

PERANCANGAN ROBOT PENYORTIR BENDA BERWARNA BERBASIS MIKROKONTROLER

Lyri Martin Simorangkir¹, Marhaposan Situmorang²

¹Mahasiswa FISIKA FMIPA USU

Email : mjaksedido@yahoo.com, Hp : 082167528993

²Dosen FISIKA FMIPA USU

Email : marhaposan@usu.ac.id, Hp : 08126573114

ABSTRAK

Pemanfaatan teknologi industri sekarang ini menuntut adanya perkembangan dalam hal ketepatan, kecepatan yang serba otomatis. Salah satu pemanfaatan teknologi industry tersebut misalnya pada penyortiran benda. Telah dirancang robot penyortir 16 benda berwarna berbasis mikrokontroler ATmega8535. Tujuan penelitian ini sebagai penyortir benda berdasarkan warna secara otomatis dengan DT-Sense Color. Secara keseluruhan perancangan robot tersebut terdiri dari 4 (empat) buah motor servo sebagai aktuator lengan, 1 (satu) buah motor servo sebagai penggerak konveyor, DT-Sense Color sebagai sensor warna, Infra Red, Infra Red Adjustable, mikrokontroler ATmega8535, LCD 2X16 dan masing-masing tempat untuk ke-16 benda warna yang akan disortir. Metode yang digunakan untuk penentuan posisi peletakan benda pada tempat berdasarkan warnanya digunakan metode pemetaan arena. Hasil rancangan yang telah dibuat menghasilkan 16 benda berwarna disortir berhasil dibaca sesuai dengan program yang dirancang.

Kata Kunci : Sensor Warna, Robot Lengan, Mikrokontroler.

ABSTRACT

Utilization of today's technology industry demands development in terms of accuracy, speed fully automated. One of the industry's use of technology such as the sorting of objects. Has designed a robot sorter 16 objects color based on microcontroller ATmega8535. The purpose of this study as a sorter object by color automatically with DT- Sense Color. Overall design of the robot consists of 4 (four) as the servo motor actuator arm, one (1) servo motor as the driving conveyors, DT-Sense Color as color sensors, Infra Red, Infra Red Adjustable, ATmega8535 microcontroller, LCD 2x16 and respectively 16th place for the color of objects to be sorted out. The method used for positioning objects laying on the color space used by the mapping method arena. The design which has been made to produce 16 color sorting objects successfully read in conjunction with programs designed.

Keywords: Color Sensor, Robot Arm, Microcontroller.

1. PENDAHULUAN

Pada pemanfaatan teknologi khususnya dunia industri semakin pesat sekarang ini menuntut adanya perkembangan dalam hal peningkatan efisiensi. Pemanfaatan teknologi tersebut membutuhkan peralatan yang cerdas dan dapat bekerja secara otomatis, sehingga peralatan-peralatan otomatis ini sedikit demi sedikit mulai menggantikan peralatan manual. Selain sistem kerjanya yang sama, kecepatan, ketepatan, serta kuantitas menjadi suatu hal yang wajib dipenuhi dalam proses produksi.

Awalnya pemilihan produk berdasarkan wananya dilakukan oleh tangan atau bantuan manusia. Namun seiring dengan perkembangan teknologi dibidang elektronika, tugas manusia ini sudah dapat digantikan oleh alat bantu tertentu yang dapat bekerja secara otomatis memisahkan warna-warna tersebut[1].

Alat bantu yang digunakan untuk memisahkan warna-warna tersebut digunakan sebuah robot penyortir. Dalam penelitian ini robot yang digunakan terdiri dari sensor warna yang dipakai untuk membaca warna RGB dan aktuator lengan robot sebagai penyortir benda berwarna. Pada penelitian sebelumnya sensor yang dipakai untuk membaca data RGB warna digunakan sensor LDR dan 3 buah Led super masing-masing warnanya merah, biru dan hijau. Data yang dihasilkan pada LDR berupa data analog atau tegangan lalu tegangan itu dikonversi menjadi digital pada ADC mikrokontroler[2]. Pada LDR masih banyak faktor-faktor yang harus diperhatikan dan sensitifitas sensor tersebut masih sangat kurang. Variasi warna yang dibaca atau didapat oleh LDR masih sedikit.

