



**IMPLEMENTASI ALGORITMA PATH TRACKING PADA  
ROBOT BERODA DENGAN METODE *STANLEY*  
*CONTROLLER***

**TUGAS AKHIR  
SKRIPSI**

**NOVALDY NUR MUHAMMAD**

**41424110022**

**MERCU BUANA**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA  
(2026)**



**IMPLEMENTASI ALGORITMA PATH TRACKING PADA  
ROBOT BERODA DENGAN METODE *STANLEY*  
*CONTROLLER***

**TUGAS AKHIR  
SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana**

**UNIVERSITAS  
NOVALDY NUR MUHAMMAD  
41424110022  
MERCU BUANA**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA  
(2026)**

## HALAMAN PENYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Novaldy Nur Muhammad  
NIM : 41424110022  
Fakultas/Program Studi : Teknik / Teknik Elektro

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tugas Akhir berjudul:

“Implementasi Algoritma Path Tracking Pada Robot Beroda Dengan Metode *Stanley Controller*”

adalah hasil karya saya sendiri, tidak mengandung unsur plagiarisme, pelanggaran hak cipta, atau konten ilegal dalam bentuk apapun dan tidak melanggar hukum atau hak pihak manapun.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap pernyataan ini, saya bersedia menanggung seluruh konsekuensi hukum dan membebaskan Universitas Mercu Buana dari segala bentuk tuntutan hukum dan saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 04 Agustus 2026



Novaldy Nur Muhammad.

## **SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY***

Menerangkan bahwa Jurnal / Karya Ilmiah / Laporan Tugas Akhir pada BAB I, BAB III, BAB IV, dan BAB V / Praktek Keinsinyuran atas nama:

**Nama** : Novaldy Nur Muhammad  
**NIM** : 41424110022  
**Program Studi** : Teknik Elektro  
**Judul Tugas Akhir / Tesis**  
**/ Praktek Keinsinyuran** : Implementasi Algoritma Path Tracking Pada Robot Beroda Dengan Metode Stanley Controller

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Kamis, 20 Agustus 2026** dengan hasil presentase sebesar **4 %** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 20 Agustus 2026

Administrator Turnitin,

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA



**Itmam Haidi Syarif**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Novaldy Nur Muhammad  
NIM : 41424110022  
Fakultas/Program Studi : Teknik / Teknik Elektro  
Judul Tugas Akhir : Implementasi Algoritma Path Tracking Pada  
Robot Beroda Dengan Metode *Stanley Controller*

Telah berhasil dipertahankan pada sidang tanggal 04 Agustus 2026 dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing

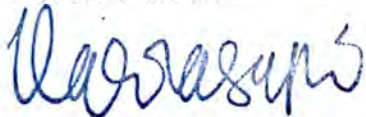
(Dr. Eng. Ir. Heru Suwoyo, S.T., M.Sc.)

NUPTK : 2146770671130403

Jakarta, 04 Agustus 2026

Mengetahui,

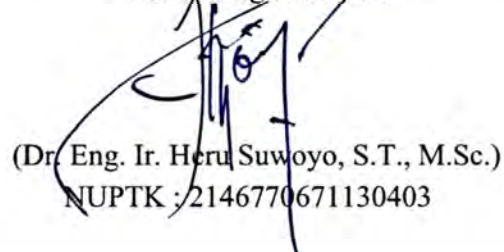
Dekan Fakultas



(Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.)

NUPTK : 6639750651230130

Ketua Program Studi



(Dr. Eng. Ir. Heru Suwoyo, S.T., M.Sc.)

NUPTK : 2146770671130403

## KATA PENGANTAR

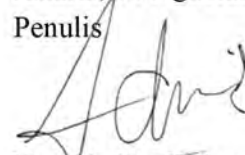
Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof.Dr.Ir. Andali Adriansyah, M.Eng. selaku Rektor Universitas Mercu Buana
2. Dr.Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik
3. Bapak Dr. Eng. Heru Suwoyo ST., M.Sc selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro
4. Bapak Dr. Eng. Heru Suwoyo ST., M.Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Tugas Akhir ini;
5. Seluruh Dosen dan Staff Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana
6. Kedua orang tua saya yaitu Almarhum Bapak Hadijono dan Ibu Sri Budiani atas segala kasih sayang, doa, dukungan dan semangat selama ini.
7. Istri tercinta saya Tiara Yasmin dan anak saya Qalbi Faheel Kautsarrazky atas dukungan, cinta dan kesabarannya menemani saya dalam mengerjakan penelitian ini.
8. Semua keluarga tercinta yang telah mendoakan dan mendukung penelitian penulis.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 04 Agustus 2026

