

## SENSOR PEMILIH WARNA

Pola Risma  
Prodi Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro  
Politeknik Negeri Sriwijaya  
E\_mail : polarisma43@yahoo.com

### ABSTRAK

Dalam bidang industri, proses produksi memiliki beberapa jenis parameter kualitas yang harus dipenuhi, diantaranya berupa ukuran, berat jenis, level ketinggian, level volume, jarak, warna, dll. Parameter tersebut dikerjakan oleh sensor yang berfungsi untuk mendeteksi besaran fisik yang berbeda-beda dari setiap barang produksi, sedangkan konstruksi mekanik yang banyak digunakan dalam dunia industri berupa, *arm robot* (lengan robot) yaitu manipulasi lengan manusia berupa robot yang berfungsi untuk menggantikan sentuhan fisik manusia terhadap barang produksi. Jurnal ini membahas **Sensor TCS 3200 Sebagai Pemilih Barang Otomatis**. Adapun perumusan masalah pada jurnal ini adalah mengenai fungsi sensor TCS 3200 sebagai sensor warna RGB sebagai pemilih warna barang otomatis. Untuk deteksi tanpa warna, frekuensi yang dibaca sensor TCS 3200 adalah 0 KHz. Pada warna hitam, frekuensi yang dibaca sensor TCS 3200 adalah sebesar 0,66 KHz, untuk warna ungu, frekuensi yang dibaca oleh sensor TCS 3200 adalah sebesar 1,53 KHz yang akan menghasilkan nilai input PWM untuk motor servo sebesar 1,8 ms sehingga motor servo akan bergerak ke arah 135°, sedangkan warna hijau memiliki nilai frekuensi 1,81 KHz. Pada pembacaan warna orange, frekuensi yang didapat adalah 4,76 KHz, pada frekuensi ini PWM yang diberikan adalah sebesar 2,25 ms yang akan menggerakkan motor servo ke arah 45°. Untuk obyek warna kuning, frekuensi yang dibaca adalah sebesar 5,55 KHz, dengan pengaturan PWM pada frekuensi tersebut sebesar 1,15 ms yang akan menggerakkan motor servo ke sudut 0°.

**Kata Kunci :** *Sensor TCS RGB 3200, PWM, arm robot.*

### ABSTRACT

Industrial process requires that some qualities parameters are met such as size, weight, height level, volume level, distance, colors, etc, that can be detected by sensor. Most applied robot in industry is arm robot manipulator and this journal discusses the application of Sensor TCS 3200 as automatic color selector on end effector. When detecting black, the frequency input of sensor TCS 3200 is 0.66 KHz, when detecting purple, the frequency input of sensor TCS 3200 is 1.53 KHz, when detecting green, the frequency input is 1.81 KHz, when detecting orange, the frequency input of sensor TCS 3200 is 4.76 KHz, and yellow detection, the frequency input of sensor TCS is 5.55 KHz, those frequency inputs are used by microcontroller to decide servo motor angle movement.

**Keyword :** *Sensor TCS RGB 3200, PWM, arm robot.*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Industri adalah “kegiatan mengolah bahan baku agar diproduksi dan menghasilkan sesuatu yang berdaya guna dan memiliki nilai jual”, faktor tuntutan industri yang berupa, proses kerja cepat, optimal, hasil produksi yang banyak, serta akurasi produksi sebagai tuntutan kualitas yang harus dipenuhi tidak dapat dilakukan secara manual melalui proses kerja manusia yang memiliki keterbatasan ketahanan bekerja dalam waktu yang lama, oleh karena itu, pada era modernisasi sekarang, industri telah berkembang menuju sistem otomatis yang dikenal dengan otomatisasi industri, yang merupakan pemanfaatan sistem kontrol untuk mengendalikan mesin-mesin industri dan kontrol proses untuk menggantikan operator yang berupa tenaga manusia.