Didalam penelitian ini digunakan DT-Sense Color sebagai sensor warna yang dipakai untuk pembacaan warna RGB yang digunakan. Modul sensor ini memiliki fasilitas untuk merekam warna lebih banyak sehingga variasi warna yang didapat lebih banyak dibandingkan dengan menggunakan sensor LDR.

Robot merupakan salah satu alat yang dapat membantu manusia dalam menyelesaikan masalah manusia pada peningkatan kuantitas

maupun kualitas produksi[3]. Robot yang digunakan dalam meningkatkan kuantitas dan kualitas tersebut salah satunya adalah robot lengan yang terdiri dari beberapa motor servo, dimana barang yang hendak disortir pada jangkauan sensor tersebut dapat membedakan warna dan bagaimana sistem mekaniknya sehingga alat tersebut dapat mengelompokkan benda atau barang berdasarkan warnanya.

Oleh karena itu tujuan pemakaian *DT-Sense Color* sebagai sensor warna yang dipakai pada penelitian ini untuk dapat melakukan pembacaan sampai 16 data warna RGB dan robot lengan sebagai aktuator penyortir benda berwarna yang telah dibaca oleh sensor.

2. TEORI

Sensor adalah alat yang digunakan untuk mengubah besaran fisis, dalam hal ini sinar atau cahaya menjadi tegangan atau dalam bentuk yang lain. Pada penelitian ini digunakan sensor warna berbasis TAOS™ TCS3200. Pada penelitian sebelumnya untuk membaca RGB benda berwarna digunakan sensor LDR atau sensor warna berbasis TAOS TCS yang mengkonversi warna cahaya menjadi frekuensi[4]. Penggunaan sensor converter warna cahaya ke frekuensi masih sangat sulit dikarenakan sensitivitas sensor masih sangat kurang.

DT-Sense Color Sensor adalah modul sensor warna berbasis TAOS™ TCS3200 yang dapat digunakan untuk melakukan pembacaan komponen warna RGB (Red/Green/Blue) dari sebuah obyek. Modul sensor ini memiliki fasilitas untuk merekam hingga 25 data warna. DT-SENSE Color Sensor memiliki spesifikasi sebagai berikut: Mampu mengukur komponen warna RGB dari sebuah objek berwarna. Berbasis sensor TAOS TCS3200D. Tersedia 2 LED putih untuk membantu pembacaan data warna pada obyek. Dilengkapi dengan *spacer* ± 3 cm dan mencakup area pandang ± 2 cm x 2 cm. Tersedia fitur penyimpanan warna di EEPROM sebanyak 25 buah data. Pin Input/Output kompatibel dengan level tegangan TTL dan CMOS. Dilengkapi dengan antarmuka UART TTL dan I2C.

Dilengkapi dengan *jumper* untuk pengaturan alamat, sehingga bisa di-*cascade* sampai 8 modul tanpa perangkat keras tambahan (untuk satu *master* menggunakan antarmuka I2C). Sumber catu daya menggunakan tegangan 4,8 - 5,4 VDC. Antarmuka I²C mendukung bit rate data hingga 50 kHz. Pada antarmuka I²C modul ini dapat di-*cascade* hingga 8 modul tanpa hardware tambahan. Pengaturan alamat hardware I2C melalui pengaturan *jumper* [5].

I2C (*Inter Integrated Circuit*) bus merupakan bus serial dengan orientasi data 8 bit, komunikasi 2 arah, dengan kecepatan transfer data sampai 100Kbit/s pada mode standard an 3,4 Mbit/s pada mode kecepatan tinggi. Setiap IC yang terhubung dalam I2C memiliki alamat yang unik yang dapat diakses secara perangkat keras dengan protocol *master/slave* yang sederhana dan mampu mengakomodasikan *multi-master*[6].

