

**PENERAPAN *REINFORCEMENT LEARNING* PADA PERILAKU AGENT
DALAM PERMAINAN TAG**

SKRIPSI



Brilly Jalu Kumara Biseka

1900018294

PROGAM STUDI S1 INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN

YOGYAKARTA

2023

**APPLICATION OF *REINFORCEMENT LEARNING* TO AGENT
BEHAVIOR IN TAG GAMES**

THESIS



Brilly Jalu Kumara Biseka

1900018294

PROGRAM STUDY S1 INFORMATICS

FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY

AHMAD DAHLAN UNIVERSITY

YOGYAKARTA

2023

LEMBARAN PERSETUJUAN PEMBIMBING

SKRIPSI

**PENERAPAN *REINFORCEMENT LEARNING* PADA PERILAKU AGENT
DALAM PERMAINAN TAG**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

BRILLY JALU KUMARA BISEKA

1900018294

**Program Studi Informatika
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Ahmad Dahlan**



Telah disetujui oleh:

Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Adhi Prahara", is positioned above the name of the supervisor.

Adhi Prahara, S.Si., M.Cs.

19881124 201508 111 1212828

LEMBARAN PERSETUJUAN PENGUJI

SKRIPSI

**PENERAPAN REINFORCEMENT LEARNING PADA PERILAKU AGENT
DALAM PERMAINAN TAG**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

BRILLY JALU KUMARA BISEKA

1900018294

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada Senin, 2 Oktober 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Dewan Penguji:

Ketua : Adhi Prahara, S.Si., M.Cs.

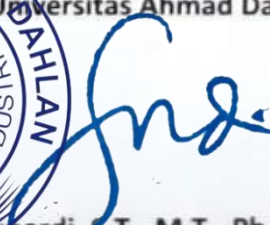
Penguji 1 : Faisal Fajri Rahani S.Si., M.Cs.

Penguji 2 : Miftahurrahma Rosyda, S.Kom, M.Eng.


..... 19/10/23.
..... 20/10/23
.....

Yogyakarta, Senin 2 Oktober 2023

Mekan Fakultas Teknologi Industri
Universitas Ahmad Dahlan


Suhardi, S.T., M.T., Ph.D.

19740521 200002 111 0862028

LEMBARAN PERNYATAAN KEASLIAN

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Brilly Jalu Kumara Biseka

NIM : 1900018294

Prodi : Informatika

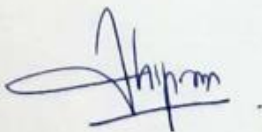
Judul TA/Skripsi : PENERAPAN *REINFORCEMENT LEARNING* PADA PERILAKU
AGENT DALAM PERMAINAN TAG

Dengan ini saya menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya/Kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 30 September 2023

Mengetahui,

Dosen Pembimbing



Adhi Prahara, S.Si., M.Cs.

19881124 201508 111 1212828

Yang Menyatakan,



Brilly Jalu Kumara Biseka

1900018294

Pernyataan Persetujuan Akses

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Brilly Jalu Kumara Biseka
NIM : 1900018294
Email : brilly1900018294@webmail.uad.ac.id
Program Studi : S1 Informatika
Fakultas : Teknologi Industri
Judul Tesis : Penerapan Reinforcement Learning Pada Perilaku Agent
Dalam Permainan Tag

Dengan ini Saya menyerahkan hak sepenuhnya kepada Perpustakaan Universitas Ahmad Dahlan untuk menyimpan, mengatur akses serta melakukan pengelolaan terhadap karya saya ini dengan mengacu pada ketentuan akses tesis elektronik sebagai berikut (beri tanda pada kotak):

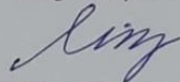


Saya (~~mengijinkan~~/tidak mengijinkan)* karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repository Perpustakaan Universitas Ahmad Dahlan.

Demikian pernyataan ini Saya buat dengan sebenarnya.

Yogyakarta, 2 Oktober 2023

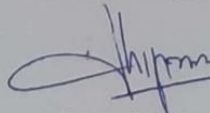
Yang Menyatakan



Brilly Jalu Kumara Biseka

Mengetahui,

Dosen Pembimbing Skripsi



Adhi Prahara, S.Si., M.Cs.

