



**PENERAPAN *GYRODOMETRY* PADA *THREE OMNI WHEELS* UNTUK
ROBOT SEPAK BOLA BERODA**

TUGAS AKHIR



Oleh:

Moh. Nasir

15410200006

**FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS DINAMIKA
2020**

**PENERAPAN *GYRODOMETRY* PADA *THREE OMNI WHEELS* UNTUK
ROBOT SEPAK BOLA BERODA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Sarjana Teknik**



UNIVERSITAS
Dinamika

Oleh:

NAMA : Moh. Nasir
NIM : 15410200006
Program Studi : S1 Teknik Komputer

**FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS DINAMIKA**

2020

TUGAS AKHIR

PENERAPAN *GYRODOMETRY* PADA *THREE OMNI WHEELS* UNTUK ROBOT SEPAK BOLA BERODA

Dipersiapkan dan disusun oleh

Moh. Nasir

NIM : 15410200006

Telah diperiksa, diuji dan disetujui oleh Dewan Pembahas

Pada : 24 Januari 2020

Susunan Dewan Pembahas

Pembimbing

I. Pauladie Susanto, S.Kom., M.T.

NIDN. 0729047501

II. Weny Indah K, S.Kom., M.MT.

NIDN. 0721047201

Pembahas:

Harianto, S.Kom., M.Eng.

NIDN. 0722087701



Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan

Untuk memperoleh gelar Sarjana

Fakultas Teknologi dan Informatika

UNIVERSITAS



Dinamika

Dr. Jusak

NIDN: 0708017101

Dekan Fakultas Teknologi dan Informatika

UNIVERSITAS DINAMIKA

“MAN JADDA WA JADDA”



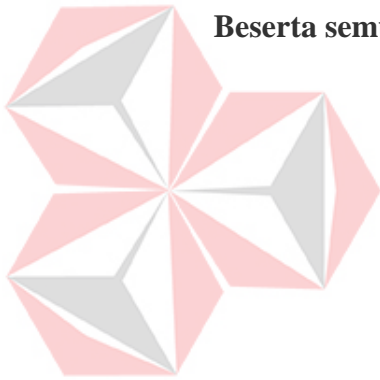
UNIVERSITAS
Dinamika

Kupersembahkan Kepada

ALLAH SWT

Ayah, Ibu dan semua keluarga tercinta,

**Yang selalu mendukung, memotivasi dan menyisipkan nama saya dalam
doa-doa terbaiknya.**



Beserta semua orang yang selalu membantu, mendukung dan memotivasi

agar tetap berusaha menjadi lebih baik.

UNIVERSITAS
Dinamika

SURAT PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI DAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Sebagai mahasiswa Universitas Dinamika, saya :

Nama : Moh. Nasir
NIM : 15410200006
Program Studi : S1 Teknik Komputer
Fakultas : Fakultas Teknologi dan Informatika
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : **Penerapan Gyrodometry Pada Three Omni Wheels Untuk Robot Sepak Bola Beroda**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Seni, saya menyetujui memberikan kepada Universitas Dinamika Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalti Free Right*) atas seluruh isi/ sebagian karya ilmiah saya tersebut di atas untuk disimpan, dialihmediakan dan dikelola dalam bentuk pangkalan data (*database*) untuk selanjutnya didistribusikan atau dipublikasikan demi kepentingan akademis dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta
2. Karya tersebut di atas adalah karya asli saya, bukan plagiat baik sebagian maupun keseluruhan. Kutipan, karya atau pendapat orang lain yang ada dalam karya ilmiah ini adalah semata hanya rujukan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka saya
3. Apabila dikemudian hari ditemukan dan terbukti terdapat tindakan plagiat pada karya ilmiah ini, maka saya bersedia untuk menerima pencabutan terhadap gelar kesarjanaan yang telah diberikan kepada saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 24 Januari 2020

Yang menyatakan



Moh. Nasir

Nim : 154010200006

ABSTRAK

Kontes Robot Sepak Bola Beroda Indonesia atau lebih sering disebut KRSBI merupakan salah satu divisi lomba yang diadakan oleh DIKTI dalam Kontes Robot Indonesia (KRI). Pada divisi Robot Sepak Bola Beroda memiliki beberapa aturan yang ditetapkan oleh panitia penyelenggara. Dan untuk membuat robot mematuhi aturan tersebut, robot ditanamkan kecerdasan buatan didalamnya. Salah satu yang terpenting adalah *posisioning* robot untuk mengatur formasi dan lokasi dari robot tersebut. Robot yang digunakan Universitas Dinamika dalam KRSBI tahun kemarin untuk mengatur posisi menggunakan metode ordometri. Ordometri merupakan metode yang menggunakan umpan balik dari rotary encoder yang digunakan robot. Ordometri memiliki kelemahan dalam pembacaan rotary yang tidak sempurna karena sering terjadi kesalahan dalam pembacaan rotary encoder. Misalnya roda robot yang digunakan terjadi slip pada roda namun rotary masih menghitung sebagai umpan balik dari pergerakan robot. Maka dari itu penulis ingin memperbaiki hal tersebut dengan mengganti metode ordometri menjadi gyrodometri. Berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan pada robot sejauh dua meter metode gyrodometri menghasilkan pergerakan yang lebih presisi. Hasil dari pengujian metode gyrodometri telah memperbaiki robot dalam membaca pergerakan robot sebesar 93% terhadap koordinat y, 94% terhadap koordinat x, dan 98% sudut hadap robot dari pergerakan robot dengan menggunakan metode ordometri.

Kata kunci : *Gyrodometri, ordometri, posisioning*

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadirat Allah SWT, karena dengan rahmatnya dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “PENERAPAN *GYRODOMETRY* PADA *THREE OMNI WHEELS* UNTUK ROBOT SEPAK BOLA BERODA”. Laporan Tugas Akhir ini disusun dalam rangka penulisan laporan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program studi S1 Teknik Komputer Universitas Dinamika.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada pihak-pihak yang memberi dukungan dan masukan dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan kepada:

1. Orang Tua dan Saudara-saudara saya tercinta yang telah memberikan dorongan dan bantuan baik moral maupun materi sehingga penulis dapat menempuh dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Jusak selaku Dekan Fakultas Teknologi dan Informatika (FTI) Universitas Dinamika telah membantu proses penyelesaian Tugas Akhir yang dibuat oleh penulis dengan Baik.
3. Bapak Pauladie Susanto, S.Kom., M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Komputer Universitas Dinamika, dan selaku Dosen pembimbing 1 yang selalu memberi arahan dan bimbingan dalam menyelesaikan Tugas Akhir beserta laporan ini.
4. Weny Indah Kusumawati, S.Kom., M.MT., selaku Dosen Pembimbing II yang juga selalu memberi arahan dan bimbingan dalam menyelesaikan Tugas Akhir beserta laporan ini.

5. Harianto, S.Kom., M.Eng., selaku Dosen Pembahas atas ijin dan masukkan dalam menyusun Tugas Akhir ini.
6. Seluruh dosen pengajar Porgram Studi S1 Teknik Komputer yang telah mendidik, memberi motivasi kepada penulis selama masa kuliah di Universitas Dinamika
7. Rekan-rekan Komunitas Dinamika Robotik yang memberikan motivasi serta bantuan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
8. Teman- teman seperjuangan Teknik Komputer angkatan 2015 dan semua pihak yang terlibat namun tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas bantuan dan dukungannya.
9. Serta semua pihak lain yang tidak dapat disebutkan secara satu per satu, yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna, masih banyak kekurangan dalam menyusun laporan ini. Oleh karena itu dalam kesempatan ini, penulis meminta maaf apabila dalam Laporan Tugas Akhir ini masih banyak kesalahan baik dalam penulisan maupun Bahasa yang digunakan. Penulis juga memerlukan kritik dan saran dari para pembaca yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan laporan yang telah penulis susun.

Surabaya, 24 Januari 2020

Moh. Nasir

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Kontes Robot Sepak Bola Beroda Indonesia.....	5
2.2 Robot	5
2.3 Kinematika.....	6
2.4 Gyrodometri.....	7
2.5 TCP/IP	8
2.6 Roda Omni Directional.....	9
2.7 Base Station	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1 Metode penelitian	11
3.2 Perancangan Sistem Robot	11
3.2.1 Perancangan Mekanik	12
3.2.2 Perancangan Kinematika	12
3.2.3 Perancangan sistem <i>Gyrodometry</i>	15
3.2.4 Konversi jarak menjadi koordina	16
3.3 Perancangan Elektronika Robot	16
3.4 Perancangan Base Station.....	17

3.5	Perancangan Komunikasi Robot	19
3.5.1	Terima data koordinat	19
3.5.2	Pisah Data Koordinat.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		21
4.1	Uji Internal Robot.....	21
4.1.1	Uji Sensor MPU6050	21
4.1.2	Uji Koordinat Rotary Encoder Menggunakan Gyrodometri..	23
4.1.3	Uji Koordinat Rotary Encoder Menggunakan Ordometri.....	32
4.2	Uji External Robot.....	41
4.2.1	Uji pergerakan Gyrodometri	41
4.3	Analisis Keseluruhan Pengujian Yang Telah Dilakukan	43
BAB V PENUTUP		45
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran	45
DAFTAR PUSTAKA		47
LAMPIRAN.....		48
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		60



UNIVERSITAS
Dinamika

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Proses kinematika.....	6
Gambar 2.2 Desain pemasangan roda omni wheel pada Robot.....	7
Gambar 2.3 Desain rotari encoder pada system.....	8
Gambar 2.4 Topology jaringan TCP/IP	9
Gambar 2.5 Roda omniwheel directional.....	10
Gambar 2.6 Basestation	10
Gambar 3.1 Blok diagram kontrol robot	11
Gambar 3.2 Perancangan mekanik robot	12
Gambar 3.3 Hasil konversi inverse kinematika	14
Gambar 3.4 Rangkain elektro robot	17
Gambar 3.5 Perancangan basestation.....	17
Gambar 3.6 Flowchart basestation.....	18
Gambar 3.7 Flowchart terima koordinat	19
Gambar 3.8 Pisah data.....	20
Gambar 4.1 Uji coba sensor gyro.....	21
Gambar 4.2 Uji pergerakan persegi	42
Gambar 4.3 Grafik pergerakan persegi	43

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Hasil uji Sensor MPU6050	22
Tabel 4.2 Uji koordinat y tanpa rintangan dengan gyrodometri	24
Tabel 4.3 Uji koordinat y dengan gyrodometri (diputar 45^0).....	26
Tabel 4.4 Uji koordinat y menggunakan gyrodometri dengan diangkat 45^0	27
Tabel 4.5 Koordinat x menggunakan gyrodometri tanpa rintangan	28
Tabel 4.6 Koordinat x menggunakan gyrodometri dengan diputar 45	29
Tabel 4.7 Koordinat x menggunakan gyrodometri dengan diangkat dan diputar 45 ⁰	31
Tabel 4.8 Uji koordinat y tanpa rintangan dengan Ordometri	33
Tabel 4.9 Uji koordinat y menggunakan ordometri dengan robot diputar 45^0	34
Tabel 4.10 Uji koordinat y menggunakan ordometri dengan robot diangkat dan diputar 45^0	36
Tabel 4.11 Uji koordinat x menggunakan ordometri tanpa rintangan	37
Tabel 4.12 Uji koordinat x menggunakan ordometri dengan robot diputar 45^0 ...	38
Tabel 4.13 Uji koordinat x menggunakan ordometri dengan robot diangkat dan diputar 45^0	39
Tabel 4.14 Uji pergerakan segitiga	43
Tabel 4.15 Perbandingan error terhadap koordinat y	44
Tabel 4.16 Perbandingan error terhadap koordinat x	44

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Program robot.....	48
Lampiran 2 Program visual studio.....	54
Lampiran 3 Program wemos.....	57



UNIVERSITAS
Dinamika

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Robot merupakan alat yang digunakan untuk membantu pekerjaan manusia dalam menangani berbagai masalah supaya pekerjaan lebih efisien. Saat ini perkembangan robot sangat pesat. Robot memiliki berbagai macam konstruksi, diantaranya adalah Robot Mobile (bergerak), Robot Manipulator (tangan), Robot Humanoid (menyerupai keseluruhan manusia), Flying Robot (drone, pesawat tanpa awak), Robot Berkaki, Robot Jaringan, Robot Animalia (robot logistic militer anjing, laba-laba), dan lain sebagainya. Untuk menunjang perkembangan robot di Indonesia Menristekdikti mengadakan kompetisi robot dengan berbagai macam divisi. Salah satu divisi robot yang dikonteskan adalah Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Beroda.

