

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
PRAKATA	vi
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	vii
ABSTRACT	viii
INTISARI	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Keaslian Penelitian	4
1.5 Tujuan Penelitian	10
1.6 Manfaat Penelitian	10
1.7 Sistematika Penulisan	10
BAB II Tinjauan Pustaka	12
2.1 Tinjauan Pustaka	12
2.1.1 Navigasi Robot Bergerak	12
2.1.2 Pembelajaran Berdasarkan Demonstrasi	14
2.2 Landasan Teori	16
2.2.1 Mobile Robot	17
2.2.1.1 Kinematika Mobile Robot	17
2.2.2 Artificial Intelligence dan Machine Learning	21
2.2.3 Deep Learning	23
2.2.3.1 Forward-Propagation dan Backpropagation	26
2.2.3.2 Loss Function	26
2.2.3.3 Optimizer	27
2.2.4 Reinforcement Learning	28
2.2.4.1 Algoritme RL: PPO	32
2.2.4.2 Algoritme RL: SAC	35
2.2.5 Inverse Reinforcement Learning	37
2.2.5.1 Maximum-Margin Planning IRL	37
2.2.5.2 Adversarial IRL	38
2.3 Hipotesis	41
BAB III Metode Penelitian	42
3.1 Alat dan Bahan Penelitian	42
3.2 Alur Penelitian	43
3.3 Perancangan MDP Dan Lingkungan Simulasi	45
3.3.1 State / Model Observasi	45

3.3.2	Action / Tindakan	48
3.3.3	Fungsi <i>Reward</i>	49
3.3.4	Desain Agen dan Lingkungan (<i>Environment</i>)	50
3.4	Data Demonstrasi Pakar	57
3.5	<i>Modified AIRL with Goal Reward Function</i>	58
3.6	Struktur Jaringan Neural Untuk Estimasi <i>Reward Function</i>	60
3.7	Struktur Jaringan Neural Untuk RL	62
3.8	Pengaturan Parameter Untuk Pembelajaran RL dan Modified-AIRL .	64
3.8.1	Parameter PPO-AIRL Untuk Estimasi Fungsi <i>Reward</i>	64
3.8.2	Parameter RL:PPO Untuk Pencarian <i>Policy</i> Optimal	67
3.8.3	Parameter RL:SAC Untuk Pencarian <i>Policy</i> Optimal	67
3.9	<i>Evaluation Metrics</i> Sebagai Evaluasi kinerja <i>Policy Model</i>	68
BAB IV	Hasil Pembahasan	71
4.1	Ikhtisar	71
4.2	Sample Data Demonstrasi	71
4.3	Perbandingan kinerja <i>Policy</i> dengan Modified-AIRL Dan Variasi AIRL	74
4.3.1	Perbandingan Perkembangan Tingkat Keberhasilan	74
4.3.2	Perbandingan Nilai <i>Reward</i>	77
4.3.3	Perbandingan Panjang Lintasan yang Ditempuh	85
4.3.4	Perbandingan Lama Waktu Yang Ditempuh	91
BAB V	Kesimpulan Dan Saran	95
5.1	Kesimpulan	95
5.2	Saran	96
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN	L-1
L.1	Modified-AIRL(PPO-AIRL+SAC) with Goal_reward	L-1
L.2	Data Nilai <i>Reward</i>	L-1
L.3	Data Lintasan Trajektori Robot	L-17
L.4	Daftar Publikasi	L-32
L.4.1	<i>Proceedings</i>	L-32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kerangka navigasi robot bergerak konvensional	13
Gambar 2.2	Turtlebot3 Burger Robot [1]	18
Gambar 2.3	Kinematika <i>Differential Drive</i> [2]	19
Gambar 2.4	Subbidang Deep Learning	23