Dalam bidang industri, proses produksi memiliki beberapa jenis parameter kualitas yang harus dipenuhi, diantaranya berupa ukuran, berat jenis, level ketinggian, level volume, jarak, warna, dll. parameter tersebut dikerjakan oleh sensor yang berfungsi untuk mendeteksi besaran fisik yang berbeda-beda dari setiap barang produksi, Sedangkan konstruksi mekanik yang banyak digunakan dalam dunia industri berupa, *arm robot* (lengan robot) yaitu manipulasi lengan manusia berupa robot yang berfungsi untuk menggantikan sentuhan fisik manusia terhadap barang produksi. Konveyor, yaitu alat transportasi barang yang digerakkan oleh *belt* menggunakan putaran motor melalui sumbu nya berdasarkan sistem *loop*, tujuan penggunaan konveyor adalah untuk memaksimalkan waktu kerja, dan untuk menghemat biaya, serta tenaga

pada proses transportasi barang produksi. Jurnal ini membahas **Sensor TCS 3200 Sebagai Pemilih Barang Otomatis**

**1.2. Perumusan masalah**

Adapun perumusan masalah pada jurnal ini adalah mengenai fungsi sensor TCS 3200 sebagai sensor warna RGB sebagai pemilih warna barang otomatis.

**1.3. Pembatasan masalah**

Batasan masalah yang diambil adalah mengenai prinsip kerja sensor TCS 3200 dalam membaca nilai warna suatu obyek pada pemilih warna barang otomatis..

**1.4. Tujuan dan Manfaat**

Tujuan dari Jurnal ini adalah untuk mempelajari prinsip kerja sensor TCS 3200 sebagai pendeteksi warna obyek pada pemilih barang otomatis dan manfaat dari jurnal ini adalah untuk mengetahui prinsip kerja sensor TCS 3200 sebagai pendeteksi warna obyek pada pemilih barang otomatis

**1.5. Metodologi Pembahasan**

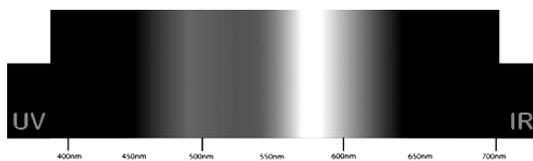
Metodologi penulisan yang dilakukan dalam penyelesaian jurnal ini meliputi:

1. Metode Observasi  
Yaitu metode pengumpulan data dengan cara pengamatan langsung di lapangan
2. Metode Literatur  
Yaitu metode pengumpulan data dengan membaca atau mempelajari buku yang berhubungan dengan masalah yang menjadi topik tugas akhir.

**2 TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1. Spektrum warna**

Warna yang kita lihat diinterpretasikan dalam bentuk spektrum warna atau spektrum sinar tampak. Gambar 1 merupakan gambaran spektrum sinar tampak:



Gambar 1. spektrum sinar tampak

No	Warna	Panjang Gelombang
1	Merah	630-760 nanometer
2	Jingga	585-620 nanometer
3	Kuning	565-590 nanometer
4	Hijau	520-570 nanometer
5	Biru	420-490 nanometer
6	Nila	420-440 nanometer
7	Ungu	380-420 nanometer

Pada kenyataannya, warna saling bercampur satu sama lain. Spektrum warna tidak hanya terbatas pada warna- warna yang dapat kita lihat. Sangat mungkin mendapatkan panjang gelombang yang lebih pendek dari sinar ungu atau lebih panjang dari sinar merah. Pada spektrum yang lebih lengkap, akan ditunjukkan ultra-ungu dan infra-merah, tetapi dapat diperlebar lagi hingga sinar-X dan gelombang radio, diantara sinar yang lain.

**2.2. Sensor TCS 3200**

Sensor TCS 3200 adalah sensor terprogram yang terdiri dari 64 buah photodiode sebagai pendeteksi intensitas cahaya pada warna obyek serta filter frekuensi sebagai transduser yang berfungsi untuk mengubah arus menjadi frekuensi, selain itu sensor tersebut memiliki lensa fokus yang berguna untuk mempertajam pendeteksian photodiode terhadap intensitas cahaya dengan jarak pembacaan 2 mm dari lensa IC.

Sensor TCS 3200 dapat membaca 4 mode warna yaitu, Red, Green, Blue dan clear melalui 64 buah photo dioda yang terbagi menjadi 4 bagian yaitu, 16 photo dioda untuk warna merah, 16 photo dioda untuk warna hijau, 16 photo dioda untuk warna biru dan 16 photo dioda lainnya untuk pembacaan warna *clear*, gambar 2. menunjukkan bentuk fisik sensor TCS 3200, dan skema pin sensor tersebut.



