

IMPLEMENTASI REINFORCEMENT LEARNING UNTUK MENENTUKAN RUTE DAN SELF PARKING PADA SEBUAH GAME SIMULASI PARKIR

IMPLEMENTATION OF REINFORCEMENT LEARNING TO DETERMINE ROUTES AND SELF PARKING IN A PARKING SIMULATION GAME

Hizbullah

Teknik Informatika, Universitas Mataram
Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA

Email: hizbullah@gmail.com,

Received juni 5th, 2023; Revised juni 8rd, 2023; Accepted juni 9th, 2023

Penelitian ini bertujuan untuk membuat simulasi parkir mobil secara otomatis, di mana sistem seperti ini sebelumnya telah di tanamkan pada sebuah robot mobil, seperti penggunaan *automatic parking system* (APS), akan tetapi sistem tersebut harus di kemudikan menuju tempat parkir terlebih dahulu, dengan kata lain mobil tersebut tidak bisa secara otomatis menuju lokasi parkir secara otomatis, dengan adanya penelitian ini, diharapkan pembelajaran melalui *reinforcement learning* mampu untuk melakukan simulasi parkir otomatis pada sebuah *game* simulasi parkir, melalui metode ini, mobil pada *game* akan melakukan pembelajaran terhadap kondisi lingkungan yang sedang di hadapi, setiap pengalaman yang di dapatkan, akan membantu menuju titik koordinat parkir dan melakukan parkir dengan lebih cepat tanpa menabrak ojek lain. metode Reinforcement Learning, dan *Artificial Neural Network* (ANN) di mana dalam metode ini di gunakan untuk mempelajari lingkungan, sedangkan ANN digunakan untuk mengatur kebutuhan dari kendaraan itu sendiri

Kata kunci – sistem parkir otomatis, reinforcement learning, ANN

I. PENDAHULUAN

Mobil Merupakan alat transportasi yang paling banyak digunakan oleh banyak orang. Hal ini berdampak pada peningkatan jumlah produksi mobil. Banyaknya angka produksi yang tidak dibarengi dengan penambahan jalan dan lahan parkir, khusus untuk lahan parkir dengan lahan parkir yang sedikit dan menyulitkan pengendara untuk membuat solusi dari permasalahan tersebut yaitu Self Parking System. Dimana sistem akan mengontrol mobil untuk dapat mencari dan mengisi tempat parkir, dan sebaliknya dari tempat parkir ke pemilik mobil, agar tidak perlu lagi ke tempat parkir untuk mengambil mobil.

Sistem parkir otomatis kini telah ditanamkan pada robot mobil, seperti contohnya adalah penggunaan *automatic parking system* (APS). Namun, pada sistem parkir otomatis yang sudah ada, robot mobil harus dikemudikan menuju tempat parkir terlebih dahulu. Dengan kata lain, robot mobil tidak bisa menuju lokasi parkir tertentu secara otomatis. Melalui penelitian ini, pembelajaran berbasis reinforcement learning dikembangkan untuk melakukan simulasi parkir otomatis pada sebuah mobil. mobil akan mampu menuju ke suatu titik koordinat parkir dan melakukan parkir secara otomatis. Melalui reinforcement learning mobil akan melakukan pembelajaran dan perhitungan

dari setiap pengalaman yang dilakukan. mobil akan melakukan pembelajaran dengan memilih kombinasi sudut kemudi dan kecepatan yang tersedia, dengan kondisi lingkungan yang sedang dihadapi. Setiap pengalaman yang didapatkan oleh robot mobil akan membantu dalam menuju titik koordinat parkir dan melakukan parkir dengan lebih cepat dan tanpa menabrak objek lain.

II. LANDASAN TEORI

Dalam proses perancangan dan implementasi penelitian, terdapat beberapa penelitian terkait yang relevan dan dapat dijadikan referensi pendukung pada proses implementasi program yang akan dirancang sebagai berikut :

