

# **MOBILE ROBOT PENGIKUT BOLA MENGUNAKAN CMUCAM 3**

**Oleh: Ikhwan Fudori**

## **ABSTRAK**

Pada penelitian ini akan dikembangkan suatu sistem *Autonomous Mobile Robot* yang dapat bergerak mengikuti objek berupa bola. Sistem ini merupakan tahap awal untuk mengembangkan suatu sensor dalam bentuk *Computer Vision*.

Sistem robot pengikut bola ini dibagi beberapa subsistem pengendali. Dalam subsistem pengolahan citra digunakan kamera CMUCam3 sebagai pengambilan data gambar dan proses oleh mikrokontroler ARM7 yang sudah menjadi satu pada board CMUCam3. Pada proses ini digunakan Notepad++ dengan compiler CygWin, dengan menambah fungsi – fungsi dari library *Source Code* yang bias diunduh secara gratis.

Subsistem perangkat keras yang digunakan adalah suatu mobile robot yang terdiri dari motor DC gearbox dan rangkaian drivernya serta system pengendali menggunakan Arduino Uno.

Kata Kunci : *Mobile Robot, Computer Vision, Arduino*

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dahulu. Robot merupakan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*). Ketersediaan berbagai jenis komponen elektronika dipasaran, menjadi salah satu pendukung yang utama didalam pembuatan sebuah robot. Robot-robot canggih sangat tergantung pada kemampuan mikrokontroler sebagai unit pengontrol dan kemampuan programmer. Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin maju, teknologi robot pun digunakan sebagai alat bantu manusia yang memiliki beberapa kelebihan dan akan terus berkembang. Salah satu pengembangan dalam teknologi robot adalah pengendalian robot menggunakan kamera. Dengan dilatar belakang oleh itulah, maka terdapat suatu ide untuk membuat sebuah robot beroda yang dapat bergerak mengikuti sebuah objek bola menggunakan kamera dengan tipe CMUCam3. Mikrokontroler ialah chip yang berisi berbagai unit penting untuk melakukan pemrosesan data (*I/O, timer, memory, Arithmetic Logic Unit (ALU)*) sehingga dapat berlaku sebagai pengendali dan komputer sederhana. Dalam pembuatan tugas akhir ini dibuat sebuah robot yang dapat mendeteksi sebuah warna sebuah bola sehingga robot tersebut bergerak mengikuti arah bola.

### **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini dapat dipaparkan sebagai berikut:

- a. Bagaimana merancang robot beroda dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno atau Arduino Mini.
- b. Bagaimana membuat program yang mampu mengendalikan pergerakan robot seperti maju, mundur, kanan, kiri, dan berhenti menggunakan CMUCam3.
- c. Bagaimana mengkomunikasikan mikrokontroler Arduino Uno dengan CMUCam3 menggunakan komunikasi serial.

### **1.3 Tujuan dan Manfaat**

1.3.1 Tujuan dari penelitian dan penulisan skripsi ini adalah:

- a. Merancang *mobile robot* dengan berbasis *computer vision* dengan pendekatan pengenalan warna, yang menjadi tahap awal dalam pengembangan *mobile robot* untuk kompetisi robot cerdas Indonesia.
- b. Mengetahui aplikasi/program untuk mengendalikan kamera sebagai sensor.

1.3.2 Manfaat yang dapat diperoleh dari skripsi ini adalah:

- a. Tahap awal untuk melakukan pengembangan robot yang dapat digunakan dalam kompetisi robot.
- b. Pengembangan lebih lanjut, dapat juga digunakan dalam bidang industri dalam hal pendekatan pengenalan warna untuk membantu dan mempermudah dalam pengenalan objek.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini meliputi:

1. Robot dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno atau Arduino Mini.
2. CMUCam3 pada robot menggunakan komunikasi serial dengan pergerakan robot beroda.

## 1.5 Metodologi

Untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam mengerjakan skripsi ini, metode yang digunakan adalah :

- Metode Perancangan *Prototype*

Dalam metode ini, melakukan perancangan terhadap robot yang akan dibuat, dengan menggabungkan berbagai data dan rangkaian serta mencari referensi dari robot yang telah diterapkan sebelumnya.

- Studi Pustaka

Studi pustaka dan buku-buku yang terkait pengendalian robot dengan dengan kamera CMUCam3 dan reference dari internet yang berhubungan dengan robot pada komunikasi serial dan algoritma robot.

## 1.6 Sistematika Penulisan

### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai Latar belakang, Perumusan masalah, Tujuan dan manfaat penelitian, Batasan masalah, Metodologi, Sistematika penulisan, Sistematika Penulisan.

### BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini membahas mengenai Perangkat Keras (*Hardware*) dalam membuat sistem *Mobile Robot* menggunakan kamera CMUCam3.

### BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN APLIKASI

Bab ini membahas perancangan dan pembuatan Perangkat Keras (*Hardware*) dalam membuat sistem *Mobile Robot* menggunakan kamera CMUCam3 dengan menggunakan mikrokontroler.

### BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bab ini membahas pengujian Perangkat Keras (*Hardware*) dalam membuat sistem *Mobile Robot* menggunakan kamera CMUCam3 dan analisa hasil pengujian tersebut.

### BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran yang terkait dengan Perangkat Keras (*Hardware*)

dalam membuat sistem *Mobile Robot* menggunakan kamera CMUCam3 (dari sisi robot) dengan menggunakan mikrokontroler.

## TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Robot

#### 2.1.1 Definisi Robot

Robot berasal dari kata “*robot*” yang dalam bahasa Ceko (*Czech*) yang berarti budak, pekerja atau kuli. Robot merupakan suatu perangkat mekanik yang mampu menjalankan tugas-tugas fisik, baik di bawah kendali dan pengawasan manusia, ataupun yang dijalankan dengan serangkaian program yang telah didefinisikan terlebih dahulu atau kecerdasan buatan (*artificial intelligence*). Ada banyak definisi yang dikemukakan oleh para ahli mengenai robot. Beberapa ahli robotika berupaya memberikan beberapa definisi, antara lain :

a. Robot adalah sebuah manipulator yang dapat di program ulang untuk memindahkan *tool*, *material*, atau peralatan tertentu dengan berbagai program pergerakan untuk berbagai tugas dan juga mengendalikan serta mensinkronkan peralatan dengan pekerjaannya, oleh *Robot Institute of America*, (Gonzalez, 1987).

b. Robot adalah sebuah sistem mekanik yang mempunyai fungsi gerak analog untuk fungsi gerak organisme hidup, atau kombinasi dari banyak fungsi gerak dengan fungsi intelligent, oleh *Official Japanese*. Industri robot dibangun dari tiga sistem dasar (Eugene, 1976), yaitu :

1. Struktur mekanis

Yaitu sambungan-sambungan mekanis (*link*) dan pasangan-pasangan (*joint*) yang memungkinkan untuk membuat berbagai variasi gerakan.

