

**PENGARUH BOBOT PADA *DEEP CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK* DENGAN *SUPERVISED
LEARNING* UNTUK MENYELESAIKAN GAME 2048**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Komputer**



OLEH :

NABILLA RIZKIA AUDITA

09011381621075

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH BOBOT PADA *DEEP CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* DENGAN *SUPERVISED LEARNING* UNTUK MENYELESAIKAN GAME 2048

TUGAS AKHIR

**Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Studi Sistem Komputer
Jenjang S1**

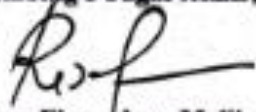
Oleh

**: Nabilla Rizkia Audita
09011381621075**

Palembang, Juli 2020

Mengetahui,


Pembimbing I Tugas Akhir,


Dr. Reza Firsadaya Malik, M.T.
NIP. 197604252010121001

Pembimbing II Tugas Akhir,


Rossi Passarella, S.T., M. Eng.
NIP. 197806112010121004

Ketua Jurusan Sistem Komputer,


Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001

HALAMAN PERSETUJUAN

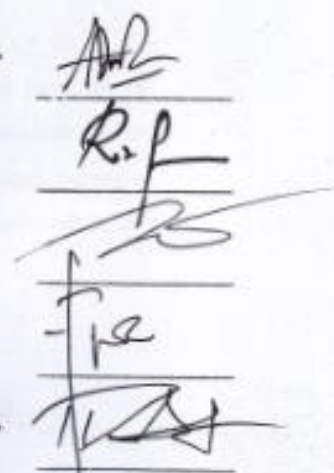
Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 14 Juli 2020

Tim Penguji :

1. Ketua : Aditya Putra Perdana, S.Kom, M.T.
2. Pembimbing I : Dr. Reza Firsandaya Malik, M.T.
3. Pembimbing II : Rossi Passarella, M.Eng.
4. Penguji I : Firdaus, M.Kom.
5. Penguji II : Rahmat Fadhli Isnanto, S.SL, M.Sc.



Mengetahui,
Ketua Jurusan Sistem Komputer,



Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nabilla Rizkia Audita

NIM : 09011381621075

Judul : Pengaruh Bobot pada *Deep Convolutional Neural Network* dengan *Supervised Learning* untuk Menyelesaikan Game 2048

Hasil pengecekan *Software Ithenticate / Turnitin* : 2%

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam Laporan Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya. Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.



Palembang, Juli 2020



Nabilla Rizkia Audita

LEMBAR PERSEMBAHAN

“ Ex Nihilo Nihil Fit. ”

(Parminades)

“Don't just dream. Set goals. Dreams are improbable possibilities. Goals are possible possibilities you work out one step at a time.”

(Jae Park, DAY6)

Skripsi ini penulis persembahkan untuk :

- **Kedua Orang Tua dan Adik-Adik tercinta**
- **Keluarga dan Kerabat yang penulis sayangi**
- **Dosen Pembimbing dan Dosen Penguji yang penulis hormati**
- **Seluruh Dosen Jurusan Sistem Komputer**
- **Teman-teman Sistem Komputer Unggulan 2016**
- **Teman-teman yang selalu ada dan memberikan semangat kepada penulis**
- **Almamaterku, Universitas Sriwijaya**

KATA PENGANTAR



Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena telah melimpahkan rahmat dan hidayah- Nya yang sangat besar dan tidak pernah kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Bobot pada *Deep Convolutional Neural Network* dengan *Supervised Learning* untuk Menyelesaikan Game 2048”**

Dalam tugas akhir ini penulis menjelaskan penggunaan bobot dalam arsitektur *Deep Convolution Neural Network* untuk mempelajari dan menyelesaikan Game 2048. Alur pembelajaran yang digunakan pada penelitian ini menggunakan *Supervised Learning*, dimana program akan mempelajari game 2048 berdasarkan data yang direkam oleh Professor Kiminori Matsuzaki dari Kochi University of Technology.

Pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak atas bantuan, bimbingan dan saran yang telah diberikan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, antara lain :

1. Orang tua saya yang selalu mendukung dan mengajarkan saya dalam berbuat hal yang baik. Terima kasih untuk segala doa, motivasi dan dukungannya baik moril maupun materiil yang tidak ada hentinya. Serta terima kasih untuk kedua adik saya yang selalu mendukung dan menghibur di saat-saat yang sulit.
2. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd., M.T., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Ir. H. Sukemi M.T., selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

4. Bapak Dr. Reza Firsandaya Malik, M.T., selaku Pembimbing Tugas Akhir I yang telah membantu penulis mengikuti program *Student Exchange* ke Japan Advance Institute Science & Technology (JAIST) dan memberikan waktunya untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Bapak Rossi Passarella, S.T., M.Eng., selaku Pembimbing Akademik dan Pembimbing Tugas Akhir II yang telah memberikan waktunya guna membimbing, memberikan saran dan motivasi untuk penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
6. Bapak Huda Ubaya, S.T., M.T., yang telah memberikan pinjaman Komputer untuk penulis mengerjakan dan menyelesaikan Tugas Akhir.
7. Bapak Rahmat Fadhli Isnanto, S.SI., M.Sc., yang telah memberikan tempat penelitian di Laboratorium Perangkat Keras dan Teknologi Komponen dan sebagai dosen penguji kedua.
8. Bapak Firdaus, M.Kom yang telah memberikan waktunya sebagai dosen penguji pertama.
9. Staf Administrasi Jurusan Sistem Informasi, Staf Akademik, Kemahasiswaan, Tata Usaha, Keuangan dan Perpustakaan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
10. Wahyu Gunawan dan Regina Leandita selaku asisten Laboratorium Perangkat Keras dan Teknologi Komponen yang selalu membantu kegiatan penelitian ini.
11. Kepada teman-teman Sistem Komputer Kelas A Bukit Angkatan tahun 2016.
12. Retno Choirunnisa, Muslimin, Muhammad Arief dan Muhammad Fachri yang telah menjadi teman terbaik selama masa perkuliahan penulis.
13. Pihak-pihak lain yang ikut serta membantu penulis dalam melakukan penelitian dan penyusunan laporan yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih sangat jauh dari kata sempurna. Untuk itu, kritik dan saran akan selalu diterima agar penulis dapat lebih berkembang lagi.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Palembang, Juli 2020

Penulis,

Nabilla Rizkia Audita

09011381621075

Pengaruh Bobot pada *Deep Convolutional Neural Network* dengan *Supervised Learning* untuk Menyelesaikan Game 2048

Nabilla Rizkia Audita (09011381621075)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

Email : nabillarizkiaaudita@gmail.com

Abstrak

Game 2048 merupakan sebuah permainan *puzzle* yang dimainkan dengan cara menggeser *tiles* yang muncul pada permainan yang berukuran 4 x 4. *Tiles* yang ada pada papan bernilai 2^n , yaitu (2, 4, 8, 16, ..., 32768). Setiap *tiles* dapat digeser ke 4 arah (atas, kanan, bawah atau kiri), yang kemudian muncul *tiles* baru dengan nilai 2 atau 4 pada tempat kosong secara acak. Metode *Deep Convolutional Neural Network* (DCNN) dengan *Supervised Learning* telah digunakan untuk mempelajari dan menyelesaikan Game 2048 oleh Kiminori Matsuzaki, *et al.* Dari penelitian yang sebelumnya, terdapat saran pengembangan peningkatan jumlah bobot yang digunakan pada arsitektur jaringan. Dataset yang digunakan untuk mempelajari game 2048 adalah sebanyak 600.000.000 data yang di akuisisi dari 54.000 permainan. Penelitian ini berfokus dalam peningkatan jumlah bobot yang digunakan untuk mempelajari game 2048. Parameter penelitian ini merupakan sebuah model yang mempelajari 4 arah permainan yang digunakan oleh DCNN untuk menyelesaikan game 2048. Setelah dilakukan peningkatan jumlah bobot, tingkat akurasi DCNN dalam mempelajari game 2048 sebesar 76,2%. Model DCNN yang telah mempelajari data, kemudian menyelesaikan game dengan rasio sebesar 90,7% dan menyelesaikan *tiles* 16384 sebanyak 75 kali dari 1.000 permainan. DCNN menjadi metode terbaik untuk melakukan klasifikasi dan identifikasi game 2048.

Kata Kunci : 2048, Game, Puzzle, Artificial Intelligence, Deep Convolutional Neural Network, Supervised Learning, Bobot yang Diinisialisasi.

