

IMPLEMENTASI *REINFORCEMENT LEARNING* PADA AGEN
PENGHINDAR HALANGAN OTOMATIS DALAM *GAME*
ENDLESS RUNNER

*Diajukan sebagai Syarat untuk Menyelesaikan
Pendidikan Program Strata-1 pada
Jurusan Teknik Informatika*



Oleh:

Kaka Inochi
NIM: 09021382126128

**Jurusan Teknik Informatika
FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**IMPLEMENTASI REINFORCEMENT LEARNING PADA AGEN
PENGHINDAR HALANGAN OTOMATIS DALAM GAME ENDLESS
RUNNER**

Sebagai salah satu syarat untuk penyelesaian studi di
Program Studi S1 Teknik Informatika

Oleh:

KAKA INOCHI

09021382126128

Pembimbing 1

: Anggina Primanita, M.IT, Ph.D.
NIP. 198908062015042002

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Hadipurnawan Satria, Ph.D
198004182020121001

TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF SKRIPSI

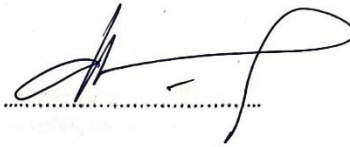
Pada hari Jumat tanggal 11 Juli 2025 telah dilaksanakan ujian komprehensif skripsi oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Nama : Kaka Inochi
NIM : 09021382126128
Judul : Implementasi *Reinforcement Learning* pada Agen Penghindar Halangan Otomatis dalam Game *Endless Runner*

dan dinyatakan LULUS.

1. Ketua Penguji

Julian Supardi, S.Pd., M.T., Ph.D.
NIP. 197207102010121001



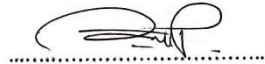
2. Penguji I

Dr. Annisa Darmawahyuni, S.Kom., M.Kom.
NIP. 199006302023212044



3. Pembimbing I

Anggina Pramanita, M.IT, Ph.D.
NIP. 198908062015042002



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Hadipurnawan Satria, M.Sc., Ph.D.
NIP. 198004182020121001



HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kaka Inochi
NIM : 09021382126128
Program Studi : Teknik Informatika
Judul : Implementasi *Reinforcement Learning* pada Agen
Penghindar Halangan Otomatis dalam Game *Endless
Runner*

Hasil Pengecekan Software iThenticate/Turnitin: 7%

Menyatakan bahwa laporan proyek saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan proyek ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapa pun.



Palembang, 5 Juni 2025



Kaka Inochi
NIM 09021382126128

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“For those who come after”

Karya Tulis Ini Dipersembahkan Kepada

- Allah SWT
- Kedua Orang tua dan Keluargaku
- Teman-teman Seperjuangan
- Dosen Pembimbing
- Fakultas Ilmu Komputer
- Universitas Sriwijaya

ABSTRACT

With technological advancements, the application of Artificial Intelligence (AI) has been widely adopted across various industries, including the gaming industry. In games, AI can be used to procedurally generate content, analyze user behavior, and develop AI agents. This study aims to develop and evaluate an AI agent capable of independent learning and adaptation in an endless runner game environment. The research methodology includes the implementation of reinforcement learning with the Proximal Policy Optimization (PPO) algorithm to train the agent in making optimal decisions related to character movement for obstacle avoidance. Research results demonstrate that the AI agent performs well, successfully passing an average of 53 obstacles with a standard deviation ratio of 0.289 across 10 trials, and achieving 97% accuracy in navigating through 100 obstacles. This research can be the basis for developing AI in games and can be further developed into a multi-agent scenario, where two agents interact within the same environment but with different objectives.

Keywords: *Machine Learning, Proximal Policy Optimization, Game Development*

ABSTRAK

Seiring perkembangan teknologi, penerapan *Artificial Intelligence*(AI) telah banyak digunakan di berbagai industri seperti industri *game*. AI dalam *game* dapat digunakan untuk menghasilkan konten secara prosedural, menganalisis perilaku pengguna, dan mengembangkan agen AI. Studi ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi agen AI yang dapat belajar dan beradaptasi secara mandiri pada lingkungan permainan *endless runner*. Metode penelitian meliputi implementasi *reinforcement learning* dengan algoritma *Proximal Policy Optimization* (PPO) untuk melatih agen dalam membuat keputusan optimal terkait pergerakan karakter dalam menghindari rintangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa performa agen AI tergolong baik dengan rata-rata 53 *obstacle* yang berhasil dilewati dan standar deviasi rasio 0,289 dalam 10 percobaan, serta akurasi 97% dalam melewati 100 *obstacle*. Penelitian ini dapat menjadi landasan pengembangan AI dalam *game* dan bisa dikembangkan lagi ke tahap *multi agent*, dimana kedua agen akan berinteraksi pada lingkungan yang sama, namun dengan objektif yang berbeda.