3. METODE PENELITIAN

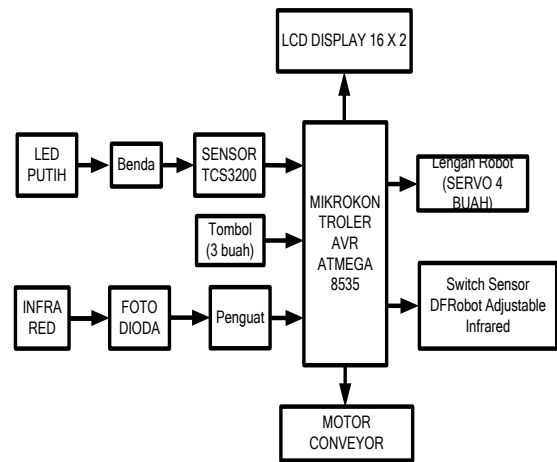
Metode pada penelitian yang dilakukan dengan cara proses perancangan alat dan pengujian hasil dari robot tersebut. Posisi peletakan benda pada tempat berdasarkan warnanya dilakukan dengan manual kemudian merancang program yang berhubungan. Metode yang digunakan untuk penentuan posisi peletakan benda adalah metode pemetaan arena. Dari metoda didapatkan fungsi dari rangkaian yang dibuat akan menjelaskan tujuan dan cara kerja dari perancangan robot ini.

Peralatan dan Bahan

Pada perancangan robot tersebut terdiri dari motor servo sebagai aktuator lengan dan penggerak konveyor, DT-Sense Color sebagai sensor warna, LCD 2X16 untuk menampilkan data warna sekaligus warna apa yang dibaca oleh sensor warna, Infra Red, Infra Red Adjustable, power supply sebagai sumber tegangan, kotak yang dibentuk terbuat dari bahan styrofoam dan Mikrokontroler ATmega8535 sebagai otak pengaturan seluruh sistem agar dapat bekerja sesuai yang diharapkan.

Perancangan

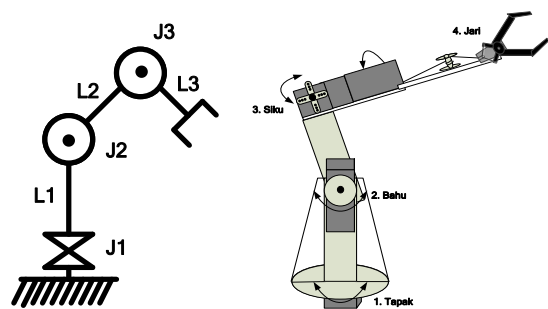
Secara umum perancangan robot ini memiliki diagram blok yang dapat ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Rangkaian Sistem

Pada gambar 4, Infra Red yang digunakan ada dua, satu berada di dalam ruang pembacaan sensor satunya lagi untuk sebagai tanda lengan mulai untuk mengambil benda.

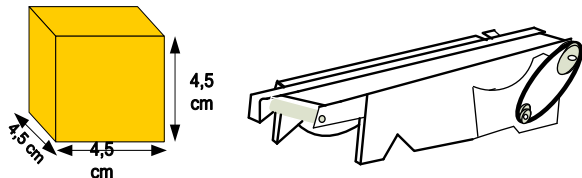
Robot ini memiliki tiga derajat kebebasan dan tersusun atas 4 (empat) buah motor servo yang memiliki torsi-torsi yang kecil. Sehingga hanya dapat mengambil benda yang ringan. Rancangan bentuk robot lengan dalam *Free Body Diagram* (FBD) dan konfigurasi robot secara keseluruhan tampak pada gambar[7]



Gambar 2. (a) Rancangan bentuk robot lengan dalam *Free Body Diagram* (FBD). (b) Konfigurasi robot lengan dengan gambar Ms.Visio

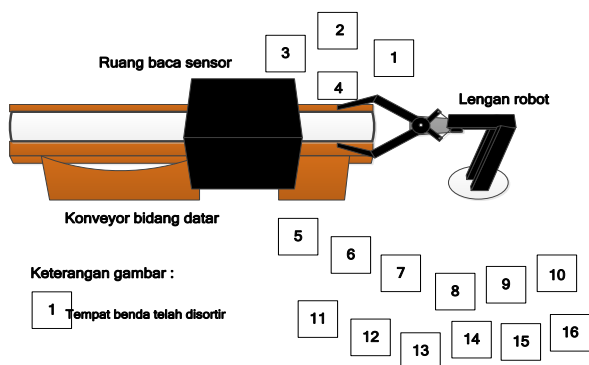
Benda yang digunakan berbentuk kubus dan dibuat dari bahan Styrofoam dengan ukuran 4,5 cm X 4,5 cm X 4,5 cm yang dilapisi kertas origami warna dan dibagi menjadi 16 jenis warna.