2. Sistem kendali

Sistem kendali dapat berupa kendali tetap (*fixed*) ataupun servo, yang dimaksud dengan sistem kendali tetap yaitu suatu kendali robot yang pengaturan gerakannya mengikuti lintasan (*path*), sedangkan kendali servo yaitu suatu kendali robot yang pengaturan gerakannya dilakukan secara *point to point* (PTP) atau titik pertitik.

3. Unit penggerak (aktuator)

Seperti hidrolik, pneumatik, elektrik ataupun kombinasi dari ketiganya, dengan atau tanpa sistem transmisi. Torsi (*force*) dan kecepatan yang tersedia pada suatu aktuator diperlukan untuk mengendalikan posisi dan kecepatan. Transmisi diperlukan untuk

menggandakan torsi. Seperti diketahui menambah torsi dapat menurunkan kecepatan, dan meningkatkan inersia efektif pada sambungan. Untuk mengurangi berat suatu sistem robot maka aktuator tidak ditempatkan pada bagian yang digerakkan, tetapi pada sambungan yang sebelumnya.

Ada beberapa jenis transmisi yang banyak dipakai, antara lain *belt*, *cable*, *chain* dan roda gigi. Jika sebelumnya robot hanya dioperasikan di laboratorium ataupun dimanfaatkan untuk kepentingan industri, di negara-negara maju perkembangan robot mengalami peningkatan yang tajam, saat ini robot telah digunakan sebagai alat untuk membantu pekerjaan manusia. Seiring dengan berkembangnya teknologi, khususnya teknologi elektronik, peran robot menjadi semakin penting tidak saja dibidang sains, tapi juga di berbagai bidang lainnya, seperti di bidang kedokteran, pertanian, bahkan militer. Secara sadar atau tidak, saat ini robot telah masuk dalam kehidupan manusia sehari-hari dalam berbagai bentuk dan jenis. Ada jenis robot sederhana yang dirancang untuk melakukan kegiatan yang sederhana, mudah dan berulang-ulang, ataupun robot yang diciptakan khusus untuk melakukan sesuatu yang rumit, sehingga dapat berperilaku sangat kompleks dan secara otomatis dapat mengontrol dirinya sendiri sampai batas tertentu. Robot memiliki berbagai macam konstruksi. Diantaranya adalah:

- 1) *Robot Mobile* (bergerak)
- 2) *Robot Manipulator* (lengan)
- 3) *Robot Humanoid*
- 4) *Flying Robot*
- 5) Robot Berkaki

Dari berbagai literatur robot dapat didefinisikan sebagai sebuah alat mekanik yang dapat diprogram berdasarkan informasi dari lingkungan (melalui sensor) sehingga dapat melaksanakan beberapa tugas tertentu baik secara otomatis ataupun tidak sesuai program yang dimasukkan berdasarkan logika. Pada Laporan Akhir ini robot yang di bahas adalah mengenai robot manipulator (lengan).

## 2.2 Mobile Robot

Mobile robot merupakan sebuah robot yang dapat bergerak dengan leluasa karena memiliki alat gerak untuk berpindah posisi. Secara umum dan mendasar sebuah mobile robot dibedakan oleh locomotion system atau sistem penggerak. Locomotion merupakan gerakan melintasi permukaan datar. Semua ini disesuaikan dengan medan yang akan dilalui dan juga oleh tugas yang diberikan kepada robot.

## 2.3 Robot Beroda (Wheeled Car)

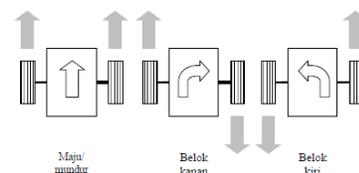
Robot yang seringkali dijumpai adalah robot yang bergerak dengan menggunakan roda. Roda merupakan teknik tertua, paling mudah dan paling efisien untuk menggerakkan robot melintasi permukaan datar. Roda seringkali dipilih, karena memberikan traction yang bagus, mudah diperoleh dan dipakai. Traction merupakan variabel dari material roda dan permukaan yang dilintasi oleh roda. Material roda yang lebih lembut memiliki koefisien traction yang besar, dan koefisien traction yang besar ini memberi gesekan (friction) yang besar pula, dan memperbesar daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan motor. Jumlah roda yang digunakan pada robot beragam.



Gambar 2.1 Robot Beroda

## 2.4 Sistem Stir Mobile-Robot Beroda

Terdapat beberapa jenis sistem stir untuk robot beroda, diantaranya adalah sistem stir diferensial, skid-steer, omnidirectional, car-drive, pivot-drive, dan lain-lain. Sistem stir pada mobile-robot yang akan dibuat adalah sistem stir diferensial, yaitu sistem stir yang memungkinkan roda pada bagian kiri dan kanan dapat bergerak secara mandiri (tidak saling terikat). Umumnya sistem seperti ini menggunakan dua roda dan dua motor penggerak yang terletak di bagian tengah badan robot. Ilustrasi dari sistem stir diferensial dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.2 Sistem Stir Diferensial

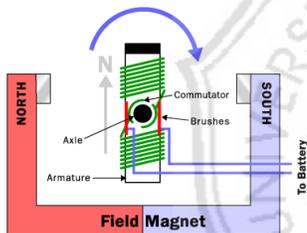
Gerak maju atau mundur didapat dengan menggerakkan roda ke arah yang sama. Untuk berputar di tempat, roda digerakkan ke arah yang berlawanan, sedangkan untuk berbelok, kecepatan kedua roda dibuat berbeda. Keuntungan dari sistem stir ini adalah sederhana dalam perancangannya dan mudah serta murah untuk dibuat. Sistem stir ini memiliki kelemahan yaitu sulitnya

untuk melakukan gerak lurus karena karakteristik antara dua motor penggerak dan ukuran rodanya cenderung tidak identik.

## 2.5 Motor DC Sebagai Aktuator Roda

Struktur robot sebagian besar dibangun berdasarkan konstruksi mekanik. Sebagian besar konstruksinya memiliki aktuator yang bermacam-macam. Salah satu aktuator yang sering digunakan ialah motor DC magnet permanen. Motor DC ialah salah satu peralatan elektronika dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik. Motor DC magnet permanen merupakan motor DC yang dirancang agar bekerja dalam tegangan sumber DC. Umumnya motor DC bekerja antara 6-12 Volt. Diluar itu motor DC bekerja antara 24 Volt hingga lebih.

Motor DC menggunakan prinsip magnetic untuk dapat berputar. Motor DC pada umumnya memiliki 2 buah magnet yang mengelilingi kawat kumparanya. Bila ada suatu arus mengalir melalui kawat kumparan, maka arus tersebut akan menciptakan medan magnet yang arahnya berlawanan di sekitar magnet. Jadi motor dapat berputar.



