



***ROBOT SOCCER BERODA DENGAN METODE BEHAVIOR BASED
CONTROL***

SKRIPSI

Oleh :

Intho Nurshauma Suhri

NIM 131910201056

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO STRATA 1

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2017



ROBOT *SOCCER* BERODA DENGAN METODE *BEHAVIOR BASED CONTROL*

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :

Intho Nurshauma Syuhri

NIM 131910201056

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO STRATA 1

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2017

PERSEMBAHAN

Dengan ini saya persembahkan skripsi kepada:

1. Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
2. Kedua orang tua tercinta, Bapak Ahmad Syuhri dan Ibu Siti Nurkhayati serta kakakku Skriptyan Noor Hidayatullah Syuhri dan adik-adikku Efront Nurtaqvim Syuhri serta Reary Nurtaqvim Syuhri atas kasih sayang, pengorbanan, dan kesabaran yang tiada tara serta doa yang selalu menyertai.
3. Guru – guru mulai SDN JUBUNG 1, SMP Darussholah serta SMAN 2 Jember dan dosen-dosen Teknik Elektro Universitas Jember. Terima kasih untuk ilmu dan pengalaman yang telah diajarkan selama ini.
4. Para anggota Begundal Crew, yang selalu menyemangati dan menghibur ketika sedang kesulitan.
5. Rekan-rekan satu konsentrasi Elektronika 2013 yang selalu memberikan motivasi dan mendampingi saya selama awal pengerjaan skripsi hingga selesai.
6. Rekan-rekan satu DPU dan DPA yang selalu menemani saya berjuang mulai awal pengerjaan skripsi hingga selesai.
7. Keluarga Intel 2013 yang selalu membantu, menyemangati dan selalu mendampingi saya selama pengerjaan skripsi ini.
8. Almamater Teknik Elektro Universitas Jember.

MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.”

(QS. Al-Insyirah: 6-8)

“Barangsiapa yang keluar dalam menuntut ilmu maka ia adalah seperti berperang di jalan Allah hingga pulang.”

(H.R. Tirmidzi)

“Ketika anda akan menyerah, berfikirilah kembali mengapa anda berjuang sampai titik ini. Pada dasarnya saat ini ialah kenangan di masa depan yang dapat kita kenang”

(Intho Nurshauma Syuhri).

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama: Intho Nurshauma Syuhri

NIM : 131910201056

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul ”Robot Soccer Beroda dengan Metode *Behavior Based Control*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 04 September 2017

Yang menyatakan,

Intho Nurshauma Suhri

NIM 131910201056

SKRIPSI

ROBOT SOCCER BERODA DENGAN BEHAVIOR BASED CONTROL

Intho Nurshauma Syuhri

NIM 131910201056

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Khairul Anam, S.T., M.T., Ph. D.

Dosen Pembimbing Anggota : M. Agung Prawira N., S.T., M.,T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul ”Robot Soccer Beroda dengan Metode *Behavior Based Control*”

Telah diuji dan disahkan pada :

Hari : Senin

Tanggal : 4 September 2017

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Khairul Anam, S.T., M.T., Ph.D.

M. Agung Prawira N., S.T., M.T.

NIP 19780405 200501 1 002

NIP 19871217 201212 1 003

Anggota I,

Anggota II,

Widya Cahyadi, S.T., M.T.

Sumardi, S.T., M.T.

NIP 19851110 201404 1 001

NIP 19670113 199802 1 001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Jember,

Dr.Ir. Entin Hidayah M.U.M

NIP 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Robot Soccer Beroda dengan Metode *Behavior Based Control* : Intho Nurshauma Syuhri, 131910201056: 2017: 160 halaman: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Sepak bola merupakan salah satu olahraga terpopuler saat ini. Berlandaskan peraturan yang sederhana membuat kaum adam mengemari olahraga tersebut. Hal ini mendasari terbentuknya tim sepak bola tiap Negara bahkan tiap kota memiliki tim kebanggaan tersendiri. Seiring berkembangnya teknologi, sepak bola banyak mendapatkan perhatian salah satunya dengan membuat bola dengan teknologi mutakhir sehingga dapat membuat pemain merasa *fair*. Dewasa ini, ditemukan *goal line technology (GLT)*. *GLT* sendiri merupakan suatu terobosan untuk membantu wasit dalam menentukan ketika bola memasuki gawang. Peran wasit tetap dibutuhkan namun *GLT* hanya mengirimkan sinyal bahwa bola memasuki gawang atau hanya mendekati garis gawang. Namun beberapa kompetisi tidak menggunakan teknologi tersebut karena menilai bahwa sepak bola tidak lepas dari suatu keberuntungan sehingga peran wasit pun ditambah yaitu selain wasit dan hakim garis dibutuhkan wasit untuk melihat bola dalam keadaan sudah memasuki gawang atau belum.

Pada era modern ini, banyak peneliti yang melakukan *research* tentang *robot soccer* dimana robot memainkan bola layaknya manusia. Dengan bantuan camera robot dapat mendeteksi bola, robot dapat mengetahui keberadaanya dan tentunya menggiring dan menendang ke gawang menjadi bagian penting dalam kerja *robot soccer*. *Robot soccer* sendiri terdapat dua bentuk yaitu *humanoid robosoccer* dan berbentuk roda. Pada Panduan umum kontes robot Indonesia tahun 2016, disebutkan bahwa pada tahun 2010, Kontes Robot Cerdas Indonesia (KRCI) yang berkatagori *humanoid robosoccer* (Robot Sepak Bola) hal ini membuat lebih menarik dan membuat tantangan baru. Tidak heran pada tahun 2013 katogeri *humanoid robosoccer* dipisahkan dalam KRCI dan membentuk liga sendiri yaitu Kontes Robot Sepak Bola Indonesia (KRSBI) yang mengacu pada *RoboCup Soccer*

Humanoid League Rules and Setup 2012. Sedangkan untuk *robot soccer* beroda sendiri belum masuk dalam katagori lomba Kontes Robot Indonesia(KRI).

Robot soccer beroda akan menjadi variasi dan tantangan yang menarik bagi peserta. Hal ini mendorong pecinta robot untuk tetap berkembang. Dalam bentuk mekanik *robot soccer* beroda dinilai lebih lincah dibandingkan dengan *humanoid robosoccer* selain itu untuk *robot soccer* beroda akan lebih untuk menggiring dan untuk menendang. Suatu robot juga diperlukan perangkat yang bekerja sebagai otak pada robot itu sendiri atau yang kita kenal dengan *microcontroller*, *microcontroller* yang populer atau lebih mudah pengoprasiaanya ialah arduino.

Arduino sendiri akan menjadi *data base* untuk kontrol dari motor dan penerimaan data dari camera tersebut. Untuk proses pengambilan data *capture* lebih kita kenal sebagai pengolahan citra atau *image processing*. Dengan menggunakan CMUCAM5 dimana sangat membantu untuk proses pemrograman pada arduino. Selain itu robot diperlukan suatu kontrol yang dapat membantu kerja robot. Dengan adanya kontrol tersebut kerja motor akan bekerja lebih halus. Proses kontrol yang menggunakan prinsip sistem biologi atau yang lebih dikenal dengan *Behavioral Based Control*. *Behavior Based Control* merupakan suatu konsep yang berprinsip tentang perilaku suatu robot tersebut. Pada kontrol ini robot dapat belajar tentang perilaku perilaku yang akan diberikan. Pada akhir penelitian, data yang didapat akan dibandingkan dengan metode *finite state machine (FSM)*.

Dari penelitian yang telah dilakukan pada Lab. Listrik Dasar Universitas Jember dapat diketahui bahwa program yang diberikan kepada robot merupakan metode *Behavior Based Control* yang masih sederhana, sehingga perpindahan antar *behavior* masih kurang halus. Terlihat pada data keseluruhan terlihat sebanyak 40 kali pengujian dengan 4 skenario yang berbeda robot melakukan kesalahan dimana tidak dapat membuat gol karena bola terlalu jauh ke depan robot, kesalahan mencapai 25%. Dalam perbandingan metode dengan metode *finite state machine (FSM)* terlihat dimana presentase *fsm* sebesar 86% sedangkan *behavior based control* memiliki persentase keberhasilan total 68% masing masing dari 50 kali pengujian dengan 5 skenario yang berbeda.

SUMMARY

Robot Soccer Wheel with Behavior Based Control Metod: Intho Nurshauma Syuhri, 131910201056: 2017: 160 pages: Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Football is one of the most popular sports. Based on simple rules to make all love this sport. This underlies the formation of each country's football team even each city has its own pride team. Along with the development of technology, soccer gets a lot of attention one of them by making the ball with cutting-edge technology that can make players feel fair. Today, goal line technology (GLT) is found. GLT is a help the referee in determining when the ball enters the goal. The referee's role is still needed but GLT only sends signals that the ball enters the goal or just closer to the goal line. But some of the competition does not use the technology because it judges that football can not be separated from a luck so that the referee's role was added ie in addition to referees and line judges required the referee to see the ball in the state has entered the goal or not.

In this modern era, many researchers who do research on robot soccer where the robot plays a ball like a human. With the help of camera robot can detect the ball, the robot can know its existence and of course herded and kicked into the goal becomes an important part in the work of soccer robot. Robot soccer itself there are two forms of humanoid robosoccer and wheel-shaped. In the General guidelines of Indonesia robot contest in 2016, it was mentioned that in 2010, Kontes Robot Cerdas Indonesia (KRCI) which is categorized as humanoid robosoccer (Soccer Robot) this makes it more interesting and create new challenges. the humanoid robosoccer is separated in KRCI and establish its own league namely Kontes Robot Sepak Bola Indonesia (KRSBI) which refers to RoboCup Soccer Humanoid League Rules and Setup 2012. While for wheeled soccer wheels themselves have not been included in the category of Kontes Robot Indonesia (KRI).

The wheeled soccer robot will be an interesting variation and challenge for the participants. This encourages robot lovers to keep growing. In the form of

mechanical robot wheeled soccer assessed more agile than the humanoid robosoccer other than that for the soccer wheeled robot will be more to drible and to kick. A robot is also required a device that works as a brain on the robot itself or that we are familiar with microcontroller, microcontroller is popular or easier is arduino.

Arduino will be the data base for control of the motor and data reception from the camera. For capture data capture process we know more as image processing or image processing. Using CMUCAM5 which is very helpful for the process of processing in the arduino. In addition, the robot required a control that can help the work of robot. With the control of the motor work will work more smoothly. Control process using the principle of biological system or better known as Behavioral Based Control. Behavior Based Control is a concept that is principled about the behavior of a robot. In this control the robot can learn about the behavioral behavior to be administered. At the end of the learn, the data obtained will be compared with the finite state machine method (FSM).

From the research that has been done on Lab. Listrik Dasar of Jember University can be seen that the program given to the robot is a method of Behavior Based Control is still simple, so the movement between the behavior is still less smooth. Seen in the overall data seen as much as 40 times testing with 4 different scenarios robots make mistakes that can not make a goal because the ball is too far ahead of the robot, the error reached 25%. In comparison method with finite state machine method (FSM) it is seen that the percentage of fsm is 86% while the behavior based control has a total success percentage of 68% each from 50 test times with 5 different scenarios.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Robot Soccer Beroda dengan Metode *Behavior Based Control*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember. Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr.Ir. Entin Hidayah M.U.M selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Khairul Anam, S.T., M.T.,Ph.D. selaku dosen pembimbing utama dan Bapak M. Agung Prawira N., S.T., M.T., selaku dosen pembimbing anggota yang telah rela meluangkan waktu, pikiran serta motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Widya Cahyadi, S.T. M.T., selaku dosen penguji utama dan Bapak Sumardi, S.T., M.T., selaku dosen penguji anggota yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga sangat membantu terhadap penyempurnaan skripsi ini.
4. Bapak Samsul Bachri Masmachofari, S.T. M.MT., selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan menanamkan rasa disiplin dan tanggung jawab dengan apa yang dilakukan selama penulis menjadi mahasiswa.
5. Bapak Widya Cahyadi, S.T., M.T., selaku Komisi Bimbingan S1 yang telah membantupenulisan skripsi secara administratif.
6. Kedua orang tua tercinta, Bapak Ahmad Syuhri dan Ibu Siti Nurkhayati serta kakakku Skriptyan Noor Hidayatullah Syuhri dan adik-adikku Efront Nurtaqwim Syuhri dan Reary Nurtaqwim Syuhri atas kasih sayang, pengorbanan, dan kesabaran yang tiada tara serta doa yang selalu menyertai.

7. Rekan satu penelitian M. Binawan Satriyo yang menjadi partner dalam mengerjakan alat penelitian dan penyusunan skripsi serta bermalam di Lab. Listrik Dasar selama 5 bulan.
8. Rekan-rekan yang bermalam di Laboratorium Listrik Dasar, M. Binawan Satriyo, Dicky Hakim, Nur wahyu Utomo, Nanda Yudha K., Alexander Rafsanjani, Ekky Wahyu A., Fajar Gunawan, dengan berbagai tujuan, saya berterima kasih telah menemani, mendampingi dan tentunya selalu menyemangati.
9. Rekan Begundal Crew Dicky Hakim, Erwin Setiyandani, Edi Tri Kurniawan, Ade Firmansyah, Alex Rafsanjani, Nur Wahyu Utomo, Nanda Yudhakawira, Bagus Lintang, M. Binawan Satriyo, Ekky Wahyu Afrian, Fajar Gunawan, Diego Jaka Sundang, Nuh Firmansyah, Arif Fahmi Ubaidillah, Mirza Kurnia, Septian Dwi A., Saiful Rizky yang selama ini telah saling menguatkan satu sama lain.
10. Rekan-rekan Elektronika 2013, Alexander Rafsanjani, Mirza Kurnia, Ekky Wahyu A., Fajar Gunawan, Arif Fahmi, Dimas “brutu”, M. Binawan Satriyo, Okman N., Amirrudin, Fathor Rohman, Iqbal Nasrudin, Sofyan Ahmadi, Risky Suryadi, Fikri “singo” ardian, A. Rokhim, M. Arwani.
11. Rekan Asisten Laboratorium Listrik Dasar, Karimatun Nisa, Prayogi L, Dan Madam Ciprat.
12. Rekan-rekan Fakultas Teknik Universitas Jember khususnya rekan-rekan Teknik Elektro Angkatan 2013 yang tidak dapat disebutkan satu per satu, selama ini telah memberikan pengalaman hidup selama penulis menjadi keluarga Fakultas Teknik Universitas Jember.
13. Keluarga baru kelompok KKN 92, Lina “My Baby” Isnawati, Noval “bedes”, Bahtian F, Fitri “Ichus” R., Fachri “Tukul”, Teddy A, Rijal “Kevin”, Rofiah “Bu Kordes”. yang telah memberikan pengalaman, dukungan, dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
14. Serta seluruh pihak yang telah membantu dalam mengerjakan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demikesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 4 September 2017

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xxxii
DAFTAR LAMPIRAN	xxxiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Robot Soccer Beroda	5
2.2 Motor DC	6
2.3 Arduino Mega	8
2.4 CMUCAM5	12
2.5 Behavior Based Control	13
2.6 Liquid Crystal Display (LCD)	15
2.7 Baterai Li-Polimer	16
2.8 Solenoid DC	17

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Tempat Dan Waktu Penelitan	19
3.2 Alat dan Bahan.....	20
3.3 Metodologi Pelaksanaan Penelitian.....	21
3.4 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	22
3.4.1 Desain Robot	22
3.4.2 Desain Elektronik	24
3.5 Sistem Kendali Robot <i>Behavior Based Control</i>	25
3.5.1 <i>Behavior Based Control</i>	25
3.5.2 Bagian <i>Behavior Based Control</i>	26
3.6 <i>Flowchart</i>	28
3.7 Pengujian	30
3.8 Hasil Perancangan Alat.....	31
3.9 Kalibrasi Kamera CMUCAM 5 Pixy	35
3.10 <i>Omni-wheel Directional</i>.....	39
BAB 4. HASIL DAN PEMBASAN	43
4.1 <i>Omni-wheel Directional</i>.....	43
4.2 CMUCAM 5 Pixy	47
4.3 Pengujian Metode <i>Behavior Based Control</i>.....	79
4.3 Pengujian Keseluruhan	102
4.4 Perbandingan Hasil Pengujian	119
BAB 5. PENUTUP.....	124
5.1 Kesimpulan	124
5.2 Saran	124
DAFTAR PUSTAKA	125

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Robot Soccer Beroda</i>	5
Gambar 2.2 Motor DC	6
Gambar 2.3 Arduino Mega 2560	9
Gambar 2.4 CMUCAM5.....	12
Gambar 2.5 <i>Behavior Based Control</i>	14
Gambar 2.6 <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	16
Gambar 2.7 Baterai Li-Po	16
Gambar 2.8 Baterai Li-Po	18
Gambar 2.9 Baterai Li-Po	18
Gambar 3.1 Robot tampak atas	23
Gambar 3.2 Robot tampak pojok kiri atas	24
Gambar 3.3 Robot tampak depan.....	24
Gambar 3.4 Desain Elektronika	25
Gambar 3.5 <i>Behavior based control</i>	26
Gambar 3.6 Blok Diagram Mencari Bola	27
Gambar 3.7 Blok Diagram Mencari Gawang	27
Gambar 3.8 Blok Diagram Menggiring bola	28
Gambar 3.9 <i>Goal</i>	28
Gambar 3.10 <i>Flowchart</i>	29
Gambar 3.11 Robot tampak samping.....	31
Gambar 3.12 Robot tampak depan.....	31
Gambar 3.13 Robot tampak atas	32
Gambar 3.14 <i>LCD</i>	33
Gambar 3.15 Rangkaian Solenoid.....	33
Gambar 3.16 Solenoid keadaan <i>High</i>	34
Gambar 3.17 Solenoid keadan <i>Low</i>	34
Gambar 3.18 Lapangan sepak bola robot.....	35
Gambar 3.19 Pixymon	37
Gambar 3.20 Grafik kalibrasi sudut	39
Gambar 3.21 Pergerakan motor keadaan Maju.....	39