Pada divisi Robot Sepak Bola Beroda memiliki beberapa aturan yang ditetapkan oleh panitia penyelenggara. Aturannya dibuat semirip mungkin dengan sepak bola sesungguhnya, meskipun tidak semuanya. Dan untuk membuat robot mematuhi aturan tersebut, robot ditanamkan kecerdasan buatan didalamnya. Salah satu yang terpenting adalah *posisioning* robot untuk mengatur formasi dan lokasi dari robot tersebut.

Posisioning dalam sepak bola sangat bermanfaat. Ketika robot bisa melakukan formasi dengan baik tentu akan lebih mudah untuk mengatur strategi selanjutnya. Dan juga memberikan kepastian tugas pada masing-masing robot. *Positioning* menggunakan odometri telah dilakukan oleh abseno (Abseno, 2019). Seperti yang diketahui odometri merupakan sebuah metode yang digunakan sebagai

sistem umpan balik dari pembacaan ketiga rotary encoder untuk membaca pergerakan robot. Tapi pada sistem odometri robot masih belum akurat untuk sudut hadapnya secara *realtime*. Seperti yang diketahui odometri mengambil data dari 3 rotari encoder. Dimana rotary encoder memiliki kelemahan, yakni ketika roda selip tapi rotary akan tetap menghitungnya. Untuk mengurangi hal tersebut maka dibutuhkan kombinasi sensor gyro.

Sensor gyro memiliki output berupa kecepatan sudut dari arah 3 sumbu yakni yaw, pitch, dan roll. Sudut yang dibutuhkan oleh robot ini hanya sudut yaw untuk mengetahui sudut hadap robot.

Untuk mengatasi beberapa permasalahan di atas maka perlu pengujian dengan cara membuat sistem yang dirancang untuk dapat menentukan pergerakan dan posisi robot. Perancangan yang dilakukan dalam menentukan posisi robot adalah dengan cara membaca data pergerakan robot yang bergerak dari titik awal ke titik akhir dari robot. Dimana data titik awal tersebut diperoleh dari rotary encoder dengan metode umpan balik *gyrodometry*.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah sesuai yang telah diuraikan dalam latar belakang sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan perancangan sistem umpan balik *gyrodometry* ?
2. Bagaimana melakukan positioning robot sesuai input koordinat ?

1.3 Batasan Masalah

Agar tidak menyimpang dari tujuan yang akan dicapai maka diberi batasan masalah sebagai berikut:

1. Robot menggunakan rotary eksternal.
2. Menggunakan lapangan KRSBI sesuai aturan dikti.
3. Menggunakan robot KRSBI Stikom Surabaya.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari Penelitian ini sebagai berikut:

1. Robot dapat menggunakan sistem umpan balik *gyrodometry*.
2. Robot dapat melakukan *posisioning* sesuai input koordinat.

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pembaca dalam memahami persoalan dan pembahasannya, maka penulisan laporan tugas akhir ini dibuat dengan sistematika sebagai berikut.

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas tentang latar belakang masalah dan penjelasan permasalahan secara umum, perumusan masalah serta batasan masalah yang dibuat, tujuan dari pembuatan dari tugas akhir ini dan sistematika penulisan buku.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini membahas teori-teori yang berhubungan dan mendukung dalam pembuatan tugas akhir seperti robot, mikrokontroler, wemos, odometry, dan literatur yang menunjang dalam pembuatan tugas akhir ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini membahas tentang metode penelitian baik dalam perancangan sistem yang meliputi perangkat keras maupun perangkat lunak pada tugas akhir ini.

BAB IV PENGUJIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang hasil dari pengujian robot. Pengujian yang dilakukan yaitu uji komunikasi antara robot dengan simulator, dan uji ketepatan koordinat robot dengan koordinat gambar visual robot pada simulator.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran. Kesimpulan akan dijelaskan berdasarkan dari hasil pengujian tugas akhir ini, serta saran-saran untuk perkembangan.



UNIVERSITAS
Dinamika

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Kontes Robot Sepak Bola Beroda Indonesia

Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Beroda atau biasa disingkat dengan KRSBI Beroda merupakan salah satu divisi dari lomba yang dilaksanakan oleh Kementerian riset, Teknologi, dan Pendidikan tinggi sebagai ajang kompetisi rancang bangun dan rekayasa dalam bidang robotika. Selain KRSBI Beroda ada 5 divisi lain yaitu Kontes Robot ABU Indonesia (KRAI), Kontes Robot Sepak Bola Indonesia (KRSBI) Humanoid, Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI), Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI), dan yang terakhir Kontes Robot Tematik Indonesia (KRTMI).

Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Beroda diadakan untuk meningkatkan keilmuan dan kreatifitas mahasiswa di bidang robotika. Dalam kontes ini mahasiswa dituntut untuk bisa mengembangkan dalam bidang mekanika, manufaktur, elektronika, pemrograman, artificial intelligent, image processing, dan lain-lain (DIKTI, 2018).

2.2 Robot

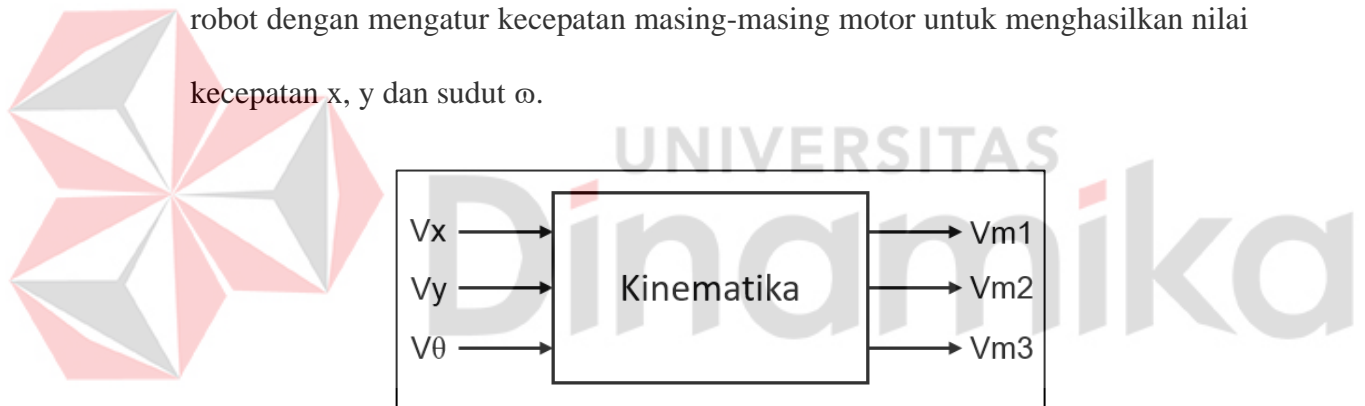
Robot merupakan alat yang diciptakan sebagai alat bantu untuk membantu menyelesaikan kebutuhan manusia secara otomatis dengan program yang telah ditanamkan pada sistem robot yang telah dibuat atau dengan menggunakan kontrol yang dilakukan oleh manusia. Saat ini perkembangan robot sangat pesat. Robot memiliki berbagai macam konstruksi, diantaranya adalah Robot *Mobile* (bergerak), Robot Manipulator (tangan), Robot Humanoid (menyerupai keseluruhan manusia),

Flying Robot (drone, pesawat tanpa awak), Robot Berkaki, Robot Jaringan, Robot Animalia (robot logistic militer anjing, laba-laba), dan lain sebagainya.

Robot yang digunakan untuk tugas akhir ini yaitu robot KRSBI, robot ini tergolong robot *mobile*. Tentu saja spesifikasi robotnya sesuai aturan yang dibuat oleh dikti. Robot KRSBI memiliki ciri khas mempunyai roda sebagai aktuatornya, yang memungkinkan robot untuk melakukan pergerakan. Pada tugas akhir ini robot yang digunakan adalah robot yang telah dibuat oleh tim robotik stikom surabaya.

2.3 Kinematika

Kinematika merupakan sebuah rumus atau metode untuk menggerakkan robot dengan mengatur kecepatan masing-masing motor untuk menghasilkan nilai kecepatan x , y dan sudut ω .

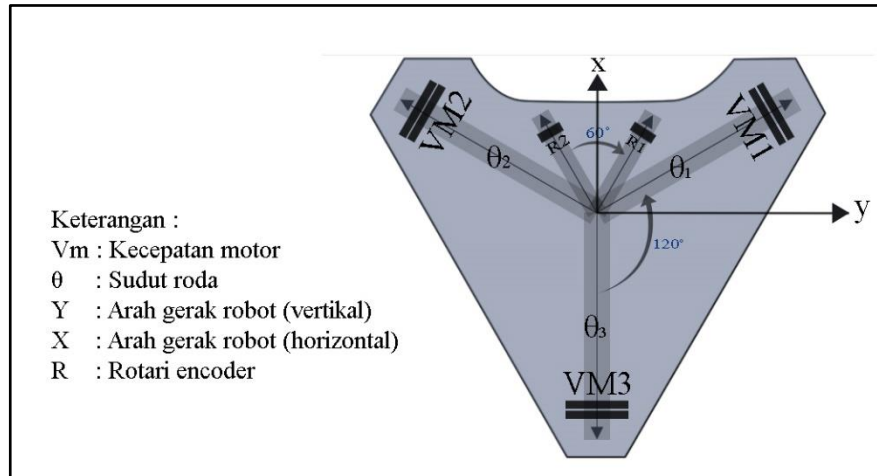


Gambar 2.1 Proses kinematika
(Sumber : (Abseno, 2019))

Dengan desain pemasangan rotary motor seperti pada gambar 2.2 maka didapatkan rumus kinematika sebagai berikut:

$$\begin{pmatrix} V_{m1} \\ V_{m2} \\ V_{m3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sin\theta_1 & \cos\theta_1 & 1 \\ -\sin\theta_2 & \cos\theta_2 & 1 \\ -\sin\theta_3 & \cos\theta_3 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ \omega \end{pmatrix} \dots\dots 1-1$$

(Förster, 2006)



Gambar 2.2 Desain pemasangan roda omni wheel pada Robot
(Sumber : Olahan Sendiri)