**Gambar 2.3** Bentuk motor DC beserta komponen pendukungnya

Ketika kumparan diberi tegangan, medan magnet akan timbul di sekeliling armature. Sisi kiri armature akan terdorong dari magnet sebelah kiri menuju ke sebelah kanan sehingga tercipta putaran. Ketika armature menjadi sejajar dengan magnet, commutator akan mengembalikan arah arus di dalam kumparan, sehingga membalikkan medan magnet. Hal tersebut akan membuat armature kembali berputar dari sebelah kiri ke sebelah kanan magnet. Di bawah ini gambar dari motor DC yang digunakan sebagai aktuator. Motor DC yang digunakan pada robot lengan ada 2 buah yaitu 2 buah motor DC dengan gearbox.

## 2.6 Motor Servo Standart

Penggunaan motor servo standart difungsikan untuk pengaturan arah kamera, sehingga saat terdapat bola di sekitarnya robot dapat menangkapnya. Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor

servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor.

Karena motor DC servo merupakan alat untuk mengubah energi listrik menjadi energy mekanik, maka magnet permanen motor DC servolah yang mengubah energi listrik ke dalam energi mekanik melalui interaksi dari dua medan magnet. Salah satu medan dihasilkan oleh magnet permanen dan yang satunya dihasilkan oleh arus yang mengalir dalam kumparan motor. Resultan dari dua medan magnet tersebut menghasilkan torsi yang membangkitkan putaran motor tersebut. Saat motor berputar, arus pada kumparan motor menghasilkan torsi yang nilainya konstan.

Secara umum terdapat 2 jenis motor servo. Yaitu motor servo standard dan motor servo Continuous. Servo motor tipe standar hanya mampu berputar 180 derajat. Motor servo standard sering dipakai pada sistim robotika misalnya untuk membuat “ Robot Arm” ( Robot Lengan ). sedangkan Servo motor continuous dapat berputar sebesar 360 derajat. motor servo Continuous sering dipakai untuk Mobile Robot. Pada badan servo tertulis tipe servo yang bersangkutan.

Motor servo merupakan sebuah motor dc kecil yang diberi sistim gear dan potensiometer sehingga dia dapat menempatkan “horn” servo pada posisi yang dikehendaki. Karena motor ini menggunakan sistim close loop sehingga posisi “horn” yang dikehendaki bisa dipertahankan. “Horn” pada servo ada dua jenis. Yaitu Horn “ X” dan Horn berbentuk bulat.



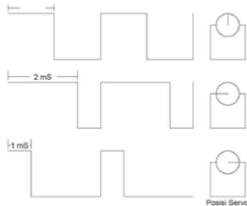
**Gambar 2.4** Servo Dengan Horn Bulat



**Gambar 2.5** Servo Dengan Horn X

Pengendali gerakan batang motor servo dapat dilakukan dengan menggunakan metode PWM. (Pulse Width Modulation). Teknik ini menggunakan system lebar pulsa untuk mengemudikan putaran motor. Sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Tampak pada gambar dengan pulsa 1.5 mS pada periode selebar 2 mS maka sudut dari sumbu motor akan berada

pada posisi tengah. Semakin lebar pulsa OFF maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah jarum jam dan semakin kecil pulsa OFF maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah yang berlawanan dengan jarum jam.



**Gambar 2.6** Cara Kerja Servo

Untuk menggerakkan motor servo ke kanan atau ke kiri, tergantung dari nilai delay yang kita berikan. Untuk membuat servo pada posisi center, berikan pulsa 1.5ms. Untuk memutar servo ke kanan, berikan pulsa  $\leq 1.3\text{ms}$ , dan pulsa  $\geq 1.7\text{ms}$  untuk berputar ke kiri dengan delay 20ms.

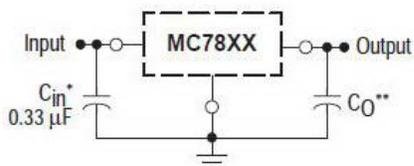
### 2.7 LM7805

IC regulator 7805 adalah IC yang berguna untuk menstabilkan tegangan yang masuk ke rangkaian jika terjadi perubahan tegangan yang masuk ke rangkaian listrik. Fungsi IC ini juga untuk menyaring tegangan yang besarnya lebih dari 5v dan diubah ke tegangan 5v sesuai dengan yang diinginkan oleh komponen rangkaian listrik



**Gambar 2.7** LM7805

Pada gambar 2.9 merupakan regulator LM7805 merupakan regulator yang menghasilkan tegangan yang tetap yang memiliki 3 kaki pada bentuk aslinya dimana terdapat VCC untuk aliran listrik masuk, kaki vout untuk hasil tegangan yang telah diubah, dan kaki ground. Tegangan yang keluar dari IC 7805 ini dapat memungkinkan untuk IC dipakai untuk rangkaian dengan menggunakan gerbang logika. Rangkaian Standart dari IC 7805 adalah sebagai berikut



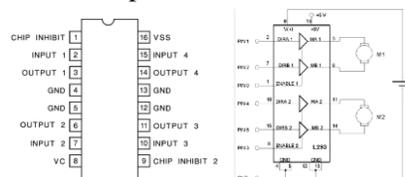
**Gambar 2.8** Rangkaian IC7805

Pada rangkaian dalam gambar 2.10, terdapat kapasitor yang berada pada rangkaian, fungsi dari kapasitor pertama (Cin) adalah untuk meratakan tegangan

dan fungsi dari kapasitor ke 2 Co adalah untuk memperbaiki atau menstabilkan tegangan yang telah diubah.

### 2.8 L293

L293 merupakan driver motor sirkuit terintegrasi yang dapat digunakan untuk simultan, bidirectional kontrol dua motor kecil. L293 ini terbatas untuk 600 mA. L293 memiliki 16 pin dalam IC nya, dan memiliki 2 jalur sirkuit terpadu. ( W. Durfee, Desember 01 ) Gambar 2.11 merupakan skematik pin dari ICL293



**Gambar 2.9** Skematik IC L293

IC L293 dapat digunakan dengan memberikan logika. Logika yang digunakan adalah 1 ( High ) dan 0 ( Low ). Logika untuk menggerakkan motor DC dengan menggunakan IC L293 dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Logika pada L293

ENABLE	INPUT A	INPUT B	REAKSI MOTOR DC
1	1	0	Motor ke kanan
1	0	1	Motor ke kiri
1	1/0	0/1	Berhenti cepat
0	Acak	Acak	Berhenti Lambat

### 2.9 CMUcam3

CMUcam3 adalah sebuah prosesor ARM7TDMI yang telah dilengkapi dengan sensor untuk vision. Prosesor utama menggunakan LPC2106 yang terhubung dengan modul sensor kamera CMOS Omnivision. Dengan menggunakan bahasa C, CMUcam3 dapat dikembangkan dengan adanya libraries dan contoh program yang sudah ada. Komunikasi dengan CMUcam dapat menggunakan serial port.