Gambar 3.22 Pergerakan motor keadaan kanan 1	40
Gambar 3.23 Pergerakan motor keadaan kiri 1	41
Gambar 3.24 Pergerakan motor keadaan putar kanan	41
Gambar 3.25 Pergerakan motor keadaan putar kiri	42
Gambar 3.26 Pergerakan motor keadaan putar robot	42
Gambar 4.1 Pergerakan motor keadaan Maju	43
Gambar 4.2 Pergerakan motor keadaan kanan 1	44
Gambar 4.3 Pergerakan motor keadaan kiri 1	45
Gambar 4.4 Pergerakan motor keadaan putar kanan	45
Gambar 4.5 Pergerakan motor keadaan putar kiri	46
Gambar 4.6 Pergerakan motor keadaan putar robot	47
Gambar 4.7 Blok objek bola jarak 20cm	48
Gambar 4.8 Pengambilan kamera pada jarak 20cm	49
Gambar 4.9 Grafik data jarak 20cm pada siang hari	49
Gambar 4.10 Grafik data jarak 20cm pada malam hari	50
Gambar 4.11 Blok objek jarak 40cm	51
Gambar 4.12 Pengambilan kamera pada jarak 40cm	51
Gambar 4.13 Grafik data jarak 40cm siang hari	52
Gambar 4.14 Grafik data jarak 40cm malam hari	53
Gambar 4.15 Objek jarak 60cm	53
Gambar 4.17 Pengambilan kamera pada jarak 60cm	54
Gambar 4.18 Grafik data jarak 60cm siang hari	54
Gambar 4.19 Grafik data jarak 60cm malam hari	55
Gambar 4.20 Pengambilan kamera pada sudut 0°	56
Gambar 4.21 Pengambilan kamera pada sudut 0°	56
Gambar 4.22 Grafik data sudut 0° siang hari	57
Gambar 4.23 Grafik data sudut 0° malam hari	58
Gambar 4.24 Pengambilan kamera pada sudut 10°	58
Gambar 4.25 Pengambilan kamera pada sudut 10°	59
Gambar 4.26 Grafik data sudut 10° siang hari	60
Gambar 4.27 Grafik data sudut 10° malam hari	60

Gambar 4.28 Pembacaan Kamera pada Sudut -10°	61
Gambar 4.29 Pembacaan Kamera pada Sudut -10°	61
Gambar 4.30 Grafik Data sudut -10° siang hari.....	62
Gambar 4.31 Grafik Data sudut -10° malam hari.....	63
Gambar 4.32 Pembilan Kamera pada Sudut 20°	63
Gambar 4.33 Pembilan Kamera pada Sudut 20°	64
Gambar 4.34 Grafik data sudut 20° pada siang hari.....	65
Gambar 4.35 Grafik data sudut 20° pada malam hari	65
Gambar 4.36 Pengambilan kamera pada sudut -20°	66
Gambar 4.37 Pengambilan kamera pada sudut -20°	66
Gambar 4.38 Grafik Data Sudut -20° pada siang hari.....	67
Gambar 4.39 Grafik Data Sudut -20° pada malam hari	68
Gambar 4.40 Pengambilan Kamera Sudut 30°	69
Gambar 4.41 Pengambilan Kamera Sudut 30°	69
Gambar 4.42 Grafik Data Sudut 30° pada siang hari	70
Gambar 4.43 Grafik Data Sudut 30° pada malam hari.....	71
Gambar 4.44 Pengambilan Kamera pada sudut -30°	71
Gambar 4.45 Pengambilan Kamera pada sudut -30°	72
Gambar 4.46 Grafik Data Sudut -30° siang hari	73
Gambar 4.47 Grafik Data Sudut -30° malam hari.....	73
Gambar 4.48 Pengambilan Kamera pada Sudut 40°	74
Gambar 4.49 Pengambilan Kamera pada Sudut 40°	74
Gambar 4.50 Grafik data sudut 40° pada siang hari.....	75
Gambar 4.51 Grafik data sudut 40° pada malam hari	76
Gambar 4.52 Pengambilan Kamera Pada Sudut -40°	77
Gambar 4.53 Pengambilan Kamera Pada Sudut -40°	77
Gambar 4.54 Grafik Data Sudut -40° pada siang hari.....	78
Gambar 4.55 Grafik Data Sudut -40° pada malam hari	78
Gambar 4.56 Posisi bola berada di samping kiri robot	82
Gambar 4.57 Trayektori robot.....	83
Gambar 4.58 Posisi bola berada di belakang robot.....	84

Gambar 4.59 Trayektori robot.....	84
Gambar 4.60 Posisi bola berada di samping kanan robot	85
Gambar 4.61 Trayektori robot.....	86
Gambar 4.62 Posisi bola berada di depan robot.....	86
Gambar 4.63 Trayektori robot.....	87
Gambar 4.64 Robot berada pada posisi kiri lapangan.....	88
Gambar 4.65 Trayektori robot.....	89
Gambar 4.66 Robot berada pada posisi tengah lapangan	90
Gambar 4.67 Trayektori robot.....	91
Gambar 4.68 Robot berada pada posisi kanan lapangan.....	91
Gambar 4.69 Trayektori robot.....	92
Gambar 4.70 Keadaan robot di samping kanan gawang.....	93
Gambar 4.71 Trayektori robot.....	94
Gambar 4.72 Keadaan robot di depan gawang	94
Gambar 4.73 Trayektori robot.....	95
Gambar 4.74 Keadaan robot di samping kiri gawang.....	95
Gambar 4.75 Trayektori robot.....	96
Gambar 4.76 Keadaan robot di belakang gawang	96
Gambar 4.77 Trayektori robot.....	97
Gambar 4.78 Samping kiri lapangan.....	98
Gambar 4.79 Trayektori robot.....	99
Gambar 4.80 Tengah lapangan	100
Gambar 4.81 Trayektori robot.....	100
Gambar 4.82 Samping kanan lapangan.....	101
Gambar 4.83 Trayektori robot.....	102
Gambar 4.84 Robot berada di tengah lapangan	105
Gambar 4.85 Trayektori robot ketika berhasil	106
Gambar 4.86 Trayektori robot ketika gagal	106
Gambar 4.87 robot berada didepan gawang merah.....	108
Gambar 4.88 Trayektori robot ketika berhasil	109
Gambar 4.89 Trayektori robot ketika gagal	109

Gambar 4.90 Robot berada di samping kiri gawang.....	111
Gambar 4.91 Trayektori robot ketika berhasil	112
Gambar 4.92 Trayektori robot ketika gagal	112
Gambar 4.93 Robot mencari bola yang akan digunakan	114
Gambar 4.94 Trayektori robot ketika berhasil	115
Gambar 4.95 Trayektori robot ketika gagal	115
Gambar 4.96 Robot berada di tengah lapangan	117
Gambar 4.97 Trayektori robot ketika berhasil	118
Gambar 4.98 Trayektori robot ketika gagal	118
Gambar 4.99 Grafik perbandingan pengujian robot di tengah lapangan	120
Gambar 4.100 Grafik perbandingan pengujian robot di depan lapangan	122
Gambar 4.101 Grafik perbandingan pengujian robot di sisi kanan lapangan	123
Gambar 4.102 Grafik perbandingan pengujian gangguan berupa bola.....	125
Gambar 4.103 Grafik perbandingan pengujian menggiring bola.....	126
Gambar 4.104 Grafik perbandingan metode berdasarkan rata-rata waktu	128

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Deskripsi motor DC	7
Tabel 2.2 Deskripsi Arduino Mega 2560	10
Tabel 2.3 Deskripsi CMUCAM5	13
Tabel 2.4 Deskripsi Baterai Li-Po.....	17
Tabel 2.5 Spesifikasi Solenoid.....	19
Tabel 3.1 Rencana Kegiatan Skripsi	20
Tabel 4.1 Pengujian Metode <i>Behavior Based Control</i>	79
Tabel 4.2 Pengujian Metode <i>Behavior Based Control</i>	102
Tabel 4.3 Data pengujian di tengah lapangan	108
Tabel 4.4 Data pengujian di depan gawang merah	111
Tabel 4.5 Data pengujian di samping kanan lapangan.....	114
Tabel 4.6 Data pengujian gangguan berupa bola	117
Tabel 4.7 Data pengujian menggiring bola	120
Tabel 4.8 Data Perbandingan pengujian di tengah lapangan	121
Tabel 4.9 Data Perbandingan pengujian di depan gawang	121
Tabel 4.10 Data Perbandingan pengujian di samping kanan lapangan.....	122
Tabel 4.11 Data Perbandingan pengujian gangguan bola.....	123
Tabel 4.12 Data Perbandingan pengujian menggiring bola	123

DAFTAR LAMPIRAN

A. Data Kalibrasi.....	127
Tabel A.1 Data kalibrasi jarak 20cm siang hari.....	127
Tabel A.2 Data kalibrasi jarak 20cm malam hari	127
Tabel A.3 Data kalibrasi jarak 40cm siang hari.....	128
Tabel A.4 Data kalibrasi jarak 40cm malam hari	129
Tabel A.5 Data kalibrasi jarak 60cm siang hari.....	129
Tabel A.6 Data kalibrasi jarak 60cm malam hari	130
Tabel A.7 Kalibrasi sudut 0° ketika siang hari.....	131
Tabel A.8 Kalibrasi sudut 0° ketika malam hari	131
Tabel A.9 Kalibrasi sudut -10° ketika siang hari	132
Tabel A.10 Kalibrasi sudut -10° ketika malam hari.....	132
Tabel A.11 Kalibrasi sudut 10° ketika siang hari.....	133
Tabel A.12 Kalibrasi sudut 10° ketika malam hari	133
Tabel A.13 Kalibrasi sudut -20° ketika siang hari	134
Tabel A.14 Kalibrasi sudut -20° ketika malam hari.....	134
Tabel A.15 Kalibrasi sudut 20° ketika siang hari.....	135
Tabel A.16 Kalibrasi sudut 20° ketika malam hari	135
Tabel A.17 Kalibrasi sudut -30° ketika siang hari	136
Tabel A.18 Kalibrasi sudut -30° ketika malam hari.....	137
Tabel A.19 Kalibrasi sudut 30° ketika siang hari.....	137
Tabel A.20 Kalibrasi sudut 30° ketika malam hari	138
Tabel A.21 Kalibrasi sudut -40° ketika siang hari	138
Tabel A.22 Kalibrasi sudut -40° ketika malam hari.....	139
Tabel A.23 Kalibrasi sudut 40° ketika siang hari.....	140
Tabel A.24 Kalibrasi sudut 40° ketika malam hari	140
B. Listing Program	141

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sepak bola merupakan salah satu olahraga terpopuler saat ini. Berlandaskan peraturan yang sederhana membuat kaum adam mengemari olahraga tersebut. Hal ini mendasari terbentuknya tim sepak bola tiap Negara bahkan tiap kota memiliki tim kebanggaan tersendiri. Berkiblat dari Negara Brazil yang menjadi salah satu Negara terpopuler sepak bolanya. Website media sosial pada tahun 2014, Facebook mencatat sekitar 53,3 juta jiwa warga Brazil menggemari sepak bola. Selain itu di posisi kedua diduduki Amerika serikat yang mencapai 48,9 juta jiwa. Suatu kebanggaan tersendiri Negara Indonesia menduduki peringkat ketiga dengan jumlah 24,3 juta jiwa. Terlepas dari kompetisi 4 tahun sekali yang bertajuk piala dunia tak heran bahwa brazil mencatat prestasi gemilang dengan menjuarai piala dunia sebanyak 5 kali.

Seiring berkembangnya teknologi, sepak bola banyak mendapatkan perhatian salah satunya dengan membuat bola dengan teknologi mutakhir sehingga dapat membuat pemain merasa *fair*. Tidak berhenti begitu saja tim sepak bola Borussia Dortmund menggunakan teknologi untuk meningkatkan kinerja tim. Dewasa ini, ditemukan *goal line technology (GLT)*. *GLT* sendiri merupakan suatu terobosan untuk membantu wasit dalam menentukan ketika bola memasuki gawang. Peran wasit tetap dibutuhkan namun *GLT* hanya mengirimkan sinyal bahwa bola memasuki gawang atau hanya mendekati garis gawang. Namun beberapa kompetisi tidak menggunakan teknologi tersebut karena menilai bahwa sepak bola tidak lepas dari suatu keberuntungan sehingga peran wasit pun ditambah yaitu selain wasit dan hakim garis dibutuhkan wasit untuk melihat bola dalam keadaan sudah memasuki gawang atau belum.

Pada era modern ini, banyak peneliti yang melakukan *research* tentang *robot soccer* dimana robot memainkan bola layaknya manusia. Dengan bantuan camera robot dapat mendeteksi bola, robot dapat mengetahui keberadaanya dan tentunya menggiring dan menendang ke gawang menjadi bagian penting dalam kerja *robot soccer*. *Robot soccer* sendiri terdapat dua bentuk yaitu *humanoid robosoccer* dan

berbentuk roda. Pada Panduan umum kontes robot Indonesia tahun 2016, disebutkan bahwa pada tahun 2010, Kontes Robot Cerdas Indonesia (KRCI) yang berkategori *humanoid robosoccer* (Robot Sepak Bola) hal ini membuat lebih menarik dan membuat tantangan baru. Tidak heran pada tahun 2013 katogeri *humanoid robosoccer* dipisahkan dalam KRCI dan membentuk liga sendiri yaitu Kontes Robot Sepak Bola Indonesia (KRSBI) yang mengacu pada *RoboCup Soccer Humanoid League Rules and Setup 2012*. Sedangkan untuk *robot soccer* beroda sendiri belum masuk dalam katagori lomba Kontes Robot Indonesia(KRI).

Robot soccer beroda akan menjadi variasi dan tantangan yang menarik bagi peserta. Hal ini mendorong pecinta robot untuk tetap berkembang. Dalam bentuk mekanik *robot soccer* beroda dinilai lebih lincah dibandingkan dengan *humanoid robosoccer* selain itu untuk *robot soccer* beroda akan lebih untuk menggiring dan untuk menendang. Suatu robot juga diperlukan perangkat yang bekerja sebagai otak pada robot itu sendiri atau yang kita kenal dengan *microcontroller*, *microcontroller* yang populer atau lebih mudah pengoprasiaanya ialah arduino. Arduino sendiri akan menjadi *data base* untuk kontrol dari motor dan penerimaan data dari camera tersebut. Untuk proses pengambilan data *capture* lebih kita kenal sebagai pengolahan citra atau *image processing*. Dengan menggunakan CMUCAM5 dimana sangat membantu untuk proses pemrograman pada arduino. Selain itu robot diperlukan suatu kontrol yang dapat membantu kerja robot. Dengan adanya kontrol tersebut kerja motor akan bekerja lebih halus. Proses kontrol yang menggunakan prinsip sistem biologi atau yang lebih dikenal dengan *Behavioral Based Control*. *Behavior Based Control* merupakan suatu konsep yang berprinsip tentang perilaku suatu robot tersebut. Pada kontrol ini robot dapat belajar tentang perilaku perilaku yang akan diberikan.

Dengan begitu, diharapkan dengan adanya suatu penelitian tetang *Robot soccer* beroda dengan *behavior based control* berbasis *microcontroller* arduino dengan *behavior based control*, hal ini bertujuan untuk memahami perilaku robot dan tentunya robot dapat belajar tentang keadaan yang ada.

1.2 Rumusan Masalah

Bedasarkan uraian latar belakang tersebut, maka dapat diambil beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana metode dan proses kontrol *Behavior based control*?
2. Bagaimana kerja *Robot soccer* beroda dengan *Behavior based control*?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai ialah :

1. Memahami serta mengetahui metode dan proses kontrol *behavior based control*.
2. Memahami dan mengetahui konsep dasar kerja *Robot soccer* beroda dengan *Behavior based control*.

1.4 Batasan Masalah

Bedasarkan masalah yang ada, diperlukan adanya batasan permasalahan yang nantinya akan fokus kepada masalah tersebut. Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini ialah:

1. Sensor yang digunakan pada rancangan ini yaitu sensor CMUCAM5,
2. Melihat bola menggunakan CMUCAM pixy yang hanya mendeteksi satu warna,
3. Tidak membahas *image processing* secara mendetail,
4. Tidak dapat menghindari halangan,
5. Robot sepak bola beroda hanya melakukan tindakan memindai bola, mengejar bola, dan menendang bola hingga membuat gol,
6. Lapangan sepakbola berwarna hijau dengan ukuran panjang 3m, lebar 2m dengan bahan banner,
7. Gawang berwarna merah dan biru, berukuran lebar 50mm dengan tinggi 30mm,
8. Bola yang digunakan adalah bola tenis berwarna orange dengan ukuran 40 mm,
9. Robot tidak menggunakan komunikasi dengan robot lain, hanya dengan menggunakan sensor kamera yang ada dibadan robot,
10. Tidak membahas tentang pengaturan 3 roda *omni*,
11. Mikrokontroler yang digunakan ialah Arduino Mega 2560,

12. Robot tidak dapat mendeteksi batas lapangan yang ada,
13. Robot hanya mendeteksi 3 warna, bola, gawang biru, dan gawang merah.
14. Pada CMUCAM hanya dapat mendeteksi sudut horizontal 75 dan vertikal 49 derajat.
15. Pemasangan kamera mempunyai posisi terbalik dengan begitu sudut negatif terdapat di sebelah kanan robot berlaku sebaliknya.
16. Pengujian hanya dilakukan di Laboratorium listrik dasar, Universitas Jember. Pengujian dilakukan dengan kondisi cahaya 1213lux ketika siang hari dan 113 lux ketika malam hari.
17. Robot tidak dapat mendeteksi bola masuk atau tidak masuk dengan gawang.
18. Gawang pada lapangan menggunakan blok warna biru dan merah, tidak berbentuk gawang sesungguhnya.
19. Metode *Behavior based control* yang digunakan merupakan metode *basic* atau sederhana dalam pengambilan keputusan *coordinator*.

1.5 Manfaat

Dari pembuatan proyek akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

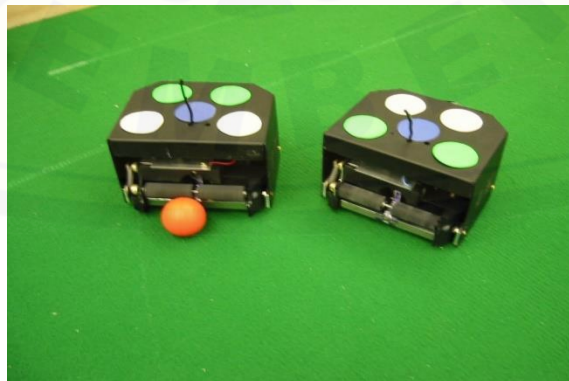
1. Dapat menjadi masukan untuk menggunakan metode ini dalam pembuatan robot,
2. Proyek akhir ini juga mampu digunakan sebagai referensi untuk pengembangan maupun pembuatan proyek akhir selanjutnya,
3. Analisis ini dapat digunakan sebagai pembanding dengan metode lain untuk robot sepak bola.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Robot Soccer Beroda

Robot soccer atau yang kita kenal dengan sebutan robot sepak bola. Robot sepak bola memiliki tugas layaknya manusia dalam bermain sepak bola. Robot tersebut dapat mencari bola, menggiring bola dan tentunya dapat menendang gawang. Bermula pada *paper* yang ditulis oleh Alan K. Mackworth 1992, “*On seeing Robots*” yang menjelaskan tentang konsep *Artificial Intelligence* yang diberikan pada robot agar dapat melakukan permainan sepak bola.

