

PENGEMBANGAN ARAH HADAP ROBOT DAN LINTASAN PERENCANAAN UNTUK KRAKATAU MSL

M.Noor Azwar Roni

S1 Informatika

FTIK Universitas Teknokrat Indonesia

Alamat email (mnoorazwarroni@gmail.com)

Abstrak – Dalam ilmu robotika telah berkembang pesat seiring dengan kemajuan teknologi di Indonesia, dengan kemajuan tersebut dunia robotika mulai banyak yang diminati salah satunya Kontes Robot Sepak Bola Beroda Indonesia yang mengangkat lomba yang bertemakan sepakbola dengan *Mobile Robot*. Masalah terpenting dalam kontes ini adalah robot harus mampu mencapai sebuah target lintasan tertentu. Robot harus mampu mengetahui besarnya gangguan sehingga robot mampu bergerak kembali ke arah yang aman dan berusaha mendekati target lintasan. Kebanyakan *mobile robot* tidak mengetahui dimana ia bergerak, bagaimana bergerak di lintasan robot untuk mencapai tujuan dan robot dapat sampai tujuan. Salah satu metode yang populer digunakan untuk mengetahui posisi adalah *odometry*.

Metode *odometry* penggunaan data dari pergerakan aktuator untuk memperkirakan posisi dari waktu ke waktu. Sensor yang digunakan adalah *rotary encoder* yang memerlukan roda untuk dapat menentukan posisi dan orientasi robot. Sensor *rotary encoder* digunakan untuk mencacah pergerakan robot omni pada koordinat x dan y pada proses perhitungan *odometry*. Namun terdapat kekurangan dalam sensor tersebut yaitu pada saat roda berputar akan mengalami kesalahan perhitungan jika terjadi slip pada roda robot.

Oleh karena itu peneliti mengajukan pengembangan arah hadap robot dan lintasan perencanaan menggunakan metode *dead-reckoning*. *Dead-reckoning* adalah salah satu teknik lokalisasi yang termasuk ke dalam kategori *relative localization*. Teknik *dead-reckoning* banyak digunakan sebagai penelitian fundamental robot bergerak. Teknik ini memanfaatkan hasil data dari sensor *optical mouse*. Sensor *optical mouse* merupakan salah satu pilihan untuk mendapatkan hasil yang presisi dari perhitungan yang digunakan. Terdapat beberapa pengujian diantaranya gerak lurus, kekiri, kekanan dan mundur. Hasil dari pengujian dari kelima gerakan bahwa menggunakan prinsip *dead-reckoning* robot dapat bergerak sesuai dengan target lintasan yang diinginkan dan sama dengan *trajectory* yang dilewati robot sesungguhnya.

Kata kunci: arah hadap, *Trajectory Planning*, *dead-reckoning*, *Optical Mouse*, Koordinat x , Koordinat y

1. Pendahuluan

Dalam ilmu robotika telah berkembang pesat seiring dengan kemajuan teknologi di Indonesia, dengan kemajuan tersebut dunia robotika mulai banyak yang diminati salah satunya sejak diadakan-nya dalam banyak ajang perlombaan yang bertemakan robot. Perlombaan tersebut diikuti oleh mahasiswa-mahasiswa perguruan tinggi negeri maupun swasta yang berasal dari daerah kepulauan diseluruh Indonesia dengan jumlah peserta yang meningkat setiap tahunnya. Hal ini membuktikan bahwa penelitian dibidang robotika menjadi topik dan daya tarik tersendiri yang cukup tinggi bagi para peneliti (Nehmzow, 2001).

Krakatau MSL merupakan sebuah penelitian yang mengacu kepada *mobile robot soccer* yang di perlombakan pada Kontes Robot Indonesia pada tahun 2017. *Mobile robot* merupakan konstruksi robot dengan ciri khas-nya mempunyai sebuah aktuator yang berupa roda untuk dapat berpindah-pindah posisi dari posisi awal hingga ke posisi lainnya (Adriansyah, 2014). Beberapa penelitian terkait dengan trajektori atau lintasan robot telah dilakukan sebelumnya dengan banyak teknik yang beragam. Beberapa teknik untuk melakukan posisi robot adalah teknik *odometry* dengan *sensor encoder*, *Global Positioning(GPS)*, *deteksi garis dari luar atau dinding*

ruangan. Namun teknik-teknik tersebut memiliki kekurangan diantaranya tingkat kepresisian dan waktu.

Sensor yang digunakan untuk mengatasi hal tersebut yaitu menggunakan sensor *optical mouse* dengan metode *dead-reckoning*. Sensor *optical mouse* adalah sebuah alat yang digunakan untuk memasukan data ke komputer selain lewat papan tombol, biasanya digunakan untuk menekan tombol atau aplikasi yang terdapat dalam komputer. Namun dalam penelitian ini sensor tersebut digunakan untuk sensor posisi robot, karena *optical mouse* pembacaan sensor keluarannya adalah koordinat x dan y . *Dead-reckoning* adalah salah satu teknik lokalisasi yang termasuk ke dalam kategori *relative localization*. Teknik *dead-reckoning* banyak digunakan sebagai penelitian fundamental robot bergerak. Teknik ini memanfaatkan hasil data dari sensor *optical mouse*. Sensor *optical mouse* merupakan salah satu pilihan untuk mendapatkan hasil yang presisi dari perhitungan yang digunakan.