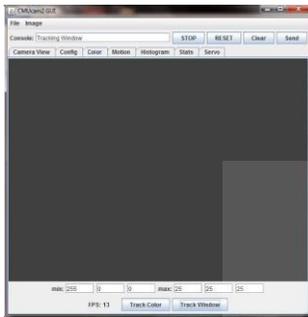
**Gambar 2.10** CMUcam3

Beberapa fitur – fitur yang diberikan oleh CMUcam3 adalah sebagai berikut

- CIF Resolution (352x288) dengan sensor RGB

- Open Source Development Environment for Windows and Linux
- Slot MMC dengan mendukung driver FAT16
- 4 port untuk motor servo
- Mengambil gambar dengan kecepatan 26 frame per detik
- CMUcam2 Emulation

CMUcam2 Emulation merupakan fitur yang ada didalam CMUcam3, dapat digunakan dalam proses vision. Perangkat simulasi ini memiliki kemampuan seperti yang terlihat pada gambar 2.15.

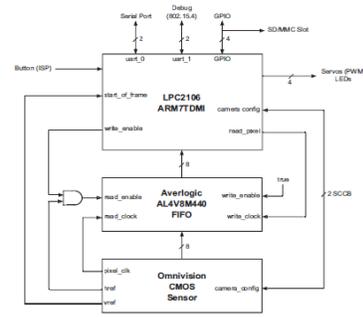


Gambar 2.11 CMUcam2 Emulation

Fitur yang ada didalam CMUcam2 Emulation ini meliputi:

- Camera view, yang dapat digunakan untuk mengetahui objek yang ada didepan kamera
- Config, digunakan untuk mengetahui konfigurasi dari objek yang ditangkap kamera
- Colour, fitur ini digunakan untuk mendeteksi letak suatu objek berdasarkan warna yang dimiliki oleh objek
- Motions, dapat digunakan untuk memberikan tanda dimana letak dari objek berdasarkan centroid atau titik tengah dari benda
- Histogram, digunakan untuk mengetahui kepekatan warna yang ditangkap melalui kamera, dan memunculkan hasil dalam bentuk histogram

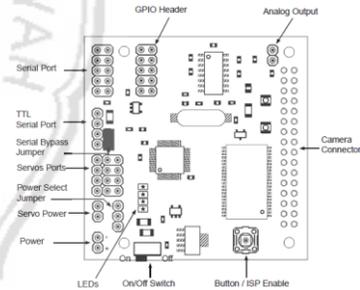
CMUcam3 adalah sebuah perangkat keras yang digabungkan dengan software yang pengembangannya terbuka secara luas. Hal ini ditargetkan kepada pengguna yang sudah terbiasa melakukan pengolahan gambar dan juga sudah terbiasa melakukan pemrograman dengan menggunakan mikrokontroler.



Gambar 2.12 Blok diagram dari CMUcam3

Dari gambar 2.16 dapat dilihat, proses kerja dari CMUcam3 yaitu Omnivision CMOS Sensor berupa kamera yang menjadi satu dengan mikrokontroler LPC2106, akan melakukan perintah sesuai dengan perintah yang diberikan oleh Averlogic. Tegangan listrik yang digunakan adalah 5 volt output dari regulator. Regulator yang digunakan membuat sumber listrik yang dapat diberikan antara 6 sampai 15 volt tegangan DC. Motor servo yang terhubung dapat menggunakan tegangan listrik dari dalam, atau dapat menggunakan tegangan listrik tambahan.

Dari gambar 2.17, dapat dilihat bahwa CMUcam3 memiliki serial port yang digunakan untuk berkomunikasi dengan perangkat lain. Serial port hanya menggunakan 3 pin yang ada pada serial, yaitu TX, RX, dan ground.



Gambar 2.13 Hardware Connection

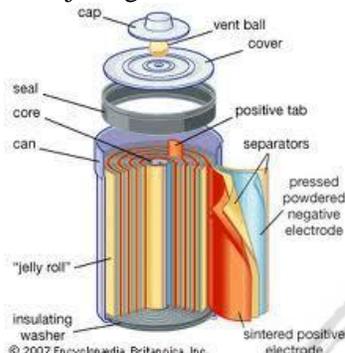
## 2.10 Arduino

Arduino merupakan sebuah perangkat elektronik yang memiliki sifat open-source dengan kemampuan fleksibel, dengan hardware dan software yang mudah digunakan. Software Arduino berisi editor teks yang digunakan untuk menulis kode, teks konsol, dan terdapat sebuah toolbar dengan tombol fungsi secara umum. Pengguna dapat memasukkan sebuah perintah dalam bentuk coding, kemudian ketika software melakukan compile, secara langsung software akan memberikan umpan balik tentang coding yang dimasukan, apakah terdapat error ataupun tidak.

## 2.11 Baterai

Baterai sebagai sumber arus listrik searah (DC) dapat dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu baterai elemen kering dan elemen basah. Baterai dapat disebut juga dengan istilah *accu* atau *accumulator* yang berarti menghimpun.

Baterai adalah suatu peralatan yang dapat menghasilkan energy listrik dengan melalui proses kimia. Baterai mempunyai 2 elektroda yaitu elektroda positif dan elektroda negatif. Suatu beban apabila terhubung dengan elektroda-elektroda baterai, maka akan timbul reaksi elektro kimia dan terjadilah aliran arus listrik dari kutub positif menuju negatif.

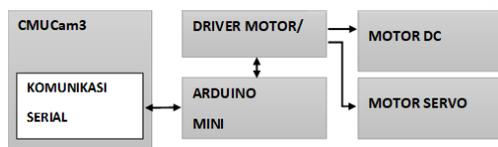


Gambar 2.14 Struktur Fisik Baterai

## PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

### 3.1 Perancangan Sistem

Pada tahap perancangan ini, akan dilakukan pengerjaan baik dari segi *hardware* maupun *software* terhadap system yang akan dibangun. Dalam perancangan sistem “**Mobile Robot Pengikut Bola Menggunakan CMUCam3**” dapat dijelaskan dengan alur sistem yang digambarkan pada diagram blok pada Gambar 3.1 di bawah ini :



Gambar 3.1. Rancangan Sistem Mobile Robot

Cara kerja sistem secara garis besar dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Kamera CMUCam3 berfungsi untuk sistem sensor yang akan mengambil citra sebagai umpan balik sistem.
- Didalam CMUCam3 terdapat pemroses hasil citra digital yang berfungsi untuk memproses gambar yang diterima dari kamera. Dan juga melakukan sistem pengendali dari pergerakan mobile robot.

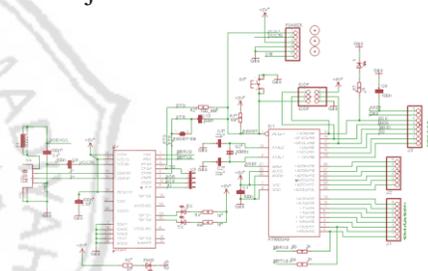
- Mobile Robot melalui komunikasi serial menerima hasil pengendali yang kemudian diterjemahkan oleh Arduino Mini ke sistem kendali motor menjadi kecepatan roda penggerak.

Perancangan sistem dapat dibagi menjadi 3 (tiga) bagian yaitu perancangan kendali motor, perancangan sensor kamera dan perancangan sistem pengendali mobile robot.