Perancangan *Smart Parking System* Pada *Prototype Smart Office* Berbasis *Internet Of Things*. Dengan memanfaatkan modul kamera raspberry pi dan pemrograman python serta *library OpenCV* yang mendukung algoritma *KNN (K-Nearest Neighbor)*, sistem mampu melakukan pendeteksian pada plat nomor secara otomatis dengan metode *automatic number plate recognition (ANPR)* [1]. Hasil uji coba pendeteksian pada plat nomor kendaraan menunjukkan tingkat keberhasilan mencapai 60% dari 10 plat nomor yang berbeda. Melalui sistem manajemen parkir pada penelitian ini, pemilik kendaraan diarahkan ke tempat parkir kosong yang sebelumnya telah diidentifikasi kekosongannya oleh sistem. Apabila telah terisi, sistem akan melaporkan bahwa tempat parkir telah terisi dan merubah status tempat parkir tersebut di dalam *system* manajemen parkir. Tingkat keamanan yang dihasilkan relative tinggi, dimana setiap kendaraan yang masuk kedalam sistem harus teridentifikasi dan diberikan kode akses keluar dengan memanfaatkan QR Code. Pemilik kendaraan tidak akan diijinkan keluar dari sistem apabila tidak memiliki kode yang diberikan pada saat masuk.

An Automatic Parking Model Based on Deep Reinforcement Learning [2]. berdasarkan algoritma deep reinforcement learning DDPG, kami menggunakan jaringan saraf untuk menghasilkan data pembelajaran. Kemudian, hadiah yang sederhana dan efektif fungsi dibangun untuk memastikan bahwa mobil terus mendekati pusat parkir dan mendapatkan sudut mobil yang optimal selama proses parkir. Selanjutnya, kami menghukum tindakan menekan garis untuk memastikan konvergensi strategi dan keamanan proses parkir dan Pembelajaran data parkir yang sangat baik untuk menghindari unsampling data.

Simulasi Parkir Otomatis Pada Robot Mobil Menggunakan Metode *Reinforcement Learning Algoritma Deep*

Q-Network [3]. Setiap pengalaman yang didapatkan oleh robot mobil akan membantu dalam menuju titik koordinat parkir dan melakukan parkir dengan lebih cepat dan tanpa menabrak objek lain. Dengan pengujian pada empat tingkatan environment yang berbeda, didapatkan hasil reward yang mengalami kenaikan nilai dan mencapai konvergen. Pada environment pertama, nilai reward konvergen pada episode ke-100, kedua pada episode ke-250, ketiga pada episode ke-450, dan keempat pada episode ke-700. Selain itu didapatkan juga nilai loss function yang menunjukkan penurunan menuju nilai nol yang menunjukkan bahwa pemilihan aksi oleh agen semakin tepat.

Manusia dan peradabannya tidak terlepas dari perkembangan teknologi. Internet of Things (IoT) menjadi salah satu teknologi komunikasi untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Kendaraan sebagai penunjang efektivitas dan efisiensi dinamika kehidupan manusia membutuhkan tempat/lahan parkir yang memiliki keleluasaan, kenyamanan, keamanan dan lainnya lagi yaitu efektifitas system perparkiran. Tujuan penelitian ini diantaranya yaitu agar sistem perparkiran mampu melakukan manajemen perparkirannya secara mandiri dan memenuhi harapan pemilik kendaraan. Metode penelitian diawali dengan mengidentifikasi permasalahan hingga menentukan metode pengembangan sistem, dilanjutkan dengan pengumpulan data dan pustaka, pengembangan sistem, hingga dihasilkannya smart parking system. Perancangan smart parking system terdiri komponen identifikasi menggunakan metode Automatic Number Plate Recognition dengan algoritma KNN, komponen pengendali system terdiri dari Raspberry pi dan Arduino Uno r3 tersimpan pada ruang kontrol yang memanfaatkan pin digital dan pin analog untuk transmisi data/instruksi, komponen manajemen lokasi parkir yaitu perangkat lunak yang dihasilkan dengan menggunakan Arduino IDE, Python, MIT App Inventor, Fritzing dan Cayenne untuk mengintegrasikan Raspberry Pi dengan Arduino Uno r3 pada smart parking system. Hasil uji coba pendeteksian pada plat nomor kendaraan menunjukkan tingkat keberhasilan mencapai 60% dari 10 plat nomor yang berbeda. Melalui sistem manajemen parkir, pemilik kendaraan diarahkan ke tempat parkir kosong dengan tingkat keamanan yang relatif tinggi, dimana setiap kendaraan yang masuk kedalam sistem harus teridentifikasi dan diberikan kode akses keluar dengan memanfaatkan QR Code yang diberikan pada saat memasuki system [8].

