

**PENERAPAN REINFORCEMENT LEARNING PADA GAME  
BERBASIS 2D MENGGUNAKAN OPEN AI GYM**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana  
Program Studi Informatika



**Disusun Oleh:**

**YUSUF ASHIDICKI PRADANA**

**17.11.1336**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA**

**2022**

**PENERAPAN REINFORCEMENT LEARNING PADA GAME  
BERBASIS 2D MENGGUNAKAN OPEN AI GYM**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana  
Program Studi Informatika



**Disusun Oleh:**

**YUSUF ASHIDICKI PRADANA**

**17.11.1336**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA**

**2022**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**PENERAPAN REINFORCEMENT LEARNING PADA GAME BERBASIS  
2D MENGGUNAKAN OPEN AI GYM**

yang disusun dan diajukan oleh

**Yusuf Ashiddeki Pradana**  
17.11.1336

telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi  
pada tanggal 18 Agustus 2022

**Dosen Pembimbing,**

**Bayu Setiaji, M.Kom**  
NIK. 190302216

**HALAMAN PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**PENERAPAN REINFORCEMENT LEARNING PADA GAME BERBASIS  
2D MENGGUNAKAN OPEN AI GYM**

yang disusun dan diajukan oleh

**Yusuf Ashidieki Pradana**

**17.11.1336**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal 18 Agustus 2022

**Susunan Dewan Penguji**

**Nama Penguji**

**Bayu Setfajl, M.Kom**  
**NIK. 190302216**

**M. Faizul Filza, S.Kom, M.Kom**  
**NIK. 190302332**

**Ahlhi Masruo, M.Kom**  
**NIK. 190302148**

**Tanda Tangan**

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer  
Tanggal 18 Agustus 2022

**DEKAN FAKULTAS ILMU KOMPUTER**

**Hanif Al Fatta, S.Kom., M.Kom.**  
**NIK. 190302096**

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini,

Nama mahasiswa : Yusuf Ashidicki Pradana  
NIM : 17.11.1336

Menyatakan bahwa Skripsi dengan judul berikut:

### **PENERAPAN REINFORCEMENT LEARNING PADA GAME BERBASIS 2D MENGGUNAKAN OPEN AI GYM**

Dosen Pembimbing : Bayu Setiaji, M.Kom

1. Karya tulis ini adalah benar-benar ASLI dan BELUM PERNAH diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas AMIKOM Yogyakarta maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan dan penelitian SAYA sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan disebutkan dalam Daftar Pustaka pada karya tulis ini.
4. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab SAYA, bukan tanggung jawab Universitas AMIKOM Yogyakarta.
5. Pernyataan ini SAYA buat dengan sesungguhnya, apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka SAYA bersedia menerima SANKSI AKADEMIK dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi.