### 3.2 Perancangan Hardware

#### 3.2.1 Rangkaian Arduino

Pada dasarnya minimum system arduino merupakan sebuah nama saja yang ditujukan pada board arduino. Board arduino merupakan rangkaian minimum system sederhana dengan tambahan IC USB To Serial converter yang terhubung ke port serial mikrokontroler. IC ini digunakan sebagai jalur komunikasi antara laptop/komputer dengan mikrokontroler. Fungsi lainnya dari IC USB To Serial adalah sebagai jalur pemrograman utama menggantikan jalur ISP



Gambar 3.2. Rancangan Board Arduino Uno

Rangkaian diatas menggunakan catu daya 5 volt sebagai sumber tegangan ke IC mikrokontroler. IC catu daya atau regulator yang digunakan adalah IC LM7805 yang mampu mensuplai arus sekitar 1 A. Untuk rangkaian osilator external digunakan crystal sebesar 16MHz. Sedangkan untuk rangkaian antarmuka ISP tidak dipasangkan pada rangkaian tersebut, karena nantinya proses mengisi atau mendownload program dapat dilakukan melalui port USB secara langsung. Port USB terhubung langsung ke PD2 dan PD3 pada mikrokontroler ATmega328P. Perlu diketahui pin D+ USB harus terhubung ke pin INT0 (interrupt) yaitu pin PD3. Sedangkan pin D-USB dapat bebas dihubungkan ke pin lainnya yang berada pada PORTD.

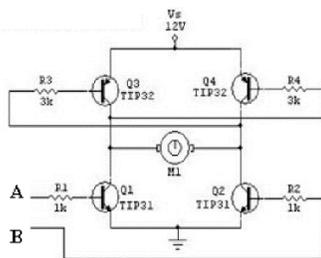
#### 3.2.2 Rangkaian H-Bridge

Rangkaian H-bridge sederhana merupakan suatu rangkaian elektronika yang menggunakan transistor, yang mana biasa digunakan untuk driver kendali arah putaran motor. Disebut dengan nama H-

bridge karena konfigurasi transistor penyusunnya seperti membentuk huruf H. Transistor tersebut digunakan sebagai switching sehingga nantinya memungkinkan motor untuk dapat berputar searah dengan jarum jam, clockwise, atau berlawanan dengan arah jarum jam, counterclockwise. Karena dalam penerapan rangkaian sederhana H-bridge menggunakan transistor, maka terlebih dahulu akan dijabarkan sedikit penjelasan tentang komponen tersebut. Dasar Transistor Transistor memiliki tiga kaki yang disebut dengan istilah collector, base, dan emitter. Selain berfungsi sebagai saklar, transistor juga dapat digunakan sebagai penguat arus, current amplifier, sebagai penyearah, untuk rangkaian mixer, juga sebagai oscillator. Prinsip kerja dari transistor yaitu jika pada kaki base mengalir arus  $I_B$  dan pada collector mengalir arus  $I_C$ , maka pada emitor mengalir arus  $I_E$ . Dengan persamaan yang sesuai dengan Hukum Arus Kirchoff bahwa jumlah arus keseluruhan yang memasuki titik percabangan sama besar dengan jumlah arus yang meninggalkan titik tersebut. Secara sederhana jumlah arus masuk sama dengan jumlah arus keluar. Sehingga dengan demikian diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$I_E = I_B + I_C$$

Dimana  $I_E$  adalah arus yang keluar dari emitter,  $I_B$  arus yang masuk pada base, dan  $I_C$  merupakan arus yang masuk pada collector. Terdapat dua jenis transistor ialah jenis NPN dan jenis PNP. Pada transistor jenis NPN tegangan base dan collector positif terhadap emitter, sedangkan pada transistor PNP tegangan base dan collector negatif terhadap tegangan emitter.



**Gambar 3.3.** Rangkaian H-Bridge Menggunakan Transistor

Berdasarkan gambar schematic sederhana tersebut dapat dijabarkan mengenai prinsip kerja dari suatu rangkaian Hbridge. Dimana terdapat dua buah input, yakni A dan B, dengan kondisi input tersebut dapat bernilai high atau low, maka terdapat empat kondisi yang dimungkinkan dalam rangkaian tersebut. Kondisi tersebut ialah sebagai berikut.

Kondisi A dan B Bernilai Low Karena input A dan B bernilai sama low, maka kedua transistor Q1 dan Q2 tidak akan mendapat trigger pada base sehingga transistor bersifat cut-off atau transistor bersifat seperti saklar yang terbuka. Dari rangkaian diatas terlihat pula bahwa kedua transistor Q3 dan juga Q4 bergantung pada transistor Q1 dan Q2 dimana base dari kedua transistor Q3 dan Q4 terhubung pada collector transistor Q1 dan Q2. Jadi, apabila tidak ada arus yg mengalir pada collector transistor Q1 dan Q2 maka base dari transistor Q3 dan Q4 juga tidak akan terpicu akibatnya motor tidak akan berputar atau berhenti.

Kondisi A High dan B Low Pada saat input A bernilai high sedangkan input B bernilai low, maka Q1 akan mengalami saturasi sedangkan Q2 cut-off. Karena Q1 bersifat saturasi atau seperti saklar yang tertutup maka base Q4 akan mendapat trigger sehingga Q4 juga bersifat saturasi. Akibatnya Q4 juga akan menjadi saturasi karena base dari Q4 mendapat trigger dari Q1. Sehingga arus akan mengalir dengan urutan seperti berikut, dari  $V_s$  menuju Q4, melewati motor, menuju Q1, hingga ke ground.

Kondisi A Low dan B High Pada saat input A bernilai low sedangkan input B bernilai high maka Q2 akan mengalami saturasi sedangkan Q1 tetap dalam kondisi cut-off. Karena Q2 bersifat saturasi atau seperti saklar yang tertutup maka base Q3 akan mendapat trigger sehingga Q3 juga bersifat saturasi. Akibatnya arus akan mengalir dengan urutan seperti berikut, dari  $V_s$  menuju Q3, melewati motor, menuju Q1, hingga ke ground.

Kondisi A dan B Bernilai High Jika kedua input A dan B bernilai high secara bersamaan maka akan mengakibatkan semua transistor dalam kondisi saturasi. Secara logika motor tidak akan berputar karena tidak ada beda tegangan. Namun hal ini akan menyebabkan timbulnya panas yang berlebihan pada semua transistor sehingga dapat menyebabkan kerusakan. Oleh karena itu hal ini harus dihindari. Untuk penerapan rangkaian H-bridge ini banyak digunakan pada pengaturan motor DC untuk menggerakkan motor secara putar ke kanan dan putar ke kiri dengan menggunakan transistor sebagai saklar.