Tingginya permintaan konsumen terhadap kebutuhan kendaraan bermotor dan minimnya informasi lahan parkir kosong di pusat perbelanjaan, gedung-gedung perkantoran serta lembaga pendidikan khususnya pada kendaraan roda empat, menjadi permasalahan utama untuk dibangunnya sebuah sistem parkir cerdas yang dapat memberikan kenyamanan dan keamanan. Hal ini juga dirasakan oleh Universitas Muria Kudus, sebagai salah satu institusi pendidikan tinggi di kota Kudus. Dengan adanya permasalahan seperti ini maka perlu dibangunnya sebuah sistem parkir yang otomatis dan cerdas. Pengolahan citra digital melakukan komunikasi data dengan gerbang otomatis pada purwarupa sistem parkir mobil cerdas di Universitas Muria Kudus dengan menggunakan basis data Mysql. Dari hasil penelitian yang dilakukan sebanyak 30 kali percobaan menunjukan tingkat keakuratan pendeteksian slot parkir mencapai 90%, jarak deteksi sensor ultrasonik sampai 10 cm dan jarak pembacaan RFID reader sampai 2 cm, komunikasi data dan basis data menunjukkan tingkat keakuratan mencapai 100% [9].

III. METODE PENELITIAN

Alur penelitian yang akan dirancang mengikuti pendekatan dari *Reinforcement Learning Dan Neural Network*

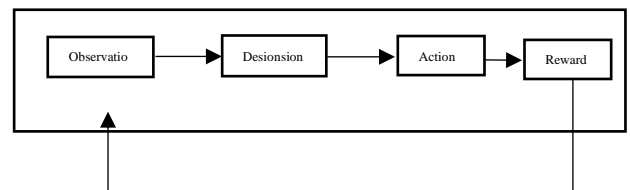
Tahap pertama adalah proses analisis. Pada proses analisis kegiatan yang dilakukan adalah. Pembacaan tujuh sensor, kedalaman, kecepatan dan posisi mobil saat ini, serta posisi relatifnya terhadap target. Output dari Neural Network diinterpretasikan sebagai gaya mesin, gaya pengereman dan gaya belok. AI dimulai dengan perilaku acak, yaitu Neural Network diinisialisasi dengan bobot acak. Kemudian secara bertahap belajar untuk menyelesaikan tugas dengan bereaksi terhadap umpan balik lingkungan yang sesuai. Lingkungan memberi tahu AI apakah itu baik atau buruk dengan sinyal nilai positif atau negatif. Dalam proyek ini, AI diberi nilai dengan sinyal positif kecil untuk mendekati tempat parkir, dan mendapat nilai lebih besar saat benar-benar mencapai tempat parkir dan berhenti di sana. nilai akhir untuk mencapai tempat parkir tergantung pada seberapa paralel mobil berhenti dalam kaitannya dengan posisi parkir yang sebenarnya. Misalnya, jika mobil berhenti pada sudut 90° ke arah parkir yang sebenarnya, AI hanya akan diberi nilai dalam jumlah yang sangat kecil, relatif terhadap jumlah yang didapat jika berhenti sepenuhnya sejajar dengan arah yang sebenarnya. AI diberi tanda dengan sinyal dengan nilai negatif, baik saat mengemudi lebih jauh dari tempat parkir atau jika menabrak rintangan apa pun.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan *self parking system* ini terdiri dari beberapa komponen yaitu observasi, decision, action, reward. Seluruh komponen tersebut saling terhubung satu sama lain dalam *self parking system*.

4.1 Diagram blok

Diagram blok adalah suatu pernyataan gambar yang ringkas, dari gabungan sebab dan akibat antara masukan dan keluaran dari suatu system. Untuk mempermudah dalam merancang dan membuat perangkat system. Perlunya dirancang diagram blok system seperti pada gambar berikut.



Gambar 4.1 Diagram Blok

Dari diagram blok rangkaian dapat di jelaskan sebagai berikut :

1. Observation : langkah awal untuk melakukan pengenalan terhadap lingkungan.
2. Decision : pada tahapan ini agent yang bertindak sebagai pelaku melakukan pengambilan keputusan, setelah mengenal lingkungannya.
3. Action : Setelah agent melakukan pengambilan keputusan maka ada Langkah yang harus di lakukan, untuk melakukan observasi pada lingkungan yang selanjutnya
4. Reward : setelah melakuna pengambilan keputusan, agent akan mendapatkan imbalan dari keputusan yang di ambil.