Kata Kunci: *Machine Learning, Proximal Policy Optimization, Game Development*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan hidayah, rahmat, dan petunjuk sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Implementasi *Reinforcement Learning* pada AI Penghindar Halangan Otomatis dalam *Game Endless Runner*” tepat pada waktunya.

Dalam penulisan ini, penulis menyadari bahwa tanpa adanya bimbingan, bantuan, serta dukungan maupun petunjuk dari semua pihak, tidak mungkin Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Ayah, Ibu, dan Adik yang telah mendoakan, memberi dukungan, dan selalu memberi semangat.
2. Bapak Dr. Erwin, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
3. Pak Hadipurnawan Satria, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya serta pembimbing akademik penulis.
4. Ibu Anggina Primanita, M.IT, Ph.D. selaku pembimbing Tugas Akhir penulis yang telah berkenan membimbing, memberikan motivasi dan saran dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

5. *FromSoftware, Inc.* selaku *developer* dari *Elden Ring* yang secara tidak langsung telah memberikan inspirasi dan motivasi tersendiri bagi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan penuh dedikasi.
6. Teman seperjuangan skripsi (Emery dan Rayhan) yang telah menjadi teman diskusi, memberikan tumpangan untuk belajar dan selalu memberikan dukungan selama proses penulisan skripsi ini.
7. Teman pejuang ngoding (Hakim, Nico, Rizki, Fariz, Rio, dan Brilliant) yang telah berbagi ilmu, tempat bercanda tawa dan teman berjuang bersama di Teknik Informatika.
8. Semua pihak yang telah menemani dan membantu penulis dalam proses penyelesaian skripsi yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan, oleh karena itu kritik dan saran membangun sangat diharapkan untuk kemajuan penelitian selanjutnya.