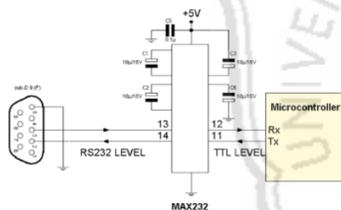
### 3.2.3 Rangkaian CMUCam3

CMUCam adalah untuk memberikan kemampuan visi sederhana untuk embedded system kecil dalam bentuk sebuah sensor cerdas. CMUCam3 memperluas atas gagasan ini dengan menyediakan fleksibel dan mudah untuk menggunakan lingkungan

pengembangan open source yang melengkapi platform perangkat keras biaya rendah. CMUCam3 ini berbasis ARM7TDMI sepenuhnya programmable embedded computer vision sensor. Prosesor utama adalah LPC2106 NXP terhubung ke kamera CMOS sensor Omnivision modul. Custom C code dapat dikembangkan untuk CMUCam3 menggunakan port dari GNU toolchain bersama dengan satu set library open source dan program contoh. Pemrograman menggunakan port serial port tanpa perangkat eksternal tambahan.

### 3.2.4 Rangkaian MAX232

MAX232 merupakan salah satu jenis IC rangkaian antar muka dual RS-232 transmier / receiver yang memenuhi semua spesifikasi standar EIA-232-E. IC MAX232 hanya membutuhkan power supply 5V ( single power supply ) sebagai catu. IC MAX232 di sini berfungsi untuk merubah level tegangan pada COM1 menjadi level tegangan TTL / CMOS. IC MAX232 terdiri atas tiga bagian yaitu dual charge-pump voltage converter, driver RS232, dan receiver RS232. Salah satu konfigurasi MAX232 yang paling mudah untuk diikuti adalah sebagai berikut:



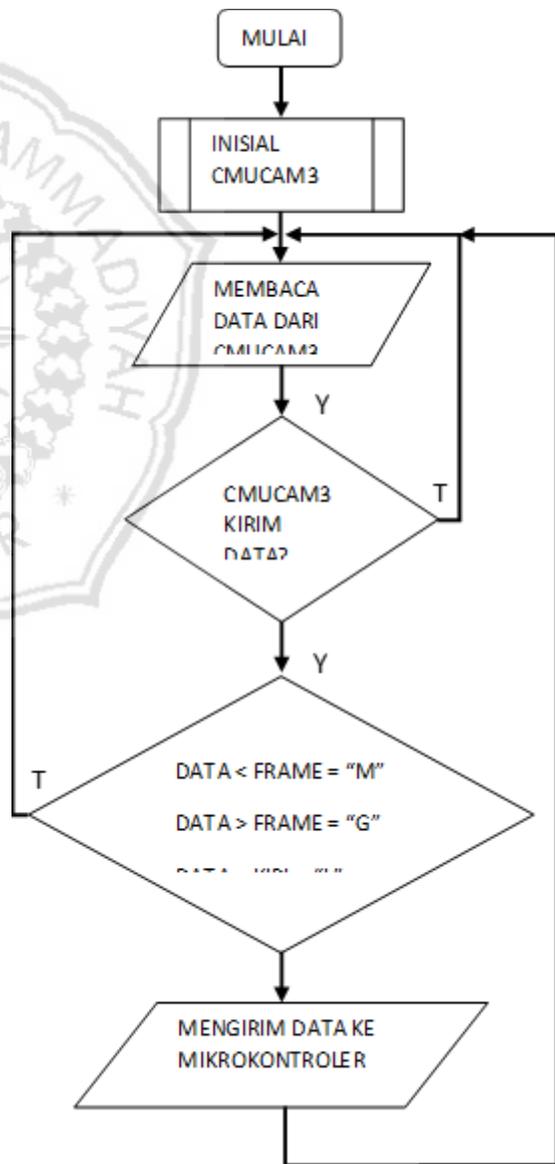
Gambar 3.4. Rangkaian Driver Serial MAX232

- Dual Charge-Pump Voltage Converter  
IC MAX232 memiliki dua charge-pump internal yang berfungsi untuk menkonversi tegangan +5V menjadi  $\pm 10V$  ( tanpa beban ) untuk operasi driver RS232. Konverter pertama menggunakan kapasitor C1 untuk menggandakan tegangan input +5V menjadi +10V saat C3 berada pada output V+. Konverter kedua menggunakan kapasitor C2 untuk merubah +10V menjadi -10V saat C4 berada pada output V-.
- Driver RS232  
Output ayunan tegangan ( voltage swing ) driver typical adalah  $\pm 8V$ . Nilai ini terjadi saat driver dibebani dengan beban nominal receiver RS232 sebesar  $5k\Omega$  atau  $V_{cc} = 5V$ . Input pada driver yang tidak digunakan bisa dibiarkan tidak terhubung kemana – mana. Hal ini dapat terjadi karena dalam kaki input driver IC MAX232

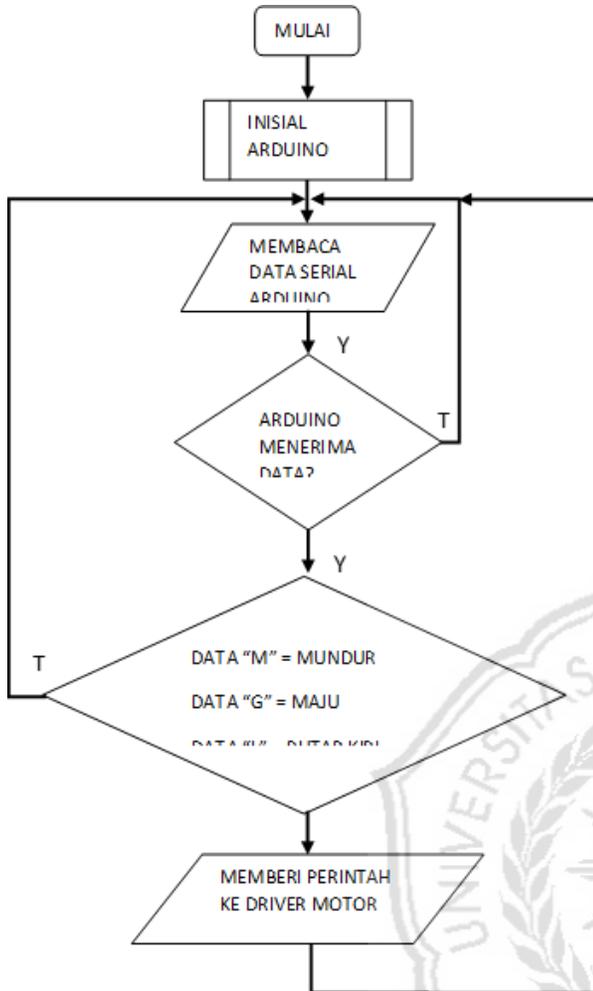
terdapat resistor pull-up sebesar  $400k\Omega$  yang terhubung ke Vcc. Resistor pull-up mengakibatkan output driver yang tidak terpakai menjadi low karena semua output driver diinversikan. Receiver RS232 EIA mendefinisikan level tegangan lebih dari 3V sebagai logic 0, berdasarkan hal tersebut semua receiver diinversikan. Input receiver dapat menahan tegangan input sampai dengan  $\pm 25V$  dan menyiapkan resistor terminasi input dengan nilai nominal 5k. Nilai input receiver hysteresis typical adalah 0,5V dengan nilai minimum 0,2V, dan nilai delay propogasi typicalnya adalah 600ns.