MOTTO

“Dunia ini hanya memiliki tiga hari: Hari kemarin, telah pergi bersama dengan semua yang menyertainya. Hari esok, kamu mungkin tak akan pernah menemuinya. Hari ini, itulah yang kamu miliki, maka beramal-lah di hari ini.”-Hasan al Bashri

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar. Skripsi yang saya buat ini berjudul “PENERAPAN *REINFORCEMENT LEARNING* PADA PERILAKU *AGENT* DALAM PERMAINAN *TAG*”.

Skripsi ini disusun dalam rangka untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Fakultas Teknologi Industri dari Universitas Ahmad Dahlan. Tidak dapat dipungkiri bahwa keberhasilan penulis dalam penyelesaian skripsi ini memerlukan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, mulai dari orang tua, dosen, dosen pembimbing, rekan-rekan, dan berbagai pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima Kasih kepada:

1. Prof. Dr. Muchlas, M.T. selaku Rektor Universitas Ahmad Dahlan.
2. Prof. Ir. Sunardi, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri dan Teknologi Universitas Ahmad Dahlan.
3. Dr. Murinto, S.Si., M.Kom. selaku Ketua Program Studi S1 Informatika Fakultas Teknologi Industri dan Teknologi Universitas Ahmad Dahlan.
4. Adhi Prahara, S.Si., M.Cs. selaku Dosen Pembimbing Pembimbing Skripsi.
5. Seluruh tenaga pengajar dan pegawai di Program Studi S1 Informatika Fakultas Teknologi Industri dan Teknologi Universitas Ahmad Dahlan.
6. Kepada semua teman-teman baik saya yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Semoga segala dukungan, bantuan, dan doa dapat menjadi berkah dari Allah SWT. Dalam pembuatan skripsi ini saya menyadari bahwa masih jauh dari kata sempurna baik dari segi keterbatasan ilmu maupun tata bahasanya. Oleh karena itu saya mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi yang saya buat.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBARAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
LEMBARAN PERSETUJUAN PENGUJI	iv
LEMBARAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
LEMBARAN PERNYATAAN PERSUTUJUAN AKSES.....	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR KODE PROGAM.....	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Batasan Masalah Penelitian	3
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kajian Penelitian Terdahulu	6
2.2 Landasan Teori	12
2.2.1 Permainan <i>Tag</i>	12
2.2.2 <i>Non-Player Character</i>	12
2.2.3 <i>Machine Learning</i>	12
2.2.3.1 <i>Supervised Learning</i>	14
2.2.3.2 <i>Unsupervised Learning</i>	14
2.2.3.3 <i>Reinforcement Learning</i>	15
2.2.4 <i>Proximal Policy Optimization</i>	17
2.2.5 <i>Unity ML-Agents Toolkit</i>	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	20
3.1 Metode Pengumpulan Data	20

3.1.1	Metode Kajian Literatur	20
3.1.2	Metode Observasi	20
3.2	Alat dan Bahan	20
3.2.1	Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	20
3.2.2	Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	21
3.3	Tahapan Penelitian.....	21
3.3.1	Pengumpulan Data	22
3.3.2	Desain Sistem	23
3.3.2.1	<i>Activity Diagram</i>	23
3.3.2.2	<i>Flowchart</i>	24
3.3.3	Perancangan Antarmuka	25
3.3.3.1	Menu Utama	25
3.3.3.2	Menu Karakter Permainan	26
3.3.3.3	Menu Level Karakter <i>Agent</i> Pemain.....	27
3.3.3.4	Menu Level Karakter <i>Agent</i> Pengejar.....	27
3.3.3.5	Level <i>Easy</i>	28
3.3.3.6	Level <i>Hard</i>	29
3.3.4	Pelatihan <i>Agent</i>	29
3.3.4.1	Identifikasi <i>Agent</i>	30
3.3.4.2	Tingkat Kesulitan	31
3.3.5	Pengembangan Sistem <i>Game</i> dan <i>Agent</i>	31
3.3.6	Pengujian Sistem	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Pelatihan <i>Agent</i>	32
4.1.1	Area Lingkungan Pelatihan.....	33
4.1.2	<i>Agent</i> Pemain	33
4.1.3	<i>Agent</i> Pengejar	40
4.1.4	Target Koin	46
4.2	Implementasi Pelatihan <i>Agent</i>	47
4.2.1	Grafik <i>Cumulative Reward</i>	51
4.2.2	Grafik <i>Episode Length</i>	52
4.2.3	Grafik <i>Policy Loss</i>	53
4.2.4	Grafik <i>Value Loss</i>	54
4.3	Implementasi <i>Agent</i> dan Permainan.....	55