Gambar 2. bentuk fisik sensor TCS 3200 (b) skema pin sensor TCS3200

Tabel 1. Identitas warna berdasarkan panjang gelombang

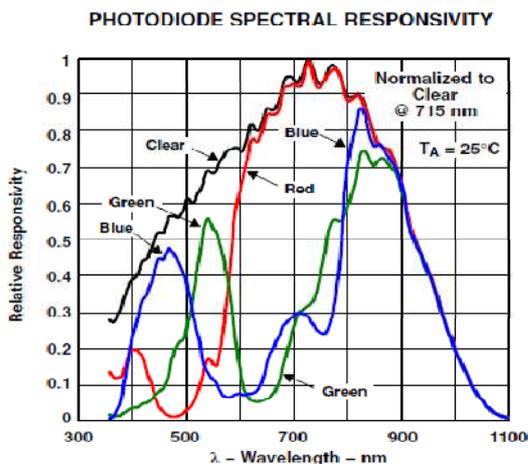
Tabel 2. Fungsi pin sensor TCS 3200

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

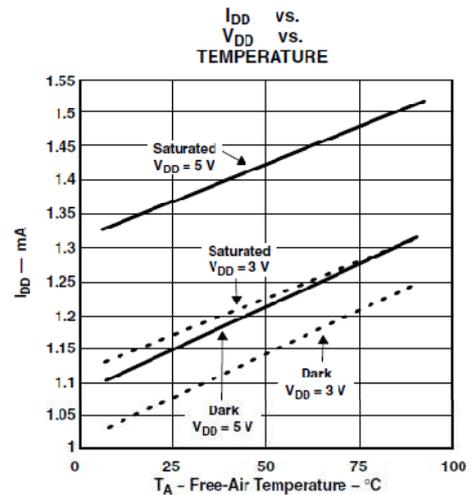
IC TCS 3200 dapat dioperasikan dengan *supply* tegangan pada Vdd berkisar antara 2,7 Volt-5,5 Volt, dalam pengoperasiannya sensor tersebut dapat dilakukan dengan dua cara;

1. Dengan mode *supply* tegangan maksimum, yaitu dengan menyuplai tegangan berkisar antara 2,7 volt-5,5 volt pada sensor TCS 3200
2. Mode *supply* tegangan minimum, yaitu dengan menyuplai tegangan sebesar 0 sampai 0,8 volt.

Sensor TCS 3200 terdiri dari 4 kelompok photodiode, masing-masing kelompok memiliki sensitivitas yang berbeda satu dengan yang lainnya pada respon photodiode terhadap panjang gelombang cahaya yang dibaca, photodiode yang mendeteksi warna merah dan clear memiliki nilai sensitivitas yang tinggi ketika mendeteksi intensitas cahaya dengan panjang gelombang 715 nm, sedangkan pada panjang gelombang 1100 nm photo dioda tersebut memiliki nilai sensitivitas yang paling rendah, hal ini menunjukkan bahwa sensor TCS 3200 tidak bersifat linearitas dan memiliki sensitivitas yang berubah terhadap panjang gelombang cahaya yang diukur, gambar 3. menunjukkan karakteristik photodiode terhadap panjang gelombang cahaya.



Gambar 3. karakteristik sensitivitas dan linearitas photodiode terhadap panjang gelombang cahaya



Gambar 4. karakteristik perbandingan antara arus dan tegangan terhadap suhu temperatur sensor TCS 3200

Sensor TCS 3200 bekerja dengan cara membaca nilai intensitas cahaya yang dipancarkan oleh led *super bright* terhadap obyek, pembacaan nilai intensitas cahaya tersebut dilakukan melalui matrik 8X8 photodiode, dimana 64 photo dioda tersebut dibagi menjadi 4 kelompok pembaca warna, setiap warna yang disinari led akan memantulkan sinar led menuju photodiode, pantulan sinar led tersebut memiliki panjang gelombang yang berbeda-beda tergantung pada warna objek yang dideteksi, hal ini yang membuat sensor TCS 3200 dapat membaca beberapa macam warna.