### 3.3 Perancangan Software

#### 3.3.1 Perancangan Program CMUCam3



### 3.3.2 Perancangan Program Arduino



### PENGUJIAN ALAT

Pada bab ini akan dibahas hasil analisa pengujian yang telah dilakukan, pengujian dilakukan dalam beberapa bagian yang disusun dalam urutan dari yang sederhana menuju sistem yang lengkap.

Dari penggabungan perangkat keras dan perangkat lunak diharapkan didapat suatu sistem yang dapat mengendalikan mobile robot dengan mikrokontroler dan CMUCam3 yang bekerja dengan baik dan optimal.

#### 4.1 Pengujian Driver Motor L298

Driver motor L298 digunakan sebagai pemicu dari arah pergerakan motor dc. Pada L298 memiliki 2 buah pin enable, 4 buah pin input, dan 4 buah pin output yang mana memungkinkan bagi kita untuk mengontrol 2 buah motor dc, namun pada rangkaian driver kali ini hanya dipakai 1 buah motor dc jadi pin yang dipakai

cukup 1 buah enable (ENB/PIN 11), 2 buah pin input (IN3/PIN 10 dan IN4/PIN12), dan 2 buah output (OUT3/PIN13 dan OUT4/PIN14) yang dihubungkan dengan motor dc.

Pengujian dilakukan dengan cara memberi inputan berupa logika “1” dan “0” pada masing-masing pin inputan secara bergantian kemudian melihat perubahan pada pergerakan motor yang terlebih dahulu sudah disambungkan pada pin-pin output dari driver. Berikut adalah program dan hasil pengujian rangkaian driver motor L298 menggunakan Arduino Mini.

```
1. //mendefinisikan pin yang digunakan untuk control pin
2. int IN_1 = 4; int IN_2 = 5;
3. int IN_3 = 6; int IN_4 = 7;
4.
5. void setup()
6. {
7. //mendefinisikan control pin sebagai output
8. pinMode(IN_1, OUTPUT); pinMode(IN_2, OUTPUT);
9. pinMode(IN_3, OUTPUT); pinMode(IN_4, OUTPUT);
10. }
11.
12. void loop()
13. {
14. //Putar Mesin searah jarum jam
15. digitalWrite(IN_1, HIGH); digitalWrite(IN_2, LOW);
16. delay(1500);
17. //Untuk mesin A
18. digitalWrite(IN_1, HIGH); digitalWrite(IN_2, HIGH);
19. delay(1000);
20. //Putar Motor B searah jarum jam
21. digitalWrite(IN_3, HIGH); digitalWrite(IN_4, LOW);
22. delay(1500);
23. //Untuk mesin B
24. digitalWrite(IN_3, HIGH); digitalWrite(IN_4, HIGH);
25. delay(1000);
26.
27. //Putar Motor a berlawanan arah jarum jam
28. digitalWrite(IN_1, LOW); digitalWrite(IN_2, HIGH);
29. delay(1500);
30. //Untuk mesin A
31. digitalWrite(IN_1, HIGH); digitalWrite(IN_2, HIGH);
32. delay(1000);
33. //Putar Motor B berlawanan arah jarum jam
34. digitalWrite(IN_3, LOW); digitalWrite(IN_4, HIGH);
35. delay(1500);
36. //Untuk mesin B
37. digitalWrite(IN_3, HIGH); digitalWrite(IN_4, HIGH);
38. delay(1000);
39. }
```

**Tabel 4.1** Hasil Pengujian Driver Motor L298

ENABLE	PIN 1	PIN 2	PIN 3	PIN 4	OUTPUT MOTOR
X	X	X	0	0	Diam
1	0	0	0	0	Diam
1	0	1	0	0	Berputar ke kiri
1	1	0	1	0	Berputar ke kanan
1	1	0	0	1	Maju
1	1	1	1	1	Mundur

Tabel diatas merupakan hasil percobaan sekaligus tabel kebenaran dari Driver Motor L298. Enable merupakan saklar terhadap rangkaian driver motor sedangkan input merupakan penentu arah arus pada driver motor. Dari beberapa percobaan diatas rangkaian driver pada motor bekerja dengan baik sehingga pergerakan robot sesuai dengan yang diharapkan.

#### 4.2 Pengujian Kamera CMUCam3

Pada pengujian kali ini akan dilakukan cara menggunakan dan menguji hardware CMUCam3. Proses pertama adalah mendapatkan nilai TC yang dijadikan acuan untuk mengenali sebuah warna objek. Berikut merupakan gambar cara untuk mendapatkan nilai dari objek menggunakan software CMUCam2 GUI.

Nilai TC didapatkan dengan cara mengcapture objek dengan program yang telah disediakan oleh kamera bisa dilihat pada gambar diatas, dari hasil capture gambar tersebut akan didapat nilai minimum dan nilai maksimum yang mana akan berguna untuk menentukan titik tengah dari objek yang akan digunakan acuan untuk mengejar objek.

Setelah mendapatkan nilai TC, selanjutnya melakukan pengetesan seperti pada gambar 4.6 yang bertujuan untuk mengetahui perubahan dan perbedaan data yang diterima CMUCam3 terhadap warna objek akibat pengaruh intensitas cahaya yang berubah – ubah. Berikut adalah program standart *Tracking Color* menggunakan CMUCam3.

```

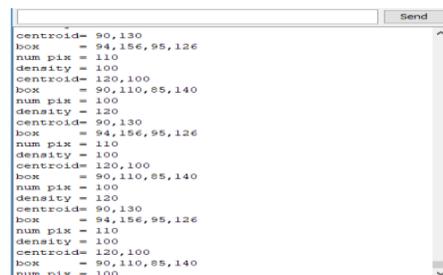
1. #include <stdio.h>
2. #include <stdlib.h>
3. #include <cc3.h>
4. #include <cc3_ilp.h>
5. #include <cc3_color_track.h>
6.
7. void simple_track_color(cc3_track_pkt_t* t_pkt);
8. int main(void) {
9.     cc3_track_pkt_t t_pkt;
10.    cc3_uart_init (0,
11.        CC3_UART_RATE_115200,
12.        CC3_UART_MODE_8N1,
13.        CC3_UART_BINMODE_TEXT);
14.    cc3_camera_init ();
15.    //cc3_camera_set_colorspace(CC3_COLORSPACE_YCRCB);