2. Landasan Teori

A. Trajectory planning

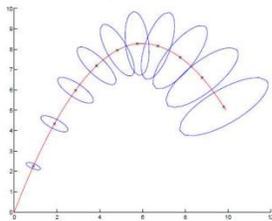
Trajectory planning (lintasan perencanaan) merupakan bidang utama dalam robotika karena memberi jalan pada robot otomatis. Lintasan perencanaan bergerak

dari titik A ke titik B sambil menghindari tabrakan dari waktu ke waktu (Gasparetto, Boscariol, Lanzutti, & Vidoni, 2012). Lintasan perencanaan terkadang disebut juga sebagai perencanaan gerak dan secara keliru sebagai perencanaan jalan. Lintasan perencanaan ini berbeda dengan perencanaan jalur karena itu ditentukan oleh waktu. Pada dasarnya Lintasan perencanaan meliputi perencanaan jalan yang bergerak berdasarkan kecepatan, waktu dan kinematika.

B. Dead-Reckoning

Sejak diperkenalkannya Mobile Robot, Dead-reckoning telah digunakan untuk memperkirakan pose robot (posisi dan orientasi) sehubungan dengan sistem referensi global yang ditempatkan di lingkungan. Deadreckoning adalah metode navigasi berdasarkan pengukuran jarak yang ditempuh dari titik yang diketahui dan digunakan secara bertahap untuk memperbarui pose robot (Sekimori & Miyazaki, 2007). Ini mengarah ke metode penentuan posisi relatif yang sederhana, murah dan mudah dicapai secara waktu nyata.

Algoritma *dead reckoning* merupakan algoritma yang memanfaatkan kinematika gerakan manusia, dimana dapat memberikan solusi posisi bagi pejalan kaki, serta dapat juga didefinisikan sebagai proses memperkirakan posisi saat ini dengan cara menambahkan jarak tempuh terhadap posisi awal yang telah diketahui (O. Mezentsev dan G. Lachapelle, 2005).

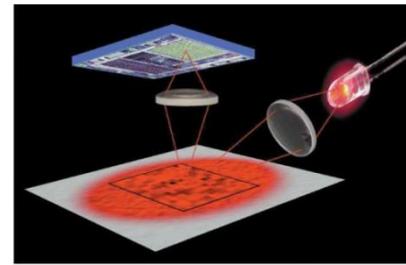


Gambar 1. Akumulasi Error Dead-reckoning
Sumber : D Sorensen, 2003

Keuntungan menggunakan mouse optik adalah mereka sangat kuat terhadap kesalahan non-sistematis, karena mereka tidak digabungkan dengan roda penggerak saat mengukur perpindahan robot yang efektif (Bonarini, Matteucci, & Restelli, 2004).

C. Sensor Optical Mouse

Optical mouse ialah sebuah alat yang digunakan untuk memasukan data ke komputer selain lewat papan tombol, biasanya digunakan untuk menekan tombol atau aplikasi yang terdapat dalam komputer. Mouse ini menggunakan sensor semacam kamera serta lampu LED merah dibawahnya sebagai pencahayaan.

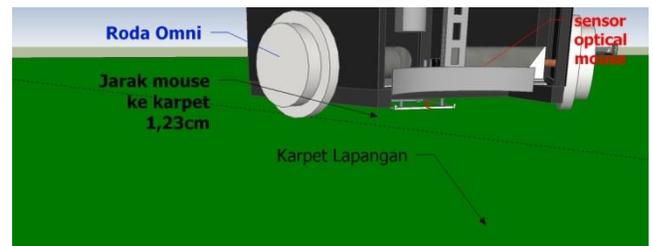


Gambar 2. Prinsip Kerja Optical Mouse
Sumber : Waluyo, 2015

3. Metode Penelitian / Eksperimen

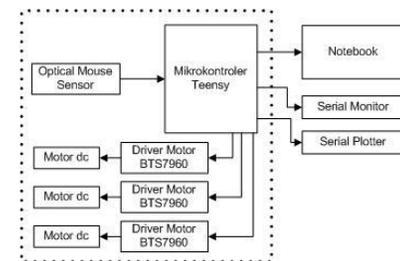
Meliputi disain pembuatan kerangka peletakan sensor, disain arsitektur elektronika, disain dan pembuatan PCB layout, perakitan dan pemasangan sensor serta modul elektronika.

Untuk membandingkan nilai X dan Y pada sensor optical mouse harus menghadap kedepan dikarenakan didalam sensor optical mouse terbaca nilai koordinat kartesian. Seperti yang kita ketahui, koordinat kartesian dalam matematika digunakan untuk menentukan tiap bidang titik dengan menggunakan titik X dan titik Y yang artinya nilai Y adalah nilai vertical (atas) dan nilai X adalah nilai horizontal (kesamping), dan sensor optical mouse terletak pada layer bagian paling bawah hingga menyentuh karpet lapangan. Karena sensor optical mouse hanya dapat membaca pergerakan di vinyl atau karpet yang berbahan kasar. Berikut adalah gambar 3. posisi optical mouse.



Gambar 3. Posisi optical mouse

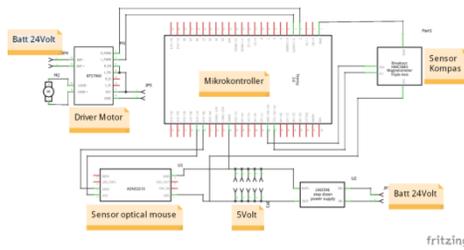
Disain arsitektur elektronika merupakan pembahasan yang menggambarkan hubungan antara beberapa modul di bagian dalam sistem maupun yang terkoneksi ke luar sistem.



Gambar 4. Desain Arsitektur Elektronika

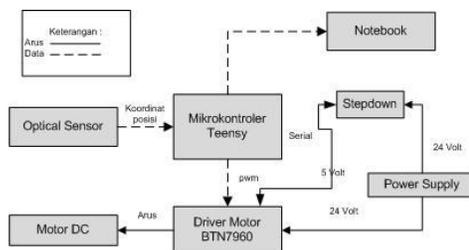
Dari penjelasan blok diagram diatas terdapat bagian yang berada didalam kotak bergaris putus-putus adalah bagian sistem yang dibuat oleh peneliti, selain itu

merupakan sistem untuk memonitoring perubahan nilai-nilai koordinat pada masing-masing sensor..



