

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang . . . . .	1
1.2 Rumusan Masalah . . . . .	3
1.3 Batasan Masalah . . . . .	3
1.4 Tujuan Penelitian . . . . .	3
1.5 Manfaat Penelitian . . . . .	4
1.6 Sistematika Penulisan . . . . .	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI</b>	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka . . . . .	5
2.2 Dasar Teori . . . . .	9
2.2.1 <i>Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)</i> . . . . .	9
2.2.2 Navigasi . . . . .	13
2.2.3 Sensor SLAM . . . . .	23
2.2.4 <i>Robot Operating System (ROS)</i> . . . . .	25
2.2.5 <i>Differential Drive Robot</i> . . . . .	27

<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>40</b>
3.1	Tahapan Penelitian . . . . .	40
3.2	Perancangan Sistem Penelitian . . . . .	41
3.3	Perancangan Perangkat Keras . . . . .	42
3.4	Perancangan Perangkat Lunak . . . . .	44
3.4.1	Perancangan <i>Tuning</i> kendali PID . . . . .	45
3.4.2	Perancangan Sistem <i>Mapping</i> . . . . .	46
3.4.3	Perancangan Sistem Lokalisasi dan Navigasi . . . . .	50
3.5	Pengambilan Data dan Pengujian . . . . .	59
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>64</b>
4.1	Hasil Pengujian Simulasi . . . . .	64
4.1.1	Pengujian Simulasi SLAM . . . . .	64
4.1.2	Pengujian Simulasi Navigasi . . . . .	66
4.2	Hasil Pengujian Implementasi . . . . .	68
4.2.1	Hasil Pengujian <i>Differential Drive</i> . . . . .	68
4.2.2	Hasil Pengujian Pemetaan Lingkungan . . . . .	75
4.2.3	Hasil Pengujian Navigasi . . . . .	81
<b>BAB 5</b>	<b>PENUTUP</b>	<b>93</b>
5.1	Kesimpulan . . . . .	93
5.2	Saran . . . . .	94
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>95</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	<b>99</b>

## DAFTAR SINGKATAN

Notasi	Arti
2D	<i>Two Dimension</i>
3D	<i>Three Dimension</i>
ACO	<i>Ant Colony Optimization</i>
AGV	<i>Autonomous Guided Vehicle</i>
AMCL	<i>Adaptive Monte Carlo Localization</i>
CCW	<i>Counter Clockwise</i>
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
CRSM SLAM	<i>Critical Ray Scan Match SLAM</i>
CW	<i>Clockwise</i>
D ,	<i>Derivative</i>
DC	<i>Direct Current</i>
DWA Planner	<i>Dynamic Window Approach Planner</i>
ESS	<i>Effective Sample Size</i>
Hector SLAM	<i>Hector SLAM</i>
I	<i>Integral</i>
ICP	<i>Iterative Closest Point</i>
IMU	<i>Inertial Measurement Unit</i>
ITM	<i>Iterative Closest Point Trajectory Matching</i>
Karto SLAM	<i>Karto SLAM</i>
$K_D$	<i>Derivative Gain</i>
$K_I$	<i>Integral Gain</i>
$K_P$	<i>Proportional Gain</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
LiDAR	<i>Light Detection and Ranging</i>

Notasi	Arti
LSD SLAM	<i>Large-Scale Direct Monocular Simultaneous Localization and Mapping</i>
MATLAB	<i>Matrix Laboratory</i>
MOSFET	<i>Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor</i>
NUC	<i>Next Unit of Computing</i>
ORB SLAM	<i>Oriented Fast and Rotated BRIEF Simultaneous Localization and Mapping</i>
OS	<i>Operating System</i>
P	<i>Propotional</i>
PB	<i>Propotinal Band</i>
PC	<i>personal Computer</i>
PCB	<i>Printed Circut Board</i>
PD	<i>Proportional Derivative</i>
PI	<i>Proportional Integral</i>
PID	<i>Proportional Integral Derivative</i>
RGBD SLAM	<i>Red Green Blue Depth Simultaneous Localization and Mapping</i>
RMSE	<i>Root Mean Square Error</i>
ROS	<i>Robot Operating System</i>
RTAP Map	<i>Real Time Appearance-Based Mapping</i>
Rviz	<i>ROS Visualization</i>
SLAM	<i>Simultaneous Localization and Mapping</i>
SPI	<i>Serial peripheral Interface</i>
TF	<i>Transformation Frame</i>
VNC	<i>Virtual Network Computing</i>