Yogyakarta, 18 Agustus 2022

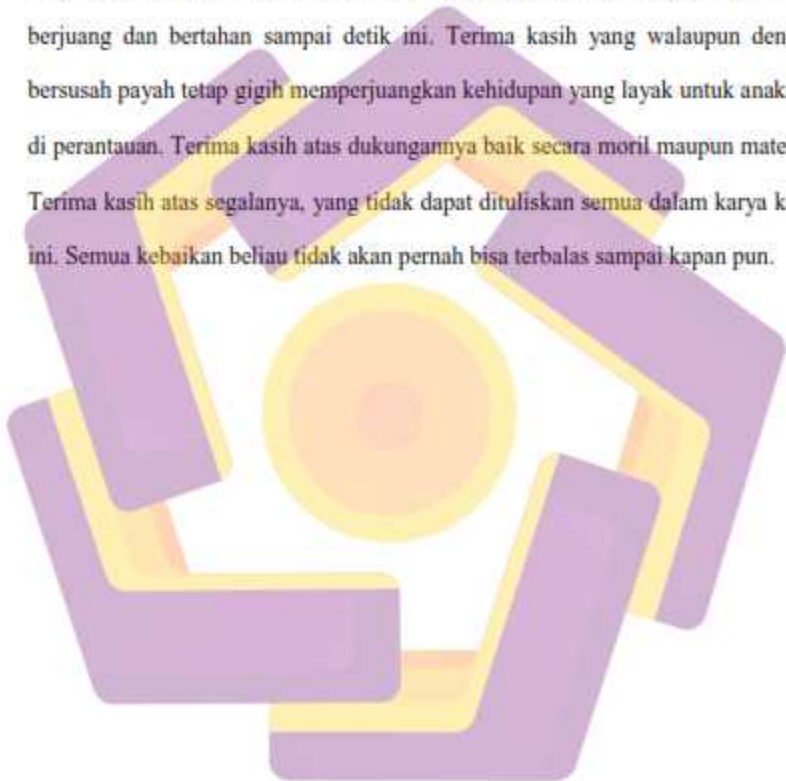
Yang Menyatakan,



Yusuf Ashidicki Pradana

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan karya sederhana ini untuk kedua orang tua saya, yang mana karena beliaulah menjadi alasan paling utama skripsi ini dapat terselesaikan. Yang menjadi sumber motivasi, kasih sayang, dan kekuatan sehingga saya dapat berjuang dan bertahan sampai detik ini. Terima kasih yang walaupun dengan bersusah payah tetap gigih memperjuangkan kehidupan yang layak untuk anaknya di perantauan. Terima kasih atas dukungannya baik secara moril maupun materil. Terima kasih atas segalanya, yang tidak dapat dituliskan semua dalam karya kecil ini. Semua kebaikan beliau tidak akan pernah bisa terbalas sampai kapan pun.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Penerapan Reinforcement Learning Pada Game Berbasis 2d Menggunakan Open AI Gym”, dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar Sarjana Komputer pada Jurusan Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Amikom Yogyakarta. Saya mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak yang terlibat langsung maupun tidak langsung atas selesainya skripsi ini:

1. Prof. Dr. M. Suyanto, M.M., selaku Rektor Universitas Amikom Yogyakarta
2. Hanif Al Fatta, S.Kom., M.Kom., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Amikom Yogyakarta
3. Windha Mega Pradnya Duhita, M.Kom., selaku Ketua Program Studi Informatika Universitas Amikom Yogyakarta
4. Pak Bayu Setiaji, M. Kom., selaku dosen pembimbing, terima kasih atas kontribusinya berupa ide, bimbingan, motivasi, kritik, dan saran sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini
5. Seluruh staff pengajar Program Studi Informatika Universitas Amikom Yogyakarta yang telah mengajarkan berbagai ilmu kepada saya

6. Orang tua beserta keluarga besar saya atas kasih sayang, dukungan dan doanya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini
7. Teman-teman kelas 17-S11F-07 yang telah kebersamai saya selama kurang lebih 3 tahun di kampus sebelum pandemi Covid-19
8. Teman-teman komplek L, terima kasih atas kekompakan, kekeluargaan, dan kebersamaan yang tetap terjaga sampai sejauh ini
9. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini yang tidak dapat saya tuliskan satu per satu

Demikian skripsi ini, saya mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Saya menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan. Hal tersebut dikarenakan keterbatasan ilmu dan pengetahuan yang saya miliki. Oleh karena itu saya mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk menyempurnakan penulisan skripsi ini. Akhir kata, semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya kepada kita semua, aamiin aamiin ya robbal 'alamiin.