Gambar 5. Disan Skematik Rangkaian

Dalam tahap perakitan dan pemasangan sensor serta modul elektronika yang dibutuhkan perlu adanya diagram blok sebagai acuan dalam perakitan.



Gambar 6. Diagram Blok Koneksi Modul Elektronika



Gambar 7. Bentuk Fisik Sistem

4. Hasil dan Pembahasan

Meliputi alat pengujian, prosedur pengujian, beberapa pengujian gerak seperti gerak lurus,kiri,kanan dan mundur. Dengan percobaan 5 kali pengujian

Adapun prosedur yang harus diperhatikan dalam pengujian dan pengambilan data, berikut urutan dari prosedur pengujian.

1. Hubungkan Mikrokontroler *Master* ke Notebook. Dengan jalur komunikasi Serial.
2. Hubungkan antara notebook toshiba dan notebook thinkpad dengan wifi.
3. Hubungkan mikrokontroler Teensy ke *power supply*.
4. Buka serial monitor pada PC.
5. Set Jarak Target Yang diinginkan

A. Realisasi Peletakan Sensor Optical Mouse

Sensor *optical mouse* diletakan pada bagian bawah robot hingga menyentuh karpet dan mekanisme untuk meletakkan *sensor optical mouse* peneliti menambahkan sebuah pegas agar *mouse* tersebut tetap menyentuh karpet.



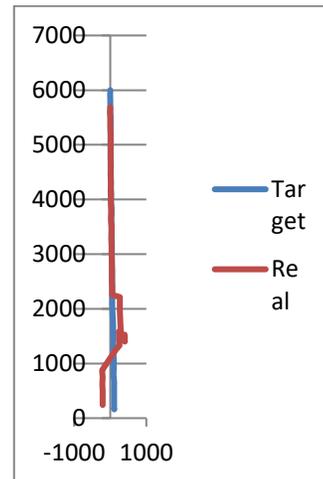
Gambar 8. Realisasi peletakan *sensor optical mouse*

B. Hasil Pengujian

Pada bab ini dijelaskan tentang pengujian terhadap lintasan perencanaan yang telah dibuat untuk mengetahui apakah lintasan perencanaan tersebut telah berjalan sesuai dengan target lintasan. Lintasan perencanaan atau trajectory planning ini diimplementasikan pada sebuah robot sepak bola beroda (*mobile robot*) untuk melakukan target lintasan sesuai dengan koordinat kartesian yang dibuat dengan menggunakan *controller* Teensy3.6. Hasil pengujian ini dilakukan sebanyak lima kali.

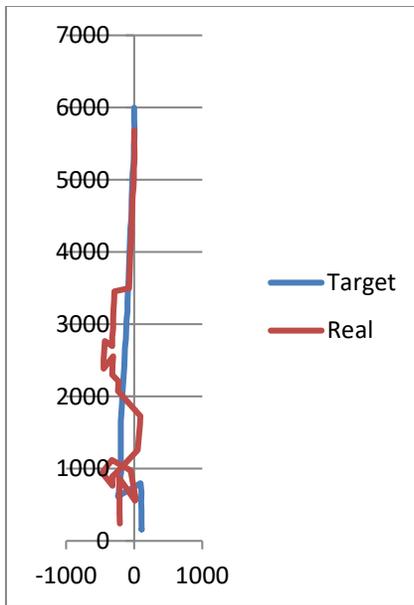
4.2.1 Pengujian Robot Gerak Lurus

Pada pengujian robot gerak lurus, robot ditempatkan pada titik awal (0,0) pada koordinat kartesius (X,Y) dan akan bergerak menuju koordinat (0,6000) dengan kecepatan roda kiri sama dengan kecepatan roda kanan sehingga terjadi pergerakan lurus. Hasil dari pergerakan robot dapat dilihat pada gambar 9, gambar 10, gambar 11, gambar 12, gambar 13.



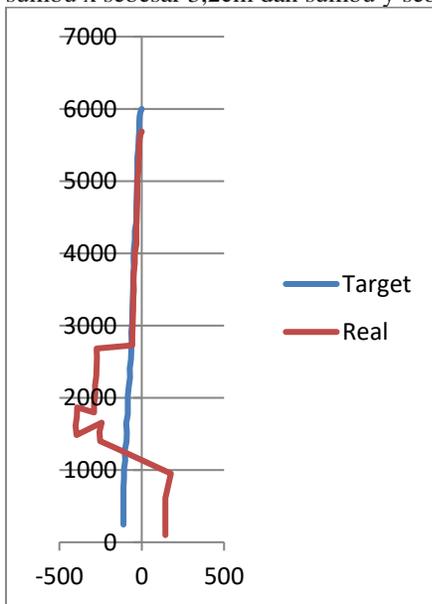
Gambar 9 Grafik Hasil Pengujian Pertama Pada Lintasan Lurus

Berdasarkan grafik yang digambarkan pada gambar 4.2, bahwa robot berusaha mendekati target yang diinginkan. Pada posisi akhir pembacaan terdapat kesalahan pada sumbu x sebesar 3,2cm dan sumbu y sebesar -0,8cm.