## DAFTAR GAMBAR

2.1	Persebaran Partikel AMCL .....	13
2.2	Partikel AMCL Menuju ke Satu Titik .....	14
2.3	Proses Partikel Filter .....	15
2.4	Bagan <i>move_base</i> .....	19
2.5	<i>Costmap 2D inflation Layers</i> .....	20
2.6	LiDAR A1M8 .....	23
2.7	Logitech Webcam HD B525 .....	24
2.8	Kinect XBOX 360 .....	25
2.9	Arsitektur <i>ros control</i> .....	26
2.10	Simplifikasi <i>ros control</i> .....	27
2.11	Robot dalam Koordinat Kartesian .....	28
2.12	Ilustrasi Koordinat Posisi Robot di Kartesian .....	30
2.13	Ilustrasi <i>Rotary Encoder</i> dengan Sensor Optik .....	31
2.14	Ilustrasi <i>Rotary Encoder</i> dengan Sensor <i>Hall Effect</i> .....	32
2.15	Gelombang Keluaran <i>Rotary Encoder</i> .....	33
2.16	Rangkaian Driver Motor <i>H-bridge</i> .....	34
2.17	Ilustrasi Cara kerja Driver Motor <i>H-bridge</i> .....	34
2.18	Diagram Blok Kendali Proportional .....	35
2.19	Diagram Blok Kendali Proportional-Integral .....	36
2.20	Diagram Block Kendali Proportional-Derivative .....	37
2.21	Diagram Kendali Proportional-Integral-Derivative .....	38
3.1	Diagram Alir Tahapan Penelitian .....	41
3.2	Diagram Blok Sistem .....	42
3.3	Struktur <i>Differential Mobile Robot</i> .....	43
3.4	<i>PCB Controller</i> Robot .....	44
3.5	Diagram Block Sistem Kendali PID .....	45
3.6	Diagram Alir Sistem SLAM .....	47
3.7	<i>Teleop Twist Keyboard</i> .....	48
3.8	<i>Mapping</i> dengan Hector SLAM dan LiDAR .....	50
3.9	Diagram Alir Sistem Navigasi .....	51
3.10	Tampilan Model <i>Differential Drive Mobile Robot</i> .....	60
3.11	Tampilan dan Dimensi Arena .....	61
4.1	Antarmuka Tuning PID .....	69
4.2	Hasil <i>Tuning</i> dengan Nilai KP 0.2533 .....	70

4.3	Hasil <i>Tuning</i> dengan Nilai KP 0.4867 .....	71
4.4	Hasil <i>Tuning</i> dengan Nilai KP 0.9333 dan 0.9267 .....	72
4.5	Hasil <i>Tuning</i> dengan Nilai KI 0.0067 dan 0.0082 .....	73
4.6	Hasil <i>Tuning</i> dengan Nilai KI 0.0039 dan 0.0038 .....	73
4.7	Hasil <i>Tuning</i> dengan Nilai KI 0.0022 dan 0.0026 .....	74
4.8	<i>Transformation Tree Hector SLAM ROS</i> .....	76
4.9	Gambaran Komunikasi ROS <i>Node</i> Hector SLAM .....	77
4.10	TF <i>Tree Navigation Stack</i> ROS .....	82
4.11	Gambaran Komunikasi Navigasi ROS <i>Node</i> .....	83

## DAFTAR TABEL

2.1	Pengaruh Konstanta PID terhadap Respons Sistem .....	39
3.1	Perangkat Lunak Penelitian .....	44
4.1	Hasil Simulasi Pemetaan .....	65
4.2	Hasil Simulasi Navigasi .....	67
4.3	Hasil Manuver robot menggunakan Kendali PID .....	75
4.4	Hasil Variasi Kecepatan Linear .....	78
4.5	Hasil Variasi Kecepatan Sudut .....	80
4.6	Hasil Estimasi Lokasi Robot dengan AMCL .....	84
4.7	Hasil Pengujian Parameter <i>Global Planner</i> Pertama .....	85
4.8	Hasil Pengujian Parameter <i>Global Planner</i> Kedua .....	86
4.9	Hasil Pengujian Parameter <i>Global Planner</i> Ketiga .....	87
4.10	Hasil Pengujian Parameter <i>Inflation Costmap</i> Pertama .....	88
4.11	Hasil Pengujian Parameter <i>Inflation Costmap</i> Kedua .....	89
4.12	Hasil Pengujian Parameter <i>Inflation Costmap</i> Ketiga .....	90
4.13	Data Variasi Variabel <i>Local Planner</i> .....	91