Dengan perkembangan yang sangat pesat tentunya terdapat penelitian yang pesat pada robot sepak bola. Bermula dari pengendalian mengambil bola dengan menggunakan metode *Evolutionary Artificial Potential Field*, dimana Fernando Ardilla selaku penulis mengemukakan bahwa pada saat mencari sudut, jarak dan menghindari halangan dapat berjalan baik namun tidak dapat menuju bola bila bola tepat dibelakang dua robot musuh. Hal tersebut membuktikan bahwa perhitungan pada sensor camera dapat berjalan sesuai harapan namun diperlukan suatu kamera yang memiliki pixel besar agar ketika bola jauh dari robot dapat tertangkap lebih jelas, karena ketika jauh gambar akan berubah tak beraturan. Selain itu Bo li 2000, selaku penulis “*A real-time visual tracking system in the Robot Soccer domain*” menjelaskan tentang Sistem *visual tracking*. Sistem *visual tracking* sendiri adalah bagian penting dari seluruh sistem. Hal ini membuat camera menjadi hal yang termasuk penting dalam robot sepak bola.



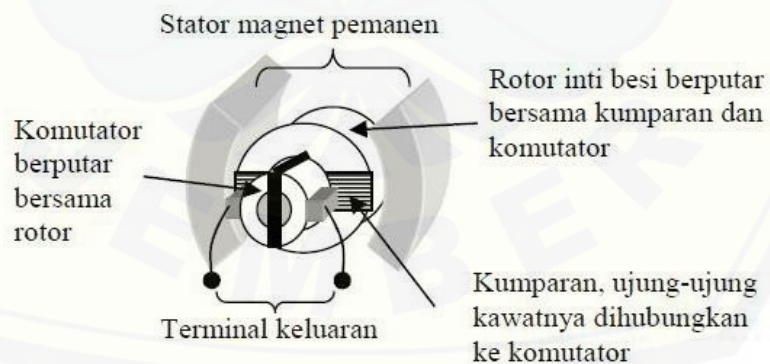
Gambar 2.1 Robot Soccer (Sumber www.youtube.com,2010)

2.2 Motor DC

Motor DC merupakan salah satu aktuator penting dalam dunia robot. Motor DC sebagai penggerak utama untuk menjalankan program dalam robot. Motor sendiri dibagi menjadi berbagai jenis, motor dc termasuk dalam motor yang diberi tegangan DC. Pada dasarnya bukan hanya motor DC yang digunakan untuk tegangan DC.

Pada laman yang termuat pada elektronika-dasar.web.id 2012, menjelaskan bahwa Motor DC memerlukan suplai tegangan arus searah untuk memicu kumparan sehingga diubah menjadi gerak mekanik. Pada motor DC dibagi menjadi dua bagian yaitu stator dan rotor. Stator ialah bagian yang tetap atau yang kita kenal sebagai rumah dari medan magnet, sedangkan untuk rotor sendiri ialah termasuk bagian yang dapat berputar.

Motor DC memiliki suatu prinsip dasar. Prinsip dasar itu sendiri seperti yang dikemukakan oleh Andi Nalwan 2012, pada buku yang berjudul “Teknik rancang bangun robot” bahwa arus yang diberikan oleh suplai menimbulkan pergerakan sehingga arus mengalir menuju kumparan yang membuat pergerakan pada kumparan. Arus pada kumparan menimbulkan polaritas dimana pergerakan menuju kutub pada magnet. Proses tersebut berulang-ulang sehingga rotor bergerak kontinyu. Polaritas dari tegangan akan juga mempengaruhi gerak dari motor tersebut.



Gambar 2.2 Motor DC (*Sumber elektronika-dasar.web.id, 2013*)

Motor DC memiliki karakteristik yang berbeda tergantung motor DC yang dibutuhkan. Motor DC yang 6-12V dengan *gear box* memiliki input tegangan antara 6-12V. Untuk arus yang dibutuhkan minimal 70 mA mencapai 250 mA, untuk

kecepatan dengan satuan Radian per Menit mencapai 170 RPM sedangkan torsi sebesar 0,8Kg. Pada motor DC memiliki rasio gir antara 1:48, untuk berat motor DC mencapai 13,6g (tergantung bentuk motor DC). Dimensi motor antara lain 22.8 x 12.2 x 28 mm. Berikut data lengkap spesifikasi motor DC :

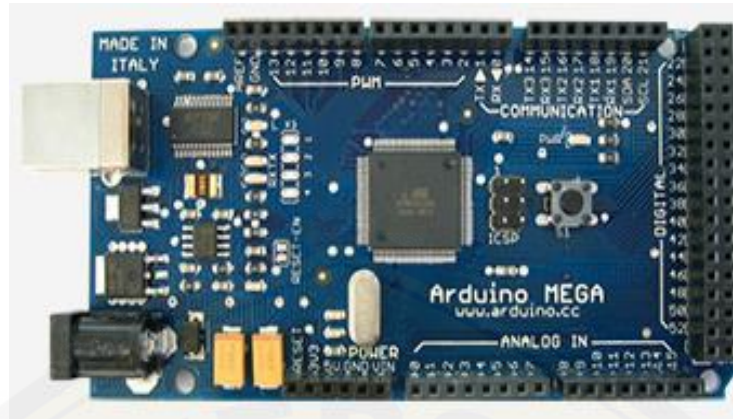
Tabel 2.1 Deskripsi motor DC

<i>Device</i>	Keterangan
Motor DC	Motor DC 6-12V dengan gearbox
Tegangan	6-12V
Arus	70 mA (typical) - 250 mA (max)
Kecepatan	hingga 170 RPM
Torsi	0.8 Kg
Rasio gir	1:48
Berat	13.6g
Sudut Rotasi	180 degrees
Tegangan Operasi	4,8V
Dimensi	22.8 x 12.2 x 28 mm

(Sumber : www.tokopedia.com, 2016)

2.3 Arduino Mega

Arduino suatu perangkat keras yang merupakan mikrokontroler, mikrokontroler sendiri ialah sebuah perangkat keras yang dapat mengontrol suatu rangkaian dimana terdapat suatu memori, I/O, dan tentunya unit pendukung seperti Digital to Analog Converter (DAC) dan Analog to Digital Converter. Sedangkan definisi Arduino sendiri seperti yang di muat dalam id.wikipedia.org bahwa arduino bersifat *open source* dimana untuk memudahkan pengguna elektronik. Arduino mempunyai tampilan *hardware* yang sangat membantu pengguna hanya dengan memasukan kabel jumper ke arduino sesuai pin yang dibutuhkan, dari segi bahasa pemrograman juga terbilang umum dimana memiliki kemiripan *syntax* dengan bahasa C. Mengingat bahwa sifat arduino yang terbuka.



Gambar 2.3 Arduino Mega (*Sumber: <http://www.caratekno.com>, 2016*)

Arduino memiliki beberapa jenis mulai dari yang tercanggih hingga yang terkecil, macam-macam arduino ialah arduino uno, arduino due, arduino mega, arduino leonardo, arduino fio, arduino lilypad, arduino nano, arduino mini, arduino micro, arduino ethernet, arduino esp8266, arduino robot. Untuk arduino mega seperti yang dilansir ecadio.com mengemukakan bahwa arduino mega menggunakan memiliki pin I/O yang cukup banyak, sebesar 54 pin digital, termasuk pin *Pulse Width Modulation* (PWM) sebesar 15 buah. Sedangkan untuk analog sebesar 16 pin dan untuk sisanya yaitu 4 pin berfungsi sebagai serial port *hardware* (UART). Untuk unit pendukungnya Arduino mega difasilitasi dengan oscillator sebesar 16 Mhz, port USB dengan jumlah satu, sumber tegangan DC, ICSP header dan tombol reset. Berkaca dari mikrokontroler lainnya board arduino mega terbilang sangat lengkap dan penggunaannya yang sederhana, hanya menghubungkan power USB ke computer atau untuk dihubungkan melalui adaptor AC atau DC ke jack DC.

Tabel 2.2 Deskripsi Arduino Mega2560

<i>Device</i>	Keterangan
Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan Operasi	5V
<i>Input Voltage (Recommended)</i>	7-12V
<i>Input Voltage (Limit)</i>	6-20V
Pin Digital I/O	54(15 Pin <i>output</i> PWM)
Pin <i>Input</i> Analog	16 Pin
Arus DC per pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50mA
Flash Memory	256 KB (8 KB untuk bootloader)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 Mhz

(Sumber : www.arduino.cc, 2016)

Pada Arduino ATmega2560 terdapat *range* suplai *input* tegangan yaitu antara 7V sampai 12V. Untuk batasan tegangan dimana ketika Arduino diberi tegangan kurang dari 7V akan mengakibatkan pin 5V pada arduino akan bernilai kurang dari 5V dengan begitu membuat *output* tegangan 5V tidak stabil, Sedangkan untuk tegangan melebihi 12V membuat komponen pengamanan atau regulator dapat mengalami *over* sehingga menimbulkan panas dan berakibat kerusakan pada *input* tegangan. Terdapat beberapa pin tegangan yang tersedia pada Arduino antara lain, Pin 5V dimana pin tersebut mengeluarkan tegangan regulator 5V karena regulator tersebut yang mengatur tegangan tersebut. Selanjutnya pin 3V3 ialah pin yang mengeluarkan tegangan menghasilkan 3,3 V dan untuk arus sendiri memiliki batas maksimal 50mA. Kemudian untuk pin VIN ialah *input* tegangan arduino menggunakan daya eksternal, atau jika memasok tegangan melalui *jack power*, dapat diakses melalui tegangan yang ada pada pin ini. Selanjutnya GND atau Ground ialah pin ground atau massa. Sedangkan untuk IOREF berfungsi sebagai pemberi tegangan

refrensi yang beroperasi pada mikrokontroler. Untuk tegangan refrensi itu sendiri dapat memilih antara 5V atau 3,3V.

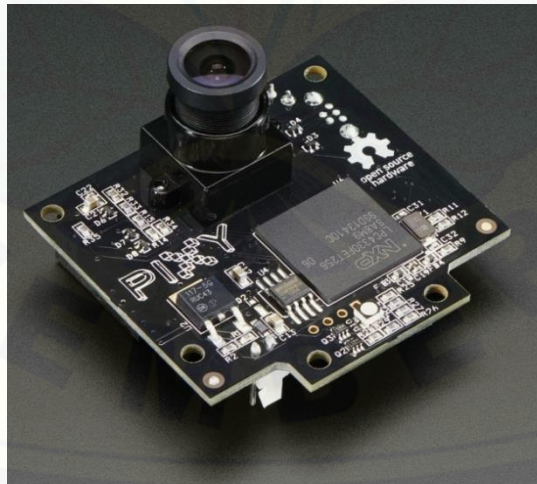
Pada Arduino Mega memiliki *input* dan *output*, dimana pada pemrogramana menggunakan *syntax* fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. Pada pin-pin yang ada dalam arduino memiliki fungsi berivariasi antara lain :

- A. *Serial* : Pada serial ini terdapat RX dan TX, untuk RX berfungsi sebagai pin menerima dan untuk TX sebagai mengirimkan. Pin 0, Pin 19, pin 17, dan Pin 15 ialah RX. Sedangkan untuk TX pada Pin 1, 18, 16, dan 14.
- B. *Eksternal Interupsi* : Pin 2 (*interrupt 0*), pin 3 (*interrupt 1*), pin 21(*interrupt 2*), pin 20 (*interrupt 3*), pin 19 (*interrupt 4*), dan pin 18 (*interrupt 5*). Fungsi dari pin tersebut ialah untuk memicu suatu interupsi dari yang rendah, meningkat ata menurun.
- C. *SPI* : SPI atau *Serial Peripheral Interface* dimana pin yang mendukung komunkasi SPI antara lain, Pin 50 (MISO), pin 51 (MOSI) pin 52 (SCK), dan pin 53 (SS).
- D. *LED* : *LED* atau *Light Emiting Dioede* ialah pin 13 yang sudah tersedia secara *built-in*.
- E. *TWI* : Pin yang mendukung komunkiasi TWI menggunakan *Wire*, Pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL).
- F. *AREF* : Tegangan Referensi untuk *input* analog. Digunakan pada *syntax* fungsi *analogRefrence()*.
- G. *Reset* : Dimana *Reset* berfungsi untuk *booting* ulang, dengan menjalaankan *loop* dari awal.

(Sumber : www.arduino.cc,2016)

2.4 CMUCAM 5

CMUCAM 5 merupakan suatu *device* yang mengolah citra. Sensor tersebut dapat membantu robot untuk *tracking* menjadi lebih mudah. CMUCAM 5 memiliki spesifikasi lebih ringan dengan begitu mikrokontroler tidak dibebani dalam proses pembacaan data. Pada CMUCAM 5 jalur komunikasi dapat dilakukan dengan berbagai jalur data mulai dari UART *serial*, *I2C*, *SPI*, *digital out* dan *analog out*. Untuk tingkat lebih tinggi CMUCAM 5 sendiri mampu untuk belajar mendeteksi obyek yang diajarkan terlebih dapat mengingat tujuh perbedaan warna dimana mempunyai arti bahwa 7 obyek yang berbeda menggunakan warna yang berbeda pula. Untuk kemampuan lebih CMUCAM5 yaitu dengan 50 frames per second dimana mempunyai arti bahwa setiap 20ms CMUCAM5 akan melakukan pengambilan gambar. Dengan begitu sensor tersebut mampu menandai bola yang jatuh. Terlebih pada aplikasi PixyMon dapat dijalankan pada *Original System* (OS) yang berbeda beda antara lain Windows, MacOS dan Linux. Dengan begitu memudahkan untuk memproses video, selain itu konfigurasi terbilang mudah dimana komunikasi menggunakan kabel mini USB.



Gambar 2.4 CMUCAM5 (*sumber : www.adafruit.com, 2016*)

Tabel 2.3 Deskripsi CMUCAM5

<i>Device</i>	Keterangan
<i>Processor</i>	NXP LPC4330 204Mhz Dual Core
<i>Image Sensor</i>	Omnivision OV9715 1/4" 1280X800
<i>Lens field of View</i>	75 derajat Horizontal 47 derajat Vertical
<i>Lens Type</i>	Standard M12(dengan perbedaan tipe yang disediakan)
<i>Power Consumption</i>	140mA
<i>Power Input</i>	USB Input (5V) Unregulated Input (6V sampai 10)
<i>RAM</i>	264Kb
<i>Flash</i>	1Mb
<i>Data Outputs</i>	UART serial, SPI, I2C, USB, Digital dan Analog
<i>Dimensi</i>	2.1" x 2.0" x 1.4
<i>Berat</i>	27gr

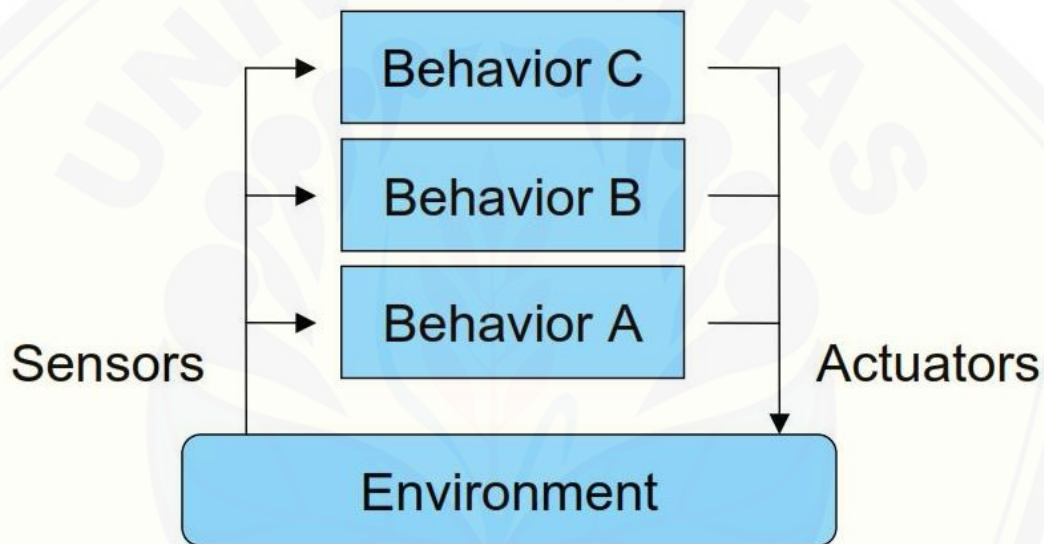
(Sumber : cmucam.org/projects/cmucam5, 2015)

2.5 Behavior Based Control

Behavior Based Control merupakan suatu sistem yang berbasis perilaku. Seperti yang di muat oleh Wikipedia.org, dimana program dalam *behavior based control* tidak menggunakan representasi yang jelas ketika tiap detail perilaku robot dimasukkan dalam program. Namun untuk jenis control ini mengumpulkan semua informasi dan sensor, dengan begitu tiap-tiap tahap memiliki program sendiri

sehingga nantinya dikumpulkan menjadi satu kesatuan dan berjalan bertahap menurut perubahan di lingkungan terdekat.

Dalam buku yang ditulis oleh Brooks, Rodney A., 1991, menjelaskan bahwa *behavior based robots* sering menampilkan tindakan biologis muncul pada tiap-tiap tahap komputasi, hal ini dapat berdampak pada mengulangi tahap tersebut sehingga robot menjadi bingung. Namun terdapat suatu keuletan dimana program pada tahap tersebut diulang berkali-kali. Dengan begitu munculnya suatu *Artificial Intelligent* pada robot tersebut.



Gambar 2.5 *Behavior Based Control* (Sumber: Cristopher Batten,2005)

Pada gambar 2.5 terlihat bahwa sensor sebagai masukan menuju *environment* dengan begitu *environment* memiliki suatu tahap permasalahan. Tahapan tersebut sudah disusun sesuai dengan langkah kerja dari suatu robot tersebut. Ketika sensor memiliki besaran nilai maka *environment* melihat apakah tahap pertama atau tahap A berhasil, apabila belum maka *environment* akan menjalankan tahap pertama dengan langsung menuju aktuator. Pada saat tahap pertama terpenuhi maka *environment* akan menjalankan tahapan selanjutnya dengan masukan sensor dan keluaran berupa aktuator, sama seperti tahapan pertama ketika belum terpenuhi maka program akan

menjalankan terus hal ini berlaku pada tahap tahap selanjutnya. Pada kontrol ini tentu memiliki suatu kelebihan dan kekurangan, terlihat kekurangan pada kontrol ini ialah sangat sulit untuk melihat apa yang akan dilakukan oleh robot selain itu tidak ada jaminan bahwa ketika *running* tidak hanya itu *bug* akan selalu menghampiri dan akan sulit dipecahkan. Namun untuk kelebihan dari kontrol ini ialah pembuatan modul atau tahapan mudah dan kinerja yang dilakukan robot terlihat alami atau tidak kaku.