Gambar 2.5	Perceptron	24
Gambar 2.6	Multilayer Perceptron	25
Gambar 2.7	Algoritme optimasi dengan metode Adam	28
Gambar 2.8	RL dengan <i>Markov Decision Process</i> (MDP)	30
Gambar 2.9	Pseudocode Algoritme GAE	33
Gambar 2.10	Pseudocode Algoritme RL : PPO-Clip	35
Gambar 2.11	Pseudocode Algoritme AIRL	40
Gambar 3.1	Diagram Alir Cara Kerja	44
Gambar 3.2	Turtlebot3 Laser State	46
Gambar 3.3	Referensi Sudut Theta Turtlebot3	47
Gambar 3.4	Diagram Alir Agen Dengan Program Gymnasium	52
Gambar 3.5	Bentuk Lingkungan Untuk Pengujian	53
Gambar 3.6	Sampel Pemilihan Letak Titik Target Skenario	54
Gambar 3.7	Ilustrasi Trajektori Demonstrasi	57
Gambar 3.8	Diagram Alir Modified-AIRL	61
Gambar 3.9	a) Model Jaringan Neural Untuk <i>Reward</i> Dasar, b) Model Jaringan Neural Untuk Pembentuk Tambahan <i>Reward</i> , c) Model Jaringan Neural Untuk <i>Goal_Reward</i>	62
Gambar 3.10	Model jaringan Metode PPO	63
Gambar 3.11	a) model Jaringan Actor SAC b) model Jaringan Critic SAC	64
Gambar 4.1	Trajektori Demonstrasi Untuk Lingkungan Dinamis	72
Gambar 4.2	Sampel Trajektori Demonstrasi Untuk Lingkungan Statis ...	73
Gambar 4.3	Tingkat Keberhasilan Saat Pembelajaran Lingkungan Statis	74
Gambar 4.4	Tingkat Keberhasilan Saat Pembelajaran Lingkungan Dinamis	75
Gambar 4.5	Perbandingan Tingkat Keberhasilan Pada Skenario 4	75
Gambar 4.6	Nilai Reward Skenario 1 Pada Lingkungan Dinamis	77
Gambar 4.7	Nilai Reward Skenario 3 Pada Lingkungan Dinamis	77
Gambar 4.8	Nilai Reward Skenario 6 Pada Lingkungan Statis	78
Gambar 4.9	Nilai Reward Skenario 15 Pada Lingkungan Statis	78
Gambar 4.10	Nilai Reward Skenario 19 Pada Lingkungan Statis	80
Gambar 4.11	Nilai Reward Skenario 17 Pada Lingkungan Statis	80
Gambar 4.12	Nilai Reward Skenario 26 Pada Lingkungan Statis	80
Gambar 4.13	Nilai Reward Skenario 1 Pada Lingkungan Dinamis	82
Gambar 4.14	Nilai Reward Skenario 2 Pada Lingkungan Dinamis	82
Gambar 4.15	Nilai Reward Skenario 3 Pada Lingkungan Dinamis	82

Gambar 4.16	Nilai Reward Skenario 4 Pada Lingkungan Dinamis	83
Gambar 4.17	Trajektori Skenario 6 Pada Lingkungan Statis	85
Gambar 4.18	Trajektori Skenario 15 Pada Lingkungan Statis	85
Gambar 4.19	Trajektori Skenario 19 Pada Lingkungan Statis	86
Gambar 4.20	Trajektori Skenario 17 Pada Lingkungan Statis	86
Gambar 4.21	Trajektori Skenario 26 Pada Lingkungan Statis	87
Gambar 4.22	Perbandingan Panjang Lintasan Antara Demonstrasi Dengan <i>policy</i> RL Pada Lingkungan Statis	87
Gambar 4.23	Trajektori Skenario 1 Pada Lingkungan Dinamis	88
Gambar 4.24	Trajektori Skenario 2 Pada Lingkungan Dinamis	88
Gambar 4.25	Trajektori Skenario 3 Pada Lingkungan Dinamis	89