Berdasarkan gambar 2.2 maka sudut antara roda dapat dipastikan yaitu 60° , 180° , 300° . Jadi untuk menentukan kecepatan setiap motor maka mengacu pada persamaan 1-1 sesuai bentuk robot yang digunakan menghasilkan rumus:

$$V_{m1} = -V_x * \sin 60^\circ + V_y * \cos 60^\circ + \omega * 1 \quad (1-2)$$

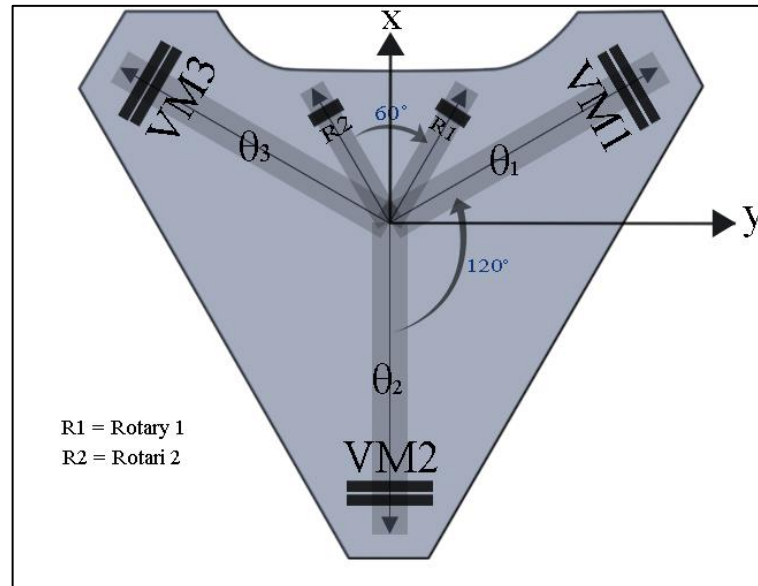
$$V_{m2} = -V_x * \sin 180^\circ + V_y * \cos 180^\circ + \omega * 1 \quad (1-3)$$

$$V_{m3} = -V_x * \sin 300^\circ + V_y * \cos 300^\circ + \omega * 1 \quad (1-4)$$

2.4 Gyrodometri

Gyrodometri merupakan metode baru dari kombinasi antara data dari sensor *gyro* dengan data yang diperoleh dari ordometri (Feng, 1996). Masalah timbul dari ordometri yakni karena pengambilan datanya dari sebuah rotary. Potensi terjadinya kesalahan yang paling mendasar yaitu rotari selip (roda berputar tapi roda omni yang tidak sempurna menyentuh permukaan lapangan).

Untuk menghubungkan kedua metode ini maka dibutuhkan perancangan dua buah rotary encoder seperti pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Desain rotari encoder pada system
(Sumber : Olahan sendiri)

Berdasarkan perancangan rotari encoder seperti pada gambar 2.3 maka diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\cos(\theta_2 + \theta) & -\cos(\theta_1 + \theta) \\ -\sin(\theta_2 + \theta) & -\sin(\theta_1 + \theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R1 \\ R2 \end{bmatrix}$$

Keterangan :

θ = Sudut sensor gyro ($^{\circ}$).

θ_1 = besar sudut sensor gyro ke rotary 1 ($^{\circ}$).

θ_2 = besar sudut sensor gyro ke rotary 2 ($^{\circ}$).

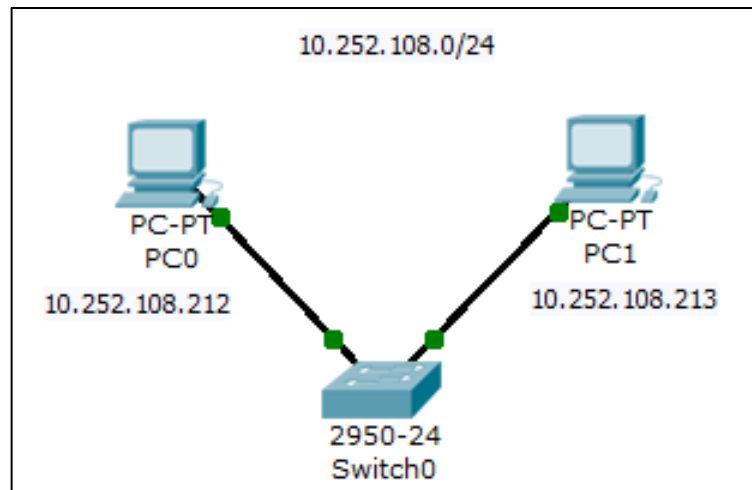
R1 = Rotary 1.

R2 = Rotary 2.

2.5 TCP/IP

TCP/IP merupakan singkatan dari *Transmission Control Protocol/Internet Protocol*. TCP/IP adalah salah satu perangkat lunak jaringan

komputer (networking software) yang terdapat dalam sistem, dan dipergunakan dalam komunikasi data dalam local area network (LAN) maupun internet.



Gambar 2.4 Topology jaringan TCP/IP
(Sumber : (Wikipedia, 2018))

Gambar 2.4 menjelaskan bahwa dengan adanya topologi jaringan akan memudahkan user mengetahui komputer mana saja yang saling berkomunikasi.

2.6 Roda Omni Directional

Roda omni directional atau omni-wheel telah banyak dipelajari dan dikembangkan secara ekstensif selama sepuluh tahun terakhir di sejumlah laboratorium robotika di seluruh dunia. Robot tersebut ditandai dengan kemampuan untuk bergerak kesamping dan berputar ditempat (Efendi, 2007). Omni wheel terdiri dari roda inti besar dan sepanjang peripheral ada terdapat banyak roda kecil tambahan yang mempunyai poros tegak lurus pada roda inti. Hal ini berfungsi supaya roda bisa bergerak ke segala arah tanpa harus berbelok. Seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.5.



Gambar 2.5 Roda omniwheel directional
(Sumber : (sandi, 2007))

2.7 Base Station

Base Station adalah komputer, notebook, atau laptop yang menjalankan software yang digunakan untuk memantau dan mengatur kerja robot secara otomatis berdasarkan instruksi yang diterima dari RefBox (Ardhiansyah & Syarifuddin, 2017). *Base Station* melakukan koordinasi aktivitas setiap robotnya dalam pertandingan.

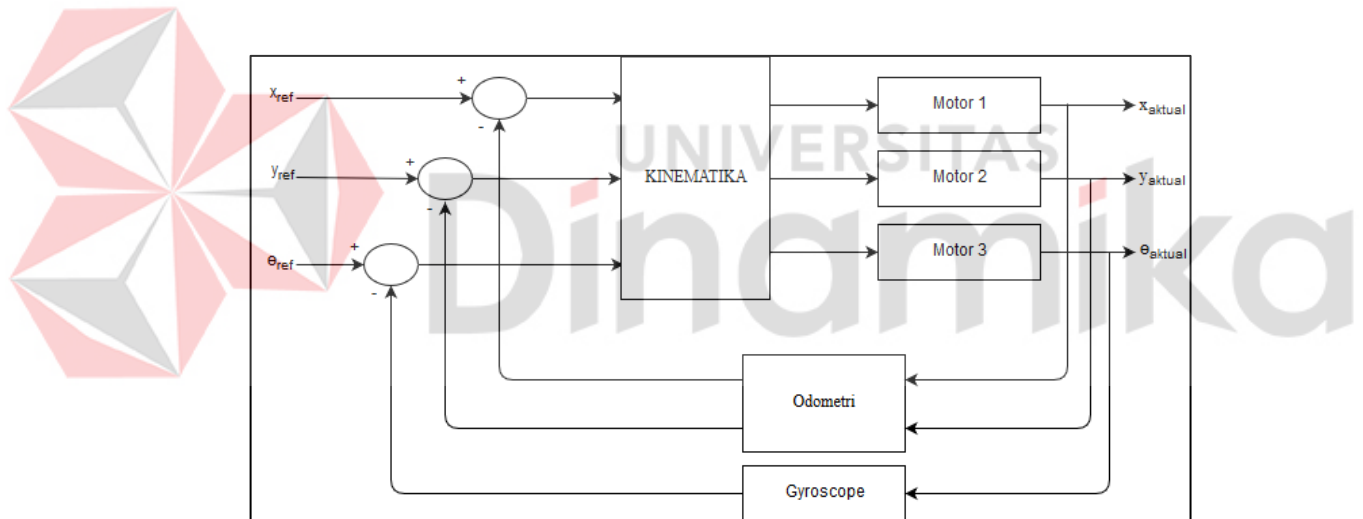
Gambar 2.6 Basestation
(Sumber : Olahan sendiri)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai keseluruhan perancangan sistem. Sistem yang digunakan untuk umpan balik dari pergerakan robot merupakan kombinasi antara dua rotary encoder dengan sensor gyro atau disebut dengan gyrodometri. digunakanlah rumus forward kinematika untuk perhitungan dari rotary encoder dan juga sensor gyro sehingga keluaran yang dihasilkan berupa satuan kordinat yaitu x, y, dan sudut hadap.



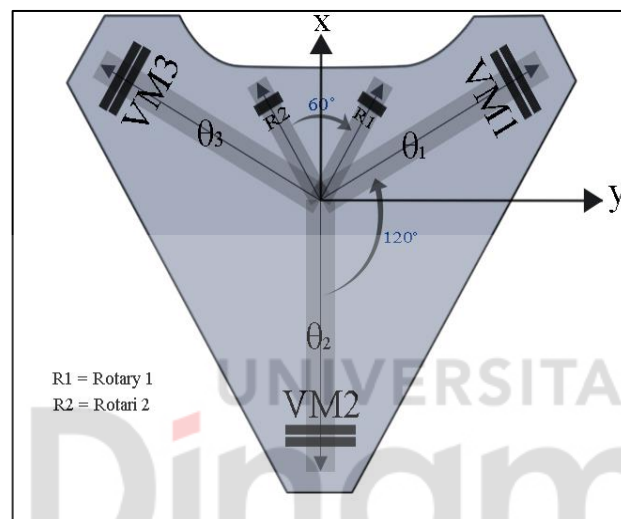
Gambar 3.1 Blok diagram kontrol robot
(Sumber : Olahan Sendiri)

3.2 Perancangan Sistem Robot

Pada sub bab ini menjelaskan mengenai seluruh perancangan sistem robot sepak bola beroda.

3.2.1 Perancangan Mekanik

Pada robot ini motor yang digunakan adalah motor DC-PG-36 dengan supply tegangan 12V yang sudah dilengkapi gearbox planetary. Terdapat tiga buah motor yang berbentuk Y, dimana sudut setiap motor adalah 120^0 seperti pada gambar 3.2. Berdasarkan desain tersebut maka sudut roda pada base tersebut yaitu 60^0 , 180^0 , 300^0 . Arah pergerakan robot ditentukan oleh kecepatan masing-masing motor.



Gambar 3.2 Perancangan mekanik robot
(Sumber : Olahan Sendiri)

Sedangkan untuk dua rotary encoder untuk menerapkan metode gyro dometri memiliki sudut 60^0 . Untuk penempatan sensor gyro harus berada dititik 0^0 (ditengah robot). Penempatan sensor gyro berada di titik 0^0 berfungsi agar sudut hadap robot sesuai dengan sudut yang dihasilkan sensor gyro.