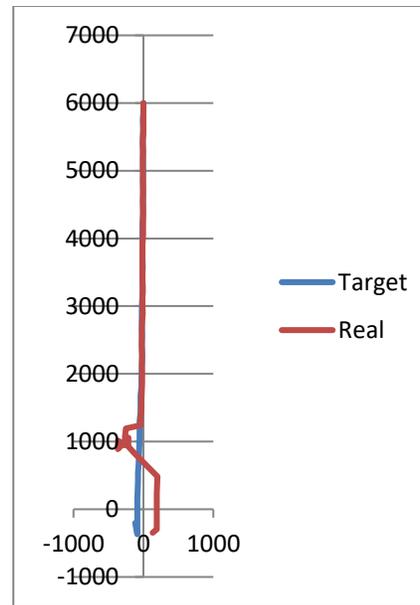
Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian Kedua Pada Lintasan Lurus

Berdasarkan grafik yang digambarkan pada gambar 4.3, bahwa robot berusaha mendekati target yang diinginkan. Pada posisi akhir pembacaan terdapat kesalahan pada sumbu x sebesar 3,2cm dan sumbu y sebesar -0,8cm.



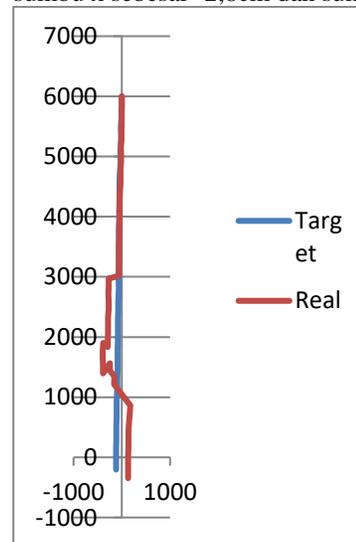
Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian Ke-Tiga Pada Lintasan Lurus

Berdasarkan grafik yang digambarkan pada gambar 4.5, bahwa robot berusaha mendekati target yang diinginkan. Pada posisi akhir pembacaan terdapat kesalahan pada sumbu x sebesar -2,8cm dan sumbu y sebesar -0,7cm.



Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengujian Ke-Empat Pada Lintasan Lurus

Berdasarkan grafik yang digambarkan pada gambar 4.5, bahwa robot berusaha mendekati target yang diinginkan. Pada posisi akhir pembacaan terdapat kesalahan pada sumbu x sebesar -2,8cm dan sumbu y sebesar -0,7cm.

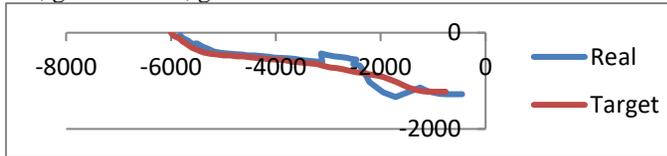


Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian Ke-Lima Pada Lintasan Lurus

Berdasarkan grafik yang digambarkan pada gambar 4.6, bahwa robot berusaha mendekati target yang diinginkan. Pada posisi akhir pembacaan terdapat kesalahan pada sumbu x sebesar -2,8cm dan sumbu y sebesar -0,7cm.

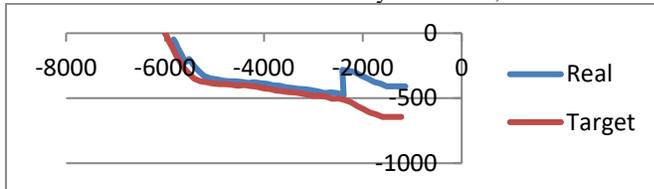
4.2.2 Pengujian Robot Gerak Ke Kiri

Pada pengujian robot gerak ke kiri, robot ditempatkan pada titik awal (0,0) pada koordinat kartesius (X,Y) dan akan bergerak menuju koordinat (-6000,0) dengan kecepatan roda kiri sama dengan kecepatan roda kanan dan kecepatan roda belakang didapat dari perhitungan *kinematics* robot sehingga terjadi pergerakan ke kiri. Hasil dari pergerakan robot dapat dilihat pada gambar 4.7, gambar 4.8, gambar 4.9, gambar 4.10, gambar 4.11.



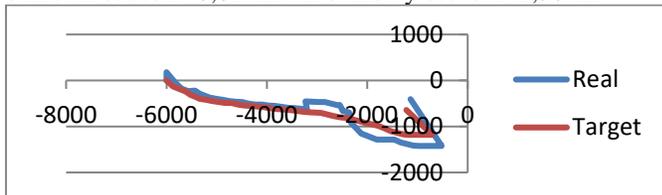
Gambar 4.7 Grafik Hasil Pengujian Pertama Pada Gerak Ke Kiri

Berdasarkan grafik yang digambarkan pada gambar 4.7, bahwa robot berusaha mendekati target yang diinginkan. Pada posisi akhir pembacaan terdapat kesalahan pada sumbu x sebesar 52cm dan sumbu y sebesar 0,52cm.



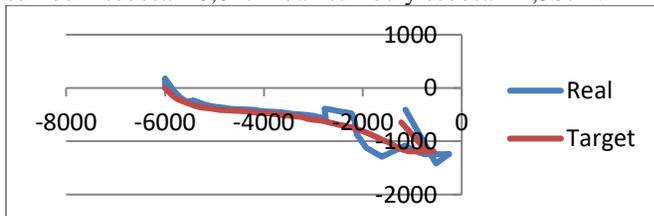
Gambar 4.8 Grafik Hasil Pengujian Ke-Dua Pada Gerak Ke Kiri

Berdasarkan grafik yang digambarkan pada gambar 4.8, bahwa robot berusaha mendekati target yang diinginkan. Pada posisi akhir pembacaan terdapat kesalahan pada sumbu x sebesar -0,82cm dan sumbu y sebesar -2,36cm.