4.2 Mekanisme penelitian

Berikut ini merupakan suatu proses yang akan dilakukan dalam membangun pengujian pada agent. Pengujian

ini dilakukan dengan berbagai parameter dengan urutan pengujian dan perangkat yang di gunakan sebagai berikut.

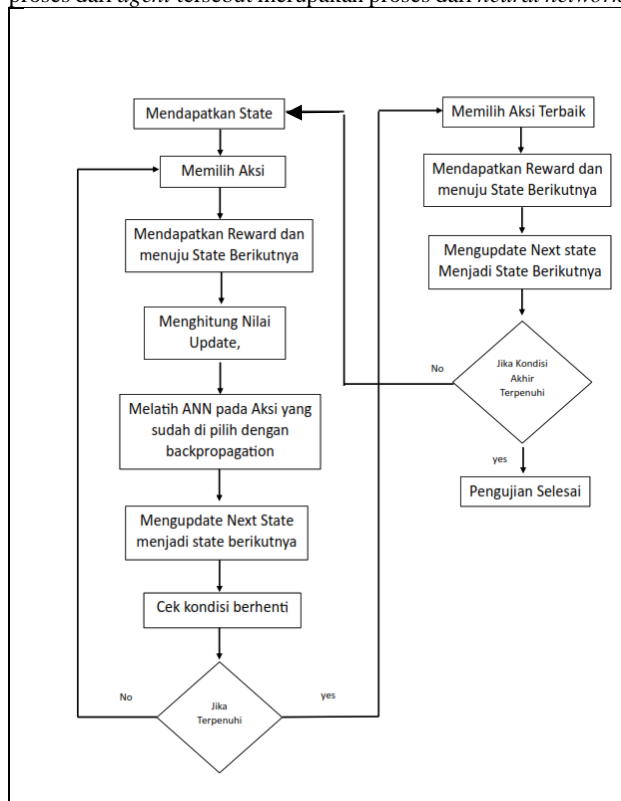
1. Laptop ROG strix
2. Aplikasi anaconda
3. Pytorch
4. Python
5. Unity

Hasil dari Latihan akan di tampilkan dalam bentuk graph pada tensorboard, pengujian ini di lakukan untuk melihat melihat keakuratan metode reinforcement learning dalam melakukan pengenalan terhadap lingkungan.

4.3 Pre-processing

Tahapan pre-processing pada penelitian ini yaitu melakukan normalisasi state dimana pada normalisasi dilakukan pada ruang dan state atau observasi ke rentang tertentu state mencakupi informasi tentang tempat parker yang dituju, jarak antara mobil dan tempat parkir pada waktu tersebut, kemudian agent akan menggunakan data sekuensial dan akan melakukan pergerakan dari mobil tersebut dan mlakukan frame stacking untuk membuat agent mengamati pergerakan dari pola temporal dalam mengambil keputusan pembelajaran, kemudian perancangan reward yang akan di lakukan untuk pembelajaran yang efektif. Reward akan di rancang berdasarkan kriteria seperti keberhasilan parkir, jarak tempuh mobil saat parkir, waktu yang di habiskan untuk mencari tempat parkir,

Pada bagian ini semua bobot nilai yang di kumpul kan dari hasil *training* pada saat mempelajari lingkungannya, akan di gunakan oleh *agent* itu sendiri untuk menentukan tindakan yang akan di lakukan, mulai dari kecepatan yang di butuhkan, pengambilan arah yang di perlukan, hal tersebut merupakan sebuah kondisi akhir dari tindakan *agent*, semua proses dari *agent* tersebut merupakan proses dari *neural network*.

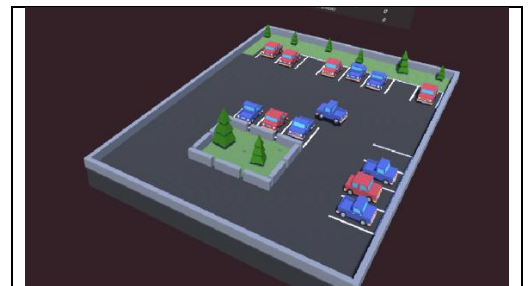


Gambar 3.7 Proses Pembelajaran *Agent*

4.4 Analisis Input

Pada penelitian implementasi Q learning input yang di gunakan yaitu

1. state
state yang digunakan pada penelitian ini antara lain :
 - a. jarak antara mobil dan tujuan
 - b. jarak antara mobil, mobil lain dan lingkungannya