Konveyor statis bidang datar yang dimanfaatkan untuk sebagai tempat benda sebelum disortir. Setelah benda dibaca oleh sensor, maka benda akan dipindahkan ke tempat yang telah ditentukan posisi letak benda sesuai warna benda tersebut. Gambar benda dan konveyor statis bidang datar ditunjukkan pada gambar.



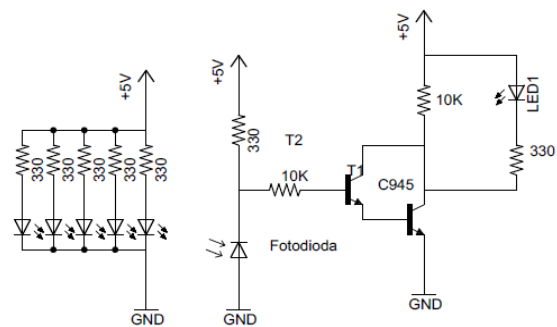
Gambar 3. (a) Obyek yang akan disortir (b) konveyor statis bidang datar

Denah pemasangan komponen-komponen mekanik robot lengan, benda, konveyor dengan ruang pembacaan benda, dan tempat benda yang disortir dapat ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Denah sistem (tampak atas)

Sensor kedekatan yang digunakan terdiri dari satu buah fotodioda, lima buah led, yang digunakan untuk tanda untuk memberhentikan gerak motor servo konveyor agar benda tepat berada pada posisi di bawah sensor warna. Sensor cahaya ini berada di dalam ruang pembacaan sensor warna. Rangkaian fotodioda dapat dilihat pada gambar 5.

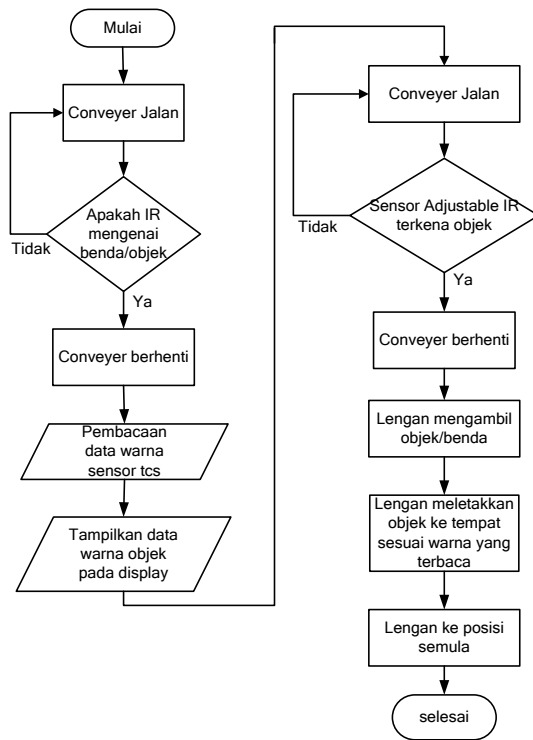


Gambar 5. Gambar Rangkaian Sensor Kedekatan

3.1 Perancangan Perangkat Lunak Program Utama

Program utama dari sistem ini adalah pengenalan benda/obyek dan peletakan benda sesuai warnanya yang telah ditentukan. Proses ini ditunjukkan oleh diagram alir pada gambar.

Tahapannya adalah sebagai berikut. Mula-mula lengan berada pada posisi standard/normal, lalu motor konveyor jalan. Ketika benda mengenai Infra Red yang berada di dalam ruang pembacaan warna maka motor konveyor berhenti. Ketika benda mengenai Infra Red posisi benda sudah tepat di bawah sensor warna. Proses pembacaan warna akan lebih lanjut dijelaskan pada diagram alir berikutnya. Setelah pembacaan warna dilakukan maka data warna dan warna no berapa benda ditampilkan pada LCD. Setelah ditampilkan maka motor konveyor akan kembali berjalan membawa benda. Ketika benda mengenai Switch Sensor *DFRobot Adjustable Infrared* maka motor konveyor akan berhenti dan seketika itu juga lengan akan menjepit benda pada gripper robot lalu meletakkan benda sesuai tempat yang telah ditentukan sebelumnya. Lengan robot kembali ke posisi normal motor konveyor kembali berjalan dan begitu seterusnya dilakukan sampai ke 16 warna tercapai.