Yogyakarta, 31 Mei 2022

Penulis

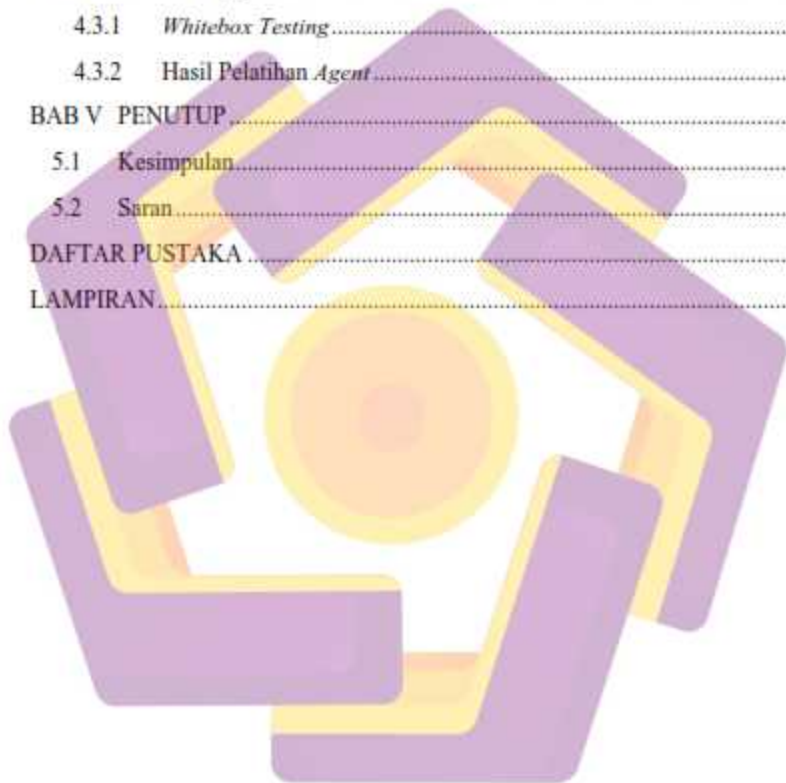


## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
INTISARI.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Metodologi Penelitian.....	4
1.5.1 Metode Pengumpulan Data.....	4
1.5.2 Metode Pengembangan.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	8
BAB II LANDASAN TEORI.....	10
2.1 Tinjauan Pustaka.....	10
2.2 Dasar Teori.....	15
2.2.1 <i>OpenAI Gym</i> .....	15
2.2.2 <i>Artificial Intelligence</i> .....	17
2.2.3 <i>Machine Learning</i> .....	18

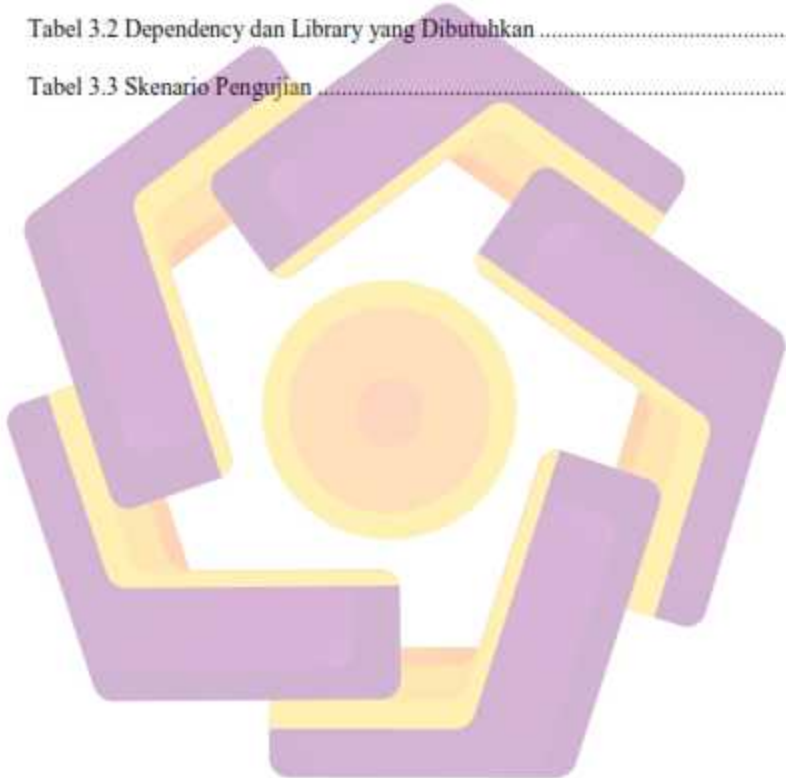
2.2.4	<i>Reinforcement Learning</i> .....	19
2.2.5	<i>Markov Decision Process</i> .....	22
2.2.6	<i>Temporal-Difference Learning</i> .....	24
2.2.7	<i>Bellman Equation</i> .....	25
2.2.8	<i>Q-Learning</i> .....	26
2.2.9	<i>Artificial Neural Network</i> .....	27
2.2.10	<i>Value Function Approximation</i> .....	29
2.3	Metode Pengujian.....	29
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....		31
3.1	Gambaran Umum .....	31
3.2	Analisis Kebutuhan Sistem .....	32
3.2.1	Analisis Kebutuhan Fungsional .....	32
3.2.2	Analisis Kebutuhan Non Fungsional .....	33
3.3	Metode Penelitian.....	35
3.4	Prosedur Penelitian.....	38
3.4.1	Instalasi <i>Dependencies</i> .....	39
3.4.2	<i>Testing Environment</i> .....	42
3.4.3	Membangun Model CNN.....	42
3.4.4	<i>Training Agent</i> .....	44
3.4.5	Mengevaluasi Model Pembelajaran .....	45
3.4.6	Ekstrak <i>Video</i> Pembelajaran .....	45
3.5	Skenario Pengujian.....	45
<b>BAB IV IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN</b> .....		50
4.1	Persiapan Implementasi.....	50
4.1.1	Instalasi <i>Dependency</i> .....	51
4.1.2	<i>Import Library</i> .....	52
4.2	Proses Implementasi.....	53