3.2.2 Perancangan Kinematika

Tiga buah motor DC dipasang membentuk segitiga dengan masing-masing sudut 120^0 seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2.

$$\begin{pmatrix} V_{m1} \\ V_{m2} \\ V_{m3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sin\theta_1 & \cos\theta_1 & 1 \\ -\sin\theta_2 & \cos\theta_2 & 1 \\ -\sin\theta_3 & \cos\theta_3 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V\omega \end{pmatrix} \quad (3-1)$$

Sehingga menghasilkan perkalian matrik sebagai berikut :

$$\begin{pmatrix} V_{m1} \\ V_{m2} \\ V_{m3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -V_x \sin\theta_1 + V_y \cos\theta_1 + V\omega \\ -V_x \sin\theta_2 + V_y \cos\theta_2 + V\omega \\ -V_x \sin\theta_3 + V_y \cos\theta_3 + V\omega \end{pmatrix} \quad (3-2)$$

Setelah menghasilkan persamaan 3-2 maka diperoleh rumus vector kecepatan seperti berikut :

$$V_{m1} = -V_x * \sin\theta_1 + V_y * \cos\theta_1 + V\omega \quad (3-3)$$

$$V_{m2} = -V_x * \sin\theta_2 + V_y * \cos\theta_2 + V\omega \quad (3-4)$$

$$V_{m3} = -V_x * \sin\theta_3 + V_y * \cos\theta_3 + V\omega \quad (3-5)$$

Keterangan :

V_m : Kecepatan motor (m/s)

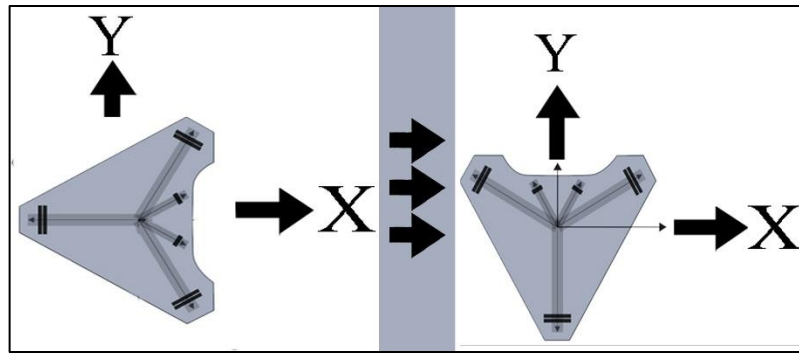
V_y : Kecepatan robot Vertikal (m/s)

V_x : Kecepatan robot horizontal (m/s)

$V\omega$: Kecepatan sudut robot (rad/s)

θ : Sudut Pemasangan roda (0)

Berdasarkan rumus 3-3, 3-4, 3-5 maka arah awal hadap robot menghadap koordinat Y. maka perlu dilakukan penyesuaian agar sudut awal hadap depan robot menghadap koordinat X, agar sesuai standard normal hadap robot. Untuk melakukan perubahan sudut awal hadap robot maka perlu konversi arah hadap robot. Yaitu dengan cara menggunakan metode *inverse* kinematika.



Gambar 3.3 Hasil konversi inverse kinematika
(Sumber : Olahan Sendiri)

Cara melakukan konversi arah hadap yaitu dengan cara mengurangi sudut pemasangan seluruh roda dengan 90^0 . Berikut merupakan penulisan persamaan rumus untuk setelah dilakukan konversi sudut hadap robot sesuai dengan desain mekanik pada gambar 3.2.

$$V_{m1} = -V_x * \sin(\theta_1 - 90^0) + V_y * \cos(\theta_1 - 90^0) + V\omega \quad (3-6)$$

$$V_{m2} = -V_x * \sin(\theta_2 - 90^0) + V_y * \cos(\theta_2 - 90^0) + V\omega \quad (3-7)$$

$$V_{m3} = -V_x * \sin(\theta_3 - 90^0) + V_y * \cos(\theta_3 - 90^0) + V\omega \quad (3-8)$$

Setelah diketahui proporsi masing-masing kecepatan motor sesuai dengan besar/kecilnya input yang diberikan terhadap kecepatan vertikal (V_x) dan kecepatan horizontal (V_y) dan kecepatan sudut ($R\omega$). Maka untuk menentukan kecepatan robot pada tugas akhir ini maka diperlukan persamaan pembalik dari persamaan 3-6, 3-7, 3-8. Sehingga dapat dirumuskan menjadi persamaan dibawah ini.

$$V_x = Vm_2 - Vm_1 \cos 60 - Vm_1 \cos 300 \quad (3-9)$$

$$V_y = Vm_1 \sin 60 - Vm_3 \sin 300 \quad (3-10)$$

$$V_\omega = \frac{Vm_1 + Vm_2 + Vm_3}{L} \quad (3-11)$$

dimana L (cm) merupakan merupakan jarak roda omni dengan titik pusat robot.

3.2.3 Perancangan Sistem Gyrodometry

Gyrodometri adalah metode yang digunakan sebagai umpan balik dari kombinasi ordometri dan sensor gyro. Metode gyrodometri menggunakan dua buah rotary encoder untuk merekam seluruh pergerakan robot sehingga dapat menghasilkan titik koordinat kartesian (x,y). Dan satu buah sensor modul gyro untuk menentukan sudut hadap robot. maka diperoleh persamaan rumus gyrodometri yang akan digunakan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\cos \theta 1^\circ & -\cos \theta 2^\circ \\ -\sin \theta 1^\circ & -\sin \theta 2^\circ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R1 \\ R2 \end{bmatrix} \quad (3-12)$$

Sesuai dengan desain base pada gambar 3.2 dimana rotary satu memiliki sudut 30° dari titik tengah koordinat y. Sedangkan rotary dua memiliki sudut 330° . Sehingga menghasilkan perkalian matrik seperti berikut :

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\cos 30^\circ * R1 & -\cos 330^\circ * R2 \\ -\sin 30^\circ * R1 & -\sin 330^\circ * R2 \end{bmatrix} \quad (3-13)$$

Berdasarkan perkalian matrik pada persamaan 3-13 maka diperoleh rumus persamaan gyrodometri seperti berikut :

$$X = (-\cos \theta 1 * R1) - (\cos \theta 2 * R2) \quad (3-14)$$

$$Y = (-\sin \theta 1 * R1) - (\sin \theta 2 * R2) \quad (3-15)$$

$$\text{Heading} = \theta \quad (3-16)$$

Keterangan :

X = koordinat horizontal robot (cm)

Y = koordinat vertical robot (cm)

Heading = koordinat arah hadap robot ($^\circ$)

θ = output sudut gyro ($^{\circ}$)

$\theta 1$ = sudut pemasangan rotari 1

$\theta 2$ = sudut pemasangan rotari 2

R1 = pulsa rotari encoder 1

R2 = pulsa rotari encoder 2

3.2.4 Konversi jarak menjadi koordinat

Perhitungan konversi jarak menjadi koordinat digunakan untuk mengkonversi jarak inputan user kordinat x atau y, dan sudut yang diisi oleh operator menjadi koordinat bentuk kordinat kartesian (x,y).

Untuk perhitungan pulsa rotary menjadi cm maka diperlukan persamaan seperti berikut :

$$\text{keliling roda} = \pi 2r \quad (3-17)$$

$$S = R * \text{keliling roda} * \text{ppr} \quad (3-18)$$

Keterangan :

r = jari-jari roda

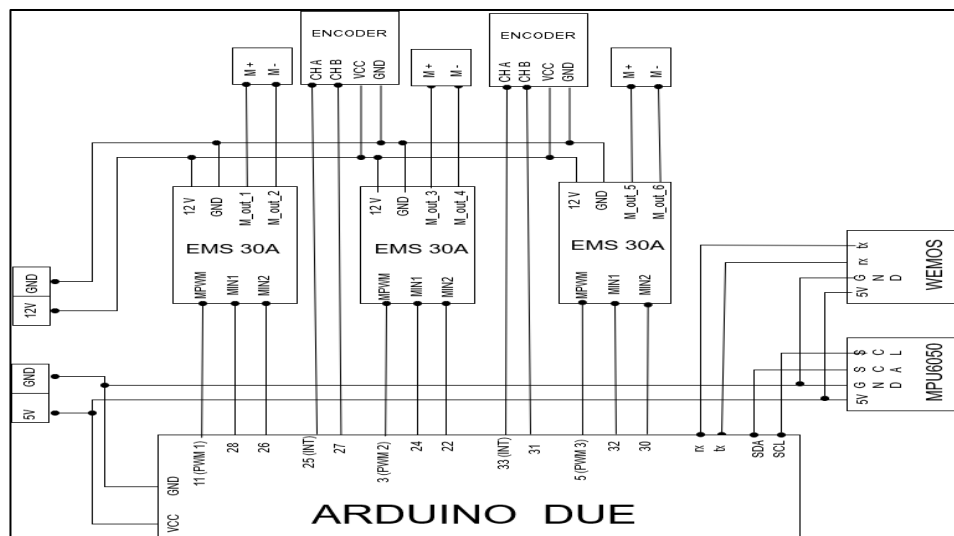
S = jarak (cm)

R = total pulse rotary

ppr = pulse per rotation

3.3 Perancangan Elektronika Robot

Pada rancangan elektronika robot ini menggunakan dua sumber tegangan yaitu 5 V untuk Arduino, sensor MPU6050, dan Wemos.

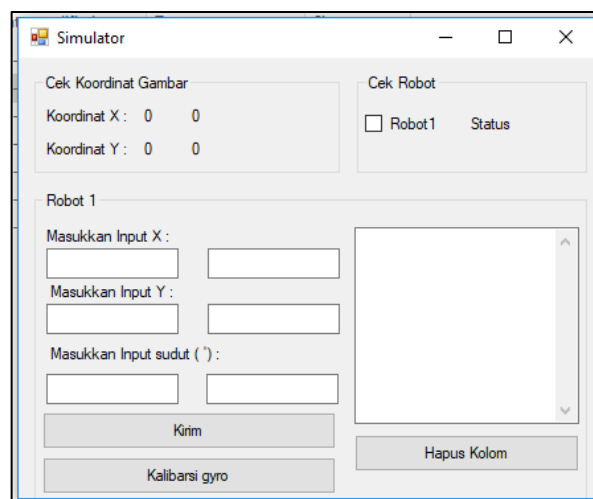


Gambar 3.4 Rangkain elektro robot
(Sumber : Olahan Sendiri)

Dan yang kedua yaitu 12 V untuk rotary encoder, motor dan juga motor driver
Perancangan elektronika secara garis besar sudah digambarkan pada gambar 3.4.