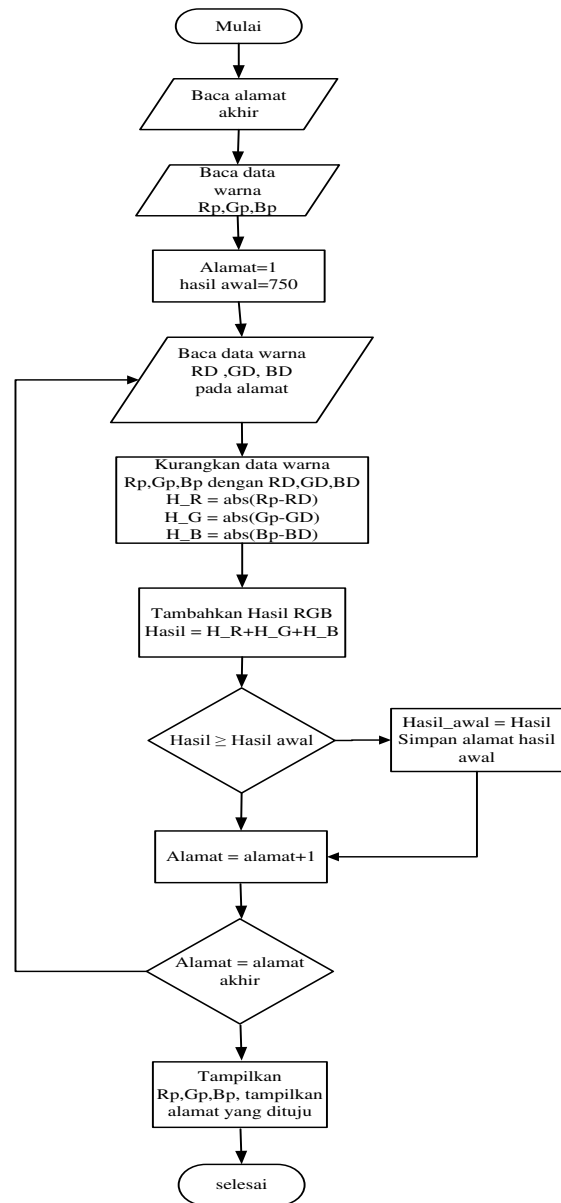


Gambar 6. Diagram alir program utama

3.2 Proses pembacaan sensor warna, kalibrasi dan penyimpanan data warna RGB.

Proses pengkalibrasian dilakukan dengan meletakkan benda/obyek warna putih di bawah lensa DT-SENSE COLOR SENSOR yang selanjutnya proses pengkalibrasian disebut dengan white balance. Lalu letakkan lagi benda/obyek warna hitam di bawah lensa DT-SENSE COLOR SENSOR yang selanjutnya proses pengkalibrasian ini disebut dengan *Black balance*. Proses pengkalibrasian ini dilakukan supaya menjadi referensi sensor warna putih dan warna hitam untuk pembacaan warna DT-SENSE COLOR SENSOR. Setelah pembacaan warna putih dan hitam maka referensi disimpan pada EEPROM. Setelah itu dilakukan pembacaan warna RGB pada 16 benda berwarna. Sensor akan mengurangi data warna Rp, Gp, Bp dengan (RGB)d dengan nilai absolut. Setelah pembacaan maka akan dilakukan pembacaan alamat data satu persatu lalu membandingkan komponen warnanya dengan data yang tersimpan pada EEPROM. Setelah dibandingkan, data warna yang paling kecil atau data yang mendekati dengan nilai yang pertama maka sensor akan mengambil alamat data warna tersebut lalu ditampilkan hasilnya pada LCD yang sudah ditentukan warna tersebut

sebelumnya. Flowchart proses pembacaan warna benda dapat ditunjukkan pada gambar.



Gambar 7. Flowcart pembacaan warna oleh sensor

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Setelah proses perancangan alat telah selesai digunakan, maka dilakukan pengujian alat dan pengumpulan data berupa hasil pengukuran pembacaan data warna RGB benda oleh sensor warna.