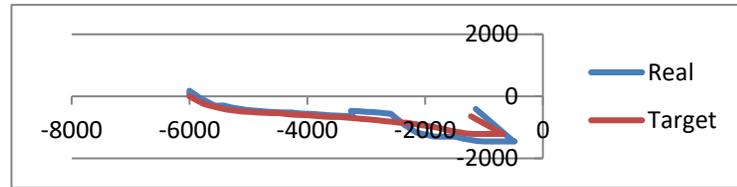
Gambar 4.9 Grafik Hasil Pengujian Ke-Tiga Pada Gerak Ke Kiri

Berdasarkan grafik yang digambarkan pada gambar 4.9, bahwa robot berusaha mendekati target yang diinginkan. Pada posisi akhir pembacaan terdapat kesalahan pada sumbu x sebesar -0,82cm dan sumbu y sebesar -2,36cm.



Gambar 4.10 Grafik Hasil Pengujian Ke-Empat Pada Gerak Ke Kiri

Berdasarkan grafik yang digambarkan pada gambar 4.10, bahwa robot berusaha mendekati target yang diinginkan. Pada posisi akhir pembacaan terdapat kesalahan pada sumbu x sebesar -0,82cm dan sumbu y sebesar -2,36cm.

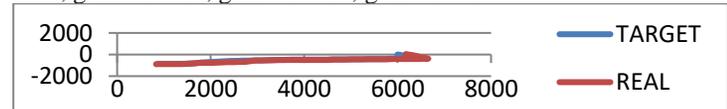


Gambar 4.11 Grafik Hasil Pengujian Ke-Lima Pada Gerak Ke Kiri

Berdasarkan grafik yang digambarkan pada gambar 4.11, bahwa robot berusaha mendekati target yang diinginkan. Pada posisi akhir pembacaan terdapat kesalahan pada sumbu x sebesar -0,82cm dan sumbu y sebesar -2,36cm.

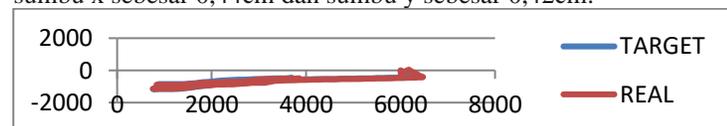
4.2.3 Pengujian Robot Gerak Ke Kanan

Pada pengujian robot gerak kanan, robot ditempatkan pada titik awal (0,0) pada koordinat kartesius (X,Y) dan akan bergerak menuju koordinat (6000,0) dengan kecepatan roda kiri sama dengan kecepatan roda kanan dan kecepatan roda belakang didapat dari perhitungan *kinematics* robot sehingga terjadi pergerakan ke kanan. Hasil dari pergerakan robot dapat dilihat pada gambar 4.12, gambar 4.13, gambar 4.14, gambar 4.15, gambar 4.16.



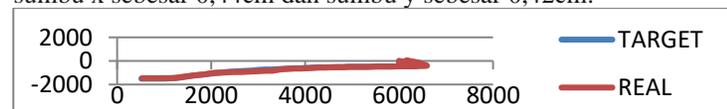
Gambar 4.12 Grafik Hasil Pengujian Pertama Pada Gerak Ke Kanan

Berdasarkan grafik yang digambarkan pada gambar 4.12, bahwa robot berusaha mendekati target yang diinginkan. Pada posisi akhir pembacaan terdapat kesalahan pada sumbu x sebesar 0,44cm dan sumbu y sebesar 0,42cm.



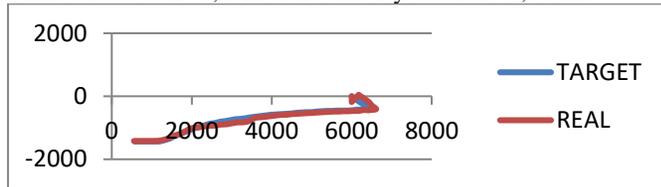
Gambar 4.13 Grafik Hasil Pengujian Ke-Dua Pada Gerak Ke Kanan

Berdasarkan grafik yang digambarkan pada gambar 4.13, bahwa robot berusaha mendekati target yang diinginkan. Pada posisi akhir pembacaan terdapat kesalahan pada sumbu x sebesar 0,44cm dan sumbu y sebesar 0,42cm.



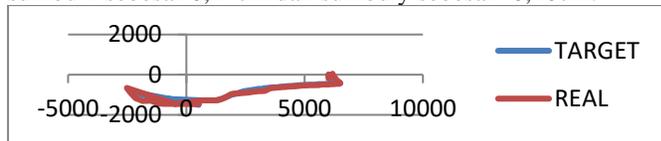
Gambar 4.14 Grafik Hasil Pengujian Ke-Tiga Pada Gerak Ke Kanan

Berdasarkan grafik yang digambarkan pada gambar 4.14, bahwa robot berusaha mendekati target yang diinginkan. Pada posisi akhir pembacaan terdapat kesalahan pada sumbu x sebesar -0,2cm dan sumbu y sebesar -0,38cm.



Gambar 4.15 Grafik Hasil Pengujian Ke-Empat Pada Gerak Ke Kanan

Berdasarkan grafik yang digambarkan pada gambar 4.15, bahwa robot berusaha mendekati target yang diinginkan. Pada posisi akhir pembacaan terdapat kesalahan pada sumbu x sebesar 0,24cm dan sumbu y sebesar -0,16cm.

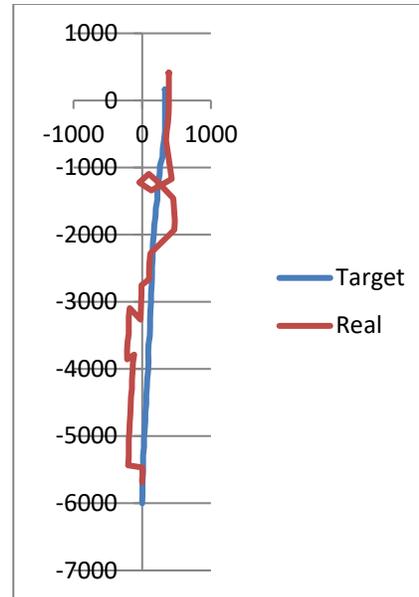


Gambar 4.16 Grafik Hasil Pengujian Ke-Lima Pada Gerak Ke Kanan

Berdasarkan grafik yang digambarkan pada gambar 4.16, bahwa robot berusaha mendekati target yang diinginkan. Pada posisi akhir pembacaan terdapat kesalahan pada sumbu x sebesar -0,2cm dan sumbu y sebesar -0,38cm.