4.3.1	Penerapan Menu Utama Permainan.....	59
4.3.2	Penerapan Menu Karakter Permainan.....	60
4.3.3	Penerapan Menu Level Karakter <i>Agent</i> Pemain	60
4.3.4	Penerapan Menu Level Karakter <i>Agent</i> Pengejar	61
4.3.5	Implementasi Tingkat Kesulitan <i>Easy</i>	62
4.3.6	Implementasi Tingkat Kesulitan <i>Hard</i>	63
4.4	Pengujian Simulasi Pengujian Kecerdasan <i>Agent</i>	65
4.4.1	Kesulitan <i>Easy</i>	65
4.4.1.1	<i>Agent</i> Pemain	65
4.4.1.2	<i>Agent</i> Pengejar	66
4.4.2	Kesulitan <i>Hard</i>	68
4.4.2.1	<i>Agent</i> Pemain	68
4.4.2.2	<i>Agent</i> Pengejar	68
4.5	Analisis Data Hasil Pengujian.....	70
BAB V KESIMPULAN.....		71
5.1	Kesimpulan	71
5.2	Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA.....		73
LAMPIRAN		74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Jenis – Jenis Machine Learning [4]	13
Gambar 2. 2 Supervised Learning [4]	14
Gambar 2. 3 Unsupervised Learning [4]	15
Gambar 2. 4 Interaksi Agent Dengan Environment Pada Reinforcement Learning[4]	17
Gambar 2. 5 Representasi Fitur pada Unity ML-Agents[13]	19
Gambar 3. 1 Diagram Tahapan Penelitian.....	22
Gambar 3. 2 Activity Diagram.....	23
Gambar 3. 3 FlowChart Tahapan Penelitian.....	25
Gambar 3. 4 Perancangan Antarmuka Menu Utama	26
Gambar 3. 5 Perancangan Antarmuka Karakter Permainan	26
Gambar 3. 6 Perancangan Antarmuka Menu Karakter Agent Pemain.....	27
Gambar 3. 7 Perancangan Antarmuka Menu Karakter Agent Pengejar.....	28
Gambar 3. 8 Perancangan Antarmuka Arena Level Easy	28
Gambar 3. 9 Perancangan Antarmuka Arena Level Hard.....	29
Gambar 4. 1 Karakter dan Object Yang Digunakan Dalam Pelatihan	32
Gambar 4. 2 Area Pelatihan	33
Gambar 4. 3 Karakter Agent Pemain.....	34
Gambar 4. 4 Parameter Agent Pemain	35
Gambar 4. 5 Parameter Ray Perception Agent Pemain	37
Gambar 4. 6 Konfigurasi Pada Agent Pemain.....	39
Gambar 4. 7 Agent Pemain Pada Area Pelatihan	39
Gambar 4. 8 Asset yang Digunakan Untuk Karakter Agent Pengejar.....	40
Gambar 4. 9 Parameter Pada Agent Pengejar	41
Gambar 4. 10 Parameter Ray Perception Agent Pengejar	43
Gambar 4. 11 Konfigurasi Pada Agent Pengejar.....	45
Gambar 4. 12 Agent Pengejar Pada Area Pelatihan	46
Gambar 4. 13 Asset Pada Object Target Koin.....	46
Gambar 4. 14 Target Koin Pada Area Pelatihan	47
Gambar 4. 15 Area Pelatihan yang Digunakan Pada Pelatihan	49
Gambar 4. 16 Komponen Konfigurasi Pelatihan Agent.....	49
Gambar 4. 17 Proses Pelatihan Agent.....	51
Gambar 4. 18 Grafik Cumulative Reward.....	52
Gambar 4. 19 Grafik Episode Length	53
Gambar 4. 20 Grafik Policy Loss	54
Gambar 4. 21 Grafik Value Loss.....	55
Gambar 4. 22 Asset Low Poly Dungeon Lite.....	56
Gambar 4. 23 Tampilan Permainan Agent Pemain	57
Gambar 4. 24 Tampilan Permainan Agent Pengejar	58
Gambar 4. 25 Tampilan Ketika Memulai Permainan Agent Pemain	58
Gambar 4. 26 Tampilan Ketika Memulai Permainan Agent Pemain	59
Gambar 4. 27 Menu Utama Permainan	59
Gambar 4. 28 Menu Karakter Permainan	60
Gambar 4. 29 Menu Level Karakter Agent Pemain	61
Gambar 4. 30 Menu Level Karakter Agent Pengejar	62