Gambar 4.2 Layout Lingkungan

Jarak antara mobil, lingkungan dan mobil lainnya di dapat dari sensor yang terdapat pada mobil tersebut sehingga mendapatkan reward, dimana reward tersebutlah yang akan di jadikan input ke *artificial neural network*

c. Action

Action yang di gunakan pada agen tersebut adalah maju mundur, ke kiri dan kekanan, nilai dari aksinya tersebut di definisikan sebagai nilai integer.

d. Reward

Reward yang digunakan pada penelitian ini antara lain akan bernilai minus jika menabrak sesuatu dan akan bernilai positif jika tidak menabrak sesuatu. Penentuan reward di pengaruhi oleh oleh tingkah laku dari agen tersebut, jika dari tujuannya agent harus melewati mobil mbi yang terparkir, Ketika berhasil tidak menyentuhnya maka akan mendapatkan reward semaksimalnya, sebaliknya Ketika agen menyentuh sesuatu di lingkungannya, maka akan di beri reward seminimalnya.

4.5 Model Q Learning

Model yang akan di buat pada penelitian ini akan merepresentasikan lingkungan oleh agen utuk memahami dan berintraksi dengan lingkungan, dalam hal ini agen akan mendapatkan informasi tentang keadaan, Tindakan, dan aturan dalam lingkungan.

Kemudian akan melakukan Tindakan yang dapat di ambil oleh mobil atau agen, seperti maju, mundur, belok kanan, belo kiri, atau berhenti, hal tersebut di lakukan mobil atau agen agar dapat mencapai dan memarkir dengan baik

Selanjutnya terdapat reward, dimana reward ini akan di rancang untuk mendorong perilaku parkir yang baik, reward akan di berikan Ketika mobil berhasil parkir dengan benar, dan reward negatif akan di berikan ketika mobil mengalami tabrakan atau gagal parkir, rewar ini juga yang akan mennetukan kecepatan parkir, efsiensi dalam mencari tempat parkir,

Setelah melewati proses tersebut table Q di gunakan untuk menyimpan dan mempperbarui nilai-nilai dari reward yang di dapat dan mengestimasi nilai nilai yang di dapat, setiap kali mobil berintraksi dengan lingkungan, agen akan menggamti keadaan saat ini, dan memilih Tindakan berdasarkan kebijakan explorasi, menerima reward, dan berpindah ke keadaan berikutnya. Berdasarkan pengamatan tersebut, agen akan

memperbarui nilai Q menggunakan persamaan bellman, $Q(s, a) = Q(s, a) + \alpha * (r + \gamma * \max(Q(s', a')) - Q(s, a))$, proses pelatihan akan melibatkan iterasi antara agen dan lingkungan, dan melakukan pembaruan nilai nilai Q menggunakan persamaan di atas, pelatihan akan berlanjut hingga agen mencapai tempat parkir yang optimal, selama pelatihan, agen akan secara acak menjelajahi Tindakan yang belum di jelajahi untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang lingkungan. Seiring waktu, agen akan lebih condong untuk memanfaatkan pengetahuan berdasarkan nilai dari Q

4.6 Training

Proses training pada reinforcement learning yang di bangun yaitu mengamati perilaku yang di lakukan oleh si agent pada saat melakukan proses training, pada tahap training, dilakukan perhitungan terhadap perilaku si agent tersebut, dengan lihat perubahan pembelajaran dari setiap langkah yang di lakukan dan waktu yang di butuhkan saat melakukan Langkah tersebut sehingga mendapatkan reward atau nilai dari setiap Langkah sebagai acuan untuk mengarah ke tempat yang dituju. Nilai atau reward inilah yang akan menjadi bahan evaluasi untuk melakukan optimalisasi dengan cara mengupdate reward atau nilai yang di dapat, sehingga pada saat pembelajaran, agent akan mengalami perbaikan dari sisi keberhasilannya.

4.7 Hasil Pengujian

Pengamatan terhadap hasil pengujian di lakukan secara berurutan sesuai dengan urutan yang telah di jabarkan, Adapun untuk struktur awal untuk pengujian menentukan lingkungan, memilih aksi dan mendapatkan reward, Langkah tersebut akan terus di lakukan berulang kali samai mendapatkan state yang dituju.