Penulis



Novaldy Nur Muhammad

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

### TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB

Sebagai sivitas akademik Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Novaldy Nur Muhammad  
NIM : 41424110022  
Fakultas/Program Studi : Teknik/Teknik Elektro  
Judul Tugas Akhir : Implementasi Algoritma Path Tracking Pada Robot Beroda Dengan Metode *Stanley Controller*

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul di atas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA  
Jakarta, 04 Agustus 2026  
Yang menyatakan,



( Novaldy Nur Muhammad )

**IMPLEMENTASI ALGORITMA PATH TRACKING PADA ROBOT  
BERODA DENGAN METODE *STANLEY CONTROLLER*  
NOVALDY NUR MUHAMMAD**

**ABSTRAK**

Penelitian ini mengimplementasikan *Adaptive Stanley Controller* pada robot beroda sebagai algoritma *path tracking* dengan sistem kemudi *Ackerman steering* untuk mengatasi keterbatasan *Stanley Controller* konvensional yang memiliki keluaran kemudi (*steering output*) tidak stabil pada kecepatan tinggi akibat penggunaan nilai konstanta penguatan (*gain*) ( $k$ ) yang statis. Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan bahwa penyesuaian parameter  $k$  secara adaptif mampu meningkatkan akurasi pelacakan lintasan (*trajectory tracking*) dengan membandingkan nilai *cross track error* (CTE) dan koordinat kartesian waypoint yang dilalui robot antara *Adaptive Stanley Controller* dan *Stanley Controller* konvensional pada dua skema lintasan yang berbeda yaitu lintasan *letter s* dan lintasan campuran dengan kombinasi lintasan lurus dan tikungan. Untuk memvalidasi data pengujian, digunakan metrik evaluasi *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Wilcoxon Signed Rank Test* yang dapat memberikan output analisis hipotesis ada atau tidaknya pengurangan nilai *cross track error*. Hasil pengujian pada lintasan skema satu menunjukkan *Adaptive Stanley Controller* berhasil menekan nilai RMSE hingga 7,35 dibandingkan versi konvensional sebesar 30,21, yang menandakan peningkatan performa sebesar 75,67%. Selain itu hasil uji wilcoxon didapatkan nilai  $Z$  sebesar (-4,2810) dimana pada tabel  $Z$  distribusi nilai  $p$ -value sebesar 0,00001 pada  $\alpha$  0,05. Pada lintasan skema dua, *controller* adaptif mencatatkan nilai RMSE sebesar 8,82 berbanding 34,54 pada versi konvensional, menunjukkan peningkatan akurasi sebesar 74,47% dan hasil uji wilcoxon didapatkan  $Z$  sebesar (-3,8323) dimana pada tabel  $Z$  distribusi nilai  $p$ -value sebesar 0,00006 pada  $\alpha$  0,05. Berdasarkan hasil kedua skema pengujian tersebut, membuktikan bahwa implementasi *Adaptive Stanley Controller* secara signifikan mampu meminimalkan galat posisi serta memperbaiki kelemahan respons kemudi robot beroda pada kecepatan tinggi sesuai harapan penelitian.

**Kata Kunci :** *Stanley Controller, Path Tracking, Kendaraan Otonom, Ackerman Steering, Kendali Lateral*

**IMPLEMENTATION OF PATH TRACKING ALGORITHM ON WHEELED  
ROBOT USING STANLEY CONTROLLER METHOD  
NOVALDY NUR MUHAMMAD**

**ABSTRACT**

*This study implements an **Adaptive Stanley Controller** on a wheeled robot as a path tracking algorithm utilizing an Ackermann steering system to overcome the limitations of the conventional Stanley Controller, which exhibits unstable steering output at high speeds due to the use of a static ( $k$ ) gain constant. This research aims to demonstrate that adaptively adjusting parameters can improve trajectory tracking accuracy by comparing Cross-Track Error (CTE) values and the Cartesian coordinates of the waypoints traversed by the robot between the Adaptive Stanley Controller and the conventional Stanley Controller across two different track schemes, an S-curve track and a mixed track combining straight lines and turns. To validate the experimental data, Root Mean Square Error (RMSE) and the Wilcoxon Signed-Rank Test were employed as evaluation metrics to analyze the hypothesis regarding the presence or absence of a reduction in cross-track error. The test results on the first track scheme show that the Adaptive Stanley Controller successfully reduced the RMSE value to 7.35 compared to 30.21 for the conventional version, representing a performance improvement of 75.67%. Furthermore, the Wilcoxon test yielded a Z-value of -4,2810, corresponding to a p-value is 0.00001 at  $\alpha$  0.05 in the Z-distribution table. On the second track scheme, the adaptive controller recorded an RMSE value of 8.82 compared to 34.54 for the conventional version, indicating an accuracy improvement of 74.47%, with the Wilcoxon test resulting in a Z-value of -3,8323, corresponding to a p-value is 0.00006 at  $\alpha$  0.05. Based on the results from both test schemes, proving that the implementation of the Adaptive Stanley Controller significantly minimizes positioning errors and improves the steering response limitations of wheeled robots at high speeds in accordance with the research objectives.*