```

```

16.    cc3_camera_set_resolution(CC3_CAMERA_RESOLUTION_
LOW);
17.    //cc3_pixbuf_frame_set_subsample(CC3_SUBSAMPLE_NEA
REST, 2, 2);
18.
19.    // init pixbuf with width and height
20.    cc3_pixbuf_load();
21.
22.    // Load in your tracking parameters
23.    t_pkt.lower_bound.channel[CC3_CHANNEL_RED] = 150;
24.    t_pkt.upper_bound.channel[CC3_CHANNEL_RED] = 255;
25.    t_pkt.lower_bound.channel[CC3_CHANNEL_GREEN] = 0;
26.    t_pkt.upper_bound.channel[CC3_CHANNEL_GREEN] = 50;
27.    t_pkt.lower_bound.channel[CC3_CHANNEL_BLUE] = 0;
28.    t_pkt.upper_bound.channel[CC3_CHANNEL_BLUE] = 50;
29.    t_pkt.noise_filter = 2;
30.
31.    while(true) {
32.        simple_track_color(&t_pkt);
33.        printf("centroid=%d,%d bounding box=%d,%d,%d,%d num
pix=%d density=%d\n",
34.            t_pkt.centroid_x, t_pkt.centroid_y,
35.            t_pkt.x0,t_pkt.y0,t_pkt.x1,t_pkt.y1,
36.            t_pkt.num_pixels, t_pkt.int_density );
37.    }
38. }
39.
40. void simple_track_color(cc3_track_pkt_t * t_pkt)
41. {
42.     cc3_image_t img;
43.     img.channels = 3;
44.     img.width = cc3_g_pixbuf_frame.width;
45.     img.height = 1; // image will hold just 1 row for scanline pr
ocessing
46.     img.pix = cc3_malloc_rows (1);
47.     if (img.pix == NULL) {
48.         return;
49.     }
50.
51.     cc3_pixbuf_load ();
52.     if (cc3_track_color_scanline_start (t_pkt) != 0) {
53.         while (cc3_pixbuf_read_rows (img.pix, 1)) {
54.             // This does the HSV conversion
55.             // cc3_rgb2hsv_row(img.pix,img.width);
56.             cc3_track_color_scanline (&img, t_pkt);
57.         }
58.     }
59.     cc3_track_color_scanline_finish (t_pkt);
60.     free (img.pix);
61.     return;
62. }

```



**Gambar 4.1.** Hasil Pembacaan CMUCam3

Gambar diatas merupakan hasil pengujian sensor. Pada percobaan kamera terdapat bantuan

pencahayaan menggunakan lampu neon 18 watt yang difungsikan untuk menambah pencahayaan. Pada percobaan pertama menggunakan 1 buah lampu dan pada percobaan kedua menggunakan 2 buah lampu. Sehingga didapat data hasil percobaan seperti tabel dibawah.

**Tabel 4.2** Percobaan Menggunakan 1 buah lampu (18 Watt).

TINGG I TIANG	JARAK							
	20 CM	25 CM	30 CM	35 CM	40 CM	45 CM	50 CM	55 CM
20 CM	√	√	√	×	×	×	×	×
40 CM	√	√	√	×	×	×	×	×
60 CM	√	√	×	×	×	×	×	×

**Tabel 4.3** Percobaan Menggunakan 2 buah lampu (18 Watt).

TINGG I TIANG	JARAK							
	20 CM	25 CM	30 CM	35 CM	40 CM	45 CM	50 CM	55 CM
20 CM	√	√	√	√	√	×	×	×
40 CM	√	√	√	√	×	×	×	×
60 CM	√	√	√	√	×	×	×	×

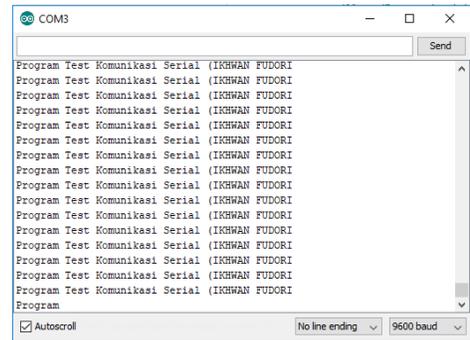
Dari percobaan diatas dapat disimpulkan kurangnya pencahayaan sangat berpengaruh terhadap jarak pandang dan sensitifitas pembacaan data, sehingga perlu adanya pengaturan pencahayaan secara otomatis supaya robot berfungsi dengan baik.

### 4.3 Komunikasi Serial

```

1. //Testing Komunikasi Serial pada Arduino dengan Komputer
2. //dengan baud rate 9600bps;
3.
4. void setup()
5. {
6. //melakukan inisialisasi Serial Port dengan 9600 bps
7. Serial.begin(9600);
8. //untuk komunikasi dengan CMUCam3
9. Serial.Begin(115200);
10. }
11.
12. void loop()
13. {
14. /*mengirimkan tulisan Halo Komputer ke komputer dengan m
enambah
15. carriage return/new line secara terus menerus*/
16. Serial.println("Program Test Komunikasi Serial (IKHWAN
FUDORI)");
17. }

```



**Gambar 4.2.** Hasil Pengujian Komunikasi Serial

Pada percobaan kounikasi serial berjalan dengan baik pada baudrate 9600 sehingga komunikasi CMUCam3 dengan Arduino sangat stabil. Jika pengaturan baustrate salah maka terjadi error pada pembacaan karakter pada mikrokontroler.

## PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan di atas, maka dapat diambil kesimpulan:

1. Robot mampu bernavigasi (secara diferensial) mengikuti bola dengan sistem *Open Loop* oleh mikrokontroler arduino.
2. Robot mampu mendeteksi suatu objek dan kepala robot dapat mengikuti gerakan robot objek tersebut, selama objek berada dalam jangkauan sensor kamera (CMUCam3).
3. Pengaturan baudrate sangat berpengaruh terhadap pengiriman data serial antara CMUCam3 dan mikrokontroler.
4. Pengaturan baudrate mikrokontroler harus menggunakan 115200 Mhz mengikuti default baudrate CMUCam3.

### 5.2 Saran

Dari permasalahan diatas peneliti memiliki saran untuk pengembangan project ini kedepan diantaranya:

1. Dalam sistem navigasinya dapat ditambahkan teknik PID sehingga pergerakan robot lebih stabil.
2. Mobile robot ini harus di *trigger* dengan cara meletakkan bola didepannya supaya bisa mendeteksi objek, sehingga dalam pengembangannya bisa ditambahkan fitur *auto searching objek* sehingga robot mampu mencari dan membaca objek secara otomatis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Milton Gussow, 2004. Dasar-dasar Teknik Listrik. Jilid 3. Jakarta: PT. Erlangga.
- Moh. Ibnu Malik, 2006. Pengantar Membuat Robot. Yogyakarta: Gava Media.
- Heri Andrianto, 2008. Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega16 Menggunakan Bahasa C. Bandung: Informatika.
- Muhammad Muhsin, 2004. Elektronika Digital. Yogyakarta: Andi.
- Widodo Budiharto, 2010. Robotika Teori + Implementasi. Yogyakarta: Andi.
- Widodo Budiharto, 2008. 10 Proyek Robot Spektakuler. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Taufiq Dwi Septian Suyadhi, 2008. Build Your Own Line Follower Robot. Yogyakarta: Andi.
- Internet, [www.datasheetcatalog.com](http://www.datasheetcatalog.com)
- Internet, [www.google.com](http://www.google.com)