2.6 Liquid Crystal Display (LCD)

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan komponen elektronika yang dapat menampilkan karakter huruf maupun angka. Halaman elektronika-dasar.web.id mengemukakan bahwa, LCD dibuat dengan teknologi CMOS logic dimana bekerja dengan memantulkan cahaya yang ada disekelilingnya. Modul LCD membutuhkan mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan. Dalam LCD terdapat beberapa bagian antara lain :

A. DDRAM (*Display Data Random Access Memory*)

DDRAM merupakan memori yang terdapat dalam LCD. Data yang disimpan dalam DDRAM ialah karakter yang akan ditampilkan berada.

B. CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*)

CGRAM merupakan memori dari karakter yang bentuk dari karakter dapat diubah-ubah.

C. CGROM (*Character Generator Read Only Memory*)

CGROM merupakan memori dari karakter yang sudah ditentukan oleh pabrikan LCD.

LCD memiliki pin kaki atau jalur yang menghubungkan suatu LCD ke mikro antara lain, pin data dimana pin tersebut memberikan data karakter yang akan ditampilkan, selanjutnya pin RS yang berguna sebagai indikator data masuk. Pin R/W berguna sebagai pembaca sedangkan pin *enable* berguna untuk memang data, dan pin VLCD mengatur kecerahan tampilan.



Gambar 2.6 *Liquid Crystal Display (LCD)* (Sumber : *elektronika-dasar.web.id*,2013)

2.7 Baterai Li-Polimer

Baterai Li-Po merupakan baterai yang menggunakan bahan polimer kering berbentuk lapisan film tipis. Lapisan film tersebut disusun berlapis-lapis diantara anoda dan katoda sehingga baterai ini dapat dibentuk besar maupun kecil sehingga dapat lebih ringkas dalam pembuatan robot.



Gambar 2.7 Baterai Li-Po (Sumber : <http://www.musbikhin.com> , 2016)

Pemakaian baterai Li-Po ini memiliki beberapa tipe, namun tipe berikut memiliki tegangan 11.1V. Untuk kapasitas baterai mencapai 2200mAh dengan dimensi 102.5 x 34 x 21 mm dan berat mencapai 150gr. Berikut data lengkap spesifikasi baterai Li-po 11.1V.

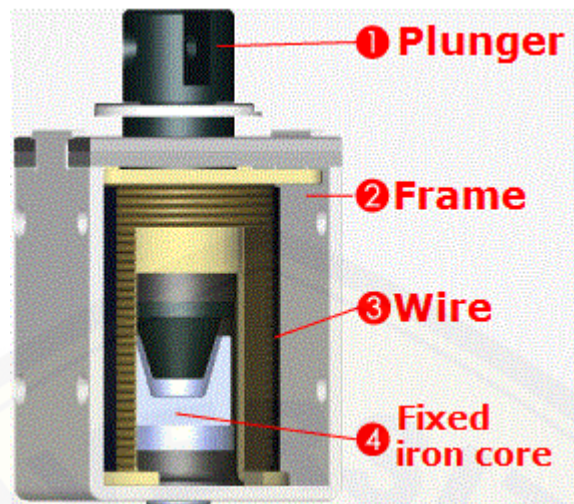
Tabel 2.4 Deskripsi baterai Li-Po

<i>Device</i>	Keterangan
<i>Battery Type</i>	<i>Lithium Polymer (LiPo Battery)</i>
Volts	11.1V
Kapasitas	2200mAh
Dimensi	102.5 x 34 x 21 mm
Berat	150g

(Sumber : www.tokopedia.com,2016)

2.8 Solenoid DC

Solenoid DC adalah perangkat elektronik yang terdapat medan elektromagnetik melalui lilitan kawat tembaga untuk menarik magnet dan menggerakkan mata besi. Prinsip kerja ketika arus mengalir melalui kawat tembaga, besi akan tertarik ke dalam kawat. Ketika listrik berhenti, daya tarik berhenti sehingga mata besi terdorong keuar. Solenoid sendiri terbagi menjadi beberapa bagian yaitu : plunger yaitu bagian solenoid yang melontarkan mata besi, ketika medan magnet dipancarkan akan tertarik ke dalam, frame adalah bagian substansi magnetik paling luar, wire adalah bagian utama dari solenoid yang memancarkan medan magnet ketika arus mengalir pada lilitan kawat tembaga, dan Fixed Iron Core yang ketika digunakan untuk menarik besi bergerak sepanjang fluks magnetik. (Tahaka Kiko, 2016)



Gambar 2.8 Bagian Solenoid (Sumber : www.solenoid-japan.com, 2016)

Solenoid pada pembuatan robot sepak bola beroda ini digunakan untuk menendang bola. Berikut ini adalah gambar dan spesifikasi solenoid yang akan dipakai untuk pembuatan robot sepak bola beroda :



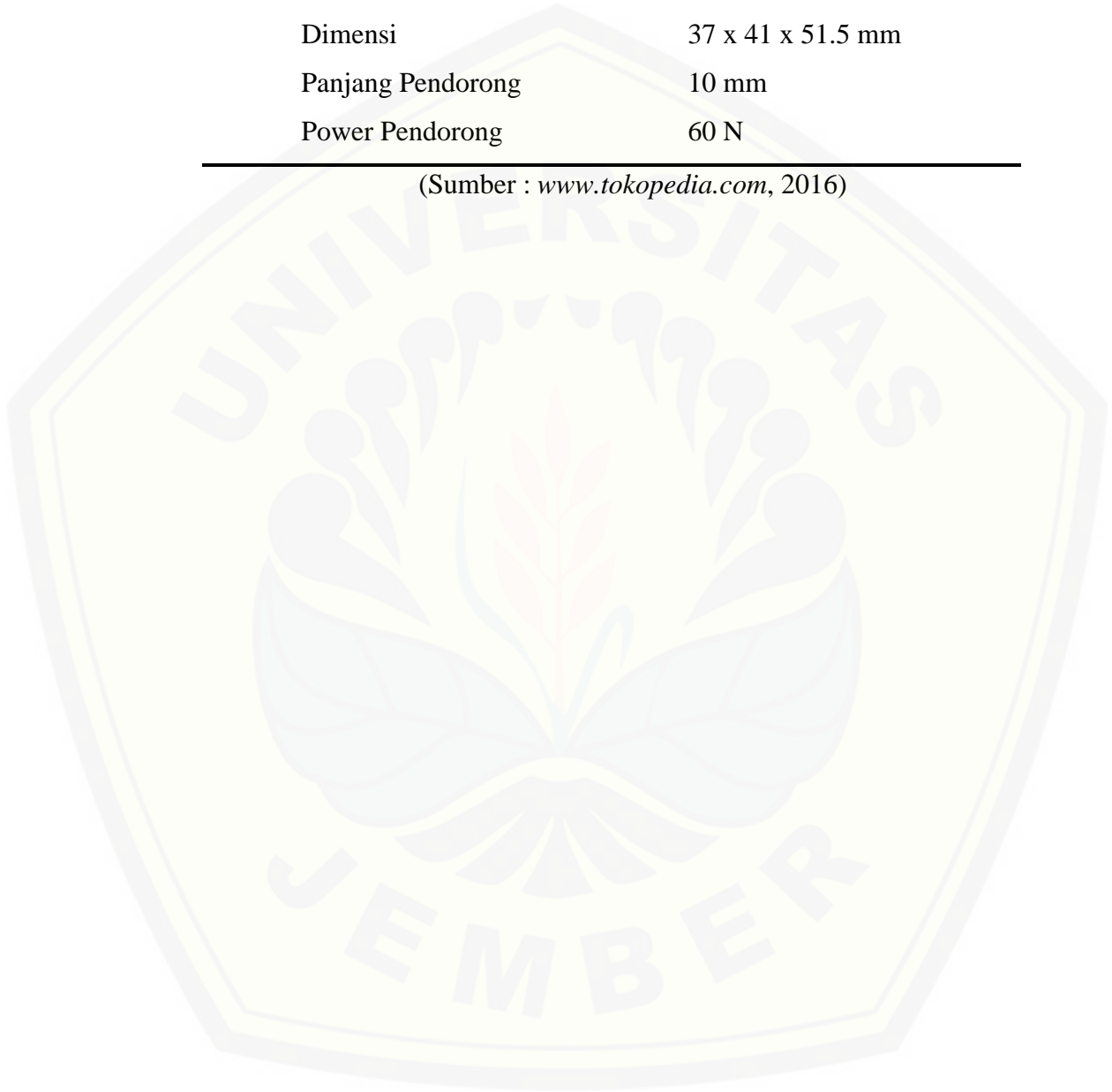
Gambar 2.9 Solenoid JF-1050B (Sumber : www.tokopedia.com, 2016)

Untuk spesifikasi solenoid sebagai alat penendang bola pada pembuatan robot sepak bola beroda ini tidak begitu membutuhkan kekuatannya karena bola menggunakan bola pimpong yang ringan. Spesifikasi solenoid yang akan digunakan yaitu sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Spesifikasi Solenoid JF-1050B

Device	Keterangan
Solenoid	Solenoid JF-1050B
Volts	12 V
Dimensi	37 x 41 x 51.5 mm
Panjang Pendorong	10 mm
Power Pendorong	60 N

(Sumber : www.tokopedia.com, 2016)



BAB 3. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini diperkirakan akan membutuhkan waktu 4 bulan, dimulai dari bulan Desember 2016 sampai dengan bulan Maret 2017. Percobaan dan penelitian Sedangkan, untuk penelitian dilakukan di Laboratorium Listrik Dasar Universitas Jember.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan selama empat bulan, mulai bulan Desember 2016 sampai bulan Maret 2017.

No	Kegiatan	Bulan															
		Desember				Januari				Februari				Maret			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Persiapan	■	■														
2	Studi Literatur		■	■	■												
3	Pembuatan Desain <i>Robot Soccer</i> Beroda				■	■	■	■									
4	Pembelian Alat dan Bahan		■	■	■	■	■										
5	Pembuatan/Perakitan <i>Robot Soccer</i> Beroda						■	■	■	■	■	■	■				
6	Melakukan Pengujian Alat											■	■	■	■		
7	Analisa Data												■	■	■	■	
8	Penulisan Laporan dan Kesimpulan													■	■	■	■

Tabel 3.1 Rencana Kegiatan Skripsi

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan sebagai pembuatan alat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

A. *Hardware*

1. Arduino Mega
2. Baterai Li-Po
3. LCD
4. *PCB*
5. Motor DC
6. Rangkaian *Driver* Motor
7. Roda
8. Akrilik
9. Kamera CMUCAM5
10. Relay 5v
11. *DC to Dc step down*

B. *Software*

1. Arduino IDE
2. *Eagle* PCB
3. Proteus profesional 7
4. Inventor try

C. Bahan Habis Pakai

1. Kabel
2. Baut
3. Mur
4. Timah
5. Selotip
6. Lem
7. Karet karambol

D. Bahan Pendukung

1. Solder

2. Gunting
 3. *Cutter*
 4. Bor
 5. Tang
 6. Setrika
 7. Obeng
 8. Penggaris
 9. Gerinda
 10. Luxmeter
- E. Pembuatan Arena
1. Papan
 2. Gawang
 3. Bola ping pong

3.3 Metodologi Pelaksanaan Penelitian

Untuk mencapai hasil penelitian, maka akan dilakukan beberapa tahapan secara runtut. Hal ini dilakukan agar dapat mencapai tujuan dari penelitian, antara lain :

1. Studi Literatur

Melakukan studi tentang dasar *robot soccer* beroda, dengan cara mencari sumber referensi terkait dengan penelitian yang akan dilakukan, dengan adanya informasi tersebut maka akan menjadi acuan untuk mendapatkan hasil penelitian.

2. Tahap Pemodelan (Desain)

Tahap Pemodelan merupakan suatu tahap yang terbilang sangat penting karena pada tahap ini robot akan mempunyai visi. Visi tersebut secara tidak langsung terlihat dalam tahap ini, selain itu komponen penunjang akan disesuaikan dengan desain yang diinginkan.

3. Tahap Pembuatan/Perakitan *Robot Soccer* beroda

Pada tahap ini merupakan tahap awal dimana sub komponen akan digabungkan menjadi komponen-komponen yang ada. Perakitan sendiri kembali mengacu pada desain yang ada. Mulai dari bahan habis pakai yang ditunjang dari bahan penunjang, dari bahan bahan tersebut membuat rangkaian *driver* motor DC.

Setelah itu merakit *Hardware* yang merujuk pada desain dan setelah itu penggabungan sensor dan aktuator.

4. Tahap Pengontrolan (*Behavior Based Control*)

Kontrol merupakan suatu instruksi pengendali, dimana robot akan ditanamkan suatu kontrol perilaku atau *Behavior Based Control*. Dalam tahap ini robot sudah pada posisi *ready* hanya belum memasukan program yang diinginkan. Pemrograman sendiri mengacu pada *Behavior Based Control* sebagai kendali dalam robot.

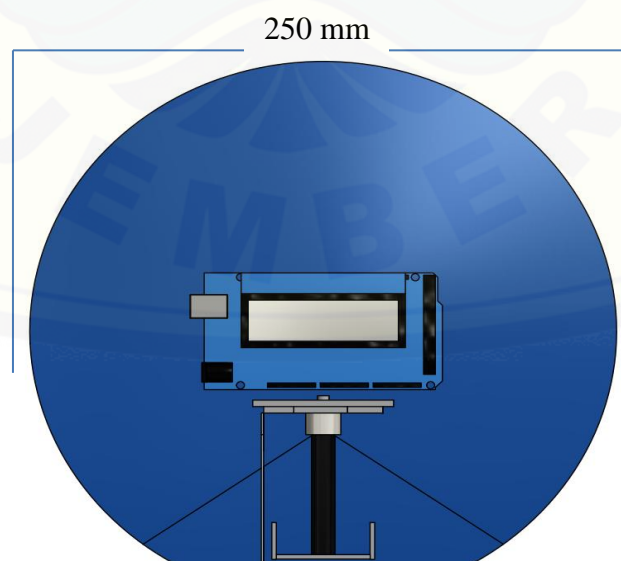
5. Tahap Pengujian Alat dan Analisa

Pengujian sendiri ialah ketika robot tersebut dijalankan sesuai dengan visi. Dengan menggunakan sistem *trial and error* akan mengembangkan robot kepada kondisi prima sesuai dengan metode kontrol yang digunakan. Selanjutnya proses analisa tingkah laku robot ketika bermain sepak bola.

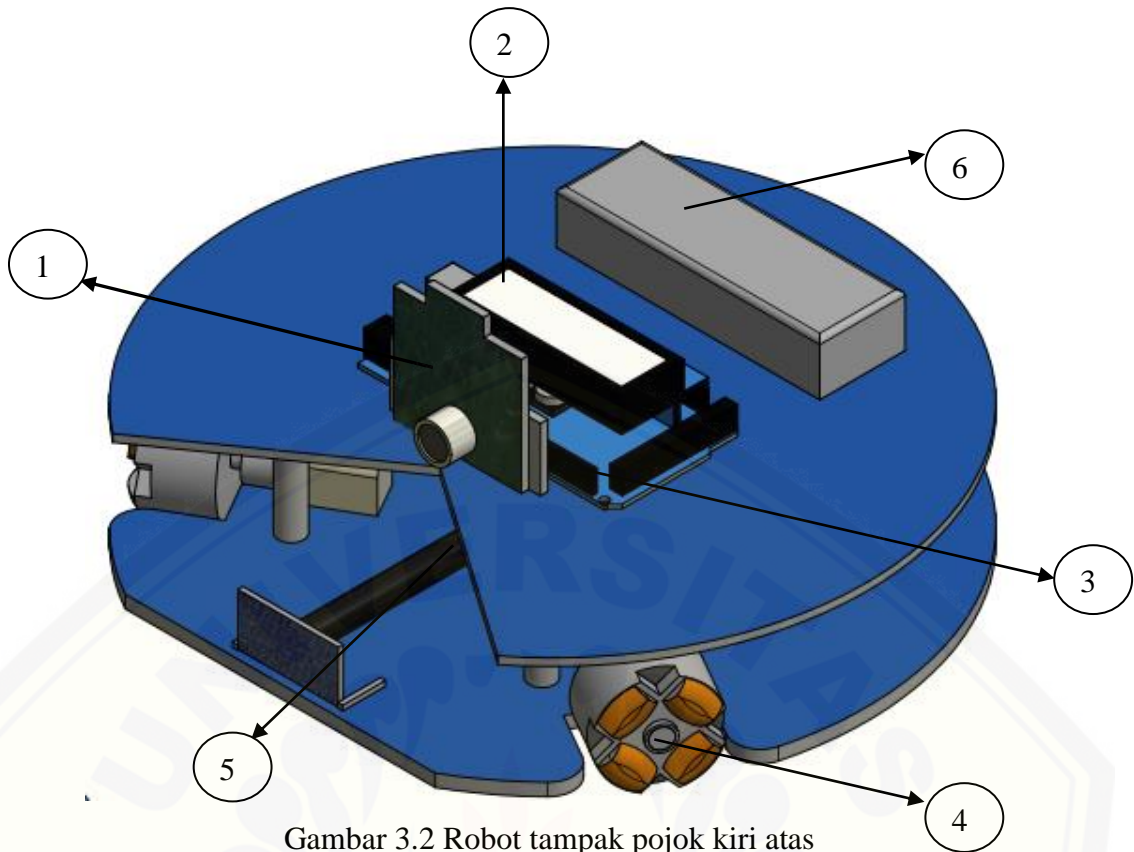
3.4 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

3.4.1 Desain Robot

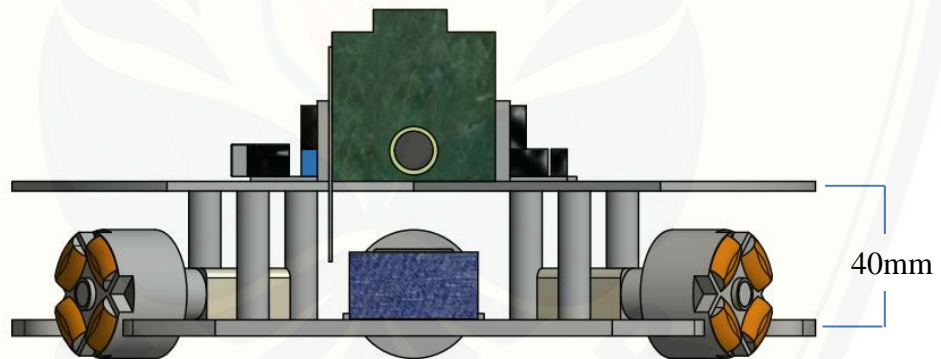
Alat dan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan robot sepak bola beroda ini yaitu terdiri dari software program arduino, pembuatan badan robot beroda, desainnya seperti dibawah ini:



Gambar 3.1 Robot tampak atas



Gambar 3.2 Robot tampak pojok kiri atas



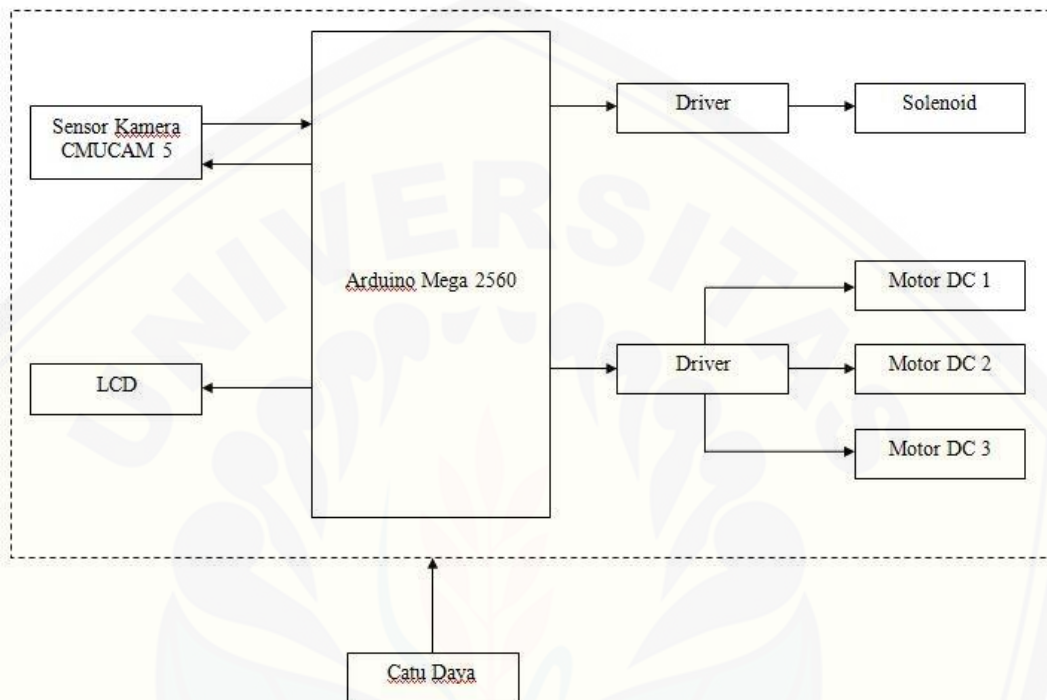
Gambar 3.3 Robot tampak depan

Keterangan :

1. CMUCAM5
2. LCD
3. Arduino Mega 2560
4. Roda Omni
5. Solenoid

3.4.2 Desain Elektronik

Adapun desain elektronika *Robot Soccer Beroda* yang memiliki *input*, *process* dan *output* seperti dibawah ini :



Gambar 3.4 Desain elektronika

Gambar 3.4 menjelaskan tentang blok diagram *Robot Soccer Beroda* dimana bagian-bagian dari rangkaian yang tersusun menjadi satu sistem pada *Robot Soccer Beroda* dengan metode *Behavior Based Control*. Pada pembuatan robot beroda dengan metode *Behavior Based Control* terbagi menjadi 3 bagian yaitu *Input*, *Process* dan *Output*. Bagian-bagian tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:

1. *Input*

Pada bagian *Input* terdapat kamera yang berguna sebagai pemindai bola. Kamera yang terpasang akan menghubungkan antara proses citra menuju arduino, pada pengaplikasiannya ketika robot menemukan bola maka robot akan menghampiri bola dan memberikan informasi pada arduino. Namun ketika tidak menemukan bola maka robot akan berputar.

2. *Process*

Pada bagian *Process* terdapat arduino, arduino ialah sebagai pengendali atau proses dari *input* menuju *output*. *Process* tersebut menggunakan metode *Behavior Based Control*.

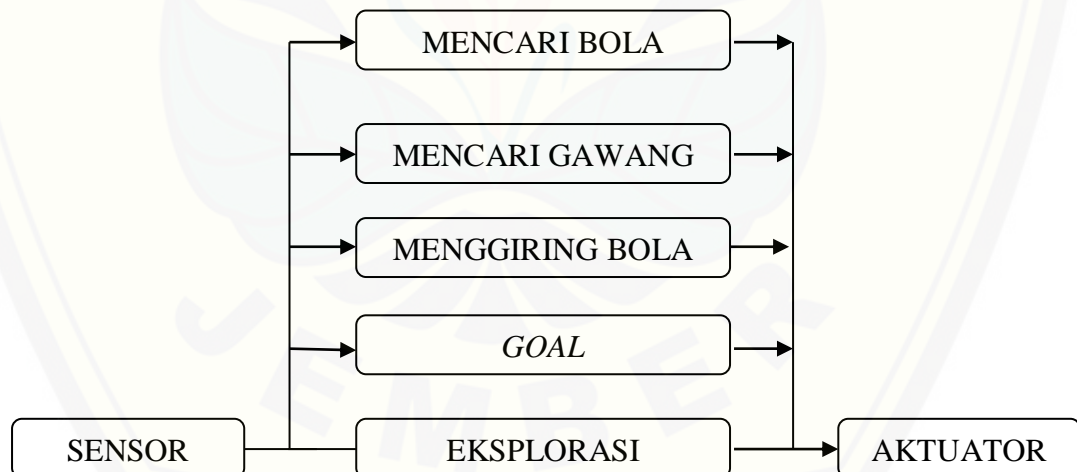
3. *Output*

Pada bagian *Output* terdapat 3 motor DC dan solenoid. Motor DC sebagai penggerak robot, penggerak robot membutuhkan 3 motor DC. Sedangkan Solenoid digunakan sebagai aktuator untuk menendang bola pimpong. Pada *output* ini menunggu informasi dari bagian *process*.

3.5 Sistem Kendali Robot *Behavior Based Control*

3.5.1 *Behavior Based Control*

Dalam perancangan *behavior based control*, terdapat keputusan pada masing *behavior* yang dapat diatur sesuai tingkatan *behavior* tersebut. Koordinator yang mengatur perilaku dalam satu *behavior* tersebut.



Gambar 3.5 Diagram blok *Behavior based control*

Pada blok diagram diatas menjelaskan bahwa fungsi koordinator sebagai kepala untuk mengambil keputusan dimana berdasarkan lingkungan yang membutuhkan. Dengan *input* sensor yang menuju eksplorasi dimana eksekusi membutuhkan aktuator sebagai eksekutor dalam robot. Mengacu pada *input*, dimana terdapat kamera. Selanjutnya menuju proses proses tersebut menggunakan

metode *Behavior Based Control*, Metode tersebut membagi beberapa perilaku menjadi satu. Perilaku pertama mencari bola, Dimana *body* menggerakkan kamera untuk memindai bola, ketika bola tidak berada di depan atau samping maka robot akan bergerak memutar agar mendapatkan bola. Perilaku pertama hanya sampai dengan kamera dapat memindai bola. Selanjutnya menuju perilaku kedua dimana kamera akan memindai bola, kamera menginformasikan untuk mendekat menuju bola sehingga bola yang terlihat akan semakin besar, bukan itu saja arduino akan menginformasikan untuk memposisikan robot agar berposisi di tengah agar bola ping pong dapat ditahan. Kemudian perilaku ketiga, perilaku ini masih mencari gawang karena tujuan mencari bola agar dapat ditendang menuju gawang. Seperti perilaku pertama yang mencari obyek atau benda. Perilaku ini sama sama mempunyai peran penting dengan tiap-tiap perilaku. Perilaku ke empat, menggiring bola, merupakan peran penting pada sepak bola. Memadukan kecepatan 3 motor penggerak, bila tidak bersamaan bola akan keluar dari penahan atau bisa dapat membuat kesulitan diperilaku selanjutnya. Perilaku ke lima, perilaku terakhir dimana robot harus dapat menendang bola hingga masuk. Robot yang tadinya mengalami perlambatan dari kecepatan membutuhkan trik khusus untuk menendang yaitu memajukan motor penggerak karenan perlambatan itu tadi membuat bola bergerak keluar. Membutuhkan daya dorong maka robot akan menendang bolanya. Selanjutnya tugas kordinator menentukan perilaku mana yang dibutuhkan. Ketika sudah melalui perilaku menggiring bola tiba-tiba bola keluar dari penahan sehingga kordinator akan memulainya dengan awal permasalahan.

3.5.2 *Bagian Behavior-Based Control*

3.5.2.1 Mencari Bola

Mencari bola merupakan suatu yang utama dari permainan sepak bola. Begitu juga dengan *Robot Soccer Beroda* dimana menggunakan CMUCAM5 sebagai pengolahan citra. Selanjutnya informasi dari kedua belah pihak menuju motor DC. Motor DC akan mendapatkan dua informasi ketika bola ditemukan maka akan berjalan namun ketika bola tidak ditemukan roda akan memutar untuk

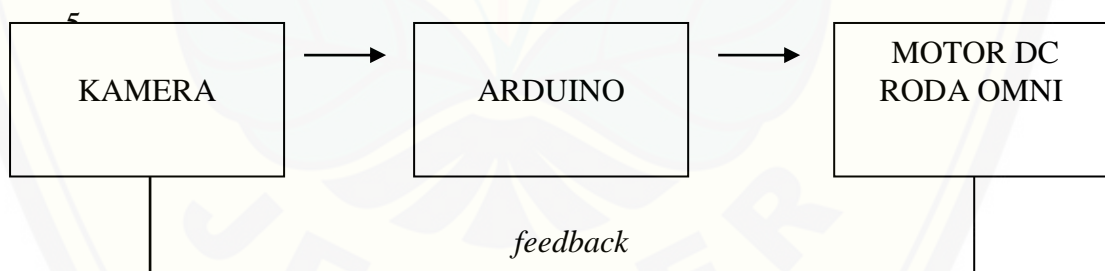
memudahkan mencari posisi yang tepat untuk membantu kamera mendeteksi bola.



Gambar 3.6 Diagram blok mencari bola

3.5.2.2 Mencari Gawang

Mencari gawang sama halnya dengan mencari bola, dimana proses yang diinginkan Berawal dari kamera selanjutnya ketika kamera tidak dapat mendeteksi gawang maka roda akan beputar sebaliknya. Selanjutnya informasi dari kedua belah pihak menuju motor DC. Motor DC akan mendapatkan dua informasi ketika gawang ditemukan maka akan berjalan namun ketika gawang tidak ditemukan robot akan memutar untuk memudahkan mencari posisi yang tepat untuk membantu kamera mendeteksi gawang.



Gambar 3.7 Diagram blok mencari gawang

3.5.2.3 Menggiring Bola

Menggiring atau yang lebih dikenal dengan *Dribble* merupakan keadaan dimana pemain sepak bola membawa bola dengan keadaan berpindah. Dengan begitu robot dalam posisi membawa bola menuju depan gawang. Untuk kejadian ini tetap menggunakan kamera sebagai *input*. *Input* tersebut akan menuju motor untuk mencari posisi yang diinginkan kamera ketika belum pada posisi yang tepat

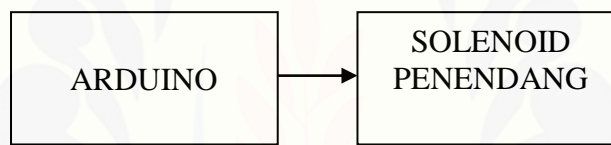
maka kamera akan terus melihat gawang itu berada. Pada tahap ini diketahui proses umpan balik antara kamera dengan motor.



Gambar 3.8 Diagram blok menggiring bola

3.5.2.4 GOAL

Tujuan merupakan suatu parameter yang digunakan untuk mengacu posisi menuju posisi yang diinginkan. Dalam sepak bola *goal* atau *point* merupakan suatu kejadian yang menjadi tujuan untuk mengetahui kemampuan dua belah pihak. Tahap ini masih menggunakan kamera yang berumpan balik dengan motor, pada kondisi ini ketika motor akan menuju penendang sebagai *output* aktuator.

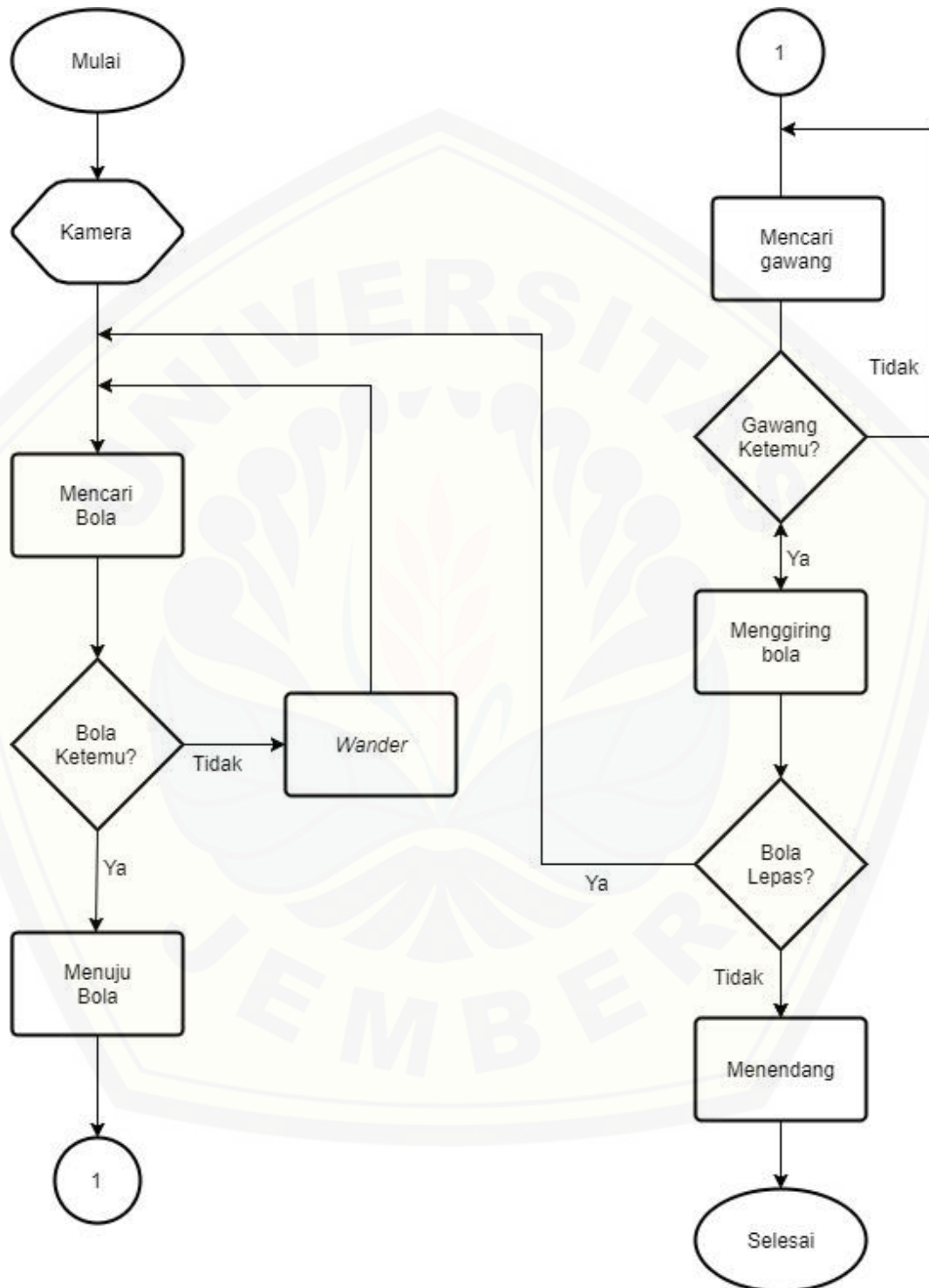


Gambar 3.9 Diagram blok goal

3.6 Flowchart

Pada *flowchart* gambar 3.10 menjelaskan tentang kerja *robot soccer* beroda menggunakan metode *Behavior Based Control*. Ketika Mulai maka parameter masukan berupa kamera setelah itu *robot soccer* berada posisi *On*. Kemudian berupa pengambilan keputusan dimana kamera dapat mendeteksi bola atau bola masuk tidak terlihat. Ketika tidak terlihat maka akan kembali memasukan parameter, Namun jika terlihat maka menuju proses yaitu berupa menuju bola. Setelah itu kembali ke pengambilan keputusan atau perilaku yang kedua dimana *robot soccer* beroda mendekati bola bila tidak maka akan kembali ke proses menghampiri bola pingpong, bila iya maka *robot soccer* akan menahan bola. Melanjutkan ke perilaku ketiga yaitu menggiring bola, menggiring bola tentunya menuju gawang. Sebuah keputusan dimana mendeteksi gawang, ketika gawang tidak terdeteksi maka robot akan berputar mengelilingi gawang. Selanjutnya merupakan tujuan akhir dari *robot soccer* beroda yaitu mencetak

goal. Ketika mampu program akan selesai, apa bila gagal akan melanjutkan di awal.



Gambar 3.10 Flowchart

3.7 Pengujian

Pengujian *Robot Soccer Beroda* dibagi menjadi beberapa bagian antara lain mencakupi pengujian bagian, pengujian metode *behavior based control*, dan pengujian keseluruhan.

3.7.1 Pengujian Omni-wheel Directional

Pada tahap ini pengujian ditujukan pada bagian perangkat keras. Perangkat keras atau yang lebih dikenal dengan aktuator. Perangkat keras tersebut ialah roda omni dengan jumlah 3. Pada pengujian ini diharap mampu mengetahui pergerakan kontrol omni, selain itu diharap mampu untuk bergerak sesuai dengan kontrol yang digunakan.

3.7.2 Pengujian CMUCAM 5 Pixy

Pengujian ini berguna untuk mengetahui kemampuan kamera pada jarak dan sudut yang sudah ditentukan. Untuk variabelnya menambahkan 2 kondisi yaitu kondisi saat siang dan malam hari. Pada malam hari dengan bantuan lampu diperlukan intensitas cahaya sebesar 113 lux, sedangkan siang hari dengan bantuan lampu sebesar 1213 lux. Pada penelitian ini diperlukan luxmeter untuk mengukur cahaya pada tiap sudut lapangan. Toleransi pada tiap kondisi sebesar 15% karena pada bagian lapangan perlu cahaya yang merata agar kamera dapat bekerja optimal.

3.7.3 Pengujian Behavior Based Control

Pengujian metode *behavior based control* membahas tentang tiap perilaku dari metode tersebut. Pengujian berawal dari proses mencari bola, selanjutnya pengujian proses mencari gawang, setelah itu proses menggiring bola, dan pengujian memandang bola mencapai *goal*. Tahap ini fokus tiap bagian-bagian dari metode *behavior based control*.