**Keywords:** Stanley Controller, Path Tracking, Autonomous Vehicle, Ackerman Steering, Lateral Control

## DAFTAR ISI

|                                                                                  |          |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------|
| HALAMAN SAMPUL .....                                                             | 0        |
| HALAMAN JUDUL.....                                                               | i        |
| HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI .....                                           | ii       |
| HALAMAN SURAT KETERANGAN HASIL UJI TURNITIN .....                                | iii      |
| HALAMAN PENGESAHAN.....                                                          | iv       |
| KATA PENGANTAR .....                                                             | v        |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA<br>ILMIAH DI REPOSITORI UMB ..... | vi       |
| ABSTRAK .....                                                                    | vii      |
| ABSTRACT .....                                                                   | viii     |
| DAFTAR ISI.....                                                                  | ix       |
| DAFTAR TABEL .....                                                               | x        |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                              | xi       |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                                            | xii      |
| <br><b>BAB I    PENDAHULUAN.....</b>                                             | <b>1</b> |
| 1.1 Latar Belakang.....                                                          | 1        |
| 1.2 Perumusan Masalah.....                                                       | 2        |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                                                       | 2        |
| 1.4 Batasan Masalah .....                                                        | 3        |
| 1.5 Sistematika Penulisan .....                                                  | 4        |
| <br><b>BAB II   TINJAUAN PUSTAKA .....</b>                                       | <b>7</b> |
| 2.1 Penelitian Terdahulu.....                                                    | 7        |
| 2.2 Gap Penelitian .....                                                         | 11       |
| 2.3 Kelemahan Penelitian Terdahulu.....                                          | 13       |
| 2.4 Pelacakan Jalur Dalam Robotika.....                                          | 14       |
| 2.5 Model Kinematika Non Holonomik.....                                          | 16       |
| 2.6 Waypoint .....                                                               | 18       |
| 2.7 Kendali Lateral Robot .....                                                  | 20       |
| 2.8 Heading Error .....                                                          | 21       |
| 2.9 Stanley Controller.....                                                      | 23       |
| 2.10 Cross Track Error .....                                                     | 24       |
| 2.11 Sistem Kendali Adaptif.....                                                 | 25       |
| 2.12 Gain Scheduling .....                                                       | 26       |
| 2.13 Root Mean Square Error.....                                                 | 28       |
| 2.14 Wilcoxon Signed Rank Test .....                                             | 29       |

|                                                          |           |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>                | <b>32</b> |
| 3.1 Metode Yang Digunakan.....                           | 32        |
| 3.2 Analisa Data .....                                   | 34        |
| 3.3 Perancangan Mekanikal.....                           | 34        |
| 3.4 Perancangan Elektrikal .....                         | 35        |
| 3.5 Perancangan <i>Stanley Controller</i> .....          | 38        |
| 3.6 Perancangan <i>Adaptive Stanley Controller</i> ..... | 42        |
| 3.7 Perancangan Program Arduino.....                     | 47        |
| 3.8 Lintasan Pengujian .....                             | 48        |
| 3.9 Perancangan Kendali Lateral dan Longitudinal .....   | 53        |
| 3.10Evaluasi Kinerja.....                                | 57        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>                  | <b>61</b> |
| 4.1 Hasil Perancangan .....                              | 61        |
| 4.2 Pengujian Sensor Kompas .....                        | 64        |
| 4.3 Pengujian Sensor Quadrature Encoder .....            | 66        |
| 4.4 Pengujian Kendali Lateral Stanley Controller.....    | 74        |
| 4.5 Pengujian Skenario Lintasan Letter S .....           | 74        |
| 4.6 Pengujian Skenario Lintasan Campuran .....           | 81        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>                   | <b>89</b> |
| 5.1 Kesimpulan.....                                      | 89        |
| 5.2 Saran .....                                          | 90        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                               | <b>92</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                                     | <b>95</b> |