4.8 Pengujian Terhadap agen

Pengujian terhadap agen di lakukan dengan memberikan parameter acuan untuk perilaku dari agen tersebut, parameter tersebut akan menentukan pelatihan yang akan di lakukan oleh agen,

```
parameters for behavior name CarBehaviour:
  trainer_type: ppo
  hyperparameters:
    batch_size: 1024
    buffer_size: 10240
    learning_rate: 0.0003
    beta: 0.005
    epsilon: 0.2
    lambda: 0.95
    num_epoch: 3
    shared_critic: False
    learning_rate_schedule: linear
    beta_schedule: linear
    epsilon_schedule: linear
  network_settings:
    normalize: False
    hidden_units: 128
    num_layers: 2
    vis_encode_type: simple
```

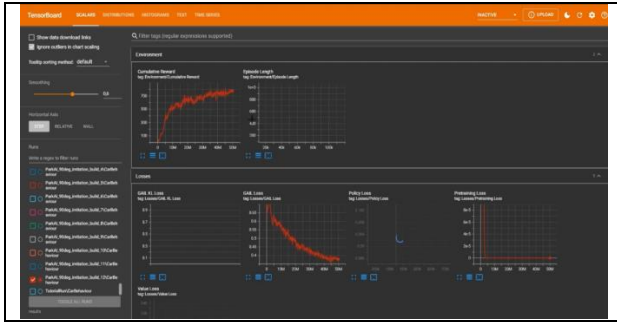
```
memory: None
goal_conditioning_type: hyper
deterministic: False
reward_signals:
  extrinsic:
    gamma: 0.99
    strength: 1.0
  network_settings:
    normalize: False
    hidden_units: 128
    num_layers: 2
    vis_encode_type: simple
memory: None
goal_conditioning_type: hyper
deterministic: False
init_path: None
keep_checkpoints: 100
checkpoint_interval: 1
max_steps: 100
time_horizon: 64
summary_freq: 50000
threaded: False
self_play: None
behavioral_cloning: None
```

Pada parameter tersebut dapat di tentukan berapa banyaknya Langkah Langkah pelatihan yang akan di lakukan agen, dari konfigurasi tersebut telah di tentukan untuk Langkah yang di gunakan untuk Latihan yaitu 100 langkah dimana pengujiannya menggunakan interval 1 yang di gunakan untuk memulai Langkah training , dan akan terus menurun bertabah sampai interval yang sudah di tentukan.

Gambar 4.1 Tabel Hasil Latihan

STEP	TIME ELAPSED	MEAN REWARD	STD OF REWARD
1	45.943 s	-15.642.	66.813.
2	74.183 s	20.230.	45.102.
3	105.163 s	9.126.	55.394.
4	136.073 s	11.230.	53.850.
5	171.105 s	20.959.	50.899.
6	205.622 s	19.598.	50.954.
7	239.721 s	14.572.	53.733.
8	273.770 s	20.287.	50.647.
9	308.014 s	10.807.	61.744.
10	342.011 s	-0.638.	64.854.

Dari sepuluh total latihan dengan waktu yang dari setiap latihannya didapatkan nilai atau reward dari latihan, nilai-nilai inilah yang akan membantu agen untuk menemukan tujuannya.

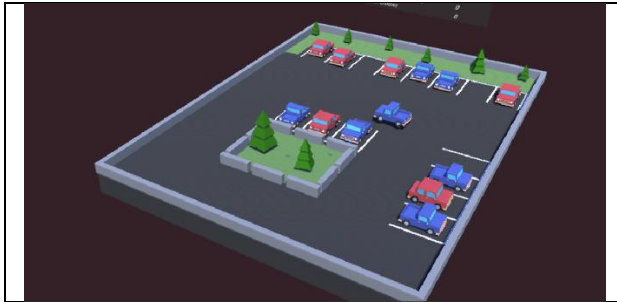


Gambar 4.3 Grapik Hasil Pelatihan

Dari hasil pelatihan lingkungan didapatkan data pada data akumulasi mengalami kenaikan yang terus menerus, yangandakan bahwa proses Latihan tersebut mengalami peningkatan yang baik sedangkan pada graphic lost, mengalami kebalikan, bertanda agen terus mengurangi kesalahan yang dilakukan. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan di dapatkan model terbaik jika tingkat lost yang semakin berkurang dari setiap reward yang didapatkan

4.9 Model Tampilan

Implementasi model dilakukan dengan menggunakan unity berdasarkan rancangan yang telah dibuat sebelumnya dengan mengimplementasikannya ke dalam kode-kode program menggunakan Bahasa python serta aplikasi blender untuk membuat agen dan lingkungannya, aplikasi yang dibuat hanya terdapat sebuah halaman untuk melihat proses pelatihan yang dilakukan oleh agen itu sendiri seperti gambar berikut ini.