Palembang, 8 Juli 2025

Penulis,

Kaka Inochi

NIM 09021382126128

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF SKRIPSI	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRACT.....	vi
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
 BAB I PENDAHULUAN.....	 I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-3
1.3 Tujuan Penelitian.....	I-4
1.4 Manfaat Penelitian	I-4
1.5 Batasan Masalah.....	I-4
1.6 Sistematika Penulisan	I-5
1.7 Kesimpulan	I-6
 BAB II KAJIAN LITERATUR	 II-Error! Bookmark not defined.
2.1 Landasan Teori	II-1
2.1.1 <i>Game</i>	II-Error! Bookmark not defined.
2.1.2 <i>Endless Runner Game</i>	II-Error! Bookmark not defined.
2.1.3 <i>Machine Learning</i>	II-Error! Bookmark not defined.
2.1.3.1 <i>Reinforcement Learning</i>	II-Error! Bookmark not defined.
2.1.3.2 <i>Proximal Policy Optimization</i>	II-Error! Bookmark not defined.
2.1.3.3 <i>Agent</i>	II-Error! Bookmark not defined.
2.1.3.4 <i>Environment</i>	II-Error! Bookmark not defined.
2.1.3.5 <i>State</i>	II-Error! Bookmark not defined.
2.1.3.6 <i>Action</i>	II-Error! Bookmark not defined.
2.1.3.7 <i>Reward</i>	II-Error! Bookmark not defined.
2.1.3.8 <i>Policy</i>	II-Error! Bookmark not defined.
2.1.3.9 <i>Hyperparameter Tuning</i>	II-Error! Bookmark not defined.
2.1.4 <i>Software Development Life Cycle(SDLC)</i>	II-10
2.1.5 Metrik Evaluasi	II-11
2.1.5.1 Standar Deviasi Rasio	II-Error! Bookmark not defined.
2.1.5.2 Akurasi	II-Error! Bookmark not defined.
2.2 Penelitian Lain yang Relevan.....	II-Error! Bookmark not defined.
2.3 Kesimpulan	II-Error! Bookmark not defined.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	III-Error! Bookmark not defined.
3.1 Pengumpulan Data	III-Error! Bookmark not defined.
3.1.1 Jenis dan Sumber Data	III-Error! Bookmark not defined.
3.1.1.1 Data Primer	III-Error! Bookmark not defined.
3.1.1.2 Data Sekunder	III-Error! Bookmark not defined.
3.1.1.3 Tahapan Metode Pengumpulan Data	III-Error! Bookmark not defined.
3.2 Tahapan Penelitian	III-Error! Bookmark not defined.
3.2.1 Analisis Penelitian.....	III-Error! Bookmark not defined.
3.2.2 <i>Game</i> Konsep	III-Error! Bookmark not defined.
3.2.3 Pengumpulan Material	III-Error! Bookmark not defined.
3.2.4 Pembuatan dan Implementasi ..	III-Error! Bookmark not defined.
3.2.5 Evaluasi dan Pengujian	III-Error! Bookmark not defined.
3.2.6 Kriteria Pengujian	III-Error! Bookmark not defined.
3.2.7 Format Data Pengujian.....	III-Error! Bookmark not defined.
3.2.8 Alat yang digunakan dalam Pelaksanaan Penelitian.....	III-Error! Bookmark not defined.
3.2.9 Pengujian Penelitian.....	III-Error! Bookmark not defined.
3.2.10 Analisis Hasil Pengujian dan Membuat Kesimpulan.....	III-Error! Bookmark not defined.
3.3 Metode Pengembangan Perangkat Lunak	III-Error! Bookmark not defined.
3.4 Kesimpulan	III-Error! Bookmark not defined.
BAB IV PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK	IV-Error! Bookmark not defined.
4.1 <i>Agile</i>	IV-Error! Bookmark not defined.
4.1.1 <i>Timebox Planning</i>	IV-Error! Bookmark not defined.
4.1.2 <i>Iterations</i>	IV-Error! Bookmark not defined.
4.1.2.1 Mekanisme Pelatihan	IV-Error! Bookmark not defined.
4.1.2.2 <i>Use Case</i> Diagram.....	IV-Error! Bookmark not defined.
4.1.2.3 <i>Activity</i> Diagram.....	IV-Error! Bookmark not defined.
4.1.2.4 <i>Sequence</i> Diagram.....	IV-Error! Bookmark not defined.
4.1.2.5 <i>Class</i> Diagram.....	IV-Error! Bookmark not defined.
4.1.3 <i>Demonstration</i>	IV-Error! Bookmark not defined.
4.1.4 <i>Retrospective Meeting</i>	IV-Error! Bookmark not defined.
4.2 Kesimpulan	IV-Error! Bookmark not defined.
BAB V HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN	V-Error! Bookmark not defined.
5.1 Data Hasil Percobaan Penelitian	V-Error! Bookmark not defined.
5.1.1 Konfigurasi Percobaan	V-Error! Bookmark not defined.
5.1.2 Data Hasil Percobaan Konfigurasi 1	V-Error! Bookmark not defined.
5.1.3 Data Hasil Percobaan Konfigurasi 2	V-Error! Bookmark not defined.

5.1.4	Data Hasil Percobaan Konfigurasi 3V-	Error! Bookmark not defined.
5.2	Analisis Hasil Penelitian	V-Error! Bookmark not defined.
5.3	Kesimpulan	V-Error! Bookmark not defined.
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		VI-1
6.1	Kesimpulan	VI-Error! Bookmark not defined.
6.2	Saran.....	VI-Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA.....		xvi
LAMPIRAN.....		Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel III-1 Format Pengujian	III-5
Tabel IV-1 Tabel Kebutuhan Fungsional.....	IV-1
Tabel IV-2 Tabel Kebutuhan Non-Fungsional	IV-2
Tabel IV-3 Definisi Use Case	IV-5
Tabel IV-4 Tabel Skenario Menjalankan Simulasi	IV-6
Tabel IV-5 Tabel Skenario Menampilkan Spesifikasi Agen.....	IV-7
Tabel IV-6 Tabel Skenario Menampilkan Informasi	IV-7
Tabel IV-7 Tabel Pengujian Sistem	IV-19
Tabel V-1 Tabel konfigurasi	V-2
Tabel V-2 Evaluasi performa agen AI pada konfigurasi 1	V-3
Tabel V-3 Evaluasi performa agen AI pada konfigurasi 2	V-4
Tabel V-4 Evaluasi performa agen AI pada konfigurasi 3	V-6
Tabel V-5 Hasil Evaluasi.....	V-8