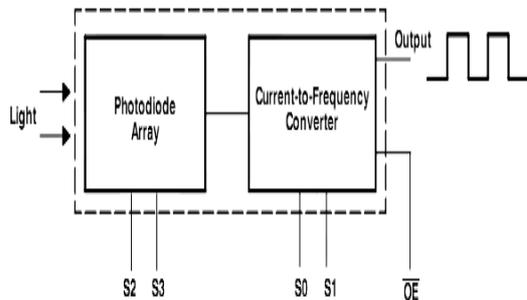
Panjang gelombang dan sinar led yang dipantulkan objek berwarna berfungsi mengaktifkan salah satu kelompok photodiode pada sensor warna tersebut, sehingga ketika kelompok photodiode yang digunakan telah aktif, sakelar s2 dan s3 akan mengirimkan sinyal ke mikrokontroller untuk menginformasikan warna yang dideteksi. Tabel 3. memperlihatkan pemilihan mode pengelompokkan photo dioda pembaca warna. (alldatasheet [7] . diakses pada tanggal 25-3-12 pukul 15:03)

Tabel 3. Mode pemilihan photo dioda pembaca warna

S2	S3	Photo dioda
0	0	Merah
0	1	Biru
1	0	Clear (no filter)
1	1	Hijau

Saklar terprogram pada tabel ini akan memilih dengan salah satu kelompok photo dioda membaca intensitas cahaya terhadap obyek yang disensor. Selanjutnya mikrokontroller akan mulai menginisialisasi sensor TCS 3200, nilai yang dibaca oleh sensor selanjutnya diubah menjadi

frekuensi melalui bagian pengubah arus ke frekuensi, dimana pada bagian ini terdapat osilator yang dibangkitkan oleh sakelar S0 dan S1 sebagai mode tegangan maksimum dan *output enable* sebagai pembangkit osilator pada mode tegangan minimum (*power down*). Gambar 5. menunjukkan blok diagram fungsional sensor TCS 3200 dan cara setting skala frekuensi *output* sensor TCS 3200.



(a)

S0	S1	OUTPUT FREQUENCY SCALING ( $f_0$ )
L	L	Power down
L	H	2%
H	L	20%
H	H	100%

(b)

Gambar 5. (a) blok diagram fungsional sensor TCS 3200 (b) setting skala frekuensi *output* sensor TCS 3200

([www.alldatasheet.com](http://www.alldatasheet.com), diakses pada tanggal 25-3-12 15:03)

**2.3. Mikrokontroler Atmega 8535**

Mikrokontroler adalah suatu pengendali mikro atau mikroprocessor yang ditujukan untuk penggunaan pada instrumentasi dan kendali. Dalam jurnal ini digunakan mikrokontroler keluarga AVR yaitu Mikrokontroler ATmega8535 yang merupakan IC CMOS 8-bit yang memiliki daya rendah dalam pengoperasiannya dan berbasis pada arsitektur RISC (Reduced Instruction Set Computing). ATmega8535 dapat mengeksekusi satu instruksi dalam sebuah siklus clock, dan dapat mencapai 1 MIPS per MHz. Keluarga AVR ATmega8535 dapat mengoptimalkan penggunaan daya rendah dengan kecepatan yang tinggi dengan harganya relatif murah.

**2.4. Motor Servo**

Motor servo adalah motor yang mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan dengan memberikan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM

pada bagian pin sinyal motor servo, sehingga motor servo memiliki ruang gerak yang terbatas karena arah pergerakannya diatur dengan memberikan input lebar pulsa tertentu. Motor servo memiliki sistem closed feedback di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor servo bekerja berdasarkan perintah yang berupa input pulsa dengan lebar perioda yang telah ditentukan, lebar pulsa minimum berada pada sudut arah 0, lebar pulsa maksimum berada pada sudut arah 180, dan untuk sudut 90 diperlukan lebar pulsa medium.

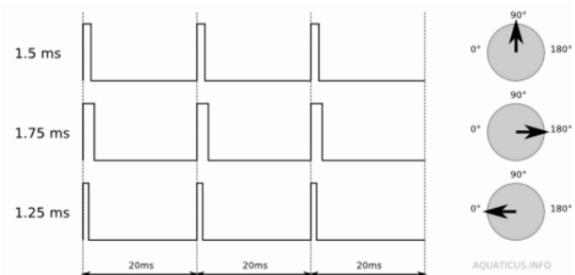


Gambar 6. Bentuk mekanik motor servo (<http://www.elektronikamania.com/2011/12/motor-servo.html>, diakses pada tanggal 4-5-12 16:32)



Gambar 7. motor servo

Motor servo terdiri dari sebuah motor, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo disetting melalui microcontroller dengan tegangan *input* sebesar 6  $V_{DC}$ -12 $V_{DC}$  untuk menggerakkan motor DC.