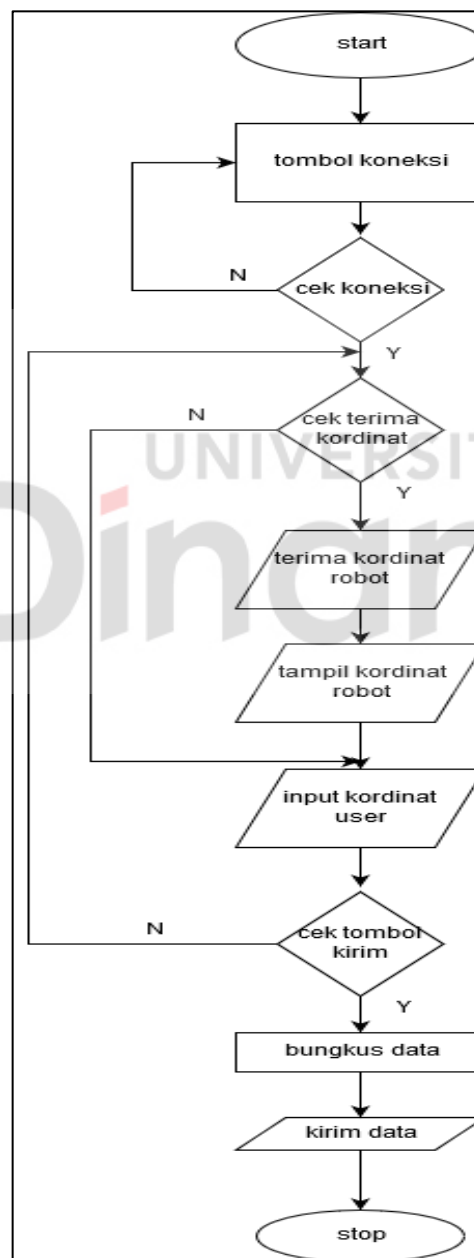
3.4 Perancangan Base Station

Untuk monitoring robot sepak bola beroda ini menggunakan basestation yang biasa digunakan pada saat lomba KRSBI. Basestation yang digunakan seperti pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Perancangan basestation
(Sumber : Olahan sendiri)

Pengiriman antara base station dengan robot menggunakan modul wemos. Base station ini dibuat menggunakan aplikasi visual studio. Sebelum menghubungkan antara basestation dengan wemos terlebih dahulu harus berada pada satu jaringan atau berada pada satu access point. Baru setelah terkoneksi user bisa memberi input koordinat sesuai penempatan robot yang diinginkan.



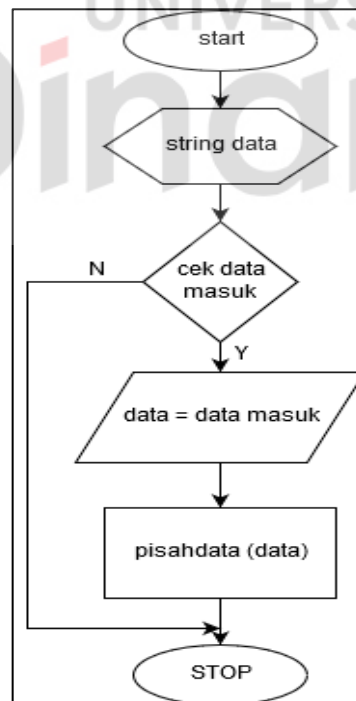
Gambar 3.6 Flowchart basestation
(Sumber : Olahan sendiri)

3.5 Perancangan Komunikasi Robot

Pada bab ini akan membahas tentang komunikasi robot mengenai menerima data kemudian diolah oleh robot menjadi inputan robot dan setelah robot bergerak maka robot akan mengirimkan kordinatnya secara berkalsebagai umpan balik dari robot.

3.5.1 Terima data koordinat

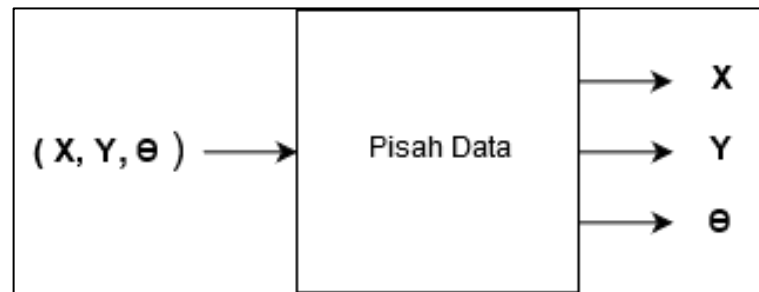
Setelah basestation mengirim data ke robot tepatnya ke wemos dengan menggunakan komunikasi TCP/IP. Kemudian akan diteruskan ke Arduino due menggunakan komunikasi serial. Flowchart terima data dari basestation bisa dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.7 Flowchart terima koordinat
(Sumber : Olahan sendiri)

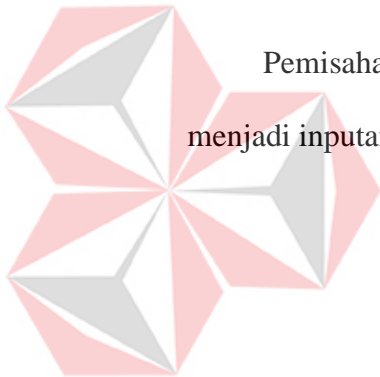
3.5.2 Pisah Data Koordinat

Setelah menerima data, dikarenakan data (koordinat kartesian x dan y dan juga sudutnya) yang diterima masih terbungkus dalam satu variable maka harus dilakukan pemisahan data.



Gambar 3.8 Pisah data
(Sumber : Olahan sendiri)

Pemisahan data ini bertujuan untuk memisah setiap data agar setiap data bisa menjadi inputan yang sesuai dengan koordinat yang diinputkan.



UNIVERSITAS
Dinamika

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

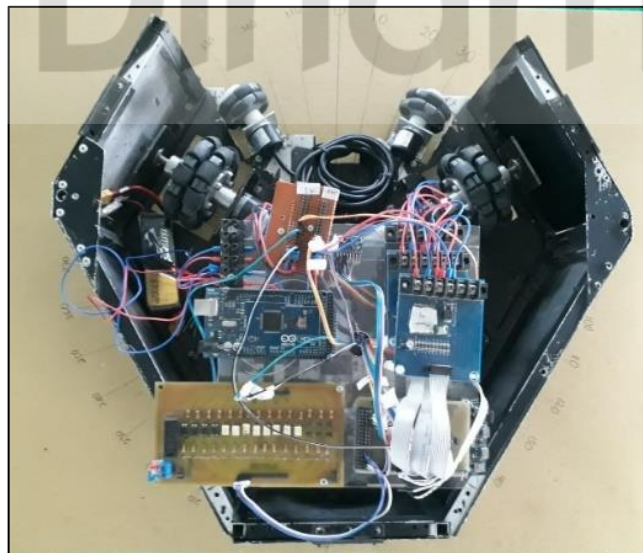
Pada bab ini akan membahas mengenai beberapa hasil dan pembahasan mengenai penerapan metode gyrodometri terhadap robot sepak bola beroda. Agar bisa mengetahui tingkat keberhasilan pada riset Tugas Akhir ini.

4.1 Uji Internal Robot

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui nilai setiap sensor gyro dan juga rotary yang digunakan sebagai landasan dari uji gyrodometri.

4.1.1 Uji Sensor MPU6050

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan setiap sudut hadap robot dengan keluaran dari sensor gyro.



Gambar 4.1 Uji coba sensor gyro
(Sumber : Olahan sendiri)

A. Alat Yang digunakan pada Uji Sensor MPU6050

Alat yang dibutuhkan untuk pengujian sensor gyro adalah sebagai berikut :

1. Robot sepak bola yang sudah dilengkapi sensor MPU6050
2. Karton berukuran minimal sedikit lebih besar dari robot dan sudah diberi gambar sudut seperti busur
3. Laptop
4. Program Arduino untuk menampilkan data dari sensor

B. Prosedur pengujian pada sensor gyro

Langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan karton besar yang sudah digambar seperti busur.
2. Meletakkan robot tepat ditengah karton tersebut.
3. Download program Arduino sensor MPU6050 pada robot tersebut.
4. Amati setiap perubahan sudut yang dialami robot melalui serial monitor Arduino.

C. Hasil Pengujian Sensor MPU6050

Berikut adalah tabel 4.1 hasil pengujian dari sensor MPU6050.

Tabel 4.1 Hasil uji Sensor MPU6050

No	Sudut	MPU6050	Error
1	10	10.38	0.38
2	20	20.82	0.82
3	30	30.11	0.11
4	40	39.96	0.04
5	50	50.9	0.9
6	60	60.31	0.31
7	70	69.3	0.7

No	Sudut	MPU6050	Error
8	80	79.52	0.48
9	90	89.73	0.27
10	100	99.56	0.44
11	110	109.02	0.98
12	120	119.17	0.83
13	130	129	1
14	140	140.28	0.28
15	150	150.34	0.34
16	160	161.07	1.07
17	170	171.02	1.02
18	180	180.68	0.68
Rata-rata error			0.59167
Error minimum			0.28
Error maksimum			1.07

(Sumber : Olahan sendiri)

Berdasarkan uji coba sensor MPU6050 pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa error yang dihasilkan oleh sensor gyro setiap 10^0 error yang dihasilkan paling besar yaitu $1,07^0$ yaitu pada pengujian 160^0 dan error yang paling kecil yaitu pada pengujian 140^0 .

4.1.2 Uji Koordinat Rotary Encoder Menggunakan Gyrodometri

Pada tahap ini pergerakan robot menggunakan metode gyrodometri. Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai dari setiap rotary encoder pada robot sepak bola beroda.

A. Alat Yang digunakan pada Uji Koordinat Rotary Encoder Gyrodometri

Peralatan yang digunakan untuk pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Robot Sepak Bola Beroda
2. Laptop
3. Base station robot

4. Router
5. Meteran

B. Prosedur Pengujian Pada Uji Koordinat Rotary Encoder

Langkah -langkah yang dilakukan untuk pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Peletakan robot pada titik awal.
2. Mempersiapkan base station sebagai kontrol robot pada laptop.
3. Koneksikan antara robot dengan base station pada laptop user menggunakan TCP/IP
4. Pengujian dilakukan dan memberikan target koordinat y sejauh 200 cm, dan juga x sejauh 200 cm secara bergantian. pengujian ini dilakukan untuk satu robot, dengan menggunakan metode gyrodometri. Pada pengujian ini juga dibagi menjadi tiga kategori yang pertama tanpa rintangan, yang kedua dengan rintangan berupa digeser, dan yang ke tiga rintangan berupa diangkat.
6. Amati hasil error menggunakan meteran pada pergerakan robot lalu bandingkan dengan inputan koordinat yang dikirim base station.

C. Hasil Pengujian Dari Uji Koordinat Rotary Encoder

Berikut ini merupakan hasil pengujian koordinat rotary encoder dengan sumbu y (maju) dan x (samping) menggunakan metode gyrodometri dengan beberapa metode (tanpa rintangan, diputar 45^0 , dan diangkat lalu diputar 45^0). Satuan dari koordinat x, dan y merupakan cm, sedangkan untuk sudut derajat (0).

Tabel 4.2 Uji koordinat y tanpa rintangan dengan gyrodometri

Gyrodometri tanpa rintangan				Error		
Percobaan	y	X	sudut	y	X	sudut
1	205	5	-2	5	5	2

Gyrodometri tanpa rintangan				Error		
Percobaan	y	X	sudut	y	X	sudut
2	206	3	0	6	3	0
3	202	5	-1	2	5	1
4	208	5	0	8	5	0
5	206	2	1	6	2	1
6	206	2	2	6	2	2
7	206	7	-1	6	7	1
8	205	3	0	5	3	0
9	205	2	-1	5	2	1
10	207	4	-1	7	4	1
11	206	5	0	6	5	0
12	203	2	0	3	2	0
13	204	3	0	4	3	0
14	202	4	-2	2	4	2
15	204	5	-1	4	5	1
16	205	3	-2	5	3	2
17	207	3	0	7	3	0
18	205	3	-1	5	3	1
19	204	3	0	4	3	0
20	202	5	-1	2	5	1
21	206	3	0	6	3	0
22	202	4	0	2	4	0
23	206	2	0	6	2	0
24	205	1	0	5	1	0
25	205	4	-1	5	4	1
26	202	3	-1	2	3	1
27	205	3	1	5	3	1
28	206	5	0	6	5	0
29	204	4	1	4	4	1
30	205	5	0	5	5	0
Rata-rata error				4.8	3.6	0.66667
Error minimum				2	1	0
Error maksimum				8	7	2

(Sumber : Olahan sendiri)

Pada pengujian terhadap koordinat y menggunakan metode gyrodometri

sejauh 200 cm menghasilkan rata-rata error koordinat y 4.8 cm, koordinat x 3.6 cm, dan sudut hadapnya 0.67^0 . Sehingga bisa dikatakan pengujian berhasil. Sehingga bisa dikatakan metode gyrodometri berjalan dengan baik.