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar II-1 Tampilan Judul Game Jetpack Joyride	II-2
Gambar II-2 Tampilan In-game Jetpack Joyride	II-3
Gambar II-3 Cara kerja reinforcement learning	II-6
Gambar III-1 Tahapan Penelitian	III-3
Gambar IV-1 Use Case Diagram	IV-4
Gambar IV-2 Activity Diagram Menjalankan Simulasi	IV-9
Gambar IV-3 Activity Diagram Menampilkan Spesifikasi Agen	IV-10
Gambar IV-4 Activity Diagram Menampilkan Informasi	IV-11
Gambar IV-5 Sequence Diagram Menjalankan Simulasi	IV-12
Gambar IV-6 Sequence Diagram Menampilkan Spesifikasi Hasil Pelatihan ..	IV-13
Gambar IV-7 Sequence Diagram Menampilkan Informasi	IV-13
Gambar IV-8 Class Diagram	IV-14
Gambar IV-9 Rancangan Antar Muka Halaman Menu Utama	IV-15
Gambar IV-10 Rancangan Antar Muka Simulasi	IV-15
Gambar IV-11 Rancangan Antar Muka Halaman Spesifikasi Agen	IV-16
Gambar IV-12 Rancangan Antar Muka Halaman Informasi	IV-16
Gambar IV-13 Implementasi Antar Muka Halaman Menu Utama	IV-17
Gambar IV-14 Implementasi Antar Muka Simulasi	IV-17
Gambar IV-15 Implementasi Antar Muka Halaman Spesifikasi Agen	IV-18
Gambar IV-16 Implementasi Antar Muka Halaman Informasi	IV-18
Gambar V-1 Boxplot Perbandingan Standar Deviasi dan Rata-rata	V-9
Gambar V-2 Bar Chart Perbandingan Akurasi	V-10

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1: Perhitungan Manual.....	xviii
Lampiran 2: Link Asset.....	xix
Lampiran 3: Kode Program.....	xxxiv

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring perkembangan teknologi, penerapan *Artificial Intelligence*(AI) telah banyak digunakan di berbagai industri seperti industri *game*. AI dalam *game* dapat digunakan untuk *modeling* pengalaman pemain, menghasilkan konten secara prosedural, menganalisis perilaku pengguna, dan mengembangkan *Non Playable Character*(NPC) yang lebih cerdas (Yannakakis, 2012). Penerapan AI dapat digunakan dalam beberapa permainan seperti permainan aksi dan petualangan untuk meningkatkan pengalaman pemain secara keseluruhan. Lawan yang digerakkan oleh AI menyesuaikan tingkat kesulitan berdasarkan kinerja pemain, memberikan tantangan yang sesuai untuk menjaga motivasi (Dyulicheva & Glazieva, 2022).

Salah satu cara menerapkan AI ke dalam permainan yaitu melalui metode *reinforcement learning* yang merupakan cabang dari *machine learning* di mana agen belajar mengambil keputusan dengan mencoba berbagai tindakan dalam suatu lingkungan dan mendapatkan umpan balik dalam bentuk *reward* atau *penalty*.

Metode *reinforcement learning* dipilih pada penelitian ini karena metode tersebut sangat cocok untuk melatih AI dalam game. Metode ini memungkinkan agen mempelajari strategi optimal melalui interaksi *trial and error* dengan lingkungan permainan yang bersifat dinamis (Togelius et al., 2018).

Penelitian terdahulu yang dapat dijadikan referensi adalah penelitian oleh (Radwan, Sedky, & Mahar, 2021) yang mengimplementasikan *deep reinforcement learning* sebagai penghindar halangan untuk *self-driving vehicle*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi *reinforcement learning* memberikan hasil yang efektif pada peningkatan perilaku agen yang dilatih untuk menghindari halangan.

Penelitian terdahulu selanjutnya yang menjadi referensi peneliti yaitu, Pengembangan *Non-Player Character* (NPC) Menggunakan *Unity ML-Agents*¹ Pada *Karting Microgame* oleh (Haq, Akbar, & Afrianto, 2022). Penelitian ini menggunakan *reinforcement learning* pada agen dalam permainan balapan mobil. Hasil penelitian menunjukkan hasil yang optimal pada agen yang dilatih menggunakan *reinforcement learning*.

Penelitian selanjutnya yaitu *Simulation of auto obstacle avoidance based on Unity machine learning* (Jiangyuan, 2021). Penelitian ini menggunakan metode *reinforcement learning* untuk melatih agen dalam mengendalikan mobil agar tidak keluar jalur di dalam permainan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa simulasi yang dilakukan mendapatkan hasil yang baik pada performa agen dalam menghindari *obstacle*.