3.7.4 Pengujian Keseluruhan

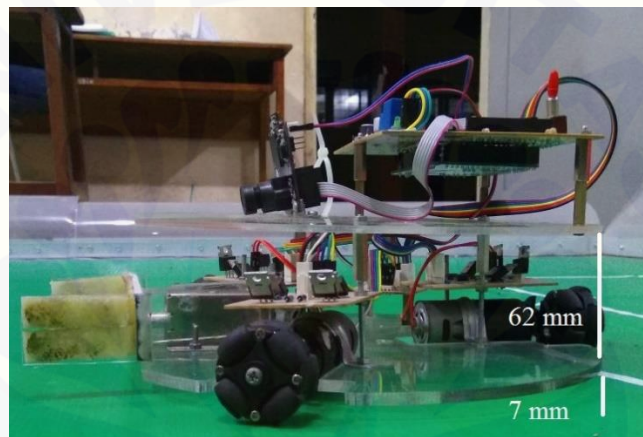
Pengujian keseluruhan meliputi pengujian bagian dan *behavior based control*. Pada pengujian ini menguji cara kerja robot ketika berada di lapangan. Mulai dari tingkah laku dan pergerakan robot untuk mencapai tujuan dari penelitian. Pengujian ini juga mengacu pada parameter metode *behavior based control*.

3.7.5 Perbandingan hasil pengujian

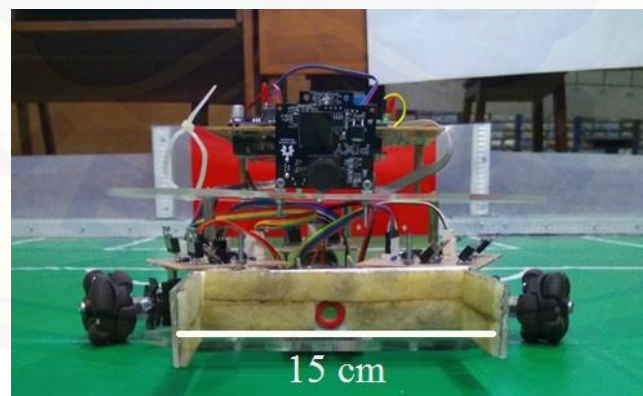
Perbandingan ini meliputi perbandingan metode antara *behavior based control* dengan *finite state machine*. Untuk subjek perbandingan antara lain tingkat keberhasilan dan waktu dalam mencapai skenario yang ditentukan.

3.8 Hasil Perancangan Alat

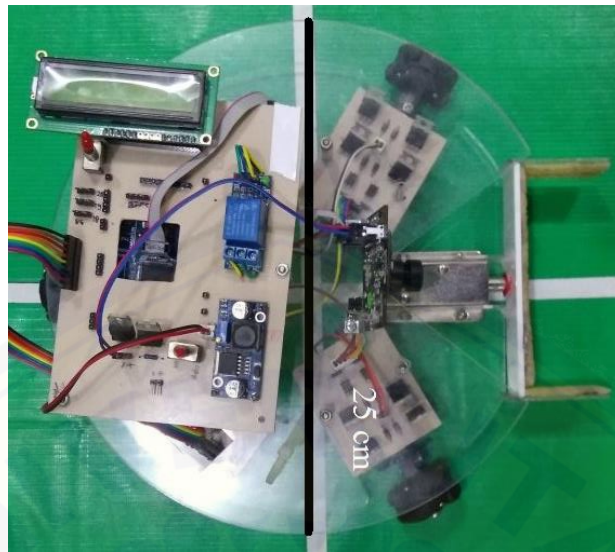
Perangan alat keseluruhan hampir menyerupai desain yang diinginkan hal itu terlihat pada gambar 3.1, 3.2, dan 3.3. Berikut merupakan hasil dari alat yang telah di buat :



Gambar 3.11 Robot tampak samping



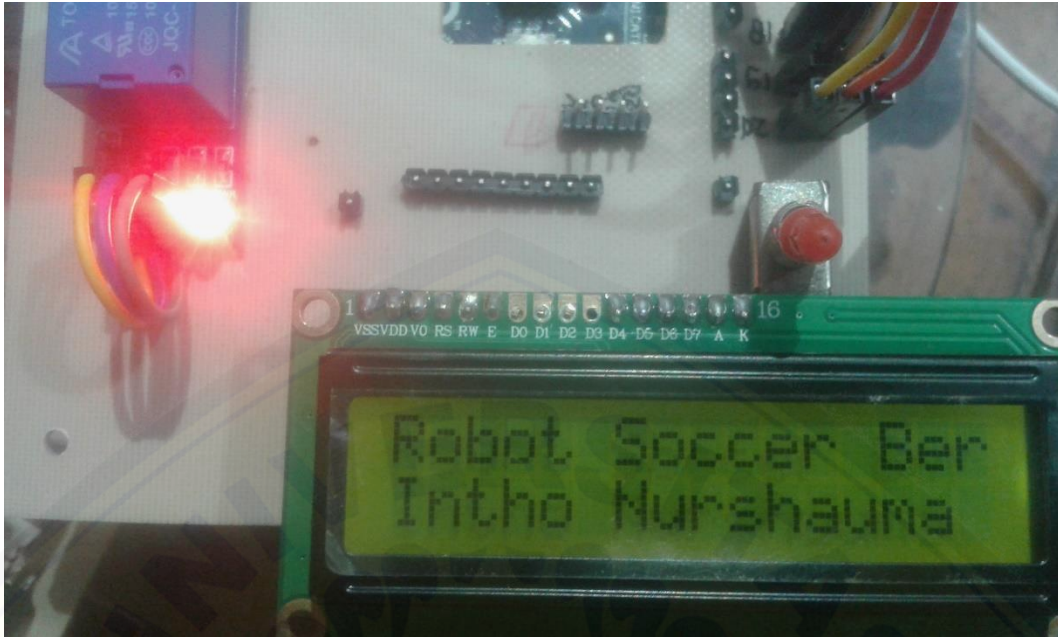
Gambar 3.12 Robot tampak depan



Gambar 3.13 Robot tampak atas

Pada desain awal terlihat beda pada tampilan atas robot, hal itu tersebut merupakan penambahan komponen yang terdapat pada *shield* begitu banyak, antara lain *Dc to dc stepdown*, *Relay 5v* dan lain lain. Dengan begitu penempatan *lcd* yang berbeda dengan perancangan awal.

Untuk *lcd* terdapat Pada Robot Soccer Beroda dengan metode *Behavior Based Control* menggunakan LCD sebagai penampil layar dalam metode tersebut, hal ini agar memudahkan dalam melihat jenis behavior yang akan sedang robot lakukan.



Gambar 3.14 *Liquid Crystal Display*

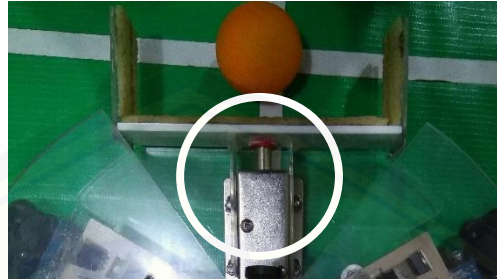
Selain itu komponen utama dari robot ialah solenoid, Solenoid sendiri merupakan suatu aktuator berfungsi untuk menendang bola. Solenoid sendiri diperlukan suatu relay untuk mengaktifkan solenoid 12v. Dalam relay sendiri menggunakan relay 5V.



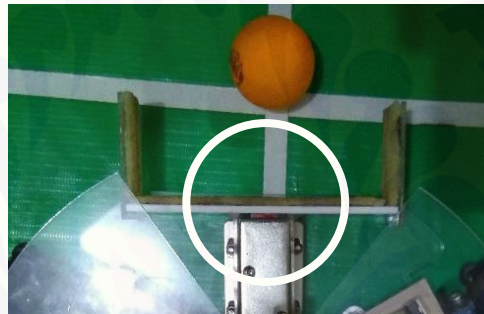
Gambar 3.15 Rangkaian solenoid

Gambar tersebut ialah rangkaian yang digunakan dalam Robot soccer beroda, pin 5v menuju arduino untuk menghidupkan daya pada relay. Untuk pin Gnd dihubungkan dengan ground yang ada pada rangkaian. Sedangkan pin data menuju pin 48 Arduino Mega 2560. Untuk NO atau *Normally Open* dihubungkan dengan positif dari solenoid. COM sendiri sebagai suplai daya yang bernilai 12v yang dihubungkan dengan battrai lippo. Sedangkan untuk negatif dari battrai dihubungkan dengan negatif solenoid. Pada program arduino menggunakan digital sehingga hanya berupa *High* dan *Low*. Ketika robot akan menendang akan menjalankan perintah *Low* agar solenoid dapat memberikan tenaga pada saat

High. Hal itu kan berulang dari posisi *High* ke *Low* dan kembali lagi ke posisi *High*. Berikut keadaan *High* atau keadaan aktif dan keadaan *Low*.



Gambar 3.16 Solenooid keadaan *High* (lingkaran putih)



Gambar 3.17 Solenooid keadaan *Low* (lingkaran putih)

Selain robot ada komponen lain yaitu sebuah lapangan beserta gawang, lapangan tersebut merupakan suatu hal yang penting karena dengan lapangan tersebut robot dapat bermain sepak bola. Dengan lapangan berjenis kain *banner* dengan panjang antara gawang sebesar 300cm, dengan lebar 200 cm. Untuk pembatas lapangan menggunakan galvalum beserta plastik keras untuk berfungsi sebagai batasan dari lapangan tersebut. Untuk gawang hanya menggunakan blok warna, antara lain warna merah dan biru. Berikut hasil dari lapangan yang telah dibuat :



Gambar 3.18 Lapangan sepak bola robot

3.9 Kalibrasi kamera CMUCAM 5 Pixy

Camera dengan jenis CMUCAM 5 Pixy merupakan suatu *device* yang dapat mengolah citra. Sensor camera yang dapat melakukan *tracking* menjadi lebih mudah. Terlebih menggunakan aplikasi PixyMon yang dapat dijalankan pada *Original System (OS)* yang berbeda beda antara lain Windows, Macs, dan Linux. Pada robot soccer beroda diperlukan kamera untuk dapat mendeteksi bola dan juga gawang, dengan begitu kamera menjadi sensor utama. Pada data ini akan menjelaskan tentang data jarak dan sudut.

A. Jarak

Untuk mengetahui nilai jarak bola dengan robot dibutuhkan kalibrasi. Pada proses kalibrasi jarak ini yang dibutuhkan antara lain :

1. Jarak(Xl_k atau Xt_k) yang digunakan untuk kalibrasi yaitu pada jarak 20 cm
2. Lebar(l_c) dan tinggi(t_c) bola yang terbaca CMUCAM yaitu lebar 42 dan tinggi 42

3. Lebar(l_k) dan tinggi(t_k) bola sebenarnya. Bola berbentuk bulat, sedangkan yang terlihat pada CMUCAM berbentuk kontak, jadi lebar dan tinggi sama dengan diameter bola tersebut yaitu 3,8 cm

$$\frac{Xl_c}{l_c} = \frac{Xl_k}{l_k}$$

$$Xl_c = \frac{l_c \times Xl_k}{l_k} \dots \dots \dots (3.1)$$

$$\frac{Xt_c}{t_c} = \frac{Xt_k}{t_k}$$

$$Xt_c = \frac{t_c \times Xt_k}{t_k} \dots \dots \dots (3.2)$$

Diketahui Xl_c : Jarak perbandingan lebar CMUCAM

Xt_c : Jarak perbandingan tinggi CMUCAM

Dari perhitungan tersebut didapatkanlah nilai Xl_c sebesar 221,05 dan Xl_t sebesar 221,05. Kedua nilai tersebut akan digunakan untuk membandingkan bola dengan jarak 20, 40, dan 60 cm. Berikut perbandingan yang digunakan untuk mencari jarak :

$$\frac{Xl}{l_k} = \frac{Xl_k}{p_l}$$

$$Xl = \frac{l_k \times Xl_k}{p_l} \dots \dots \dots (3.3)$$

$$\frac{Xt}{l_k} = \frac{Xl_k}{p_t}$$

$$Xt = \frac{l_k \times Xl_k}{p_t} \dots \dots \dots (3.4)$$

Diketahui Xl : Jarak bola yang dicari menggunakan perbandingan lebar

Xt : Jarak bola yang dicari menggunakan perbandingan tinggi

p_l : Pixel lebar bola yang akan dicari jaraknya

p_t : Pixel tinggi bola yang akan dicari jaraknya

Seharunya Xl dan Xt memiliki nilai yang sama dan sudah berupa jarak dalam satuan cm. Namun untuk lebih akurat, kedua nilai tersebut dirata-rata

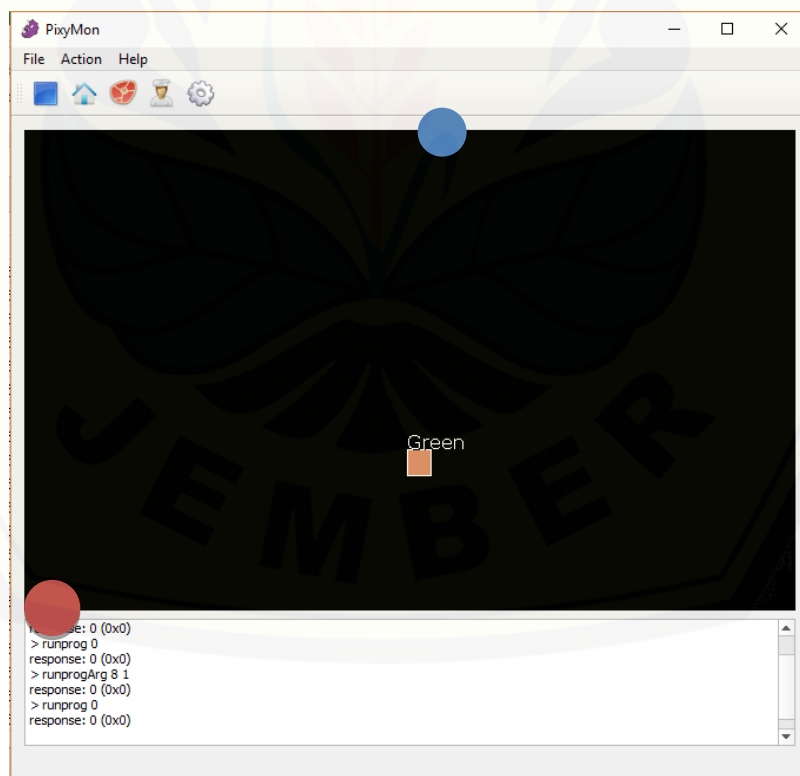
dan menjadi nilai jarak yang dicari dalam satuan cm. Berikut rumus rata-ratanya :

$$X = \frac{Xl+Xt}{2} \dots\dots\dots(3.5)$$

X merupakan jarak bola yang dicari yang sudah dalam satuan cm. Jarak tersebutlah yang akan digunakan robot untuk memutuskan suatu tindakan robot.

B. Sudut

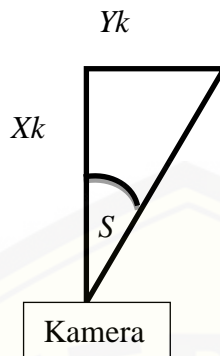
Nilai koordinat $x=0$ dan $y=0$ pada CMUCAM berada dipojok kiri bawah akan dipindahkan titik tengah atas karena CMUCAM pada robot ini dipasang terbalik, sehingga titik tengah atas yang terlihat pada PixyMon merupakan titik terdekat CMUCAM dan dalam pembacaan untuk lebih mudah dalam pengambilan jarak dan sudutnya. Berikut adalah kalibrasi CMUCAM menggunakan software PixyMon:



Gambar 3. 1 Pixymon

Lingkaran berwarna merah pada *software* PixyMon merupakan titik 0 nilai X dan Y. Pada kalibrasi robot sepak bola ini, ingin menggunakan titik biru

sebagai titik 0 nilai X dan Y. Sedangkan telah diketahui, panjang sumbu X 319 dan sumbu Y 199.



$$Xk = Xc - \frac{319}{2} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$Yk = - (Yc - 199) \dots\dots\dots(3.7)$$

$$S = \frac{\text{arc tan} \left(\frac{Xk}{Yk} \right)}{\text{Radian}} \dots\dots\dots(3.8)$$

- Diketahui
- Xk = Nilai X kalibrasi
 - Xc = Nilai X cmucam
 - Yk = Nilai Y kalibrasi
 - Yc = Nilai Y cmucam
 - S = Nilai sudut sebelum kalibrasi

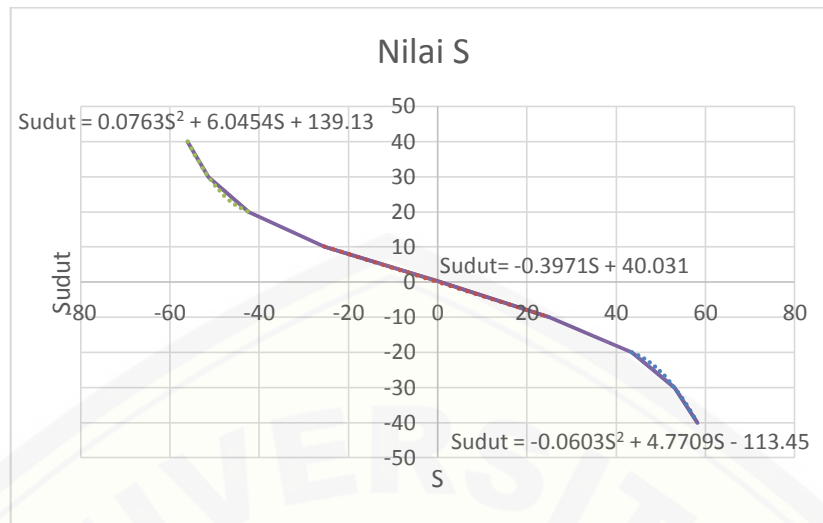
Setelah itu nilai S diujikan ke sudut -40^0 sampai dengan 40^0 . Didapatkan data seperti tabel b.1. Setelah itu dibuatlah grafik nilai S dengan sudut sebenarnya. Pada grafik tersebut dibuatlah persamaan yang sesuai dengan grafik tersebut. Berikut grafik yang diperoleh beserta persamaan yang terbagi menjadi 3 persamaan:

$$S < -27 : \text{Sudut} = 0,0763S^2 + 6,0454S + 139,13 \dots\dots\dots(3.13)$$

$$-27 > S < -27 : \text{Sudut} = -0.3971S + 0.031 \dots\dots\dots(3.14)$$

$$S > 27 : \text{Sudut} = -0.0603S^2 + 4.7709S - 113.451 \dots\dots\dots(3.15)$$

Ketiga persamaan tersebut digunakan untuk menentukan sudut. Ketiga persamaan tersebut memiliki rentang nilai S. Sehingga kalibrasi sudut lebih akurat.