Gambar 4.26	Trajektori Skenario 4 Pada Lingkungan Dinamis	89
Gambar 4.27	Perbandingan Panjang Lintasan Antara Demonstrasi Dengan <i>policy</i> RL Pada Lingkungan Dinamis.....	90
Gambar 4.28	Perbandingan Lama Waktu Tempuh Antara Data Demonstrasi Dengan Model <i>policy</i> RL Pada Lingkungan Statis	92
Gambar 4.29	Perbandingan Lama Waktu Tempuh Antara Data Demonstrasi Dengan Model <i>policy</i> RL Pada Lingkungan Dinamis.....	93
Gambar 1	Nilai Reward Pada Skenario 1 Lingkungan Dinamis	L-2
Gambar 2	Nilai Reward Pada Skenario 2 Lingkungan Dinamis	L-2
Gambar 3	Nilai Reward Pada Skenario 3 Lingkungan Dinamis	L-3
Gambar 4	Nilai Reward Pada Skenario 4 Lingkungan Dinamis	L-3
Gambar 5	Nilai Reward Pada Skenario 1 Lingkungan Statis.....	L-4
Gambar 6	Nilai Reward Pada Skenario 2 Lingkungan Statis.....	L-4
Gambar 7	Nilai Reward Pada Skenario 3 Lingkungan Statis.....	L-5
Gambar 8	Nilai Reward Pada Skenario 4 Lingkungan Statis.....	L-5
Gambar 9	Nilai Reward Pada Skenario 5 Lingkungan Statis.....	L-6
Gambar 10	Nilai Reward Pada Skenario 6 Lingkungan Statis.....	L-6
Gambar 11	Nilai Reward Pada Skenario 7 Lingkungan Statis.....	L-7
Gambar 12	Nilai Reward Pada Skenario 8 Lingkungan Statis.....	L-7
Gambar 13	Nilai Reward Pada Skenario 9 Lingkungan Statis.....	L-8
Gambar 14	Nilai Reward Pada Skenario 10 Lingkungan Statis	L-8
Gambar 15	Nilai Reward Pada Skenario 11 Lingkungan Statis	L-9
Gambar 16	Nilai Reward Pada Skenario 12 Lingkungan Statis	L-9
Gambar 17	Nilai Reward Pada Skenario 13 Lingkungan Statis	L-10
Gambar 18	Nilai Reward Pada Skenario 14 Lingkungan Statis	L-10
Gambar 19	Nilai Reward Pada Skenario 15 Lingkungan Statis	L-11
Gambar 20	Nilai Reward Pada Skenario 16 Lingkungan Statis	L-11
Gambar 21	Nilai Reward Pada Skenario 17 Lingkungan Statis	L-12
Gambar 22	Nilai Reward Pada Skenario 18 Lingkungan Statis	L-12
Gambar 23	Nilai Reward Pada Skenario 19 Lingkungan Statis	L-13
Gambar 24	Nilai Reward Pada Skenario 20 Lingkungan Statis	L-13

Gambar 25	Nilai Reward Pada Skenario 21 Lingkungan Statis	L-14
Gambar 26	Nilai Reward Pada Skenario 22 Lingkungan Statis	L-14
Gambar 27	Nilai Reward Pada Skenario 23 Lingkungan Statis	L-15
Gambar 28	Nilai Reward Pada Skenario 24 Lingkungan Statis	L-15
Gambar 29	Nilai Reward Pada Skenario 25 Lingkungan Statis	L-16
Gambar 30	Nilai Reward Pada Skenario 26 Lingkungan Statis	L-16
Gambar 31	Trajektori Skenario 1 Lingkungan Dinamis	L-17
Gambar 32	Trajektori Skenario 2 Lingkungan Dinamis	L-17
Gambar 33	Trajektori Skenario 3 Lingkungan Dinamis	L-18
Gambar 34	Trajektori Skenario 4 Lingkungan Dinamis	L-18
Gambar 35	Trajektori Skenario 1 Lingkungan Statis.....	L-19