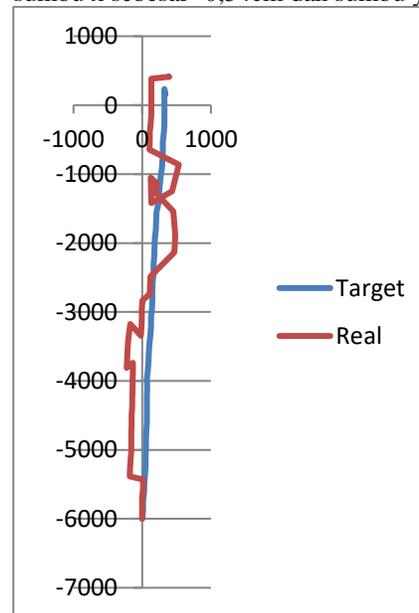
4.2.4 Pengujian Robot Gerak Mundur

Pada pengujian robot gerak mundur, robot ditempatkan pada titik awal (0,0) pada koordinat kartesius (X,Y) dan akan bergerak menuju koordinat (0,-6000) dengan kecepatan roda kiri sama dengan kecepatan roda kanan sehingga terjadi pergerakan mundur. Hasil dari pergerakan robot dapat dilihat pada gambar 4.17, gambar 4.18, gambar 4.19, gambar 4.20, gambar 4.21.



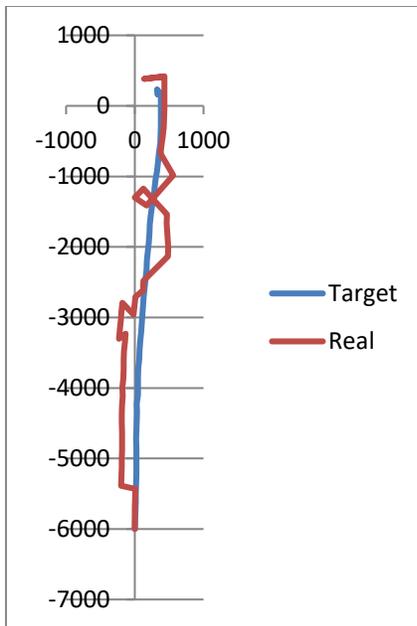
Gambar 4.17 Grafik Hasil Pengujian Pertama Pada Gerak Mundur

Berdasarkan grafik yang digambarkan pada gambar 4.17, bahwa robot berusaha mendekati target yang diinginkan. Pada posisi akhir pembacaan terdapat kesalahan pada sumbu x sebesar -0,54cm dan sumbu y sebesar -0,25cm.



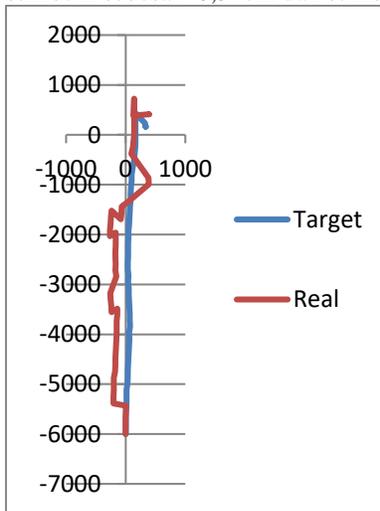
Gambar 4.18 Grafik Hasil Pengujian Ke-Dua Pada Gerak Mundur

Berdasarkan grafik yang digambarkan pada gambar 4.18, bahwa robot berusaha mendekati target yang diinginkan. Pada posisi akhir pembacaan terdapat kesalahan pada sumbu x sebesar -0,54cm dan sumbu y sebesar -0,25cm.



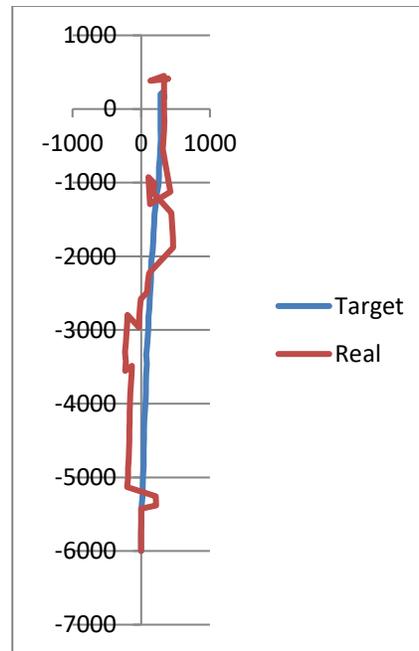
Gambar 4.19 Grafik Hasil Pengujian Ke-Tiga Pada Gerak Mundur

Berdasarkan grafik yang digambarkan pada gambar 4.19, bahwa robot berusaha mendekati target yang diinginkan. Pada posisi akhir pembacaan terdapat kesalahan pada sumbu x sebesar -0,54cm dan sumbu y sebesar -0,25cm.



Gambar 4.20 Grafik Hasil Pengujian Ke-Empat Pada Gerak Mundur

Berdasarkan grafik yang digambarkan pada gambar 4.20, bahwa robot berusaha mendekati target yang diinginkan. Pada posisi akhir pembacaan terdapat kesalahan pada sumbu x sebesar -0,54cm dan sumbu y sebesar -0,25cm.