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR TABEL

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Ringkasan Studi Literatur .....                                                  | 10 |
| Tabel 2.2 Perbandingan Performa Model Kontroler menurut Arami dkk .....                    | 11 |
| Tabel 3.1 Nilai Parameter Pengujian .....                                                  | 44 |
| Tabel 3.2 Waypoint Lintasan Letter S .....                                                 | 49 |
| Tabel 3.3 Waypoint Lintasan Campuran .....                                                 | 51 |
| Tabel 3.4 Heading Target Tiap Waypoint Skema Lintasan Letter S .....                       | 54 |
| Tabel 3.5 Heading Target Tiap Waypoint Skema Lintasan Campuran .....                       | 55 |
| Tabel 4.1 Tabel Pengujian Sensor Kompas .....                                              | 65 |
| Tabel 4.2 Hasil Pembacaan Sensor Odometry Sebelum Kalibrasi .....                          | 69 |
| Tabel 4.3 Hasil Pembacaan Sensor Odometry Setelah Kalibrasi .....                          | 70 |
| Tabel 4.4 Hasil Pembacaan Sensor Kecepatan Sebelum Kalibrasi.....                          | 71 |
| Tabel 4.5 Hasil Pembacaan Sensor Kecepatan Setelah Kalibrasi.....                          | 73 |
| Tabel 4.6 Performa <i>Stanley Controller</i> Konvensional Pada Lintasan<br>Letter S .....  | 76 |
| Tabel 4.7 Performa <i>Stanley Controller Adaptive</i> Pada Lintasan Letter S.....          | 77 |
| Tabel 4.8 Perbandingan Performa Pada Lintasan Letter S .....                               | 79 |
| Tabel 4.9 Hasil Uji Wilcoxon Signed-Rank Pada Lintasan Letter S .....                      | 80 |
| Tabel 4.10 Performa <i>Stanley Controller</i> Konvensional Pada Lintasan<br>Campuran ..... | 86 |
| Tabel 4.11 Performa <i>Stanley Controller Adaptive</i> Pada Lintasan Campuran.....         | 86 |
| Tabel 4.12 Perbandingan Performa Pada Lintasan Campuran .....                              | 86 |
| Tabel 4.13 Hasil Uji Wilcoxon Signed-Rank Pada Lintasan Campuran .....                     | 88 |

MERCU BUANA

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Model geometri sepeda ( Jarrod M. Snider, 2009 ).....                     | 18 |
| Gambar 2.2 Diagram Kartesian .....                                                   | 19 |
| Gambar 2.3 Model geometri stanley controller ( Gabriel M. Hoffmann, dkk, 2007 )..... | 23 |
| Gambar 2.4 Ilustrasi Cross Track Error ( Mattew Malencia, 2016 ) .....               | 25 |
| Gambar 3.1 Flowchart Penelitian.....                                                 | 33 |
| Gambar 3.2 Desain Chassis <i>Ackerman Steering</i> .....                             | 35 |
| Gambar 3.3 Wiring Diagram Sistem.....                                                | 37 |
| Gambar 3.4 Diagram Blok <i>Stanley Controller</i> Konvensional .....                 | 39 |
| Gambar 3.5 Diagram Blok <i>Adaptive Stanley Controller</i> .....                     | 43 |
| Gambar 3.6 Ilustrasi sudut maksimal dan minimal <i>steering</i> .....                | 46 |
| Gambar 3.7 <i>Interface</i> program <i>Arduino IDE</i> .....                         | 47 |
| Gambar 3.8 Bentuk Lintasan Letter S.....                                             | 50 |
| Gambar 3.9 Bentuk Lintasan Campuran .....                                            | 52 |
| Gambar 3.10 Diagram Kartesian <i>Target Heading</i> .....                            | 53 |
| Gambar 3.11 Diagram Kartesian <i>Target Odometry</i> .....                           | 56 |
| Gambar 4.1 Hasil Perancangan Aktual Robot .....                                      | 62 |
| Gambar 4.2 Perbandingan Data Bacaan Sensor Kompas Dan Kompas Smartphone.....         | 64 |
| Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Sensor Kompas .....                                   | 66 |
| Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Hasil Encoder Odometry Sebelum Kalibrasi .....        | 69 |
| Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Hasil Encoder Odometry Setelah Kalibrasi..            | 70 |
| Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Kecepatan Sebelum Dilakukan Kalibrasi .....           | 72 |
| Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Nilai Kecepatan Setelah Kalibrasi .....               | 73 |
| Gambar 4.8 Perbandingan Jejak Robot Terhadap Lintasan Letter S .....                 | 75 |
| Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Cross Track Error.....                                | 76 |
| Gambar 4.10Grafik Perbandingan Path Robot Pada Koordinat X.....                      | 77 |
| Gambar 4.11Grafik Perbandingan Path Robot Pada Koordinat Y .....                     | 78 |
| Gambar 4.12Perbandingan Jejak Robot Terhadap Lintasan Campuran .....                 | 81 |
| Gambar 4.13Grafik Perbandingan Path Robot Pada Koordinat X.....                      | 83 |
| Gambar 4.14Grafik Perbandingan Path Robot Pada Koordinat Y .....                     | 84 |
| Gambar 4.15Grafik Perbandingan Cross Track Error.....                                | 85 |