4.2.1	Menguji Lingkungan.....	53
4.2.2	Membangun <i>Model Convolutional Neural Network</i> .....	57
4.2.3	Menentukan <i>Hyperparameters</i> .....	60
4.2.4	Pelatihan <i>Agent</i> .....	62
4.3	Proses Pengujian.....	69
4.3.1	<i>Whitebox Testing</i> .....	69
4.3.2	Hasil Pelatihan <i>Agent</i> .....	70
BAB V PENUTUP.....		72
5.1	Kesimpulan.....	72
5.2	Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA .....		75
LAMPIRAN.....		78



## DAFTAR TABEL

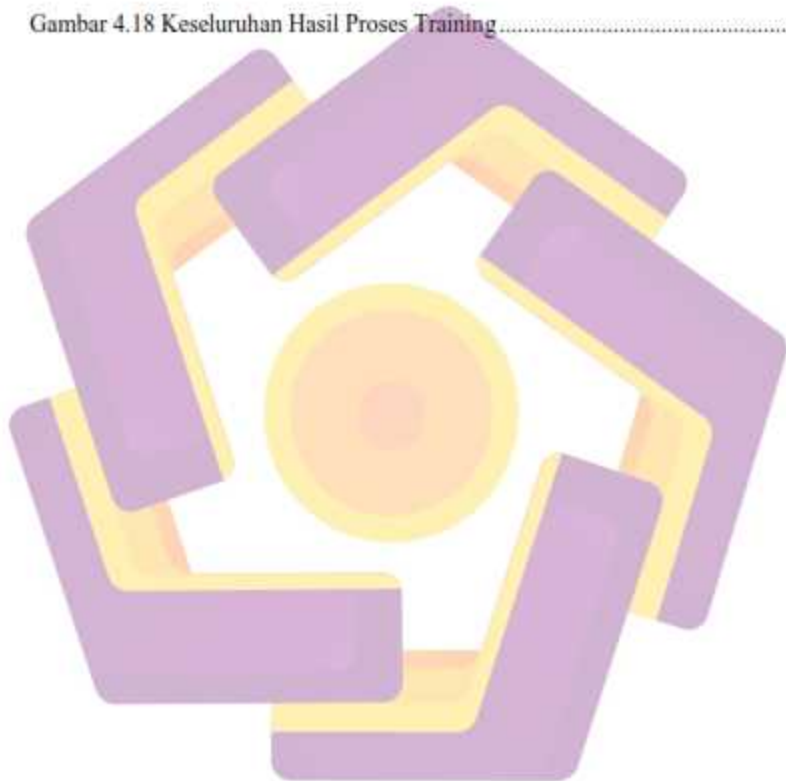
Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian .....	13
Tabel 2.2 Cara Kerja Metode Markov Decision Process .....	23
Tabel 3.1 Kebutuhan <i>Hardware</i> dan <i>Software</i> .....	34
Tabel 3.2 Dependency dan Library yang Dibutuhkan .....	40
Tabel 3.3 Skenario Pengujian .....	45



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Penelitian Tindakan Model Kemmis dan Mc Taggart [9].....	6
Gambar 2.1 Screenshot Kumpulan Atari Games 2600 [15] .....	16
Gambar 2.2 Proses Iterasi Reinforcement Learning [4].....	20
Gambar 3.1 Video Game Breakout.....	32
Gambar 3.2 Metode Penelitian.....	38
Gambar 3.3 Prosedur Penelitian.....	39
Gambar 3.4 Ilustrasi Neural Network untuk Estimasi Q-Value Function .....	44
Gambar 4.1 Google Colaboratory .....	51
Gambar 4.2 Proses Instal Dependency.....	52
Gambar 4.3 Proses Instal stable-baselines Berhasil Dilakukan .....	52
Gambar 4.4 Proses Import Library.....	53
Gambar 4.5 Bentuk Observasi Lingkungan .....	54
Gambar 4.6 Pre-processing Gambar Observasi .....	55
Gambar 4.7 Pilihan Aksi untuk Agent .....	55
Gambar 4.8 Reward Signal .....	56
Gambar 4.9 Membangun Model CNN.....	57
Gambar 4.10 Arsitektur CNN .....	59
Gambar 4.11 Inisialisasi Hyperparameters .....	62
Gambar 4.12 Reset Replay Buffer dan Menentukan Action Selection.....	64
Gambar 4.13 Mengurangi Nilai Epsilon, Penyimpanan ke Dalam Replay Buffer, dan Implementasi Pembatasan Frame Training .....	66

Gambar 4.14 Model Matematis Reinforcement Learning pada Sel Colab .....	68
Gambar 4.15 Skrip Terakhir Pelatihan Agent.....	69
Gambar 4.16 Error Tahap Import Library.....	70
Gambar 4.17 Nilai Parameter yang Didapatkan Agent Pertama Kali.....	70
Gambar 4.18 Keseluruhan Hasil Proses Training.....	71