Gambar 4.21 Grafik Hasil Pengujian Ke-Lima Pada Gerak Mundur

Berdasarkan grafik yang digambarkan pada gambar 4.21, bahwa robot berusaha mendekati target yang diinginkan. Pada posisi akhir pembacaan terdapat kesalahan pada sumbu x sebesar -0,54cm dan sumbu y sebesar -0,25cm.

a. Rangkuman Hasil Pengujian Keseluruhan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan perlu adanya rangkuman untuk setiap arah robot bergerak untuk menentukan nilai acuan terbaik dan tingkat error dari setiap arah atau target lintasan yang telah dilakukan.

i. Rangkuman Hasil Pengujian Robot Gerak Lurus

Pengujian robot gerak lurus dilakukan sebanyak 5 kali yaitu 5 kali bergerak lurus hingga mencapai target lintasan yang diinginkan, adapun nilai sensor dan nilai error dari masing masing pengujian yang dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Rangkuman Hasil Pengujian Gerak Lurus

Trial ke	Target		Real	
	X (cm)	Y (cm)	X (cm)	Y (cm)
1	1,09	1,61	-2,11	2,41
2	1,09	1,61	-2,11	2,41
3	-0,81	-4,48	1,99	-3,78
4	-0,81	-4,48	1,99	-3,78
5	-0,81	-4,48	1,99	-3,78

Dari rangkuman hasil pengujian Gerak Lurus pada tabel 4.1, diketahui terjadi rata-rata penyimpangan mutlak pada sumbu X sebesar 0,1cm dan rata-rata penyimpangan mutlak pada sumbu Y sebesar -11,52cm.

ii. Rangkuman Hasil Pengujian Robot Gerak Ke Kiri

Pengujian robot gerak ke kiri dilakukan sebanyak 5 kali yaitu 5 kali bergerak ke kiri hingga mencapai target lintasan yang diinginkan, adapun nilai sensor dan nilai error dari masing masing pengujian yang dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rangkuman Hasil Pengujian Gerak Ke Kiri

Trial ke	Target		Real	
	X (cm)	Y (cm)	X (cm)	Y (cm)
1	-7,62	-12,26	-4,48	-12,78
2	-12,22	-6,44	-11,4	-4,08
3	-12,22	-6,44	-11,4	-4,08
4	-12,22	-6,44	-11,4	-4,08
5	-12,22	-6,44	-11,4	-4,08

Dari rangkuman hasil pengujian gerak ke kiri pada tabel 4.2, diketahui terjadi rata-rata penyimpangan mutlak pada sumbu X sebesar -66,5cm dan rata-rata penyimpangan mutlak pada sumbu Y sebesar -43,8cm.

iii. Rangkuman Hasil Pengujian Robot Gerak Ke Kanan

Pengujian robot gerak ke kanan dilakukan sebanyak 5 kali yaitu 5 kali bergerak ke kanan hingga mencapai target lintasan yang diinginkan, adapun nilai sensor dan nilai error dari masing masing pengujian yang dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Rangkuman Hasil Pengujian Gerak Ke Kanan

Trial ke	Target		Real	
	X (cm)	Y (cm)	X (cm)	Y (cm)
1	-8,76	-8,48	-8,32	-8,9
2	-8,76	-8,48	-8,32	-8,9
3	5,14	-15,01	5,34	-14,63
4	5,78	-14,35	5,54	-14,19
5	5,14	-15,01	5,34	-14,63

Dari rangkuman hasil pengujian gerak ke kanan pada tabel 4.3, diketahui terjadi rata-rata penyimpangan mutlak pada sumbu X sebesar -1,544cm dan rata-rata penyimpangan mutlak pada sumbu Y sebesar -73,58cm.

iv. Rangkuman Hasil Pengujian Robot Gerak Mundur

Pengujian robot gerak mundur dilakukan sebanyak 5 kali yaitu 5 kali bergerak mundur hingga mencapai target lintasan yang diinginkan, adapun nilai sensor dan nilai error dari masing masing pengujian yang dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Rangkuman Hasil Pengujian Gerak Mundur

Trial ke	Target		Real	
	X (cm)	Y (cm)	X (cm)	Y (cm)
1	3,34	1,61	3,88	4,11
2	3,34	1,61	3,88	4,11
3	3,34	1,61	3,88	4,11
4	3,34	1,61	3,88	4,11
5	3,34	1,61	3,88	4,11

Dari rangkuman hasil pengujian gerak mundur pada tabel 4.4, diketahui terjadi rata-rata penyimpangan mutlak pada sumbu X sebesar 20,58cm dan rata-rata penyimpangan mutlak pada sumbu Y sebesar 12,16cm.