¹ Unity-Technologies, *ml-agents: Unity Machine Learning Agents Toolkit* [Online]. Available: <https://github.com/Unity-Technologies/ml-agents>. [Accessed: Jan. 9, 2025].

Penelitian ini merupakan hasil inspirasi dari penelitian terdahulu yang membahas mengenai game *endless runner* dan *reinforcement learning* yang telah dilakukan. Berbeda dari penelitian sebelumnya, penelitian ini akan menambahkan halangan yang bergerak pada sumbu x untuk menilai performa agen dalam menghindari rintangan yang lebih sulit.

Tujuan penelitian ini adalah merancang sebuah agen berbasis AI untuk memainkan permainan *endless runner*. Agen tersebut akan dilatih untuk mendeteksi dan menghindari rintangan yang terdapat pada permainan. Proses pelatihan akan melibatkan simulasi lingkungan permainan, di mana agen secara bertahap belajar dari pengalaman seiring waktu. Dengan pendekatan ini, diharapkan agen mampu mengambil keputusan secara mandiri dalam waktu nyata, sehingga dapat meningkatkan performa dan efisiensinya selama permainan. Hasil dari penelitian ini akan dianalisis untuk mengevaluasi kemampuan agen dalam menghadapi tantangan permainan.

1.2 Rumusan Masalah

Penjelasan di bagian subbab latar belakang membentuk rumusan masalah yang dapat diangkat dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana variasi konfigurasi pelatihan yang dapat menghasilkan agen AI *reinforcement learning* dengan performa yang optimal dalam memainkan permainan *endless runner*?
2. Apa parameter yang memiliki pengaruh paling besar dalam meningkatkan performa agen AI?

1.3 Tujuan Penelitian

Penjelasan di bagian subbab rumusan masalah membentuk tujuan sebagai berikut:

1. Menganalisis berbagai konfigurasi pelatihan dalam algoritma *reinforcement learning* guna menghasilkan agen AI dengan performa optimal dalam permainan *endless runner*.
2. Mengidentifikasi parameter-parameter yang paling berpengaruh dalam meningkatkan performa agen AI selama proses pelatihan.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini penting untuk:

1. Menambah pengetahuan terkait penerapan dan pelatihan AI menggunakan metode *reinforcement learning*.
2. Dapat menjadi dasar untuk penelitian lebih lanjut pada bidang pelatihan agen AI menggunakan *machine learning* dalam media permainan komputer.

1.5 Batasan Masalah

Batasan dalam masalah ini bertujuan agar topik pembahasan terarah, sehingga dapat mencapai tujuan penelitian, diantaranya:

1. Penelitian akan dibatasi pada sistem *single agent*.

2. Penelitian ini akan menggunakan algoritma *Proximal Policy Optimization* dalam metode *reinforcement learning*.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistem penulisan penelitian ini dituangkan dalam beberapa subbagian dengan penjelasan terperinci, jelas, dan tepat. Penjelasan – penjelasan tersebut disusun dalam setiap bab pada penelitian secara sistematis, sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Pendahuluan menguraikan tentang latar belakang, rumusan, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan, sistematika penulisan dan kesimpulan.

BAB II. KAJIAN LITERATUR

Kajian literatur membahas mengenai teori dasar yang ada dalam penelitian, seperti pengertian dan penerapan dari *reinforcement learning*, pengertian permainan *endless runner*, serta penelitian – penelitian yang relevan terhadap penelitian.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian membahas cara pengumpulan data, tahapan penelitian, dan tahapan – tahapan dalam pengembangan perangkat lunak.

BAB IV. PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK

Pengembangan perangkat lunak berisi pembahasan mengenai perancangan serta pengembangan perangkat lunak, dari analisis kebutuhan dan desain, serta pembuatan dan pengujian perangkat lunak.

BAB V. HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

Bab berikut menguraikan hasil dan analisis penelitian yang menjadi dasar dalam penarikan kesimpulan dalam penelitian.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab terakhir membahas kesimpulan yang berisi pencapaian tujuan dari hasil penelitian dan saran yang berguna dalam penelitian selanjutnya.

1.7 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penjelasan di bab pendahuluan yakni cara menyelesaikan masalah yang ada yaitu dengan mengetahui performa dari agen yang dilatih menggunakan metode *reinforcement learning* dalam memainkan permainan *endless runner*.