The Effect of Weights on Deep Convolutional Neural Network with Supervised Learning to Play 2048

Nabilla Rizkia Audita (09011381621075)

Computer Engineering, Faculty of Computer, Universitas Sriwijaya

Email : nabillarizkiaaudita@gmail.com

Abstract

2048 is a puzzle game that is played by sliding the tiles in a 4 x 4 board. The value of tiles on the board was 2^n , i.e (2,4,6,16,...,32768). Every tiles can be slide into four directions (up, right, down or left), which every move bring out a new random tiles (between 2 or 4) at a random free space in the board. Deep Convolutional Neural Network (DCNN) with Supervised Learning has been used to learn and play 2048 by Kiminori Matsuzaki, *et al.* From the previous research, there is a conclusion to expansion the number of weights in the network architecture. Dataset used to learn the game 2048 as much 600.000.000 data, that acquired from 54.000 gameplays. This study focusing on enhancement of initialized weights to learn game 2048. The parameter of this study is a model that learnt four directions that will be used by DCNN to play the game. After increasing the number of weights, the level of accuracy of DCNN learning the game is 76,2%. The result model after learning phase were playing the game and get results ratio of 90,7% and 75 times completing 16384 tiles from 1.000 gameplays. DCNN is considered as the best method to classify and identify game 2048.

Keywords : 2048, Game, Puzzle, Artificial Intelligence, Deep Convolutional Neural Network, Supervised Learning, Initialize Weights

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
Abstrak.....	ix
Abstract.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan dan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan	4
1.5. Manfaat	4
1.6. Metodologi Penelitian	4
1.7. Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Game “2048”.....	7
2.2. Kecerdasan Buatan atau Artificial Intelligence (AI).....	9
2.3. Pembelajaran Mesin atau Machine Learning (ML)	11
2.4. Pembelajaran Mendalam atau Deep Learning (DL)	11

2.4.1. Pembelajaran Terarah atau Supervised Learning	12
2.4.2. Pembelajaran Tak Terarah atau Unsupervised Learning	14
2.4.3. Pembelajaran Penguatan atau Reinforcement Learning	15
2.5. Arsitektur Pendekatan Pembelajaran	15
2.5.1. Jaringan Saraf atau Neural Network (NN).....	16
2.5.2. Convolutional Neural Network (CNN).....	18
BAB III METODOLOGI.....	30
3.1. Persiapan Pemilihan Model Pembelajaran untuk Game “2048”	30
3.2. Persiapan Data dan Proses Training Game 2048	31
3.2.1. Dataset.....	32
3.2.2. Akuisisi Data.....	33
3.2.3. Pembobotan.....	37
3.2.4. Feature Learning	40
3.2.5. Klasifikasi	42
3.2.6. Hasil	42
3.3. Proses Testing dan Pengambilan data hasil	48
3.3.1. Saved Parameter Data	49
3.3.2. Akuisisi Data.....	50
3.3.3. Game Dimainkan	50
3.3.4. Hasil	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	55
4.1. Model Deep Convolutional Neural Network	55
4.2. Perhitungan Bobot.....	56
4.3. Training.....	57
4.4. Testing.....	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1. Kesimpulan	64
5.2. Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	66

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Kondisi Awal Game 2048	7
Gambar 2.2. Alur Kerja <i>Deep Learning</i>	12
Gambar 2.3. Alur Kerja <i>Supervised Learning</i>	13
Gambar 2.4. Alur Kerja <i>Unsupervised Learning</i>	14
Gambar 2.5. Ilustrasi Neuron pada Neural Network	17
Gambar 2.6. Ilustrasi Arsitektur CNN.....	19
Gambar 2.7. Ilustrasi Stride 1 (Kiri) dan Stride 2 (Kanan)	24
Gambar 2.8. Ilustrasi Zero Padding.....	25
Gambar 2.9. Ilustrasi Lapisan Bias.....	26
Gambar 3.1. Tahapan Penelitian	31
Gambar 3.2. Flowchart proses Training	32
Gambar 3.3. File Dataset Game "2048"	33
Gambar 3.4. Contoh Isi Dataset	34
Gambar 3.5. Ilustrasi Akuisisi Dataset	35
Gambar 3.6. Ilustrasi Pengaturan Papan Input	36
Gambar 3.7. Ilustrasi Akuisisi Data Pemilihan Arah	37
Gambar 3.8. Ilustrasi Satu Lapisan Konvolusi.....	38
Gambar 3.9. Ilustrasi Arsitektur Jaringan dengan 3 Lapisan Konvolusi.....	39
Gambar 3.10. Ilustrasi Konvolusi Pertama.....	42
Gambar 3.11. Ilustrasi Hasil Klasifikasi Data	43
Gambar 3.12. Grafik Loss antara 2 Lapis Konvolusi dan 5 Lapis Konvolusi.....	46
Gambar 3.13. Grafik Akurasi antara 2 Lapis Konvolusi dan 5 Lapis Konvolusi.....	46
Gambar 3.14. Hasil Loss pada 5 Lapis Konvolusi dengan Jumlah Bobot yang Berbeda	47