6. Kesimpulan dan Saran

A. Kesimpulan

1. Semakin jauh jarak tempuh robot omnidirectional, maka semakin besar *error* perhitungan posisi robot dengan menggunakan prinsip *dead-reckoning*.
2. Pada pengujian pertama dan kedua gerak lurus robot didapatkan kesalahan pada posisi akhir sumbu X sebesar 3,2cm dan sumbu Y sebesar -0,8cm. Pada pengujian ke-tiga, empat dan lima didapatkan kesalahan posisi akhir sumbu X sebesar -2,8cm dan sumbu Y sebesar -0,7cm. Rata-rata kesalahan hasil pengukuran jarak sumbu X menggunakan prinsip *dead-reckoning* adalah -0,4 cm dengan pergeseran data pada sumbu Y dengan rata-rata -0,74 cm.
3. Pada pengujian pertama gerak robot ke kiri didapatkan kesalahan posisi akhir sumbu X sebesar 52cm dan sumbu Y sebesar 0,52cm. Pada pengujian ke-dua, tiga, empat dan lima didapatkan kesalahan posisi akhir sumbu X sebesar -0,82cm dan sumbu Y sebesar -2,36cm. Rata-rata kesalahan hasil pengukuran jarak sumbu X menggunakan prinsip *dead-reckoning* adalah 11,056 cm dengan pergeseran data pada sumbu Y dengan rata-rata -1,992 cm.
4. Pada pengujian pertama dan kedua gerak robot kekanan didapatkan kesalahan posisi akhir sumbu X sebesar 0,44cm dan sumbu Y sebesar 0,42cm. Pada pengujian ke-tiga dan ke-lima didapatkan kesalahan posisi akhir sumbu X sebesar -0,2cm dan sumbu Y sebesar -0,38cm. Pada pengujian ke-empat didapatkan kesalahan posisi akhir sumbu X sebesar 0,24cm dan sumbu Y sebesar -0,16cm. Rata-rata kesalahan hasil pengukuran jarak sumbu X menggunakan prinsip *dead-reckoning* adalah 0,144 cm dengan pergeseran data pada sumbu Y dengan rata-rata -0,016 cm.
5. Pada pengujian pertama sampai pengujian ke lima gerak robot mundur didapatkan kesalahan posisi akhir sumbu X sebesar -0,54cm dan sumbu Y sebesar -0,25cm. Rata-rata kesalahan hasil pengukuran jarak sumbu X menggunakan prinsip *dead-reckoning* adalah -0,54 cm dengan pergeseran data pada sumbu Y dengan rata-rata -0,25 cm.

6. Trayektori yang dihasilkan pada pengembangan arah hadap robot dan lintasan perencanaan menggunakan prinsip *dead-reckoning* pada robot *omnidirectional* sama dengan trayektori yang dilewati robot sesungguhnya.
 7. Error yang dihasilkan disebabkan beberapa faktor, diantaranya : mekanika robot yang tidak presisi, aktuator yang sudah melemah.
- B. Saran
1. Pembuatan dudukan *optical mouse* yang presisi akan meningkatkan akurasi pembacaan sensor.
 2. Program visualisasi pemetaan posisi akan mempermudah untuk melihat hasil pengamatan navigasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriansyah, A. (2014). PERANCANGAN ROBOT LOCALIZATION MENGGUNAKAN METODE DEAD RECKONING. *SINERGI*, 1-6.
- Affandi, I., Sulistijono, I. A., & Ardilla, F. (2014). KONTROL POSISI ROBOT OMNI-DIRECTIONAL MENGGUNAKAN METODE GYRODOMETRY.
- Ardilla, F., Marta, B. S., & Besari, A. A. (2011). Path Tracking Pada Mobile Robot Dengan Umpan Balik Odometry. 1-8.
- As'ari, M. (2012). PENDETEKSI SUDUT MENGGUNAKAN SENSOR GYROSCOPE. 1-6.
- Bahtiyar, T. A. (2015). Effectiveness of Bicycle Path Planning Method and Pure Pursuit Method on Omni-Directional Mobile Robot. *ICCEREC*, 1-7.
- Basori, S. (2014). IMPLEMENTASI ODOMETRY PADA ROBOT OTOMATIS KONTES ROBOT ABU INDONESIA. 1-7.
- cimino, m., & Pagilla, P. (2010). Location of optical mouse sensors on mobile robots for odometry. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 1-6.
- Gasparetto, A., Boscariol, P., Lanzutti, A., & Vidoni, R. (2012). Trajectory Planning in Robotics. *Math.Comput.Sci. (2012)* 6:269-279, 1-2.
- Goncalves, J., & Lima, J. (2008). REAL TIME TRACKING OF AN OMNIDIRECTIONAL ROBOT An Extended Kalman Filter Approach. *Department of Electrical Engineering, Polytechnic Institute of Braganca, Portugal*, 1-7.
- Kariyanto, J. D., Alasiry, A. H., Ardilla, F., & Hanafi, N. (2011). Navigasi Mobile Robot Berbasis Trajektori dan Odometry dengan Pemulihan Jalur Secara Otomatis. 1-8.
- Kurniawan, R. B. (2012). Perancangan Robot Omnidirectional menuju target berbasis prinsip dead reckoning empat tetikus . 1-8.
- Liani, D., Silvia, A., & Lindawati. (2017). Sistem Navigasi Pada Mobile Robot Dalam Penentuan Arah dan Pemetaan Posisi. *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Bisnis, dan Desain*, 1-6.
- Lyon, R. (1981). The Optical Mouse, and an Architectural Methodology for Smart Digital Sensors . *Palo Alto Research Center*, 1-2.
- Nehmzow, U. (2001). Mobile Robotics : Research, Applications and Challenges. 1-4.
- Prado, M. (1994). Mobile robot trajectory planning with dynamic and kinematic constraints. *departamento de ingenieria de sistemas y automatica*, 2802-2807.
- Rochmanto, R. A. (2014). IMPLEMENTASI ROBOT THREE OMNI-DIRECTIONAL MENGGUNAKAN KONTROLER PID PADA ROBOT KONTES ROBOT ABU INDONESIA (KRAI). 1-6.
- Samudra, F. B. (2011). PENGENDALIAN ROBOT SOCCER DALAM MENGAMBIL BOLA. *EEPIS Final Project*, 1-6.
- Sudibyoy, R. W. (2011). Pemetaan Posisi dan Sistem Navigasi Mobile Robot dalam Ruang Menggunakan Sensor Perpindahan Jenis Optical Laser. 1-5.
- Waluyo, D. D. (2015). Sistem Navigasi Mobile Robot Omni Directional Menggunakan Multi Sensor Optical Mouse Untuk Meningkatkan Akurasi. *Jurnal Elektro PENS*, 1-9.