Tabel 4.3 Uji koordinat y dengan gyrodometri (diputar 45^0)

Gyrodometri diputar 45^0				Error		
Percobaan	y	x	sudut	y	x	sudut
1	203	-5	0	3	5	0
2	204	-4	1	4	4	1
3	205	-3	-1	5	3	1
4	205	-6	1	5	6	1
5	204	-4	0	4	4	0
6	203	-2	0	3	2	0
7	205	-3	0	5	3	0
8	205	-5	0	5	5	0
9	204	-5	0	4	5	0
10	206	-4	0	6	4	0
11	203	-4	0	3	4	0
12	205	-7	1	5	7	1
13	205	-2	0	5	2	0
14	206	-3	0	6	3	0
15	205	-4	0	5	4	0
16	202	-7	2	2	7	2
17	203	-5	0	3	5	0
18	203	-4	0	3	4	0
19	205	-5	0	5	5	0
20	204	-4	0	4	4	0
21	205	-4	0	5	4	0
22	205	-3	0	5	3	0
23	205	-2	0	5	2	0
24	202	-2	0	2	2	0
25	203	-3	1	3	3	1
26	205	-4	0	5	4	0
27	206	-4	0	6	4	0
28	202	-3	0	2	3	0
29	203	-3	0	3	3	0

Gyrodometri diputar 45 ⁰				Error		
Percobaan	y	x	sudut	y	x	sudut
30	204	-2	0	4	2	0
Rata-rata error				4.16667	3.86667	0.23333
Error minimum				2	2	0
Error maksimum				6	7	2

(Sumber : Olahan sendiri)

Pada pengujian terhadap koordinat y dengan robot diputar menggunakan metode gyrodometri sejauh 200 cm menghasilkan rata-rata error koordinat y 4.17 cm, koordinat x 3.87 cm, dan sudut hadapnya 0.23⁰. Sehingga bisa dikatakan metode gyrodometri berjalan dengan baik.

Tabel 4.4 Uji koordinat y menggunakan gyrodometri dengan diangkat 45⁰

Gyrodometri diangkat dan diputar 45 ⁰				Error		
Percobaan	y	x	Sudut	y	x	Sudut
1	205	-3	0	5	3	0
2	206	-6	1	6	6	1
3	203	-8	0	3	8	0
4	204	-3	0	4	3	0
5	203	-2	0	3	2	0
6	203	-5	0	3	5	0
7	206	-3	0	6	3	0
8	202	-2	1	2	2	1
9	203	-4	0	3	4	0
10	204	-5	0	4	5	0
11	203	-7	2	3	7	2
12	203	-5	1	3	5	1
13	202	-4	0	2	4	0
14	202	-3	-1	2	3	1
15	204	-3	0	4	3	0
16	203	-2	1	3	2	1
17	202	-3	0	2	3	0
18	202	-9	1	2	9	1
19	204	-2	0	4	2	0

Gyrodometri diangkat dan diputar 45 ⁰				Error		
Percobaan	y	x	Sudut	y	x	Sudut
20	202	-1	0	2	1	0
21	203	-2	0	3	2	0
22	204	-4	0	4	4	0
23	203	-5	0	3	5	0
24	204	-4	-1	4	4	1
25	204	-4	0	4	4	0
26	203	-3	0	3	3	0
27	204	-5	0	4	5	0
28	204	-4	0	4	4	0
29	206	-3	0	6	3	0
30	204	-5	-1	4	5	1
Rata-rata error				3.5	3.96667	0.33333
Error minimum				2	1	0
Error maksimum				6	9	2

(Sumber : Olahan sendiri)

Pada pengujian terhadap koordinat y dengan robot diangkat lalu diputar menggunakan metode gyrodometri sejauh 200 cm menghasilkan rata-rata error koordinat y 3.5 cm, koordinat x 3.97 cm, dan sudut hadapnya 0.33⁰. Sehingga bisa dikatakan metode gyrodometri berjalan dengan baik.

Tabel 4.5 Koordinat x menggunakan gyrodometri tanpa rintangan

Gyrodometri tanpa rintangan				Error		
Percobaan	y	x	Sudut	y	x	sudut
1	-3	203	0	3	3	0
2	-4	205	2	4	5	2
3	-2	203	-1	2	3	1
4	-1	202	-2	1	2	2
5	-4	202	0	4	2	0
6	1	203	-1	1	3	1
7	-4	202	-2	4	2	2
8	2	203	0	2	3	0
9	-2	202	0	2	2	0
10	-4	203	-1	4	3	1

Gyrodometri tanpa rintangan				Error		
Percobaan	y	x	Sudut	y	x	sudut
11	-5	202	0	5	2	0
12	-3	203	0	3	3	0
13	-4	203	0	4	3	0
14	-4	204	0	4	4	0
15	-3	203	0	3	3	0
16	-4	203	0	4	3	0
17	-2	202	0	2	2	0
18	-3	205	-2	3	5	2
19	-4	204	0	4	4	0
20	-2	203	0	2	3	0
21	-5	204	0	5	4	0
22	-2	205	0	2	5	0
23	-2	204	-2	2	4	2
24	-3	203	0	3	3	0
25	-3	204	0	3	4	0
26	-3	203	-2	3	3	2
27	2	205	0	2	5	0
28	-3	202	0	3	2	0
29	-5	203	0	5	3	0
30	-4	203	0	4	3	0
Rata-rata error				3.1	3.2	0.5
Error minimum				1	2	0
Error maksimum				5	5	2

(Sumber : Olahan sendiri)

Pada pengujian terhadap koordinat x tanpa rintangan menggunakan metode gyrodometri sejauh 200 cm menghasilkan rata-rata error koordinat y 3.1 cm, koordinat x 3.2 cm, dan sudut hadapnya 0.5^0 . Sehingga bisa dikatakan metode gyrodometri berjalan dengan baik.

Tabel 4.6 Koordinat x menggunakan gyrodometri dengan diputar 45^0

Gyrodometri diputar 45^0				Error		
Percobaan	y	x	sudut	y	x	sudut
1	-2	202	2	2	2	2

Gyrodometri diputar 45°				Error		
Percobaan	y	x	sudut	y	x	sudut
2	-3	204	0	3	4	0
3	-4	205	1	4	5	1
4	-3	203	-1	3	3	1
5	-9	205	2	9	5	2
6	-6	203	-1	6	3	1
7	-3	204	0	3	4	0
8	-7	202	0	7	2	0
9	-4	203	-1	4	3	1
10	-5	203	-1	5	3	1
11	-4	204	0	4	4	0
12	-4	203	0	4	3	0
13	-3	205	-1	3	5	1
14	-5	202	0	5	2	0
15	-6	203	0	6	3	0
16	-4	203	0	4	3	0
17	-3	204	-1	3	4	1
18	-4	204	0	4	4	0
19	-2	203	0	2	3	0
20	-8	202	0	8	2	0
21	-5	205	0	5	5	0
22	-3	204	0	3	4	0
23	-4	206	-3	4	6	3
24	-3	203	0	3	3	0
25	-5	204	-1	5	4	1
26	-4	205	0	4	5	0
27	-6	203	-2	6	3	2
28	-4	203	0	4	3	0
29	-5	204	0	5	4	0
30	-3	202	0	3	2	0
Rata - rata error				4.36667	3.53333	0.56667
Error minimum				2	2	0
Error maksimum				9	6	3

(Sumber : Olahan sendiri)

Pada pengujian terhadap koordinat x dengan robot diputar menggunakan metode gyrodometri sejauh 200 cm menghasilkan rata-rata error koordinat y 4.37

cm, koordinat x 3.53 cm, dan sudut hadapnya 0.57° . Sehingga bisa dikatakan metode gyrodometri berjalan dengan baik.

Tabel 4.7 Koordinat x menggunakan gyrodometri dengan diangkat dan diputar 45°

Gyrodometri obstacle Diangkat				Error		
Percobaan	y	x	sudut	y	x	sudut
1	-4	202	0	4	2	0
2	-4	203	0	4	3	0
3	-3	204	-2	3	4	2
4	-10	201	-1	10	1	1
5	-6	201	-1	6	1	1
6	-4	201	0	4	1	0
7	-3	203	-2	3	3	2
8	-8	204	-2	8	4	2
9	-5	205	-1	5	5	1
10	-3	203	-1	3	3	1
11	-4	205	0	4	5	0
12	-5	204	-1	5	4	1
13	-4	202	0	4	2	0
14	-6	203	-2	6	3	2
15	-3	203	0	3	3	0
16	-2	204	-1	2	4	1
17	-4	203	0	4	3	0
18	-3	204	-1	3	4	1
19	-4	203	-2	4	3	2
20	-7	202	0	7	2	0
21	-5	204	0	5	4	0
22	-4	205	-3	4	5	3
23	-2	203	0	2	3	0
24	-4	202	0	4	2	0
25	-3	205	0	3	5	0
26	-4	203	0	4	3	0
27	-5	203	-1	5	3	1
28	-9	203	0	9	3	0
29	-2	205	0	2	5	0

Gyrodometri obstacle Diangkat				Error		
Percobaan	y	x	sudut	y	x	sudut
30	-4	202	0	4	2	0
Rata-rata Error				4.46667	3.16667	0.7
Error minimum				2	1	0
Error maksimum				10	5	3

(Sumber : Olahan sendiri)

Pada pengujian terhadap koordinat x dengan robot diangkat lalu diputar menggunakan metode gyrodometri sejauh 200 cm menghasilkan rata-rata error koordinat y 4.47 cm, koordinat x 3.17 cm, dan sudut hadapnya 0.7^0 . Sehingga bisa dikatakan metode gyrodometri berjalan dengan baik.

4.1.3 Uji Koordinat Rotary Encoder Menggunakan Ordometri

Pada tahap ini pergerakan robot menggunakan metode ordometri sebagai pembanding dengan metode gyrodometri.

A. Alat Yang digunakan pada Uji Koordinat Rotary Encoder Ordometri

Peralatan yang digunakan untuk pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Robot Sepak Bola Beroda
2. Laptop
3. Base station robot
4. Router
5. Meteran

B. Prosedur Pengujian Pada Uji Koordinat Rotary Encoder Ordometri

Langkah -langkah yang dilakukan untuk pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Peletakan robot pada titik awal.
2. Mempersiapkan base station sebagai kontrol robot pada laptop.

3. Koneksikan antara robot dengan base station pada laptop user menggunakan TCP/IP.
4. Pengujian dilakukan den memberikan target koordinat y sejauh 200cm, dan juga x sejauh 200cm. pengujian ini dilakukan untuk satu robot, dengan menggunakan metode ordometri. Pada pengujian ini juga dibagi menjadi tiga kategori yang pertama tanpa rintangan, yang kedua dengan rintangan berupa digeser, dan yang ke tiga rintangan berupa diangkat.
5. Amati hasil error menggunakan meteran pada pergerakan robot lalu bandingkan dengan inputan koordinat yang dikirim base station

C. Hasil Pengujian Dari Uji Koordinat Rotary Encoder

Berikut ini merupakan hasil pengujian koordinat rotary encoder terhadap sumbu y (maju) dan x (samping) menggunakan metode ordometri dengan beberapa metode (tanpa rintangan, diputar 45^0 , dan diangkat lalu diputar 45^0). Satuan dari koordinat x, dan y merupakan cm, sedangkan untuk sudut derajat (0).