Gambar 4. 31 Arena Permainan Tingkat Kesulitan Easy	62
Gambar 4. 32 Hasil Pengacakan dan Penyematanan Pada Tingkat Kesulitan Easy	63
Gambar 4. 33 Arena Permainan Tingkat Kesulitan Hard.....	64
Gambar 4. 34 Hasil Pengacakan dan Penyematanan Pada Tingkat Kesulitan Hard.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Penelitian Terdahulu	8
Tabel 3. 1 Tabel Identifikasi Agent	30
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Tingkat Kesulitan Easy Agent Pemain.....	65
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Tingkat Kesulitan Easy Agent Pengejar.....	66
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Tingkat Kesulitan Hard Agent Pemain.....	68
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Tingkat Kesulitan Hard Agent Pengejar.....	68

DAFTAR KODE PROGAM

Kode Progam 4. 1 Fungsi Action Pada Agent Pemain	35
Kode Progam 4. 2 Fungsi OnTriggererenter Pada Agent Pemain	39
Kode Progam 4. 3 Fungsi Action Pada Agent Pengejar	42
Kode Progam 4. 4 Fungsi OnTriggererenter Pada Agent Pemain	45

ABSTRAK

Pada saat ini terdapat banyak jenis variasi *game* namun tidak banyak dari *game* tersebut yang memiliki NPC dengan perilaku yang sulit ditebak sehingga pemain merasa cepat bosan dengan *game* yang dimainkan dikarenakan NPC mudah ditebak dan *game* dapat mudah diselesaikan. Kebanyakan *game* masih menggunakan metode *rule-based* dalam pengembangan NPC-nya. Penelitian ini bertujuan untuk membuat *agent* NPC yang perilakunya sulit ditebak menggunakan metode *Reinforcement Learning* dan dalam pelatihannya menggunakan *ML-Agents Toolkit* dan *Game Engine Unity* dengan algoritma *Proximal Policy Optimization* (PPO).

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Reinforcement Learning* dan algoritma PPO. Pelatihan *agent* NPC menggunakan *game engine unity*. Dalam pelatihannya terdapat dua *agent* yang akan dilatih yaitu *agent* pengejar dan *agent* pemain serta satu objek target koin. Proses pelatihan ini ditentukan oleh total percobaan percobaan *agent* yang disebut *MaxSteps*. Dalam pelatihan-nya setiap *episode* yang dijalankan diberikan waktu 60 detik untuk melakukan pelatihan. Hasil pelatihan ini akan ditunjukkan dalam bentuk grafik *Cumulative Reward*, *Episode Length*, *Policy Loss*, dan *Value Lost*.

Penelitian ini menunjukkan hasil pelatihan *Reinforcement Learning* pada *agent-agent* permainan *tag* ini mampu bersaing untuk mengejar *target* dan menghindari rintangan dengan baik. Hasil pada pengujian pada *agent* pemain menunjukkan rata-rata koin yang terambil meningkat dari 61% menjadi 79%, sedangkan pada *agent* pengejar menunjukkan rata-rata menangkap *agent* pemain sedikit menurun dari 66% menjadi 63%. Dapat disimpulkan bahwa kemampuan *agent* pemain mengalami peningkatan sedangkan kemampuan *agent* pengejar mengalami sedikit penurunan.

Kata kunci: *Unity*, *ML-agents*, *Proximal Policy Optimization*, *Agent*