## DAFTAR PERSAMAAN

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| (2.1) Persamaan Batasan Non-Holonomik.....                                                                        | 16 |
| (2.2) Persamaan Keliling Lingkaran .....                                                                          | 20 |
| (2.3) Persamaan Jarak Tempuh.....                                                                                 | 20 |
| (2.4) Persamaan $\text{Arctan}^2$ .....                                                                           | 21 |
| (2.5) Persamaan Selisih Heading Aktual dan Referensi .....                                                        | 22 |
| (2.6) Persamaan Asli <i>Stanley Controller</i> .....                                                              | 23 |
| (2.7) Persamaan <i>Cross Track Error</i> .....                                                                    | 25 |
| (2.8) Persamaan <i>Root Mean Square Error</i> .....                                                               | 28 |
| (3.1) Persamaan <i>Stanley Controller</i> dengan <i>v softener</i> .....                                          | 38 |
| (3.2) Fungsi Konversi Radian ke Derajat .....                                                                     | 39 |
| (3.3) Fungsi Longitudinal Sumbu x .....                                                                           | 40 |
| (3.4) Fungsi Longitudinal Sumbu y .....                                                                           | 40 |
| (3.5) Persamaan Nilai Jarak Tempuh Total Odometry .....                                                           | 41 |
| (3.6) Persamaan Nilai Jarak Tempuh Odometry.....                                                                  | 41 |
| (3.7) Persamaan <i>Cross Track Error</i> Dalam Program .....                                                      | 41 |
| (3.8) Persamaan Kecepatan ( $v$ ) .....                                                                           | 42 |
| (3.9) Persamaan <i>Gain Scheduler</i> konstanta $k$ <i>Stanely Controller</i> .....                               | 43 |
| (3.10) Persamaan <i>Stanley Controller Adaptive</i> .....                                                         | 45 |
| (3.11) Fungsi presentase <i>RMSE Stanley Controller</i> Konvensional dan <i>Adaptive Stanley Controller</i> ..... | 58 |
| (3.12) Fungsi Selisih Data Wilcoxon Signed-Rank Test .....                                                        | 59 |
| (3.13) Fungsi Absolut Data Wilcoxon Signed-Rank Test .....                                                        | 59 |
| (3.14) Persamaan Untuk Mencari Nilai Z Wilcoxon Signed-Rank Test .....                                            | 59 |
| (3.15) Persamaan Untuk Mencari Nilai $\mu_t$ Wilcoxon Signed-Rank Test .....                                      | 59 |
| (3.16) Persamaan Untuk Mencari Nilai $\sigma_t$ Wilcoxon Signed-Rank Test .....                                   | 59 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Lampiran 1. Lampiran Kode Program Arduino .....                                          | 95  |
| Lampiran 2. Data Pengujian Stanley Controller Konvensional Lintasan<br>Letter S .....    | 106 |
| Lampiran 3. Data Pengujian <i>Adaptive Stanley Controller</i> Lintasan<br>Letter S ..... | 115 |
| Lampiran 4. Data Pengujian Stanley Controller Konvensional Lintasan<br>Campuran .....    | 122 |
| Lampiran 5. Data Pengujian <i>Adaptive Stanley Controller</i> Lintasan<br>Campuran ..... | 130 |
| Lampiran 6. Data Wilcoxon Signed-Rank Test Lintasan Letter S.....                        | 137 |
| Lampiran 7. Data Wilcoxon Signed-Rank Test Lintasan Campuran.....                        | 140 |
| Lampiran 8. Curriculum Vitae .....                                                       | 143 |
| Lampiran 9. Bukti Bimbingan.....                                                         | 145 |