Tabel 4.8 Uji koordinat y tanpa rintangan dengan Ordometri

Ordometri tanpa rintangan				Error		
Percobaan	y	x	Sudut	y	x	sudut
1	162	45	40	38	45	40
2	169	37	45	31	37	45
3	161	43	47	39	43	47
4	159	50	55	41	50	55
5	161	45	49	39	45	49
6	162	46	44	38	46	44
7	162	44	40	38	44	40
8	163	46	43	37	46	43
9	162	44	45	38	44	45
10	165	46	42	35	46	42
11	164	42	43	36	42	43

Ordometri tanpa rintangan				Error		
Percobaan	y	x	Sudut	y	x	sudut
12	163	43	45	37	43	45
13	165	44	47	35	44	47
14	162	46	45	38	46	45
15	163	46	45	37	46	45
16	162	47	44	38	47	44
17	164	42	46	36	42	46
18	159	49	42	41	49	42
19	164	44	46	36	44	46
20	165	42	42	35	42	42
21	163	45	44	37	45	44
22	165	44	45	35	44	45
23	163	47	47	37	47	47
24	164	43	42	36	43	42
25	163	45	44	37	45	44
26	166	44	45	34	44	45
27	164	43	49	36	43	49
28	167	42	42	33	42	42
29	166	43	44	34	43	44
30	165	44	47	35	44	47
Rata-rata error				36.5667	44.3667	44.8
Error minimum				38	45	55
Error maksimum				41	50	55

(Sumber : Olahan sendiri)

Pada pengujian terhadap koordinat y tanpa rintangan menggunakan metode ordometri sejauh 200 cm menghasilkan rata-rata error koordinat y 36.57 cm, koordinat x 44.37 cm, dan sudut hadapnya 44.8⁰. Error yang cukup besar sehingga metode ordometri tidak berjalan dengan baik.

Tabel 4.9 Uji koordinat y menggunakan ordometri dengan robot diputar 45⁰

Ordometri diputar				Error		
Percobaan	y	x	Sudut	y	x	Sudut
1	155	59	60	45	59	60
2	159	57	55	41	57	55

Ordometri diputar				Error		
Percobaan	y	x	Sudut	y	x	Sudut
3	160	48	57	40	48	57
4	157	54	56	43	54	56
5	154	53	55	46	53	55
6	153	55	56	47	55	56
7	149	55	53	51	55	53
8	156	52	56	44	52	56
9	154	55	54	46	55	54
10	155	54	56	45	54	56
11	154	53	55	46	53	55
12	154	52	54	46	52	54
13	153	55	53	47	55	53
14	155	53	55	45	53	55
15	155	52	56	45	52	56
16	156	54	56	44	54	56
17	162	47	54	38	47	54
18	155	56	55	45	56	55
19	156	55	53	44	55	53
20	154	55	55	46	55	55
21	159	50	54	41	50	54
22	158	51	56	42	51	56
23	155	55	55	45	55	55
24	153	54	56	47	54	56
25	157	54	56	43	54	56
26	154	54	58	46	54	58
27	155	54	57	45	54	57
28	156	53	55	44	53	55
29	149	59	56	51	59	56
30	154	54	54	46	54	54
Rata-rata Error				44.8	53.7333	55.3667
Error minimum				38	47	53
Error maksimum				51	59	60

(Sumber : Olahan sendiri)

Pada pengujian terhadap koordinat y dengan diputar 45^0 menggunakan metode ordometri sejauh 200 cm menghasilkan rata-rata error koordinat y 44.8 cm,

koordinat x 53.73 cm, dan sudut hadapnya 55.37^0 . Error yang cukup besar sehingga metode ordometri tidak berjalan dengan baik.

Tabel 4.10 Uji koordinat y menggunakan ordometri dengan robot diangkat dan diputar 45^0

Ordometri diputar				Error		
Percobaan	y	x	sudut	y	x	Sudut
1	120	91	89	80	91	89
2	125	87	92	75	87	92
3	123	89	93	77	89	93
4	124	90	87	76	90	87
5	123	92	88	77	92	88
6	123	93	91	77	93	91
7	123	89	94	77	89	94
8	122	90	89	78	90	89
9	124	94	87	76	94	87
10	125	92	91	75	92	91
11	126	96	92	74	96	92
12	127	92	93	73	92	93
13	122	89	93	78	89	93
14	121	94	89	79	94	89
15	123	90	90	77	90	90
16	125	93	92	75	93	92
17	126	89	90	74	89	90
18	128	90	89	72	90	89
19	123	91	89	77	91	89
20	123	92	90	77	92	90
21	124	90	91	76	90	91
22	126	92	87	74	92	87
23	127	89	89	73	89	89
24	124	87	95	76	87	95
25	125	92	92	75	92	92
26	122	92	91	78	92	91
27	123	93	90	77	93	90
28	124	93	92	76	93	92
29	123	90	89	77	90	89

Ordometri diputar				Error		
Percobaan	y	x	sudut	y	x	Sudut
30	125	94	90	75	94	90
Rata-rata Error				76.03333	91.16667	90.46667
Error minimum				72	87	87
Error maksimum				80	96	95

(Sumber : Olahan sendiri)

Pada pengujian terhadap koordinat y dengan robot diputar dan diangkat 45^0 menggunakan metode ordometri sejauh 200 cm menghasilkan rata-rata error koordinat y 76.03 cm, koordinat x 91.17 cm, dan sudut hadapnya $90,47^0$. Error yang cukup besar sehingga metode ordometri tidak berjalan dengan baik.

Tabel 4.11 Uji koordinat x menggunakan ordometri tanpa rintangan

Odometri tanpa rintangan				Error		
Percobaan	y	x	Sudut	y	x	sudut
1	44	164	43	44	36	43
2	36	169	44	36	31	44
3	42	163	46	42	37	46
4	50	160	45	50	40	45
5	45	161	49	45	39	49
6	46	164	45	46	36	45
7	44	162	42	44	38	42
8	46	165	44	46	35	44
9	44	162	48	44	38	48
10	43	165	42	43	35	42
11	42	164	43	42	36	43
12	43	163	45	43	37	45
13	46	165	43	46	35	43
14	46	162	45	46	38	45
15	46	167	46	46	33	46
16	47	162	44	47	38	44
17	42	164	46	42	36	46
18	50	169	43	50	31	43
19	44	164	46	44	36	46
20	45	164	47	45	36	47

Odometri tanpa rintangan				Error		
Percobaan	y	x	Sudut	y	x	sudut
21	46	163	44	46	37	44
22	44	165	45	44	35	45
23	47	166	47	47	34	47
24	43	164	43	43	36	43
25	45	163	44	45	37	44
26	44	165	45	44	35	45
27	43	163	49	43	37	49
28	45	168	43	45	32	43
29	43	165	45	43	35	45
30	45	166	48	45	34	48
Rata-rata Error				44.53	35.76	44.97
Error minimum				36	31	42
Error maksimum				50	40	49

(Sumber : Olahan sendiri)

Pada pengujian terhadap koordinat x tanpa rintangan 45^0 menggunakan metode ordometri sejauh 200 cm menghasilkan rata-rata error koordinat y 44.53 cm, koordinat x 35.76 cm, dan sudut hadapnya 44.97^0 . Error yang cukup besar sehingga metode ordometri tidak berjalan dengan baik.

Tabel 4.12 Uji koordinat x menggunakan ordometri dengan robot diputar 45^0

Ordometri diputar 45^0 .				Error		
Percobaan	y	x	Sudut	y	x	sudut
1	55	156	59	55	44	59
2	53	157	58	53	43	58
3	52	157	57	52	43	57
4	54	158	57	54	42	57
5	55	154	58	55	46	58
6	56	152	53	56	48	53
7	53	150	56	53	50	56
8	54	154	57	54	46	57
9	56	155	59	56	45	59
10	67	156	60	67	44	60
11	54	157	57	54	43	57

Ordometri diputar 45^0 .				Error		
Percobaan	y	x	Sudut	y	x	sudut
12	50	155	54	50	45	54
13	51	153	53	51	47	53
14	54	155	55	54	45	55
15	52	155	56	52	45	56
16	56	156	56	56	44	56
17	57	162	54	57	38	54
18	56	155	55	56	45	55
19	54	156	54	54	44	54
20	54	154	55	54	46	55
21	50	159	57	50	41	57
22	51	158	56	51	42	56
23	55	155	59	55	45	59
24	56	153	58	56	47	58
25	54	158	60	54	42	60
26	52	154	59	52	46	59
27	54	152	56	54	48	56
28	55	155	53	55	45	53
29	57	150	55	57	50	55
30	51	151	57	51	49	57
Rata-rata error				54.2667	44.9333	56.4333
Error minimum				50	38	60
Nilai maksimum				67	50	60

(Sumber : Olahan sendiri)

Pada pengujian terhadap koordinat x dengan robot diputar 45^0 menggunakan metode ordometri sejauh 200 cm menghasilkan rata-rata error koordinat y 54.27 cm, koordinat x 44.93 cm, dan sudut hadapnya 56.43^0 . Error yang cukup besar sehingga metode ordometri tidak berjalan dengan baik.

Tabel 4.13 Uji koordinat x menggunakan ordometri dengan robot diangkat dan diputar 45^0 .

Ordometri diangkat dan diputar				Error		
Percobaan	y	x	Sudut	y	x	sudut
1	90	120	91	90	80	91
2	90	119	92	90	81	92

Ordometri diangkat dan diputar				Error		
Percobaan	y	x	Sudut	y	x	sudut
3	92	122	93	92	78	93
4	87	123	90	87	77	90
5	92	118	90	92	82	90
6	89	117	94	89	83	94
7	90	118	92	90	82	92
8	91	121	90	91	79	90
9	94	120	90	94	80	90
10	92	119	91	92	81	91
11	96	117	95	96	83	95
12	92	118	93	92	82	93
13	89	122	93	89	78	93
14	94	123	89	94	77	89
15	90	121	90	90	79	90
16	93	119	92	93	81	92
17	92	117	90	92	83	90
18	89	120	89	89	80	89
19	90	122	89	90	78	89
20	87	123	90	87	77	90
21	90	120	91	90	80	91
22	96	122	87	96	78	87
23	95	119	89	95	81	89
24	90	118	95	90	82	95
25	92	119	93	92	81	93
26	91	120	92	91	80	92
27	90	116	95	90	84	95
28	89	119	93	89	81	93
29	93	120	91	93	80	91
30	92	120	90	92	80	90
Rata-rata error				91.2333	80.2667	91.3
Error minimum				87	77	87
Error maksimum				96	84	95

(Sumber : Olahan sendiri)

Pada pengujian terhadap koordinat x dengan robot diputar dan diangkat 45^0 menggunakan metode ordometri sejauh 200 cm menghasilkan rata-rata error

koordinat y 91.23 cm, koordinat x 80.27 cm, dan sudut hadapnya 91.3^0 . Error yang cukup besar sehingga metode ordometri tidak berjalan dengan baik.