DAFTAR PUSTAKA

- Andreanus, J., & Kurniawan, A. (2018). *Sejarah, teori dasar dan penerapan reinforcement learning: Sebuah tinjauan pustaka*. Jurnal Telematika.
- Chen, Y.-R., Rezapour, A., Tzeng, W.-G., & Tsai, S.-C. (2020). *RL-Routing: An SDN routing algorithm based on deep reinforcement learning*. *IEEE Transactions on Network Science and Engineering*, 7(4), 3185–3199. <https://doi.org/10.1109/TNSE.2020.2994933>
- Darma, N. T. A., Arthana, I. K. R., & Putrama, I. M. (2018). *Pengembangan Aplikasi Game Kisah Panji Sakti Berbasis Mobile*. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika: JANAPATI*, 6(3), 283–293.
- Dimiyati, M. (1990). *Psikologi pendidikan: Suatu pendekatan terapan* (Cet. 1). Yogyakarta: BPFE.
- Dyulicheva, Y. Y., & Glazieva, A. O. (2022). *Game based learning with artificial intelligence and immersive technologies: an overview*. Dalam *CEUR Workshop Proceedings* (Vol. 3077, hlm. 146–159).
- Haq, M. Y. A., Akbar, M. A., & Afirianto, T. (2022). *Pengembangan Non-Player Character (NPC) Menggunakan Unity ML-Agents Pada Karting Microgame*. *Fountain of Informatics Journal*, 7(1), Mei 2022. <http://dx.doi.org/10.21111/fij.v7i1.5487>
- Jiangyuan, Q. (2021). *Simulation of auto obstacle avoidance based on Unity machine learning*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1883, 012048. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1883/1/012048>
- Khan, M. E., Shadab, S. G. M., & Khan, F. (2020). *Empirical study of software development life cycle and its various models*. *International Journal of Software Engineering (IJSE)*, 8(2), 16–26.
- Lillicrap, T. P., Hunt, J. J., & Pritzel, A. (2023). *Continuous control with deep reinforcement learning*. *arXiv preprint arXiv:1509.02971*. <https://arxiv.org/abs/1509.02971>
- Manggena, T. F., Putra, K. P., & Sanubari, T. P. E. (2017). *Pengaruh intensitas bermain game terhadap tingkat kognitif (kecerdasan logika-matematika) usia 8–9 tahun*. *Satya Widya*, 33(2), 146–153.
- Mikail, A., Ozalp, Y., & Emekli, D. (2021). *A hybrid metaheuristic approach to pandemic modeling*. *Informatics*, 8(2), 79. <https://doi.org/10.3390/informatics8020079>
- Mitchell, T. M. (1997). *Machine Learning*. New York: McGraw-Hill Science/Engineering/Math. ISBN: 0070428077.
- Mnih, V., Kavukcuoglu, K., & Silver, D. (2024). *Human-level control through deep reinforcement learning*. *Nature*, 518(7540), 529–533. <https://doi.org/10.1038/nature14236>
- Pitkänen, E. (2015). *Development of a Finite Runner Mobile Game* (Skripsi Sarjana, Turku University of Applied Sciences, Program Studi Information Technology – Software Business).

- Radwan, M. O., Sedky, A. A. H., & Mahar, K. M. (2021). *Obstacles Avoidance of Self-driving Vehicle using Deep Reinforcement Learning*. Prosiding 2021 31st International Conference on Computer Theory and Applications (ICCTA). Alexandria, Egypt.
- Rani, V., Nabi, S. T., Kumar, M., Mittal, A., & Kumar, K. (2023). *Self-supervised learning: A succinct review*. *Archives of Computational Methods in Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s11831-023-09884-2>
- Sarker, I. H. (2021). *Machine learning: Algorithms, real-world applications and research directions*. *SN Computer Science*, 2(160). <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00592-x>
- Schulman, J., Wolski, F., Dhariwal, P., & Abbeel, P. (2024). *Proximal policy optimization algorithms*. *arXiv preprint arXiv:1707.06347*. <https://arxiv.org/abs/1707.06347>
- Sommerville, I. (2011). *Software Engineering (Rekayasa Perangkat Lunak)*. Jakarta: Erlangga.
- Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2024). *Reinforcement learning: An introduction*. MIT Press.
- Torrado, R. R., Bontrager, P., Togelius, J., Liu, J., & Perez-Liebana, D. (2018). *Deep Reinforcement Learning for General Video Game AI*. *arXiv:1806.02448v1 [cs.LG]*.
- Yannakakis, G. N. (2012). *Game AI Revisited*. Center for Computer Games Research, IT University of Copenhagen.