Jadi data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 1.

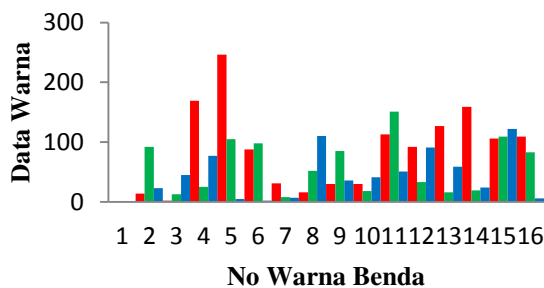
Tabel 1. Data Warna (Red, Green, Blue) Hasil Kalibrasi Sensor

| Benda | Data Digital/Biner | | | Tampil di LCD |
|-------|--------------------|----------|----------|---------------|
| | R | G | B | |
| 1 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | Hitam |
| 2 | 00001110 | 01011100 | 00010111 | Hijau |
| 3 | 00000010 | 00001101 | 00101101 | Biru |
| 4 | 10101001 | 00011001 | 01001101 | Hot Pink |
| 5 | 11110110 | 01101001 | 00000101 | Merah Orange |
| 6 | 01011000 | 01100010 | 00000010 | Kuning |
| 7 | 00011111 | 00001000 | 00000111 | Saddle Brown |
| 8 | 00010000 | 00110100 | 01101110 | Royal Blue |
| 9 | 00011110 | 01010101 | 00100100 | Forest Green |
| 10 | 00011110 | 00010010 | 00101001 | Nila |
| 11 | 01110001 | 10010111 | 00110011 | Hijau Lime |
| 12 | 01011100 | 00100001 | 01011011 | Ungu |
| 13 | 01111111 | 00010000 | 00111011 | Merah Muda |
| 14 | 10011111 | 00010011 | 00011000 | Merah Tua |
| 15 | 01101010 | 01101101 | 01111010 | Abu-abu |
| 16 | 01101101 | 01010011 | 00000110 | Emas Rod |

Tabel 2. Hasil Pembacaan Warna pada Mode Normal

| Benda | Data Digital/Biner | | | Tampil di LCD |
|-------|--------------------|----------|----------|---------------|
| | R | G | B | |
| 1 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | Hitam |
| 2 | 00001110 | 01100011 | 00011000 | Hijau |
| 3 | 00000010 | 00001110 | 00101101 | Biru |
| 4 | 01111011 | 00011010 | 01001111 | Hot Pink |
| 5 | 11110101 | 01101010 | 00000011 | Merah Orange |
| 6 | 01011001 | 01100011 | 00000010 | Kuning |
| 7 | 00011110 | 00001000 | 00000110 | Saddle Brown |
| 8 | 00010000 | 00110011 | 01101111 | Royal Blue |
| 9 | 00011001 | 01010000 | 00100011 | Forest Green |
| 10 | 00011101 | 00010000 | 00100111 | Nila |
| 11 | 01110001 | 10011001 | 00111000 | Hijau Lime |
| 12 | 01011010 | 00011110 | 01010111 | Ungu |
| 13 | 01111101 | 00010000 | 00111010 | Merah Muda |
| 14 | 10011101 | 00010011 | 00010101 | Merah Tua |
| 15 | 01101010 | 01101100 | 00111101 | Abu-abu |
| 16 | 01101101 | 01010011 | 00000110 | Emas Rod |

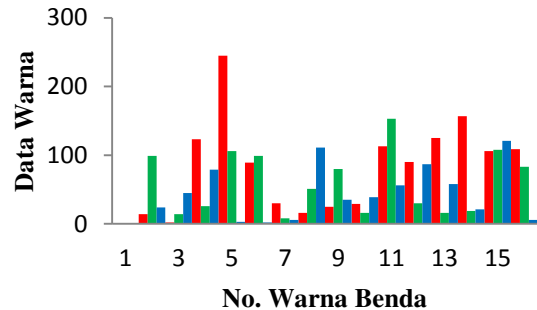
Grafik Uji Pembacaan Kalibrasi Sensor



Grafik 1. Pembacaan data warna kalibrasi sensor

Setelah proses kalibrasi warna benda selesai, maka akan dilakukan pembacaan mode normal. Mode normal dilakukan bertujuan untuk mendapatkan data pembacaan yang benar pada sensor dan sekaligus persen ralat yang ditimbulkan oleh sensor sesaat setelah proses pengkalibrasian sensor selesai. Berikut dibawah ini tabel proses pembacaan warna benda yang ditampilkan oleh LCD dan dicatat pada tabel.