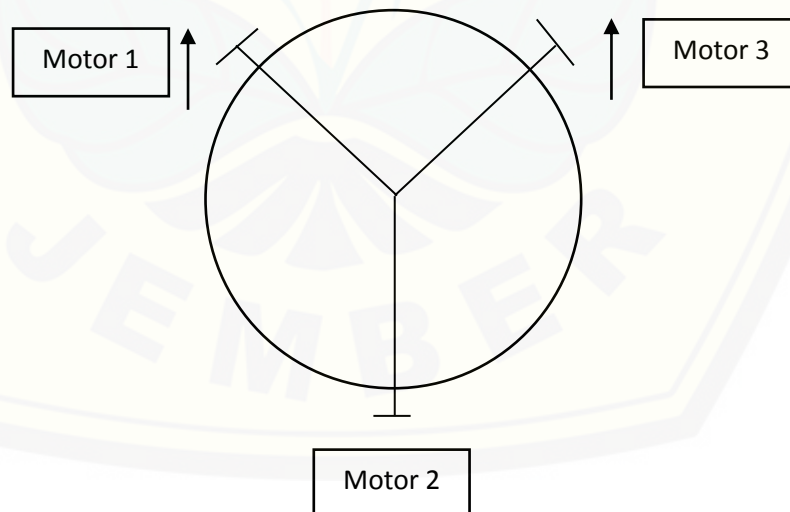


Gambar 3.20 Grafik kalibrasi sudut

3.10 *Omni-wheel Directional*

Roda 3 yang menggunakan sistem *Omni-directional* dengan begitu sangat membantu dalam pergerakan robot dalam menjalankan tujuan robot yaitu sepakbola. Dalam program yang terdapat tertanam sistem maju, kanan1, kiri1, putar kanan, putar kiri, putar robot dan putar.

a. Maju

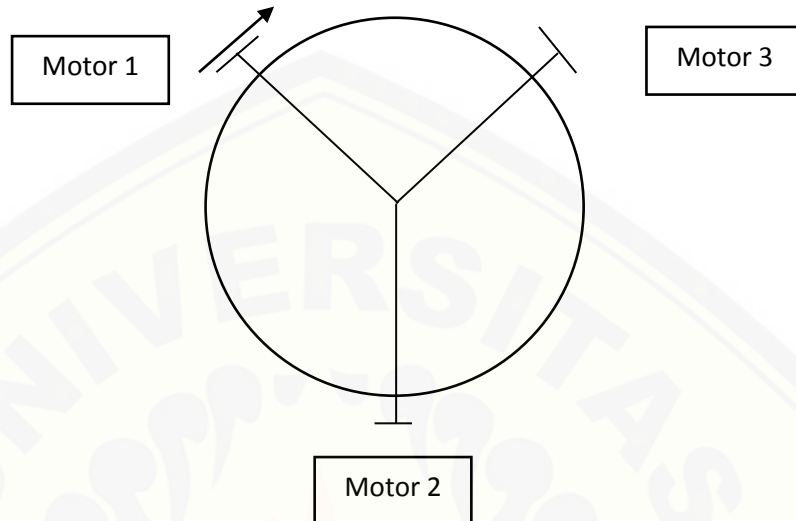


Gambar 3.21 Pergerakan motor keadaan Maju

Pada gambar 3.21 terlihat arah panah keatas dimana motor menunjukkan arah maju dengan begitu motor akan maju. Motor yang

digunakan hanya motor 1 dan 3 sedangkan motor 2 akan berposisi 0 atau *low*. Dengan begitu robot akan maju sesuai dengan arah robot.

b. Kanan1

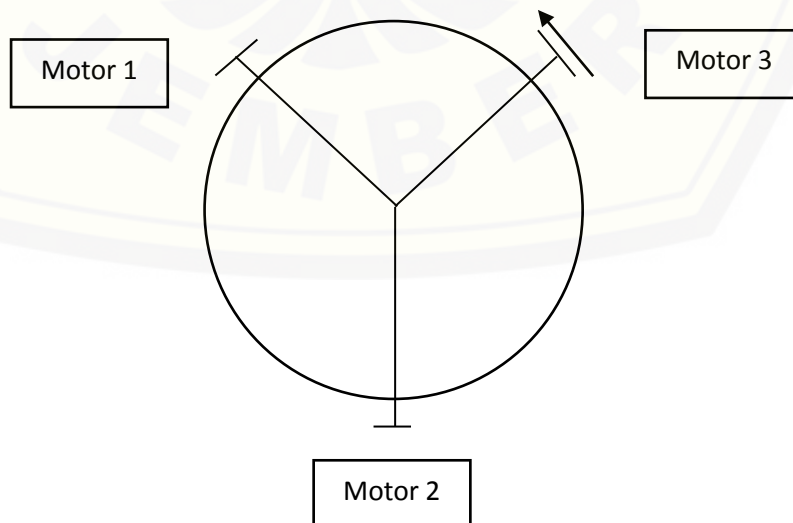


Gambar 3.22 Pergerakan motor keadaan kanan 1

Pada gambar 3.22 terlihat arah panah keatas pada motor 1, untuk motor 2 dan dalam keadaan *low*. Robot menunjukkan arah berputar ke arah kanan namun hanya dengan 1 motor yang jalan.

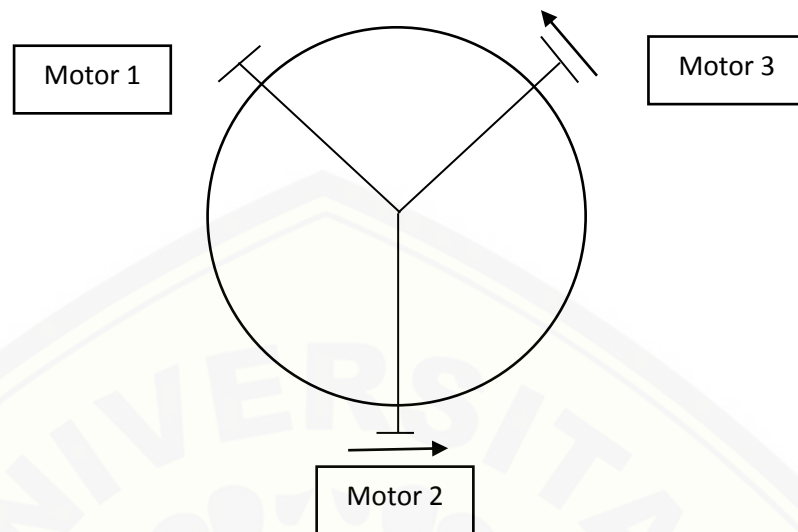
c. Kiri1

Pada gambar 3.23 terlihat arah panah keatas pada motor 3, untuk motor 1 dan 2 dalam keadaan *low*. Robot menunjukkan arah berputar ke arah kiri namun hanya dengan 1 motor yang jalan.



Gambar 3.23 Pergerakan motor keadaan kiri 1

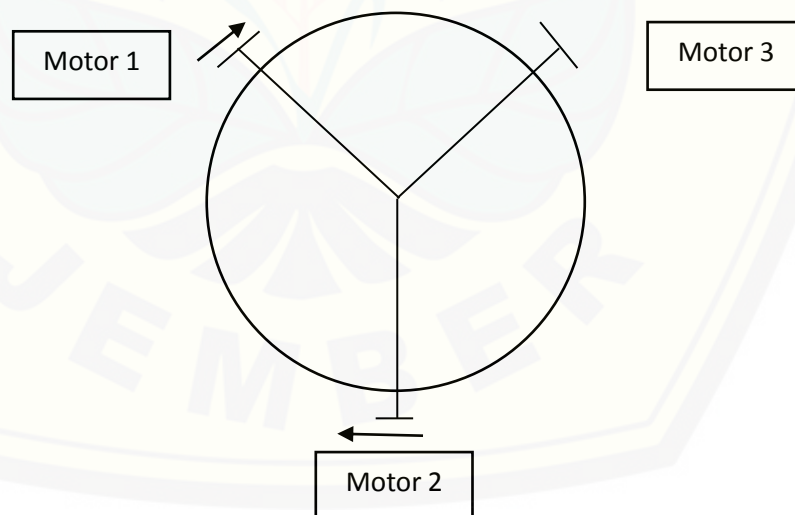
d. Putar Kanan



Gambar 3.24 Pergerakan motor keadaan putar kanan

Pada gambar 3.24 terlihat arah panah keatas pada motor 3, untuk motor 2 dalam keadaan mengarah ke kanan hal ini bertujuan untuk berputar 1 poros dan 1 dalam keadaan low.

e. Putar Kiri



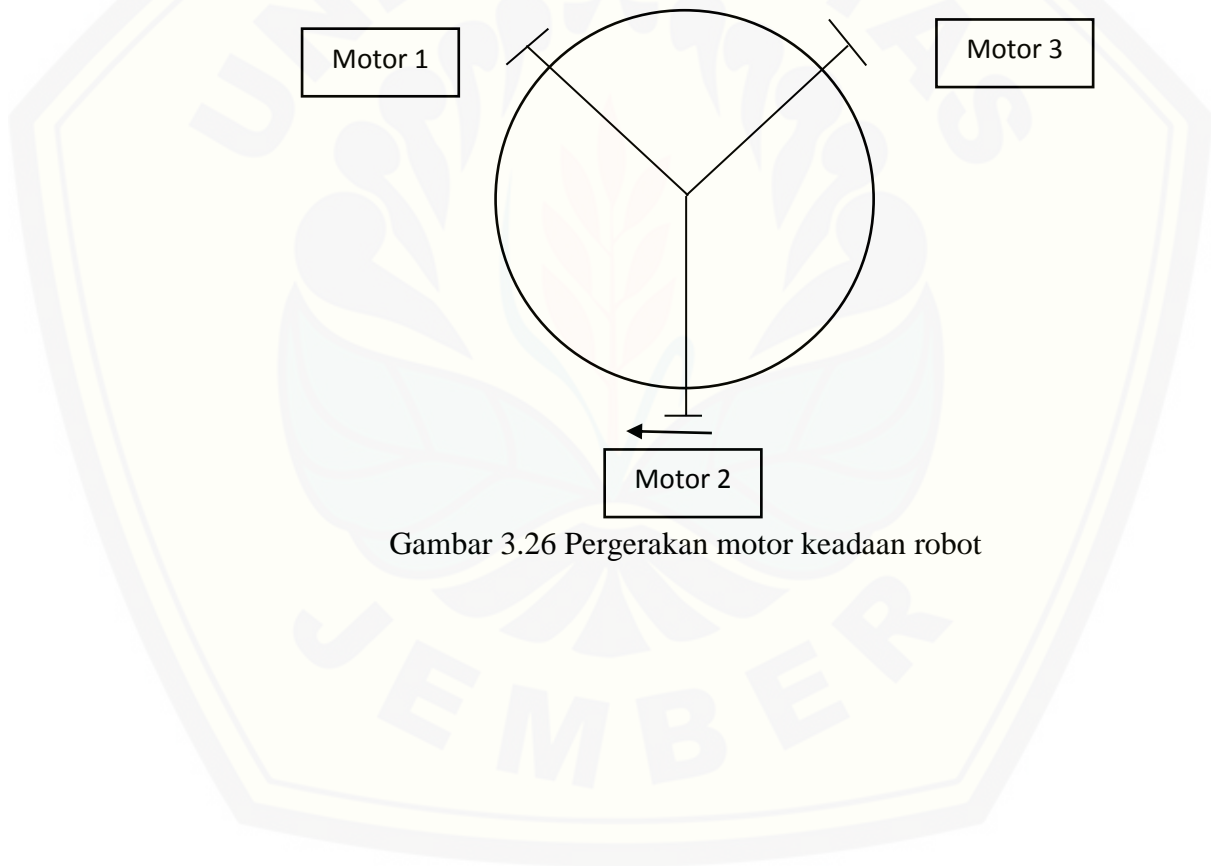
Gambar 3.25 Pergerakan motor keadaan putar kiri

Pada gambar 3.25 terlihat arah panah keatas pada motor 1, untuk motor 2 dalam keadaan mengarah ke kiri hal ini bertujuan untuk berputar 1 poros dan motor 3 dalam keadaan low atau sebagai poros. Pada pergerakan

dua motor ini digunakan pada saat menggiring bola karena perlu gerakan yang halus.

f. Putar Robot

Pada gambar 3.26 terlihat arah hanya pada motor belakang atau motor 2, Sedangkan untuk motor 1 dan 3 dalam keadaan *low*. Gerakan robot akan memutar namun hanya 1 motor yang bergerak. Pada pergerakan satu motor ini digunakan pada Mencari gawang karena di antara motor 1 dan motor 3 terdapat bola sehingga melakukan gerakan memutar bola.



Gambar 3.26 Pergerakan motor keadaan robot

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada hasil yang sudah didapat terdapat beberapa kesimpulan terhadap robot soccer beroda dengan metode *Behavior Based Control* yaitu :

1. Metode *Behavior based control* merupakan *high control* sehingga pada program yang akan dijalankan robot dapat memiliki pembelajaran yang sesuai dengan perilaku yang di tanamkan pada robot. Hal ini terlihat pada pengujian menggiring bola, ketika menggiring robot tidak mendeteksi bola sehingga robot perlu mencari bola tersebut hal ini merupakan suatu perpindahan *behavior* yang sangat baik terlihat pada pengujian menggiring bola tingkat kesalahan hanya sebesar 10% dari 10 kali pengujian.
2. Robot Soccer beroda menggunakan metode *Behavior Based Control* terlihat memiliki pergerakan terarah. Namun kesalahan terbanyak tiap pengujian yang ada berupa gol, bola terlebih jauh maju kedepan dengan jarak solenoid sehingga tidak dapat menendang dengan baik. Tingkat kesalahan mencapai 25% dari 40 kali pengujian, atau sekitar 10 kegagalan yang berupa menendang.
3. Perbandingan metode *behavior based control* dengan *finite state machine*. Terlihat *behavior based control* memiliki kesalahan lebih besar dibandingkan *finite state machine*, dimana persentase *fsm* sebesar 86% sedangkan *behavior based control* memiliki persentase keberhasilan sebesar 68% dari 50 data yang ada pada pengujian keseluruhan.

5.2 Saran

Perlunya kontrol pada motor atau sejenis kontrol *PID*, *fuzzy*, dan lain lain. Agar robot dapat melakukan pergerakan yang halus. Selain itu perlunya desain ulang agar kamera mendapat jangkauan yang lebih luas. Perlunya penambahan sensor agar pembatas lapangan dapat terdeteksi, selain itu perlunya penyempurnaan robot pada bagian desain. Desain robot memiliki peranan penting dalam proses jalannya robot tersebut. Terlebih pada bagian depan robot di desain untuk dapat

menahan bola. Perlunya otomasi pada pencahayaan kamera agar dapat berjalan pada segala kondisi.



DAFTAR PUSTAKA

- Mackworth, Alan K., 1992. On Seeing Robots. University of British Columbia.
- Li, Bo. 2000. Real-time Visual Tracking System in the Robot Soccer Domain. Department of Computer Science University of Essex.
- Bishop, J. N., 2001. Towards Developing Behavior Based Control Architecture for Mobile robots Using Simulated Behaviors. Artificial Intelligence Center University of Georgia.
- Brooks, R. A. 1991. Intelligence Without Representation. Cambrian Intelligence, The MIT Press.
- Nalwan, A. 2012. *Teknik Rancang Bangun Robot Tingkat Dasar*. Yogyakarta: Andi.
- Ristekdikti. 2016. Panduan Umum Kontes Robot Indonesia 2016.
- Ningrum, E S. Hakkun, Y. R. Dkk. 2010. An image Processing System For Visual Servoing of Soccer Robot. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- Jhonson, W. H. Franklin, Rob. 2002. Effective Ball Handling and Control in Robot Soccer. Department of Electrical and Computer Engginering Brigham Young University.
- Widodo, N. S. Rahman, Arif. 2012. Vision Based Self Localization for Humanoid Robot Soccer. Department of Electrical Engineering Universitas Ahmad Dahlan
- <http://elektronika-dasar.web.id/teori-motor-dc-dan-jenis-jenis-motor-dc/> [Diakses 3 Desember 2016]
- <http://www.merdeka.com/teknologi/penggemar-sepakbola-indonesia-duduki-peringkat-3-dunia.html> [Diakses 2 November 2016]
- https://id.wikipedia.org/wiki/Sepak_bola [Diakses 2 November 2016]
- <http://www.musbikhin.com/baterai-li-po-lithium-polimer> [Diakses 20 November 2016]
- <http://www.arduino.cc> [Diakses 10 November 2016]
- <http://www.cmucam.org/projects/cmucam5> [Diakses 13 November 2016]

LAMPIRAN**A. Data Kalibrasi**

Tabel A.1 Data kalibrasi jarak 20cm siang hari

No.	Jarak (cm)	Error (%)
1	20.00	0
2	20.00	0
3	20.00	0
4	20.00	0
5	20.00	0
6	20.00	0
7	20.00	0
8	20.00	0
9	20.00	0
10	20.00	0
11	20.00	0
12	20.00	0
13	20.00	0
14	20.00	0
15	20.00	0
16	20.00	0
17	20.00	0
18	20.00	0
19	20.00	0
20	20.00	0

Tabel A.2 Data kalibrasi jarak 20cm malam hari

No.	Jarak (cm)	Error (%)
1	18,67	-6,65
2	19	-5
3	19,33	-3,35
4	19,33	-3,35
5	19	-5
6	19,67	-1,65
7	19	-5
8	19,33	-3,35
9	19	-5
10	19,33	-3,35
11	19	-5
12	19,33	-3,35
13	19	-5

14	18,67	-6,65
15	19,33	-3,35
16	19,33	-3,35
17	19,67	-1,65
18	19,33	-3,35
19	19,33	-3,35
20	18,67	-6,65

Tabel A.3 data kalibrasi jarak 40cm siang hari

No.	Jarak (cm)	Error (%)
1	39.57	1,075
2	39.57	1,075
3	40.00	0
4	40.00	0
5	40.00	0
6	40.00	0
7	40.00	0
8	40.00	0
9	39.57	1,075
10	40.00	0
11	39.57	1,075
12	39.57	1,075
13	39.57	1,075
14	40.00	0
15	40.00	0
16	40.00	0
17	39.57	1,075
18	40.00	0
19	40.00	0
20	40.00	0