Gambar 4.4 Luran Aplikasi

Aplikasi bekerja dengan cara membiarkan agen melakukan training terhadap lingkungannya sendiri, Langkah demi Langkah, jika terjadi kesalahan agen akan mengulang ke posisi awal agen itu berada sehingga agen tersebut berhasil sampe tujuannya tanpa.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, terdapat beberapa hal yang bisa penulis simpulkan antara lain.

1. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pembelajaran rata-rata 36.073 s
2. Penggunaan simulasi dalam pengembangan self parking dengan Reinforcement Learning memungkinkan pengujian dan eksperimen yang lebih efisien.
3. menggunakan jaringan saraf tiruan untuk menghasilkan data pembelajaran. Kemudian, reward yang

sederhana dan efektif yang berfungsi untuk memastikan bahwa mobil terus mendekati pusat parkir dan mendapatkan sudut mobil yang optimal selama proses parkir.

4. Semakin besar ukuran lingkungan yang dibuat semakin lama juga agen melakukan pelatihan.
5. menghukum tindakan menyentuh objek lain untuk memastikan keamanan proses parkir dan Pembelajaran data parkir yang sangat baik untuk menghindari unsampling data.
6. Simulasi mengurangi biaya dan risiko yang terkait dengan pengujian langsung di lingkungan fisik. Dengan menggunakan simulasi, pengembang dapat mengidentifikasi dan memecahkan masalah tanpa harus mengeluarkan biaya dan waktu untuk menguji dalam situasi nyata.
7. Simulasi memungkinkan kontrol penuh terhadap lingkungan parkir. Pengembang dapat dengan mudah memvariasikan ukuran dan konfigurasi tempat parkir, mengubah kondisi awal dan tujuan parkir, serta menguji berbagai skenario dan kondisi yang mungkin terjadi.
- 8.

VI. COPYRIGHT FORMS

You must submit the jCosine Electronic Copyright Form (ECF) as described in your author-kit message. THIS FORM MUST BE SUBMITTED IN ORDER TO PUBLISH YOUR PAPER.

VI. REFERENCES

- [1] Dony Susandi, Ig. Wawan Nugraha, and Sandi Fajar Rodiyansyah, "Perancangan Smart Parking System Pada Prototype Smart Office Berbasis Internet Of Things,". Majalangka : Universitas Majalangka.
- [2] Li Junzou, and Long Qiang, 2021, "An Automatic Parking Model Based On Deep Reinforcement Learning," J,Phys.: Conf. Ser. 1883 012111.
- [3] Adnan Nurroikhan, M. Idham Ananta Timur, S.T. M.Kom., 2021, "simulasi parkir otomatis pada robot mobil menggunakan metode reinforcement learning lgoritma deep q," Universitas Gajah Mada
- [4] Asmiatun, Siti. Astrid Novita Putri. 2017. Belajar membuat Game 2D dan 3D menggunakan unity. Cv Budi utama. Yogyakarta.
- [5] Dewi, Ade Riyantika, R.Rizal Isnanto, Kurniawan Teguh Martono.2015. Aplikasi Multimedia sebagai Media Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Sosial Materi Budaya di Indonesia Menggunakan Unity Engine untuk Sekolah Dasar. Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer. Vol.3 No.4 Agustus e-ISSN: 23380403.(<https://jtsiskom.undip.ac.id/index.php/jtsiskom/article/download/12667/12286> diakses pada 28 Juli 2019)
- [6] Ardiansyah. 2017. "Implementasi Q-Learning Yang Dikombinasikan Dengan Backpropagation Pada Agent Yang Memainkan Permainan Flappy Bird". Unikom.
- [7] Anaconda, "Anaconda | The World's Most Popular Data Science Platform," Anaconda, 2021. <https://www.anaconda.com/> (accessed Jul. 03, 2021).
- [8] Donisusandi. 2018. "ERANCANGAN SMART PARKING SYSTEM PADA PROTOTYPE SMART

OFFICE BERBASIS INTERNET OF THINGS”. [9]
Unikom.

Dandi wibowo. 2020. “SISTEM PARKIR MOBIL
CERDAS MENGGUNAKAN CITRA DIGITAL AN
MICROCONTROLLER ATMEGA328”. Unikom.