4.2 Uji External Robot

Pengujian ini dilakukan untuk melakukan uji pergerakan gyrodometri agar diketahui keberhasilan dan error pada robot saat melakukan pergerakan sesuai input koordinat robot.

4.2.1 Uji pergerakan Gyrodometri

. pengujian pergerakan robot ini dilakukan dengan cara dengan membandingkan input koordinat robot dengan pergerakan yang dihasilkan robot menggunakan meteran.

A. Alat Yang digunakan pada Uji Pergerakan Gyrodometri

Peralatan yang digunakan untuk pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Robot Sepak Bola Beroda
2. Laptop
3. Base station robot
4. Router
5. Meteran

B. Prosedur Pengujian Pada pergerakan Gyrodometri

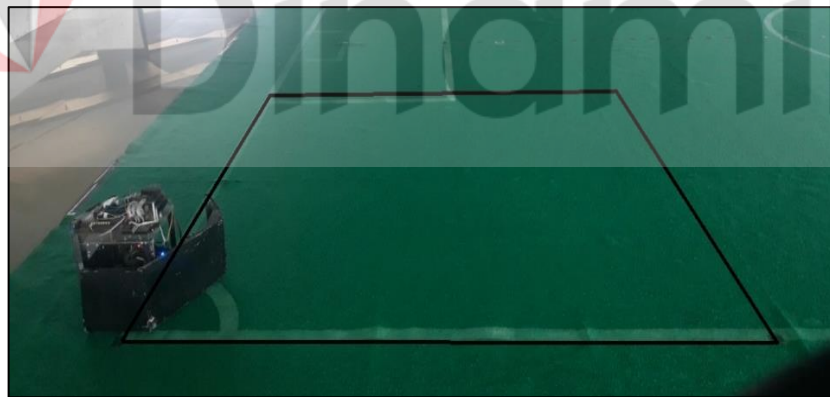
Langkah -langkah yang dilakukan untuk pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Peletakan robot pada titik awal.
2. Mempersiapkan base station sebagai kontrol robot pada laptop.

3. Koneksikan antara robot dengan base station pada laptop user menggunakan TCP/IP
4. Pengujian dilakukan den memberikan target koordinat y , dan juga x . pengujian ini dilakukan untuk satu robot, dengan menggunakan metode gyrodometri. Pada pengujian ini juga dibagi menjadi tiga kategori yang pertama tanpa rintangan, yang kedua dengan rintangan berupa digeser, dan yang ke tiga rintangan berupa diangkat.
5. Amati hasil error menggunakan meteran pada pergerakan robot lalu bandingkan dengan inputan koordinat yang dikirim base station.

C. Hasil Pengujian Dari Uji Koordinat Gyrodometri

Berikut hasil pengujian pergerakan robot dengan pola gerak persegi pada gambar 4.1 Dibawah ini:



Gambar 4.2 Uji pergerakan persegi
(Sumber : Olahan sendiri)

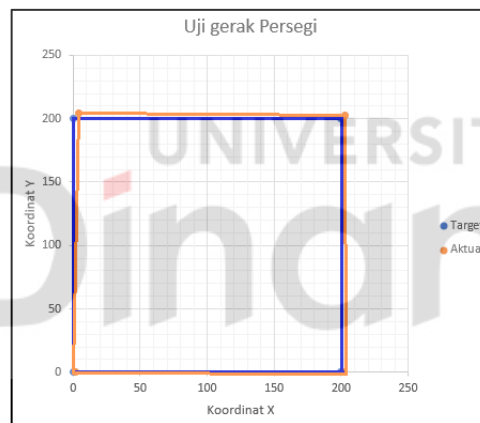
Pada tabel dibawah ini menampilkan perbandingan angka koordinat target dengan pola gerak persegi yang diberika pada robot dengan error yang terukur oleh sistem. Satuan dari koordinat x , dan y merupakan cm, sedangkan untuk sudut derajat ($^{\circ}$).

Tabel 4.14 Uji pergerakan segitiga

Target (persegi)			Aktual			Error		
y	x	sudut	y	x	sudut	y	x	sudut
200	0	30	202	-2	30	2	2	0
200	200	150	203	203	150	3	3	0
0	200	180	4	204	270	4	4	0
0	0	270	2	3	360	2	3	0
Rata-rata error						2.75	3	0
Error minimum						2	2	0
Error maksimum						4	4	0

(Sumber : Olahan sendiri)

Pada gambar 4.2 menampilkan data pengujian pergerakan robot dengan pola gerak persegi dalam bentuk grafik:



Gambar 4.3 Grafik pergerakan persegi
(Sumber : Olahan sendiri)

Pada pengujian pergerakan gyrodometri menghasilkan rata-rata error koordinat y 2.75 cm, koordinat x 3 cm, dan sudut hadap robot 0°. Sehingga bisa disimpulkan bahwa metode gyrodometri akan selalu stabil sudut hadapnya .

4.3 Analisis Keseluruhan Pengujian Yang Telah Dilakukan

Berdasarkan pengujian menggunakan metode ordometri dan gyrodometri dapat ditarik kesimpulan bahwa gyrodometri lebih baik hasilnya dari pada

ordometri. Dimana ordometri yang hanya menggunakan kemampuan dari tiga rotary tidak dapat membaca dengan baik saat diputar, mungkin karena ban slip dan juga diperburuk dengan base robot yang tidak presisi dengan desain robot sebenarnya. Dan lebih parah lagi ketika robot itu diangkat dan diputar rotary encoder tidak bisa membaca sama sekali.

Tabel 4.15 Perbandingan error terhadap koordinat y

Kategori	Gyrodometri			Ordometri		
	Y	X	Sudut	Y	X	Sudut
Tanpa rintangan	4.8	3.6	0.67	36.57	44.37	44.8
Diputar 45	3.5	3.97	0.33	44.8	53.73	53.37
Diangkat dan diputar 45	4.17	3.87	0.13	76.03	91.17	90.47

(Sumber : Olahan sendiri)

Tabel 4.16 Perbandingan error terhadap koordinat x

Kategori	Gyrodometri			Ordometri		
	Y	X	Sudut	Y	X	Sudut
Tanpa Rintangan	4.37	3.53	0.57	44.53	35.76	44.97
Diputar 45	4.37	3.53	0.57	54.27	44.93	56.43
Diangkat Dan Diputar 45	4.47	3.17	0.7	91.23	80.27	91.3

(Sumber : Olahan sendiri)

Berdasarkan hasil perbandingan error diatas menghasilkan rata-rata error metode gyrodometri terhadap koordinat y 4.28 cm , koordinat x 3.6 cm, dan sudut hadap 0.5⁰. Sedangkan pada metode ordometri error yang dihasilkan jauh lebih besar. Rata-rata error yang dihasilkan metode ordometri terhadap koordinat y 57.95cm, terhadap koordinat x 58.37, dan sudut hadap 53.56⁰. Berdasarkan hasil tersebut metode gyrodometri telah memperbaiki robot dalam membaca pergerakannya sebesar 93% terhadap koordinat y, 94% terhadap koordinat x, dan 98% sudut hadap robot.

BAB V

PENUTUP

Pada bab ini akan membahas mengenai kesimpulan dan saran berdasarkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan pada Tugas Akhir ini. Maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan dan saran untuk pengembangan sistem berikutnya.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian pada tugas akhir ini dapat disimpulkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Umpan balik gyrodometri memperbaiki pembacaan rotari untuk menghitung sudut hadap dari robot ketika robot menghadapi sebuah rintangan atau selip pembacaan rotari. Oleh karena itu peletakan sensor gyro berada di titik tengah robot supaya sudut hadap robot sesuai dengan output sensor gyro. Sedangkan untuk pergerakan robot terhadap koordinat x dan y ditentukan oleh hasil dari proses ordometri kedua rotary encoder yang berada pada robot.
2. Dengan pembacaan rotary yang lebih baik begitu juga berdampak pada *posisioning* dari robot yang lebih presisi. Hal ini terlihat dari perbandingan rata-rata error metode gyrodometri dan ordometri. Berdasarkan hasil tersebut metode gyrodometri telah memperbaiki robot dalam membaca pergerakan robot sebesar 93% terhadap koordinat y, 94% terhadap koordinat x, dan 98% sudut hadap robot.

5.2 Saran

Saran yang diberikan penulis pada pengembangan Tugas Akhir ini selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Pergerakan robot yang tidak stabil. seharusnya robot bergerak secara berkala pertama harus pelan, lalu melaju lebih cepat, dan kemudian ketika robot hampir sampai tujuan pergerakan robot memperlambat pergerakannya dan berhenti ketika sampai tujuan.
2. Mekanik robot yang digunakan lebih presisi dari desain yang seharusnya.
3. Akan lebih baik jika dari awal kecepatan setiap motor yang diatur untuk mendapatkan posisi yang diinginkan dengan mengalikannya dengan waktu yang ditempuh sehingga mendapatkan koordinat dari robot. Dan gyrodometri sebagai umpan balik untuk membaca dan mengoreksi pergerakan robot.



UNIVERSITAS
Dinamika

DAFTAR PUSTAKA

- Abseno, A. P. (2019). *Penerapan Kinematika Untuk Lokalisasi Pada Robot Sepak Bola Beroda*. Surabaya: Stikom Surabaya.
- Ardhiansyah, T., & Syarifuddin, I. (2017). Pergerakan Otomatis Robot Sepak Bola Beroda Melalui Komunikasi dengan Refree Box Menggunakan Base Station. *5th Indonesian Symposium on Robotic System and Control*, 5.
- D, P. (2006). Jaringan Syaraf Tiruan. *Jurnal Ilmiah*.
- DIKTI. (2018). *Buku Panduan Kontes Robot Sepak Bola Beroda Indonesia*. Indonesia: DIKTI.
- eda-channel. (2017, 11). *eda-channel*. Retrieved from Spesifikasi Arduino Due : <http://www.eda-channel.com/2017/11/spesifikasi-arduino-due.html>
- Efendi, J. B. (2007). Design And Development Of Autonomous Omni-Directional Mobile Robot With Mecanum Wheel . *thesis University Malaysia Perlis*.
- Feng, J. B. (1996). Gyrodometry: A New Method for Combining Data from Gyros and Odometry in Mobile Robots. *Proceedings of the 1996 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Minneapolis.*, 423-428.
- Förster, R. R. (2006). Holonomic Control of a robot with an omnidirectional.
- innovativeelectronics. (n.d.). *EMS_30A_HBridge_manual*. Retrieved from innovativeelectronics: http://www.innovativeelectronics.com/innovative_electronics/download_files/manual/EMS_30A_HBridge_manual.pdf
- Kho, D. (2018). *Pengertian Motor DC dan Prinsip Kerjanya*. Retrieved from Teknik elektronika: <https://teknikelektronika.com/pengertian-motor-dc-prinsip-kerja-dc-motor/>
- KRSBI-B, P. (2017). *Buku Panduan Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Devisi (KRSBI BERODA) 2018*. Jakarta: Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia.
- Rizqiawan, A. (2009, 6 12). *Sekilas Rotary Encoder*. Retrieved from konversi ITB: <https://konversi.wordpress.com/2009/06/12/sekilas-rotary-encoder/>
- Tjahyadi, C. (2019). *DC-DC Converter*. Retrieved from Christianto Tjahyadi: <http://christianto.tjahyadi.com/elektronika/ubec.html>
- Wikipedia. (2018, Desember 5). *Suit protokol internet*. Retrieved from id.Wikipedia.org: https://id.wikipedia.org/wiki/Suit_protokol_internet