Tabel A.4 data kalibrasi jarak 40cm malam hari

No.	Jarak (cm)	Error (%)
1	40,87	2,175
2	40	0
3	40	0
4	41,3	3,25
5	40	0

6	40,43	1,075
7	40	0
8	40,87	2,175
9	40,87	2,175
10	40	0
11	40	0
12	40	0
13	40,43	1,075
14	37,83	-5,425
15	40,43	1,075
16	41,3	3,25
17	41,3	3,25
18	40	0
19	40,43	1,075
20	40	0

Tabel A.5 Data kalibrasi jarak 60cm siang hari

No.	Jarak (cm)	Error (%)
1	59.43	0,95
2	58.86	1,9
3	58.29	2,8
4	58.86	1,9
5	58.86	1,9
6	58.86	1,9
7	58.86	1,9
8	58.86	1,9
9	58.86	1,9
10	58.86	1,9
11	58.86	1,9
12	58.86	1,9
13	58.86	1,9
14	58.86	1,9
15	58.86	1,9
16	58.86	1,9
17	58.29	2,8
18	58.86	1,9
19	58.86	1,9
20	58.86	1,9

Tabel A.6 Data kalibrasi jarak 60cm malam hari

No.	Jarak (cm)	Error (%)
1	59,43	0,95
2	60	0
3	58,86	1,9
4	59,43	0,95
5	59,43	0,95
6	60	0
7	60	0
8	60	0
9	59,43	0,95
10	59,43	0,95
11	60,57	0,95
12	60	0
13	60	0
14	59,43	0,95
15	59,43	0,95
16	60	0
17	58,86	1,9
18	59,43	0,95
19	60,57	0,95
20	59,43	0,95

Tabel A.7 Kalibrasi sudut 0° ketika siang hari

No.	Hasil kalibrasi sudut	Error (%)
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0
13	0	0
14	0	0
15	0	0

16	0	0
17	0	0
18	0	0
19	0	0
20	0	0

Tabel A.8 Kalibrasi sudut 0° ketika malam hari

No.	Hasil kalibrasi sudut	Error (%)
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0
13	0	0
14	0	0
15	0	0
16	0	0
17	0	0
18	0	0
19	0	0
20	0	0

Tabel A.9 Kalibrasi sudut -10° ketika siang hari

No.	Hasil kalibrasi sudut	Error (%)
1	-10	0
2	-10	0
3	-10	0
4	-10	0
5	-10	0
6	-10	0
7	-10	0

8	-10	0
9	-10	0
10	-10	0
11	-10	0
12	-10	0
13	-10	0
14	-9	10
15	-9	10
16	-10	0
17	-10	0
18	-10	0
19	-10	0
20	-10	0

Tabel A.10 Kalibrasi sudut -10° ketika malam hari

No.	Hasil kalibrasi sudut	<i>Error (%)</i>
1	-10	0
2	-10	0
3	-10	0
4	-10	0
5	-10	0
6	-10	0
7	-10	0
8	-10	0
9	-10	0
10	-10	0
11	-10	0
12	-10	0
13	-10	0
14	-10	0
15	-10	0
16	-10	0
17	-10	0
18	-10	0
19	-10	0
20	-10	0

Tabel A.11 Kalibrasi sudut 10° ketika siang hari

No.	Hasil kalibrasi sudut	<i>Error (%)</i>
1	10	0
2	10	0
3	10	0
4	10	0
5	10	0
6	10	0
7	10	0
8	10	0
9	10	0
10	10	0
11	10	0
12	10	0
13	10	0
14	10	0
15	10	0
16	10	0
17	10	0
18	10	0
19	10	0
20	10	0

Tabel A.12 Kalibrasi sudut 10° ketika malam hari

No.	Hasil kalibrasi sudut	<i>Error (%)</i>
1	10	0
2	10	0
3	10	0
4	10	0
5	10	0
6	10	0
7	10	0
8	10	0
9	10	0
10	10	0
11	10	0
12	10	0
13	10	0
14	10	0

15	10	0
16	10	0
17	10	0
18	10	0
19	10	0
20	10	0

Tabel A.13 Kalibrasi sudut -20° ketika siang hari

No.	Hasil kalibrasi sudut	<i>Error (%)</i>
1	-20	0
2	-20	0
3	-20	0
4	-20	0
5	-20	0
6	-20	0
7	-20	0
8	-20	0
9	-20	0
10	-20	0
11	-20	0
12	-20	0
13	-20	0
14	-20	0
15	-20	0
16	-20	0
17	-20	0
18	-20	0
19	-20	0
20	-20	0

Tabel A.14 Kalibrasi sudut -20° ketika malam hari

No.	Hasil kalibrasi sudut	<i>Error (%)</i>
1	-20	0
2	-20	0
3	-20	0
4	-20	0
5	-20	0
6	-20	0
7	-20	0

8	-20	0
9	-20	0
10	-20	0
11	-20	0
12	-20	0
13	-20	0
14	-20	0
15	-20	0
16	-20	0
17	-20	0
18	-20	0
19	-20	0
20	-20	0

Tabel A.15 Kalibrasi sudut 20° ketika siang hari

No.	Hasil kalibrasi sudut	<i>Error (%)</i>
1	20	0
2	20	0
3	20	0
4	20	0
5	20	0
6	20	0
7	20	0
8	20	0
9	20	0
10	20	0
11	20	0
12	20	0
13	20	0
14	20	0
15	20	0
16	20	0
17	20	0
18	20	0
19	20	0
20	20	0

Tabel A.16 Kalibrasi sudut 20° ketika malam hari

No.	Hasil kalibrasi sudut	<i>Error (%)</i>
1	20	0
2	20	0
3	20	0
4	20	0
5	20	0
6	20	0
7	20	0
8	20	0
9	20	0
10	20	0
11	20	0
12	20	0
13	20	0
14	20	0
15	20	0
16	20	0
17	20	0
18	20	0
19	20	0
20	20	0

Tabel A.17 Kalibrasi sudut -30° ketika siang hari

No.	Hasil kalibrasi sudut	<i>Error (%)</i>
1	-30	0
2	-30	0
3	-30	0
4	-30	0
5	-30	0
6	-31	3,33
7	-30	0
8	-31	3,33
9	-30	0
10	-31	3,33
11	-30	0
12	-31	3,33
13	-31	3,33
14	-31	3,33
15	-31	3,33

16	-30	0
17	-31	3,33
18	-30	0
19	-30	0
20	-31	3,33

Tabel A.18 Kalibrasi sudut -30° ketika malam hari

No.	Hasil kalibrasi sudut	<i>Error (%)</i>
1	-30	0
2	-30	0
3	-31	3,33
4	-30	0
5	-30	0
6	-30	0
7	-31	3,33
8	-30	0
9	-31	3,33
10	-30	0
11	-30	0
12	-30	0
13	-30	0
14	-31	3,33
15	-30	0
16	-30	0
17	-31	3,33
18	-30	0
19	-30	0
20	-30	0

Tabel A.19 Kalibrasi sudut 30° ketika siang hari

No.	Hasil kalibrasi sudut	<i>Error (%)</i>
1	30	0
2	30	0
3	30	0
4	30	0
5	30	0
6	30	0
7	30	0
8	30	0

9	30	0
10	30	0
11	30	0
12	30	0
13	30	0
14	30	0
15	30	0
16	30	0
17	30	0
18	30	0
19	30	0
20	30	0

Tabel A.20 Kalibrasi sudut 30° ketika malam hari

No.	Hasil kalibrasi sudut	<i>Error (%)</i>
1	31	3,33
2	31	3,33
3	31	3,33
4	33	10
5	31	3,33
6	31	3,33
7	31	3,33
8	31	3,33
9	30	0
10	31	3,33
11	30	0
12	31	3,33
13	31	3,33
14	31	3,33
15	31	3,33
16	31	3,33
17	30	0
18	30	0
19	30	0
20	31	3,33

Tabel A.21 Kalibrasi sudut -40° ketika siang hari

No.	Hasil kalibrasi sudut	<i>Error (%)</i>
1	-40	0
2	-40	0
3	-40	0
4	-40	0

5	-40	0
6	-40	0
7	-40	0
8	-40	0
9	-40	0
10	-40	0
11	-40	0
12	-40	0
13	-40	0
14	-40	0
15	-40	0
16	-40	0
17	-40	0
18	-40	0
19	-40	0
20	-40	0

Tabel A.22 Kalibrasi sudut -40° ketika malam hari

No.	Hasil kalibrasi sudut	<i>Error (%)</i>
1	-43	-7,5
2	-39	2,5
3	-40	0
4	-38	5
5	-38	5
6	-44	-10
7	-39	2,5
8	-40	0
9	-37	7,5
10	-39	2,5
11	-38	5
12	-40	0
13	-40	0
14	-39	2,5
15	-39	2,5
16	-39	2,5
17	-38	5
18	-39	2,5
19	-39	2,5
20	-37	7,5

Tabel A.23 Kalibrasi sudut 40° ketika siang hari

No.	Hasil kalibrasi sudut	Error (%)
1	40	0
2	41	2,5
3	40	0
4	40	0
5	40	0
6	40	0
7	40	0
8	40	0
9	41	2,5
10	40	0
11	41	2,5
12	41	2,5
13	40	0
14	41	2,5
15	40	0
16	41	2,5
17	41	2,5
18	41	2,5
19	41	2,5
20	41	2,5

Tabel A.24 Kalibrasi sudut 40° ketika malam hari

No.	Hasil kalibrasi sudut	Error (%)
1	45	12,5
2	46	15
3	44	10
4	45	12,5
5	46	15
6	46	15
7	45	12,5
8	45	12,5
9	45	12,5
10	44	10
11	46	15
12	44	10
13	44	10
14	44	10
15	40	0
16	44	10

17	44	10
18	44	10
19	45	12,5
20	43	7,5

B. Listing Program

```

#include <SPI.h>
#include <Pixy.h>
#include <math.h>
#include <stdio.h>
#define PI 3.14159265
Pixy pixy;

static int a = 0;
static int b = 0;
static int c = 0;
int j,k,l;
uint16_t blocks1, blocks2, blocks3;
char buf[32];
int x,y, bolanya;
float xret, yret, jarakBola, jarakMerah, jarakBiru, luasBola,
      luasMerah, luasBiru;
double ret, val, sudutBola, sudutMerah, sudutBiru;
int bola=0, gawangMerah=0, gawangBiru=0;

float getSudut(int px, int py){
    x=(px)-160;
    y=-((py)-200);
    xret = x;
    yret = y;
    ret = xret / yret;
    val = PI / 180;
    float xsudut = (atan (ret))/val;
    return xsudut;

```

```
}  
float getJarak(int px, int py){  
    x=(px)-160;  
    y=-((py)-200);  
    int xjarak=(180-sqrt(abs (x*x+y*y)));  
    return xjarak;  
}  
float getLuas(int pW, int pH){  
    int xluas = pW*pH;  
    return xluas;  
}  
void setup(){  
    Serial.begin(9600);  
    Serial.print("Starting...\n");  
    pixy.init();  
    pinMode(2, OUTPUT);  
    pinMode(3, OUTPUT);  
    pinMode(4, OUTPUT);  
    pinMode(5, OUTPUT);  
    pinMode(44, OUTPUT);  
    pinMode(46, OUTPUT);  
    pinMode(48, OUTPUT);  
    delay(6000);  
}  
void kanan1(){  
    analogWrite(2, 0);  
    analogWrite(3, 255);  
    analogWrite(4, 0);  
    analogWrite(5, 0);  
    analogWrite(44, 0);  
    analogWrite(46, 0);  
}
```

```
void kiril(){
    analogWrite(2, 0);
    analogWrite(3, 0);
    analogWrite(4, 0);
    analogWrite(5, 255);
    analogWrite(44, 0);
    analogWrite(46, 0);
}

void putar(){
    analogWrite(2, 0);
    analogWrite(3, 255);
    analogWrite(4, 255);
    analogWrite(5, 0);
    analogWrite(44, 255);
    analogWrite(46, 0);
}

void maju(){
    analogWrite(2, 0);
    analogWrite(3, 255);
    analogWrite(4, 0);
    analogWrite(5, 255);
    analogWrite(44, 0);
    analogWrite(46, 0);
}

void berhenti(){
    analogWrite(2, 0);
    analogWrite(3, 0);
    analogWrite(4, 0);
    analogWrite(5, 0);
    analogWrite(44, 0);
    analogWrite(46, 0);
}
```

```
void putarkanan(){
    analogWrite(2, 0);
    analogWrite(3, 255);
    analogWrite(4, 0);
    analogWrite(5, 0);
    analogWrite(44, 235);
    analogWrite(46, 0);
}

void putarkiri(){
    analogWrite(2, 0);
    analogWrite(3, 0);
    analogWrite(4, 0);
    analogWrite(5, 255);
    analogWrite(44, 0);
    analogWrite(46, 235);
}

void putarrobot(){
    analogWrite(2, 0);
    analogWrite(3, 0);
    analogWrite(4, 0);
    analogWrite(5, 0);
    analogWrite(44, 255);
    analogWrite(46, 0);
}

void bacaBola(){
    blocks1 = pixy.getBlocks();
    bola=0;
    luasBola=0;
    if (blocks1)
    {
        a++;
        if (a%1==0){
```

```
for (j=0; j<blocks1; j++)
{
    if(pixy.blocks[j].signature==1){
        sudutBola = getSudut(pixy.blocks[j].x,
pixy.blocks[j].y);

        jarakBola = getJarak(pixy.blocks[j].x,
pixy.blocks[j].y);

        luasBola = getLuas (pixy.blocks[j].width,
pixy.blocks[j].height);

        bola=1;
    }
}
}

void bacaBiru(){
    blocks2 = pixy.getBlocks();
    gawangBiru=0;
    luasBiru=0;
    if (blocks2)
    {
        b++;
        if (b%1==0){
            for (k=0; k<blocks2; k++)
            {
                if (pixy.blocks[k].signature==2){
                    jarakBiru = getJarak (pixy.blocks[k].x,
pixy.blocks[k].y);

                    sudutBiru = getSudut (pixy.blocks[k].x,
pixy.blocks[k].y);

                    luasBiru = getLuas (pixy.blocks[k].width,
pixy.blocks[k].height);

                    gawangBiru=1;
                }
            }
        }
    }
}
```

```
        }
    }
}

void bacaMerah() {
    blocks3 = pixy.getBlocks();
    gawangMerah=0;
    luasMerah=0;
    if (blocks3)
    {
        c++;
        if (c%1==0){
            for (l=0; l<blocks3; l++)
            {
                if(pixy.blocks[l].signature==3){
                    jarakMerah = getJarak (pixy.blocks[l].x,
                    pixy.blocks[l].y);
                    sudutMerah = getSudut (pixy.blocks[l].x,
                    pixy.blocks[l].y);
                    luasMerah = getLuas (pixy.blocks[l].width,
                    pixy.blocks[l].height);
                    gawangMerah=1;
                }
            }
        }
    }
}

void loop() {
    Behavior();
}

void Behavior() {
    mencaribola();
}
```



```
mencaribola();
mencaribola();
mencaribola();
for(;;){
    wander1();
}
}
void mencaribola(){
    for(;;){
        bacaBola();
        if(bola==0){
            putar();
        }
        if(bola==1 && luasBola>100){
            for(;;){
                goto luruskan;
            }
        }
        delay(100);
    }
    luruskan:
    for(;;){
        bacaBola();
        if(sudutBola<-10){
            putarkanan();
        }
        if(sudutBola>10){
            putarkiri();
        }
        if(sudutBola>=(-10) && sudutBola<10 && luasBola>=1400){
            berhenti();
            delay(1000);
        }
    }
}
```

```
for(;;){
    mencarigawang();
}
}
if(luasBola<1400){
    maju();
}
delay(100);
}
}
void wander1(){
    bacaMerah();
    if(gawangMerah==0){
        putar();
    }
    if(gawangMerah==1){
        berhenti();
        for(;;){
            bacaMerah();
            if(sudutMerah>=-15 && sudutMerah<=15){
                maju();
            }
            if(sudutMerah<-15){
                kanan1();
            }
            if(sudutMerah>15){
                kiril();
            }
        }
    }
    if(luasMerah>=18000){
        berhenti();
        for(;;){
            wander2();
        }
    }
}
```



```
mencaribola();
mencaribola();
mencaribola();
mencaribola();
mencaribola();
mencaribola();
mencaribola();
mencaribola();
mencaribola();
mencaribola();
mencaribola();
mencaribola();
mencaribola();
mencaribola();
for(;;){
    wander3();
}
}
void mencaribola1(){
    for(;;){
        bacaBola();
        if(bola==0){
            maju();
        }
        if(bola==1 && luasBola>=100){
            for(;;){
                goto luruskan;
            }
        }
        delay(100);
    }
    luruskan:
    for (;;){
```

```
    bacaBola();
    if(sudutBola<-10){
        putarkanan();
    }
    if(sudutBola>10){
        putarkiri();
    }
    if(sudutBola>=(-10) && sudutBola<10 && luasBola>=1400){
        berhenti();
        delay(1000);
        for(;;){
            mencarigawang();
        }
    }
    if(luasBola<1400){
        maju();
    }
    delay(100);
}

void wander3(){
    bacaBiru();
    if(gawangBiru==0){
        putar();
    }
    if(gawangBiru==1){
        if(sudutBiru<-20){
            kanan1();
        }
        else if(sudutBiru>20){
            kiril();
        }
    }
}
```

```
    }
else if(sudutBiru>=(-20) && sudutBiru<=10){
    berhenti();
    for(;;){
        mencaribola1();
        mencaribola1();
        mencaribola1();
        mencaribola1();
        mencaribola1();
        mencaribola1();
        mencaribola1();
        mencaribola1();
        mencaribola1();
        mencaribola1();
        for(;;){
            wander2();
        }
    }
}
delay(25);
}
void mencarigawang(){
    for(;;){
        bacaBiru();
        if(gawangBiru==0){
            putarrobot();
        }
        if(gawangBiru==1){
            for(;;){
                goto lurusgawang;
            }
        }
    }
}
```



```
menendang();
menendang();
menendang();
if(bola==0){
    for(;;){
        Behavior();
    }
}
if(sudutBiru<-20 || sudutBiru>20){
    for(;;){
        goto luruskankegawang;
    }
}
delay(25);
}
luruskankegawang:
for(;;){
    bacaBiru();
    if(sudutBiru>-20 && sudutBiru<20){
        for(;;){
            goto menujungawang;
        }
    }
    if(sudutBiru<-20){
        putarkanan();
    }
    if(sudutBiru>20){
        putarkiri();
    }
    delay(25);
}
}
```

```
void menendang() {  
    bacaBiru();  
    if (luasBiru >= 13000) {  
        for (;;) {  
            digitalWrite(48, HIGH);  
            delay(500);  
            digitalWrite(48, LOW);  
            for (;;) {  
                berhenti();  
            }  
        }  
    }  
    if (luasBiru < 13000) {  
        maju();  
    }  
    delay(25);  
}
```