## INTISARI

Bermain *game*/permainan merupakan sebuah kegiatan dengan tujuan untuk menghilangkan penat dan mendapatkan kesenangan. Orang-orang dari berbagai golongan usia dipastikan menyukai *game*. Melihat semakin meningkatnya peminat *game*, para *developer* berlomba-lomba untuk menghadirkan *game* yang canggih dan menarik perhatian. Salah satu caranya adalah dengan menyematkan teknologi AI (*Artificial Intelligence*). Dewasa ini, banyak *game* dari berbagai *genre* sudah menggunakan AI ke dalam teknologinya. Kecerdasan buatan dapat didefinisikan sebagai suatu cabang ilmu yang memodelkan cara berfikir manusia. Salah satu tipe *Machine Learning* yang paling mendekati definisi AI adalah *Reinforcement Learning* (RL). Konsep dasar RL adalah bagaimana membuat mesin (selanjutnya disebut *agent*) menjadi pintar setelah berinteraksi dengan lingkungannya.

Dalam penelitian ini penulis mencoba untuk mengimplementasikan *Reinforcement Learning* ke dalam salah satu permainan *Atari Games* (*Breakout*) dengan menggunakan *OpenAI Gym*. Metode penelitian yang digunakan di dalam penelitian ini setidaknya melewati beberapa tahapan, meliputi Metode Pengumpulan Data (Studi Pustaka), Metode Permodelan, Metode Pengujian, lalu tahapan terakhir adalah Analisis dan Kesimpulan. Sedangkan Metode Pengembangan perangkat lunak yang diterapkan ke dalam penelitian adalah dengan menggunakan pendekatan *Action Research* atau Penelitian Tindakan model Kemmis dan Mc Taggart. Tujuan dari penelitian ini adalah melihat bagaimana *Reinforcement Learning* dapat diimplementasikan ke dalam *video game breakout*.

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari pengujian, diperoleh kesimpulan bahwasanya dengan mengimplementasikan algoritma *Reinforcement Learning* dapat membuat *agent* (*paddle/papan*) dalam *video game breakout* mendapatkan *reward* rata-rata sebesar 18 dengan *rate of exploration* sebesar 0,02 melalui lebih dari 30000 episode. Dengan hasil ini pula dapat dikatakan bahwasanya dengan algoritma *Reinforcement Learning* dapat membuat *agent* pada permainan *breakout* dapat memainkan dirinya sendiri, yang mana hal ini dapat digunakan untuk membuat satu fitur *walkthrough* di dalam permainan. Sehingga pemain dapat belajar dengan melihat bagaimana AI bermain melalui *walkthrough* ini.

**Kata Kunci:** *Artificial Intelligence, Machine Learning, Reinforcement Learning, Agent, Atari Games, OpenAI Gym Toolkit*

## **ABSTRACT**

*Playing games is an activity with the aim of relieving fatigue and getting fun. People of various age groups certainly like games. Seeing the increasing number of game enthusiasts, developers are competing to present sophisticated and attractive games. One way is to embed AI (Artificial Intelligence) technology. Today, many games from various genres have used AI into their technology. Artificial intelligence can be defined as a branch of science that models human thinking. One type of Machine Learning that is closest to the definition of AI is Reinforcement Learning (RL). The basic concept of RL is how to make machines (hereinafter referred to as agents) become smart after interacting with their environment.*

*In this study the author tries to implement Reinforcement Learning into one of the Atari Games (Breakout) games using OpenAi Gym. The research method used in this study has at least gone through several stages, including Data Collection Methods (Library Studies), Modeling Methods, Testing Methods, then the last stage is Analysis and Conclusions. While the software development method that is applied to the research is to use the Action Research approach or the Kemmis and Mc Taggart model of Action Research. The purpose of this research is to see how Reinforcement Learning can be implemented into breakout video games.*

*Based on the results obtained from the test, it was concluded that by implementing the Reinforcement Learning algorithm, agents (paddles/boards) in breakout video games received an average reward of 18 with a rate of exploration of 0.02 through more than 30000 episodes. With these results it can also be said that the Reinforcement Learning algorithm can make agents in breakout games able to play themselves, which can be used to create a walkthrough feature in the game. So that players can learn by seeing how the AI plays through this walkthrough.*

*Key Word: Artificial Intelligence, Machine Learning, Reinforcement Learning, Agent, Atari Games, Open Ai Gym Toolkit*