke *speaker*. Modul dengan baterai *power supply*, *speaker*, *keypad* dapat digunakan sendiri, juga dapat dikontrol melalui port serial, modul *Arduino Uno* Untuk atau mikrokontroler seri. Modul itu sendiri sempurna terintegrasi *hardware decode* MP3, WAV, WMA. Sementara *driver* kartu TF dukungan perangkat lunak mendukung FAT16, sistem *file* FAT32. Dapat dilakukan dengan perintah serial sederhana Mainkan musik, serta cara bermain musik dan fungsi lainnya, tanpa operasi yang mendasari rumit, mudah digunakan, *stabil* dan dapat diandalkan.

1. mendukung penuh FAT16, sistem file FAT32, kartu TF dukungan 32g maksimal, dukungan U *disk* 32G ini, 64M *byte NORFLASH*
2. berbagai *mode* kontrol yang tersedia. *Mode* kontrol IO, modus serial, modus tombol AD kontrol
3. tempat bahasa siaran fitur, Anda dapat menghentikan sebentar musik latar belakang yang dimainkan. Iklan telah selesai bermain kembali suara latar belakang terus bermain
4. data audio diurutkan berdasarkan *folder*, mendukung hingga 100 *folder*, setiap folder dapat diberikan ke 255 lagu
5. 30 volume disesuaikan, enam EQ disesuaikan

Aplikasi :

1. siaran suara navigasi mobil
2. inspektur transportasi jalan , stasiun tol konfirmasi suara
3. stasiun kereta api , terminal bus pemeriksaan keamanan konfirmasi suara
4. listrik, komunikasi , ruang bisnis keuangan konfirmasi suara listrik
5. kendaraan masuk dan keluar dari saluran untuk memverifikasi konfirmasi suara
6. channel perbatasan konfirmasi suara
7. alarm suara multi-channel atau peralatan panduan operasi suara
8. mobil listrik tamasya pemberitahuan suara aman mengemudi
9. Peralatan listrik kegagalan alarm
10. suara *alarm* kebakaran
11. Peralatan siaran otomatis , siaran *reguler* . (Sumber: D. Bodnar, 2015)



Gambar 2.6 DFPlayer Mini

(Sumber: D. Bodnar, 2015)

Tabel 2.4 Keterangan Port DFPlayer mini

<i>Number</i>	<i>Name</i>	<i>Description</i>	<i>Note</i>
1	VCC	Input Voltage	DC 3.2-5.0V; Typical: DC4.2
2	RX	UART serial input	

3	<i>TX</i>	<i>UART serial output</i>	
4	<i>DAC_R</i>	<i>Audio output right channel</i>	<i>Drive earphone and amplifier</i>
5	<i>DAC_L</i>	<i>Audio output left channel</i>	<i>Drive earphone and amplifier</i>
6	<i>SPK2</i>	<i>Speaker</i>	<i>Drive speaker less than 3W</i>
7	<i>GND</i>	<i>Ground</i>	<i>Power Ground</i>
8	<i>SPK1</i>	<i>Speaker</i>	<i>Drive speaker less than 3W</i>
9	<i>IO1</i>	<i>Trigger port 1</i>	<i>Short pree to play previous(long press to decrease volume)</i>
10	<i>GND</i>	<i>Ground</i>	<i>Power Ground</i>
11	<i>IO2</i>	<i>Trigger port 2</i>	<i>Short pree to play next(long press to increase volume)</i>
12	<i>ADKEY1</i>	<i>AD port 1</i>	<i>Trigger play first segment</i>
13	<i>ADKEY2</i>	<i>AD port 2</i>	<i>Trigger play fifth segment</i>
14	<i>USB+</i>	<i>USB+ DP</i>	<i>USB Port</i>
15	<i>USB-</i>	<i>USB- DM</i>	<i>USB Port</i>
16	<i>Busy</i>	<i>Playing Status</i>	<i>Low means playing\High means no</i>

(Sumber: D. Bodnar, 2015)

2.6 Speaker Pasif

Speaker adalah sebuah *Hardware* yang termasuk *output device*. *Speaker* ini mempunyai fungsi sebagai pengeluar suara yaitu dengan cara menangkap gelombang listrik dan merubahnya menjadi getaran suara. *Speaker* juga bisa di bilang perangkat komputer yang di perlukan oleh pengguna komputer. *Speaker* pasif adalah *speaker* yang di dalamnya tidak mempunyai sebuah *Amplifier* atau penguat suara, untuk menggunakan *speaker* pasif membutuhkan tambahan *Amplifier* dan untuk menggerakkan *speaker* pasif harus menguatkan sinyal terlebih dahulu. (Sumber: Ali Mustika Sari, 2014)

Ada beberapa hal atau masalah yang terdapat dalam *speaker*, misalnya :

1. Suara yang di hasilkan oleh speaker terdengar sangat pelan.
2. Speaker tidak dapat mengeluarkan suara karena rusak.
3. Terkadang suara yang di hasilkan putus – putus tidak jelas.
4. Hanya salah satunya yang bisa mengeluarkan suara, mungkin karena kabelnya ada yang putus.
5. Speaker mengeluarkan suara dengung dan kresek – kresek.
6. Suara tidak stabil.

(Sumber: Ali Mustika Sari, 2014)

Adapun solusinya sebagai berikut :

1. Cek kabel atau sambungan sudah terpasang dengan baik atau belum.
2. Pastikan speaker terhubung dengan aliran listrik.
3. Coba periksa pengaturan volume pada komputer.
4. Tes speaker di komputer yang lain, siapa tahu bisa.
5. Jika belum bisa, berarti ada kerusakan dalam *speaker*.