Gambar 8. hubungan antara Lebar pulsa PWM dengan arah putaran motor servo

Cara kerja motor servo yaitu mengatur arah

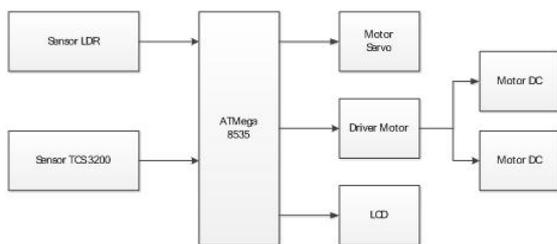
putaran motor DC dengan memberikan *input* tegangan sumber pada pin (+) dan (-) motor servo, arah putaran motor DC diperoleh melalui pengaturan motor servo, setiap motor servo memiliki frekuensi 50 Hz, sehingga dalam waktu 20ms akan terbentuk 1 denyut pulsa, lebar pulsa ini dimanfaatkan untuk mengatur PWM motor servo. Gambar 8. menunjukkan hubungan antara pulsa PWM dengan arah putaran motor servo

Dari gambar 8. dapat dilihat bahwa ketika input pulsa ke pin sinyal sebesar 1,25 ms atau dengan pulsa terendah, maka motor servo tidak menunjukkan pergerakan atau berada pada posisi 0°, sedangkan ketika diberi pulsa input sebesar 1,5 ms maka motor servo menunjukkan pergerakan ke sudut 90° searah jarum jam, dan untuk input pulsa 1,75 ms atau mendekati pulsa maksimum, maka motor servo bergerak ke sudut 180° searah jarum jam. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar input pulsa yang diberikan ke pin sinyal motor servo, maka motor servo akan bergerak sampai sudut maksimum searah jarum jam, dan sebaliknya semakin kecil lebar pulsa yang diberikan pada pin sinyal motor servo, maka motor servo akan bergerak ke sudut minimum atau berlawanan arah jarum jam. *Input* lebar pulsa tersebut harus diberikan secara *continyu* agar motor servo dapat mempertahankan posisi yang dikehendaki. (<http://cyber180.wordpress.com/2011/07/05/pengenalan-motor-servo-dc/>. Diakses pada tanggal 4-5-12 17:48)