Grafik Pembacaan Warna



Grafik 2. Pembacaan warna benda

Pengujian Keseluruhan Sistem

Secara umum, keseluruhan sistem robot ini dapat berjalan dengan sebagaimana mestinya. Kecepatan perputaran servo berpindah dari posisi semula menuju ke posisi tujuan yang sangat bergantung pada pemberian waktu tunda (time delay). Pada tabel 4 disajikan waktu yang dibutuhkan untuk mengambil dan meletakkan tiap-tiap benda berdasarkan time delay yang diberikan. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan stopwatch.

Tabel 3. Waktu yang dibutuhkan lengan untuk memindahkan benda/obyek (dalam detik)

| N o | Troli berjal an | Pengambil an | Peletak an | Kemb ali ke posisi awal | Tot al |
|--------|-----------------------|-----------------|---------------|----------------------------------|-----------|
| 1 | 12.6 | 2.3 | 3.1 | 2.8 | 20.8 |
| 2 | 12.5 | 2.3 | 2.4 | 2.1 | 19.3 |
| 3 | 12.6 | 2.4 | 4.3 | 2.1 | 21.4 |
| 4 | 12.6 | 2.2 | 3.6 | 2.2 | 20.6 |
| 5 | 12.6 | 2.2 | 3.3 | 2.4 | 20.5 |
| 6 | 12.6 | 2.3 | 3.3 | 2.7 | 20.9 |
| 7 | 12.6 | 2.1 | 3.6 | 2.8 | 21.1 |
| 8 | 12.5 | 2.1 | 3.1 | 3 | 20.7 |
| 9 | 12.6 | 2.2 | 3.5 | 2.7 | 21 |
| 10 | 12.6 | 2.3 | 3.3 | 2.8 | 21 |
| 11 | 12.6 | 2.1 | 3.4 | 3.1 | 21.2 |
| 12 | 12.6 | 2.1 | 3.5 | 2.8 | 21 |
| 13 | 12.6 | 2.2 | 3.1 | 3 | 20.9 |
| 14 | 12.5 | 2.3 | 3 | 3.2 | 21 |
| 15 | 12.6 | 2.2 | 3.2 | 3.1 | 21.1 |
| 16 | 12.6 | 2.3 | 3.1 | 3.1 | 21.1 |

4.2 Pembahasan

Pengujian masukan lebar pulsa yang diberikan pada motor servo agar dapat berputar sesuai program yang dirancang. Motor servo didalamnya sudah ada sistem control yang dapat mengatur perputaran gerak motor, sehingga gerak motor pada aktuator lengan dapat berputar ke kiri, tengah dan ke kanan sesuai lebar pulsa yang diberikan[8].

Perhitungan Overflow Interrupt yang digunakan untuk putaran servo, sehingga menghasilkan putaran . Perhitungan menggunakan Kristal 16 MHz.

Sehingga:

$$T = 1/16 \text{ MHz}$$

$$T = 0,0000000625 \text{ s}$$

$$= 0,625 \times 10^{-6} \text{ s}$$

Karena timer yang digunakan adalah 8 bit, maka akan menghasilkan 256 X, maka overflownya adalah: $256 \times 0,625 \times 10^{-6} = 16 \times 10^{-5} \text{ s}$.

Seperti yang diketahui, secara teori servo motor memiliki lebar pulsa sebesar 20 ms. Tetapi

pulse 14 ms sudah bisa menggerakkan servo dengan ketelitian yang relative.