(Sumber: Ali Mustika Sari, 2014)



Gambar 2.7 Speaker Pasif

(Sumber: Ali Mustika Sari, 2014)

2.7 LCD (Liquid Crystal Display)

LCD (Liquid Crystal Display) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan *kristal* cair sebagai penampil utama. *LCD* sudah digunakan diberbagai bidang misalnya alal–alat elektronik seperti *televisi*, kalkulator, atau pun layar komputer. Pada *postingan* aplikasi *LCD* yang dugunakan ialah *LCD dot*

matrik dengan jumlah karakter 2 x 16. *LCD* sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat. (Sumber: Aris Munandar, 2012)

Adapun fitur yang disajikan dalam *LCD* ini adalah :

- a. Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris.
- b. Mempunyai 192 karakter tersimpan.
- c. Terdapat karakter generator terprogram.
- d. Dapat dialamati dengan *mode 4-bit dan 8-bit*.
- e. Dilengkapi dengan back light. (Sumber: Aris Munandar: 2012)



Gambar 2.8 Bentuk Fisik LCD 16 x 2

(Sumber: Aris Munandar: 2012)

Tabel 2.5 Spesifikasi Kaki LCD 16 x 2

Pin	Deskripsi
1	Ground
2	Vcc
3	Pengatur kontras
4	“RS” Instruction/Register Select
5	“R/W” Read/Write LCD Registers
6	“EN” Enable
7-14	Data I/O Pins
15	Vcc
16	Ground

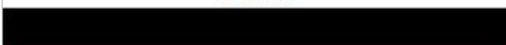
(Sumber: Aris Munandar: 2012)

2.8 Spektrum Warna

Spektrum kasat mata adalah bagian dari spektrum gelombang elektromagnetik tepatnya merupakan bagian dari spektrum optik mata normal manusia akan dapat mendeteksi panjang gelombang dari 400 sampai 700 nm, meskipun beberapa orang dapat menerima panjang gelombang dari 380 sampai 780 nm (atau dalam frekuensi 790-400 terahertz). Mata yang telah beradaptasi dengan cahaya biasanya memiliki sensitivitas maksimum di sekitar 555 nm, di wilayah hijau dari spektrum optik. Warna pencampuran seperti pink atau ungu, tidak terdapat dalam spektrum ini karena warna-warna tersebut hanya akan didapatkan dengan mencampurkan beberapa panjang gelombang.

Panjang gelombang yang kasat mata didefinisikan oleh jangkauan spektral jendela optik, wilayah spektrum elektromagnetik yang melewati atmosfer Bumi hampir tanpa mengalami pengurangan intensitas atau sangat sedikit sekali (meskipun cahaya biru dipencarkan lebih banyak dari cahaya merah, salah satu alasan menggapai langit berwarna biru). Radiasi elektromagnetik di luar jangkauan panjang gelombang optik, atau jendela transmisi lainnya, hampir seluruhnya diserap oleh atmosfer. Dikatakan jendela optik karena manusia tidak bisa menjangkau wilayah di luar spektrum optik. Inframerah terletak sedikit di luar jendela optik, namun tidak dapat dilihat oleh mata manusia. RGB adalah suatu model warna yang terdiri atas 3 buah warna: merah (Red), hijau (Green), dan biru (Blue), yang ditambahkan dengan berbagai cara untuk menghasilkan bermacam-macam warna. (Sumber: Donny, 2013)

Tabel 2.6 Nilai RGB Spektrum Warna

Warna	Warna HEX	Warna RGB
	# 000000	rgb (0,0,0)
	# FF0000	rgb (255,0,0)
	# 00FF00	rgb (0,255,0)
	# 0000FF	rgb (0,0,255)
	# FFFF00	rgb (255,255,0)
	# 00FFFF	rgb (0,255,255)
	# FF00FF	rgb (255,0,255)
	# C0C0C0	rgb (192,192,192)
	# FFFFFFFF	rgb (255,255,255)

(Sumber: Donny, 2013)

Panjang gelombang λ memiliki hubungan inverse terhadap frekuensi f , jumlah puncak untuk melewati sebuah titik dalam sebuah waktu yang diberikan. Panjang gelombang sama dengan kecepatan jenis gelombang dibagi oleh frekuensi gelombang. Ketika berhadapan dengan radiasi elektromagnetik dalam ruang hampa, kecepatan ini adalah kecepatan cahaya c , untuk sinyal (gelombang) di udara, ini merupakan kecepatan suara di udara. Hubungannya adalah

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \text{dimana:}$$

λ = panjang gelombang dari sebuah gelombang suara atau gelombang elektromagnetik.

Tabel 2.7 Nilai Frekuensi dan Panjang Gelombang Warna

<u>Warna</u>	<u>Frekuensi</u>	<u>Panjang gelombang</u>
<u>nila-ungu</u>	668–789 THz	380–450 nm
<u>biru</u>	606–668 THz	450–495 nm
<u>hijau</u>	526–606 THz	495–570 nm
<u>kuning</u>	508–526 THz	570–590 nm
<u>jingga</u>	484–508 THz	590–620 nm
<u>merah</u>	400–484 THz	620–750 nm

(Sumber: Donny, 2013)

c = kecepatan cahaya dalam vakum = 299,792.458 km/d ~ 300,000 km/d = 300,000,000 m/d atau

c = kecepatan suara dalam udara = 344 m/d pada 20 °C (68 °F)

f = frekuensi gelombang. (Sumber: Donny, 2013)