**3. Metodologi Penelitian**

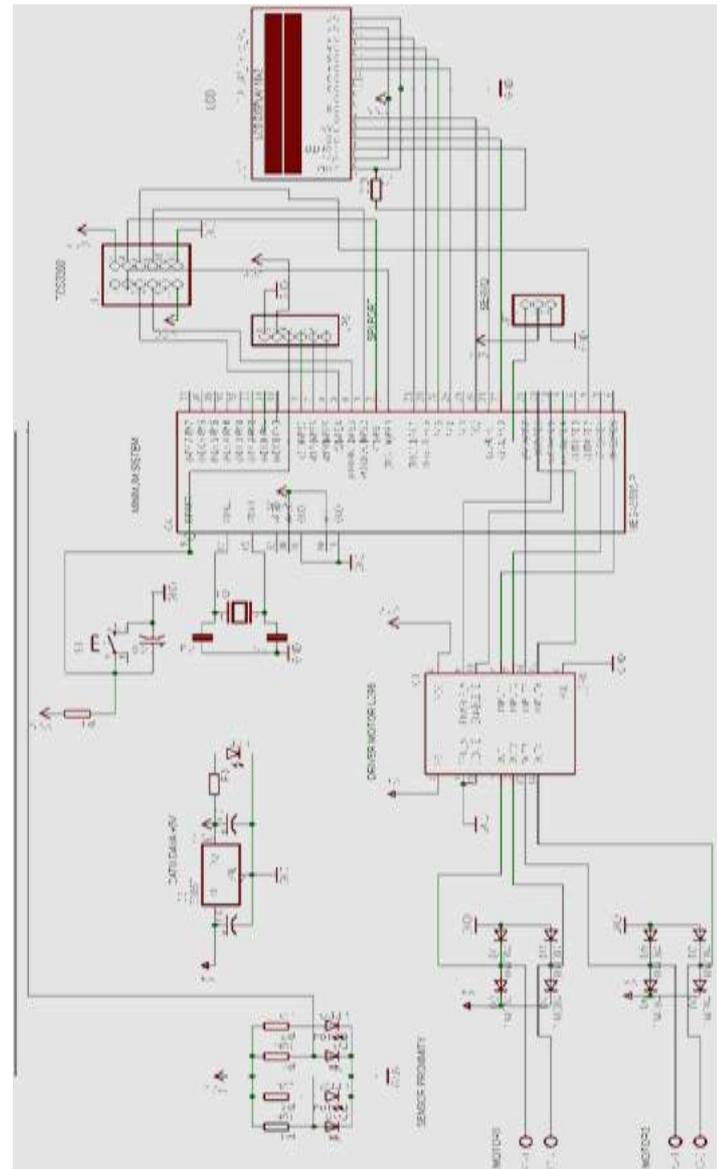
**3.1. Blok Diagram**

Blok diagram dari rangkaian sensor pemilih warna adalah sebagai berikut:



Gambar 9. Blok Diagram Rangkaian

**3.2. Rangkaian Keseluruhan**



Gambar 10. Rangkaian keseluruhan

**3.3. Prinsip kerja rangkaian**

Aplikasi pemilih warna barang otomatis menggunakan sensor warna TCS 3200 dimana sensor warna tersebut berfungsi untuk mendeteksi spectrum warna dan juga menggunakan motor servo sebagai penentu arah barang yang akan diletakkan. Pada saat barang berwarna masuk, maka sensor TCS 3200 akan mendeteksi warna barang yang akan dipilih, barang dengan warna terpilih akan ditampilkan di LCD.

Deteksi warna berdasarkan spektrum warna yang untuk kemudian akan dikonversi menjadi tegangan input mikrokontroler.

**4. HASIL**

**4.1. Pengukuran sensor TCS 3200**

Tabel 4. hasil pengukuran tegangan pada pin sensor TCS 3200 terhadap mikrokontroller

Deteksi	TCS 3200					
	S0(V)	S1(V)	S2(V)	S3(V)	Led(V)	Out(V)
	B0(V)	B1(V)	B2(V)	B3(V)	B4(V)	D2(V)
Tanpa kotak	0,95	4,95	0,02	0,02	4,95	2,49
Kuning	0,95	4,95	0,02	0,02	4,95	2,48
Ungu	0,95	4,95	0,02	0,02	4,95	2,48
Hijau	0,95	4,95	0,02	0,02	4,95	2,48
Hitam	0,95	4,95	0,02	0,02	4,95	2,48
Orange	0,95	4,95	0,02	0,02	4,95	2,48

**4.2. Pengukuran Motor Servo**

Tabel 5. hasil pengukuran tegangan pada pin input sinyal motor servo terhadap mikrokontroller

Deteksi	Servo		
	Sudut (°)	Pulsa (µs)	Vout (v)
Tanpa kotak	90	1475	0,03
Kuning	0	650	0,69
Ungu	135	1800	0,84
Hijau	90	1475	0,65
Hitam	180	2250	0,15
Orange	45	1150	0,23

**4.3. Hasil pengukuran output menggunakan osiloskop**

Output sensor TCS 3200 yang akan diukur dengan osiloskop adalah frekuensi sehingga dapat diketahui nilai perubahan frekuensi untuk setiap keadaan.

Hasil pengukuran frekuensi warna hitam



T/Div= 0,5 ms, V/Div= 1 V, Freq= 0,66 Khz, Gambar 11. frekuensi warna hitam dengan sudut 180°

Hasil pengukuran frekuensi warna ungu



T/Div = 0,5 ms, V/Div = 1V, Freq = 1,53 Khz Gambar 12. frekuensi warna ungu dengan sudut 135°