Berikut dibawah ini contoh perhitungan pulse untuk derajat motor servo

Posisi benda 1

Tapak : $156 \times 16 \times 10^{-5} \text{ s} = 2,5 \text{ ms}$; Bahu :

$96 \times 16 \times 10^{-5} \text{ s} = 1,53 \text{ ms}$;

Siku : $40 \times 16 \times 10^{-5} \text{ s} = 0,64 \text{ ms}$; Jari :

$134 \times 16 \times 10^{-5} \text{ s} = 2,14 \text{ ms}$

Untuk dapat melihat lebih rinci dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 4. Perhitungan derajat ke pulsa servo

| POSISI BENDA | DERAJAT SERVO ($^{\circ}$)/ | | | |
|-----------------|-------------------------------|-----------|-----------|----------|
| | PULSA DERAJAT (ms) | | | |
| | TAPAK | BAHU | SIKU | JARI |
| 1 | 156/ 2,5 | 96/ 1,53 | 40/ 0,64 | 134/2,14 |
| 2 | 152/ 2,43 | 112/ 1,8 | 60/ 0,96 | 134/2,14 |
| 3 | 138/ 2,2 | 116/ 1,85 | 70/ 1,12 | 134/2,14 |
| 4 | 142/ 2,27 | 98/ 1,56 | 38/ 0,60 | 134/2,14 |
| 5 | 98/ 1,56 | 90/ 1,44 | 22/ 0,35 | 134/2,14 |
| 6 | 82/ 1,31 | 90/ 1,44 | 22/ 0,35 | 134/2,14 |
| 7 | 66/ 1,05 | 90/ 1,44 | 22/ 0,35 | 134/2,14 |
| 8 | 50/ 0,6 | 90/ 1,44 | 22/ 0,35 | 134/2,14 |
| 9 | 38/ 0,608 | 100/ 1,6 | 48/ 0,77 | 134/2,14 |
| 10 | 24/ 0,38 | 112/ 1,8 | 66/ 1,056 | 134/2,14 |
| 11 | 82/ 1,31 | 116/ 1,85 | 70/ 1,12 | 134/2,14 |
| 12 | 70/ 1,12 | 116/ 1,85 | 70/ 1,12 | 134/2,14 |
| 13 | 60/ 0,96 | 116/ 1,85 | 70/ 1,12 | 134/2,14 |
| 14 | 52/ 0,83 | 120/ 1,92 | 82/ 1,31 | 134/2,14 |
| 15 | 44/ 0,74 | 90/ 1,95 | 82/ 1,31 | 134/2,14 |
| 16 | 36/ 0,57 | 126/ 2,01 | 88/ 1,408 | 134/2,14 |

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan dan memperhatikan cara kerja alat, maka dapat diperoleh kesimpulan dan saran sebagai berikut :

Kesimpulan

1. Dalam penelitian ini, sistem yang dirancang telah bekerja sesuai yang diharapkan. Dimana 16 benda/obyek berwarna akan disortir berhasil dibaca oleh sensor warna dan lengan robot meletakkannya pada tempat yang telah ditentukan.
2. Sensor DT-Sense Color dapat dipakai sebagai sensor pada robot penyortir benda berwarna.

Saran

1. Untuk pengembangan lebih lanjut sebaiknya proses penyortiran barang menggunakan kamera sehingga dapat membedakan tidak warna saja, bentuk dan ukuran benda/obyek dapat disortir.
2. Untuk pengembangan lebih lanjut sebaiknya digunakan motor servo bertorsi besar, sehingga dapat memindahkan benda yang lebih berat dan gerak lengan menjadi stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nalwan, Andi. Teknik Rancang Bangun Robot-Tingkat Dasar. Penerbit Andi, Yogyakarta. 2012.
- [2] Wardana, Lingga. Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega8535, Simulasi Hardware Dan Aplikasi. Penerbit Andi, Yogyakarta . 2006.
- [3] Koren, Yoram. Robotics For Enginers. McGraw-Hill, Inc. United State. 1985.
- [4] URL : <http://www.taosinc.com/TAOS/Lumenology/Datasheet/TCS230R/colorsensor.pdf>
- [5] URL : http://www.google.com/Manual_DT-Sense_Color_Sensor.pdf
- [6] Susilo, Deddy. **48 Jam Kupas Tuntas Mikrokontroler MCS51 & AVR**. Penerbit Andi, Yogyakarta. 2010.
- [7] Pitowarno,E. Robotika, Desain, Kontrol dan Kecerdasan Buatan. Penerbit Andi, Yogyakarta.2006.
- [8] Dwi S.S, Taufiq. Buku Pintar Robotika-Bagaimana Merancang, Membuat, Robot Sendiri.. Andi Offset, Yogyakarta. 2010.