Gambar 36	Trajektori Skenario 2 Lingkungan Statis.....	L-19
Gambar 37	Trajektori Skenario 3 Lingkungan Statis.....	L-20
Gambar 38	Trajektori Skenario 4 Lingkungan Statis.....	L-20
Gambar 39	Trajektori Skenario 5 Lingkungan Statis.....	L-21
Gambar 40	Trajektori Skenario 6 Lingkungan Statis.....	L-21
Gambar 41	Trajektori Skenario 7 Lingkungan Statis.....	L-22
Gambar 42	Trajektori Skenario 8 Lingkungan Statis.....	L-22
Gambar 43	Trajektori Skenario 9 Lingkungan Statis.....	L-23
Gambar 44	Trajektori Skenario 10 Lingkungan Statis	L-23
Gambar 45	Trajektori Skenario 11 Lingkungan Statis	L-24
Gambar 46	Trajektori Skenario 12 Lingkungan Statis	L-24
Gambar 47	Trajektori Skenario 13 Lingkungan Statis	L-25
Gambar 48	Trajektori Skenario 14 Lingkungan Statis	L-25
Gambar 49	Trajektori Skenario 15 Lingkungan Statis	L-26
Gambar 50	Trajektori Skenario 16 Lingkungan Statis	L-26
Gambar 51	Trajektori Skenario 17 Lingkungan Statis	L-27
Gambar 52	Trajektori Skenario 18 Lingkungan Statis	L-27
Gambar 53	Trajektori Skenario 19 Lingkungan Statis	L-28
Gambar 54	Trajektori Skenario 20 Lingkungan Statis	L-28
Gambar 55	Trajektori Skenario 21 Lingkungan Statis	L-29
Gambar 56	Trajektori Skenario 22 Lingkungan Statis	L-29
Gambar 57	Trajektori Skenario 23 Lingkungan Statis	L-30
Gambar 58	Trajektori Skenario 24 Lingkungan Statis	L-30
Gambar 59	Trajektori Skenario 25 Lingkungan Statis	L-31
Gambar 60	Trajektori Skenario 26 Lingkungan Statis	L-31

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Keaslian Penelitian	8
Tabel 1.1	Keaslian Penelitian (Lanjutan).....	9
Tabel 2.1	Jenis Penggerak Robot [3]	18
Tabel 3.1	Skenario Lingkungan Statis	56
Tabel 3.2	Skenario Lingkungan Dinamis.....	56
Tabel 3.3	Parameter Modified-AIRL	65
Tabel 3.4	Parameter PPO Pada Modified-AIRL	65
Tabel 3.5	Parameter RL:PPO Lingkungan Dinamis	67
Tabel 3.6	Parameter RL:PPO Lingkungan Statis	67
Tabel 3.7	Parameter RL:SAC Lingkungan Statis Dan Dinamis	68
Tabel 4.1	Perbandingan Total Estimasi Nilai <i>Reward</i> Pada Lingkungan Statis	79
Tabel 4.2	Perbandingan Total Estimasi Nilai <i>Reward</i> Pada Lingkungan Dinamis	81
Tabel 4.3	Perbandingan Panjang Lintasan Pada Lingkungan Statis (Semakin Kecil Nilainya Maka Semakin Pendek Lintasan) (Meter)	84
Tabel 4.4	Perbandingan Panjang Lintasan Pada Lingkungan Dinamis (Semakin Kecil Nilainya Maka Semakin Pendek Lintasan) (Meter)	88
Tabel 4.5	Perbandingan Lama Waktu Pada Lingkungan Statis (Semakin Kecil Nilainya Maka Semakin Cepat Waktu Tempuh) (Detik)..	91
Tabel 4.6	Perbandingan Lama Waktu Pada Lingkungan Dinamis (Semakin Kecil Nilainya Maka Semakin Cepat Waktu Tempuh) (Detik)	93