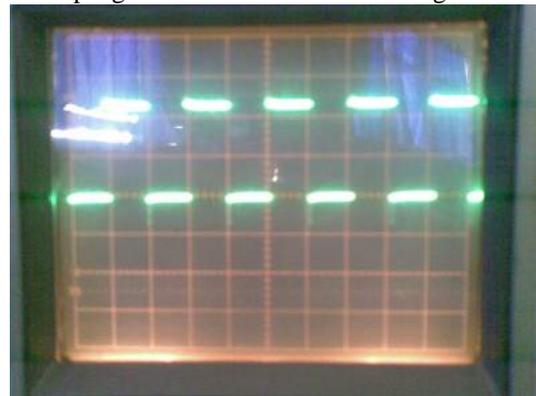
Hasil pengukuran frekuensi warna hijau



T/Div = 0,5 ms, V/Div = 1V, Freq= 1,81 Khz

Gambar 13. frekuensi warna hijau dengan sudut 90°

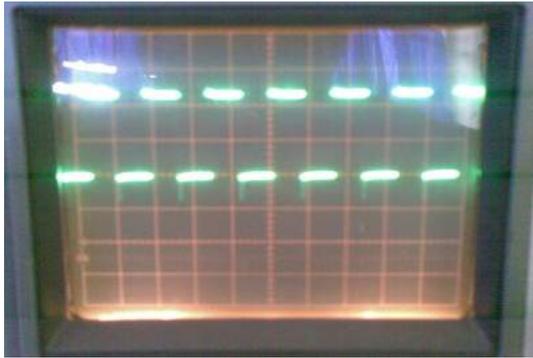
Hasil pengukuran frekuensi warna orange



T/Div = 0,1 ms, V/Div = 1 V, Freq = 4,76 Khz

Gambar 14. frekuensi warna orange dengan sudut 45°

Hasil pengukuran frekuensi warna kuning



T/Div = 0,1 ms, V/Div = 1 V, Freq = 5,55 Khz

Gambar 15. frekuensi warna kuning dengan sudut 0°

Tabel 6. Pengukuran frekuensi warna oleh sensor TCS 3200

No	Jarak Baca (cm)	Warna	t/div (ms)	T (ms)	F (Hz)
1	3	Hitam	0,5	1,5	0,66
2	3	Ungu	0,5	0,65	1,53
3	3	Hijau	0,5	0,55	1,81
4	3	Orange	0,1	0,21	4,76
5	3	Kuning	0,1	0,18	5,55

#### 4.4. Hubungan Sensor TCS 3200 terhadap Motor servo

Tabel 8. hubungan antara sensor TCS 3200 dan motor servo

Sensor TCS 3200					Mikrokontroler		Motor Servo		
Jarak (Cm)	Deteksi	Vin (V)	Vout (V)	Frekuensi (KHz)	Input (V)	Output (V)	PWM (ms)	Duty Cycle(%)	Sudut (°)
3	Tanpa warna	4,9	2,4	0	2,4	0,03	1,475	11	90
3	Hitam	4,9	2,4	0,66	2,4	0,69	0,650	6,66	180
3	Ungu	4,9	2,4	1,53	2,4	0,84	1,800	8,88	135
3	Hijau	4,9	2,4	1,81	2,4	0,65	1,475	11	90
3	Orange	4,9	2,4	4,76	2,4	0,15	2,250	11,11	45
3	Kuning	4,9	2,4	5,55	2,4	0,23	1,150	4,44	0

#### 4.5. Analisa

Untuk deteksi tanpa warna, frekuensi yang dibaca sensor TCS 3200 adalah 0 Khz, sehingga mikrokontroler akan memerintahkan motor servo dengan input PWM sebesar 1,475 ms sehingga motor servo akan bergerak kesudut 90°.

Pada warna hitam, frekuensi yang dibaca sensor TCS 3200 adalah sebesar 0,66 Khz sehingga mikrokontroler mengirimkan sinyal PWM ke motor servo sebesar 0,65 ms dan motor servo akan bergerak kesudut 180°.

Untuk warna ungu, frekuensi yang dibaca oleh sensor TCS 3200 adalah sebesar 1,53 Khz yang akan menghasilkan nilai input PWM untuk motor servo sebesar 1,8 ms sehingga motor servo akan bergerak kearah 135°.

Sedangkan warna hijau memiliki nilai frekuensi 1,81 Khz, untuk pengaturan motor servo, pada frekuensi tersebut di atur pada sudut 90°, sehingga PWM yang diberikan ke motor servo adalah 1,475 ms.

Pada pembacaan warna orange, frekuensi yang didapat adalah 4,76 Khz, pada frekuensi ini PWM yang diberikan adalah sebesar 2,25 ms yang akan menggerakkan motor servo kearah 45°.

Untuk obyek warna kuning, frekuensi yang dibaca adalah sebesar 5,55 Khz, dengan pengaturan

PWM pada frekuensi tersebut sebesar 1,15 ms yang akan menggerakkan motor servo ke sudut 0°.

#### 5. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat ditarik dari analisa yang telah dibuat adalah:

- Prinsip kerja sensor TCS 3200 adalah mendeteksi warna barang berdasarkan frekuensi warna tersebut.
- Frekuensi warna yang dideteksi sensor TCS 3200 mempengaruhi arah putaran motor servo :
  - ✓ Untuk tanpa warna nilai frekuensi yang dideteksi oleh sensor TCS 3200 adalah 0 Khz, PWM yang diberikan ke motor servo adalah sebesar 1,475 ms sehingga motor servo akan berputar ke sudut 90°,
  - ✓ pada warna hitam, nilai frekuensi yang dideteksi sensor TCS 3200 adalah 0,66 Khz dan PWM yang diberikan ke motor servo adalah 0,650 ms sehingga motor servo akan berputar kearah 180°,
  - ✓ pada warna ungu, frekuensi yang dideteksi sensor TCS 3200 adalah 1,53 Khz dan PWM yang pada motor servo adalah 1,8 ms sehingga servo akan berputar ke sudut 135°,

- ✓ sedangkan pada warna hijau frekuensi yang didapat oleh sensor TCS 3200 adalah 1,81 Khz dan PWM yang diberikan pada motor servo adalah 1,475 ms sehingga motor servo tersebut akan bergerak ke sudut 90°,
  - ✓ pada warna orange, frekuensi yang dideteksi oleh sensor TCS 3200 adalah 4,76 Khz dan PWM motor servo adalah 2,250 ms yang menghasilkan putaran sudut motor servo sebesar 45°,
  - ✓ sedangkan untuk warna kuning, frekuensi yang didapat adalah 5,55 Khz dengan PWM motor servo sebesar 1,150 ms sehingga motor servo tersebut berputar kearah 0°.
3. Pada warna terang frekuensi yang dihasilkan TCS 3200 adalah besar, sedangkan pada warna gelap frekuensi yang dihasilkan adalah kecil.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Albert Paul Malvino, ph.D. 1986. "Prinsip-Prinsip Elektronika". Jilid I, Edisi Ketiga. Erlangga. Jakarta.
2. Wahyudin, Didin. 2007. Modul Pelatihan Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega8535 Dengan BASCOM-AVR. Penerbit Andi. Yogyakarta.
3. Wardhana, Lingga. 2009. "*Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega 8535*". Penerbit Andi. Yogyakarta. 2009
4. <http://www.elektronikamania.com> diakses pada tanggal 4-5-12 16:32 2009
5. [http://pksm.mercubuana.ac.id/new/elearning/files\\_modul/14035-1\\_420992185864.doc](http://pksm.mercubuana.ac.id/new/elearning/files_modul/14035-1_420992185864.doc) diakses pada tanggal 24-3-12 16:45 2005
6. <http://fisikainstrumentasiukm.files.wordpress.com> diakses pada tanggal 22-6-12 pukul 17:04 2005
7. [www.alldatasheet.com](http://www.alldatasheet.com) diakses pada tanggal 25-3-12 15:03 2009
8. [http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/528/jbptunik\\_ompp-gdl-syamsulsya-26361-3-unikom\\_s-i.pdf](http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/528/jbptunik_ompp-gdl-syamsulsya-26361-3-unikom_s-i.pdf) diakses pada tanggal 26-3-12 15:45 2009
9. <http://belajar-elektronika.com/rangkaian-elektronika-aplikatif/driver-motor-dc/driver-motor-dc-hbridge-1298/> Diakses tanggal 9 Mei 2010 jam 21.52 wib 2009
10. <http://staff.ui.ac.id/internal/040603019/material/DCMotorPaperandQA.pdf> diakses pada tanggal 2-5-12 pukul 08:10 2008
11. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu> diakses pada tanggal 2-5-12 12:01 2008
12. <http://cyber180.wordpress.com/2011/07/05/pengetahuan-motor-servo-dc/>.Diakses pada tanggal 4-5-12 17:48 2007
13. [www.digi-ware.com](http://www.digi-ware.com)