Gambar 3.15. Hasil Akurasi pada 5 Lapis Konvolusi dengan Jumlah Bobot yang Berbeda	47
Gambar 3.16. Flowchart Testing	49
Gambar 3.17. Hasil dari Training Disimpah pada Metadata	50
Gambar 3.18. Ilustrasi Rotasi & Refleksi Papan “2048”	51
Gambar 4.1. Feature Map <i>Deep Convolutional Neural Network</i>	56
Gambar 4.2. Grafik Loss Penambahan Jumlah Bobot (Tahap Pertama)	59
Gambar 4.3. Grafik Akurasi Penambahan Jumlah Bobot (Tahap Pertama)	59
Gambar 4.4. Grafik Loss Penambahan Jumlah Bobot (Tahap Kedua)	50
Gambar 4.5. Grafik Akurasi Penambahan Jumlah Bobot (Tahap Kedua)	50

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Jumlah Gerakan Minimal Setiap Tiles	9
Tabel 3.1. Jumlah bobot dari tiap DCNN dengan jumlah lapisan berbeda	40
Tabel 3.2. Data yang dipelajari oleh Sistem.....	41
Tabel 3.3. Pembelajaran game 2048 melalui DCNN dengan jumlah lapisan konvolusi berbeda	45
Tabel 3.4. Pembelajaran Game 2048 melalui DCNN dengan membandingkan jumlah bobot	47
Tabel 3.5. Hasil Pengujian Model DCNN dengan membandingkan jumlah lapisan konvolusi yang berbeda.....	53
Tabel 3.6. Rincian Permainan Game 2048.....	53
Tabel 3.7. Hasil Permainan Game 2048.....	54
Tabel 3.8. Rincian Hasil Permainan Game 2048	55
Tabel 4.1. Jumlah Bobot yang Digunakan pada DCNN dengan lima Lapis Konvolusi	58
Tabel 4.2. Hasil Rata-rata Akurasi dan Loss dengan membandingkan jumlah bobot (Tahap Pertama)	59
Tabel 4.3. Hasil Rata-rata Akurasi dan Loss dengan membandingkan jumlah bobot (Tahap Kedua).....	60
Tabel 4.4. Hasil Permainan 1.000 Game (Tahap Pertama)	62
Tabel 4.5. Rincian Tiles yang Diraih dari 1.000 Game (Tahap Pertama).....	62
Tabel 4.6. Hasil Permainan 1.000 Game (Tahap Kedua).....	63
Tabel 4.7. Rincian <i>Tiles</i> pada yang Diraih dari 1.000 Game (Tahap Kedua).....	64

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Source Code Training & Testing DCNN dengan 2 lapisan konvolusi

LAMPIRAN 2 Source Code Training & Testing DCNN dengan 5 lapisan konvolusi

LAMPIRAN 3 Form Perbaikan, SULIET, Bebas Bayaran, Bebas Pustaka

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

2048 merupakan permainan puzzle tunggal yang dikembangkan oleh Gabriele Cirulli pada tahun 2014 yang dimainkan dengan konsep yang hampir sama dengan permainan *sliding-block* seperti *Three!* dan 1024 [1]. Game ini dimainkan pada papan 4x4 yang memiliki *tiles* bernilai 2^n dimana n merupakan bilangan asli. *Tiles* dapat digeser ke 4 arah (atas, bawah, kanan atau kiri). Setiap pergeseran, *tiles* akan bergerak sejauh mungkin sampai bertemu kotak lainnya atau sampai pinggir papan dan akan muncul satu *tiles* baru dengan angka acak antara 2 atau 4 pada bagian papan yang kosong. Game akan berakhir ketika tidak ada lagi ruang yang kosong untuk menggeser *tiles* atau tidak ada lagi *tiles* dengan angka sama yang dapat digabungkan[2]. Karenanya, terdapat perkembangan akan komputer yang dapat memahami dan mempelajari game layaknya cara berpikir manusia yaitu disebut Kecerdasan Buatan atau *Artificial Intelligent (AI)*[3].

AI merupakan sebuah studi tentang perkembangan komputer yang melibatkan proses berpikir seperti manusia dengan belajar, beradaptasi dan dapat koreksi diri. Karenannya, AI dapat bertindak lebih rasional[4]. Untuk mencapai sebuah kecerdasan buatan, terdapat pendekatan yang disebut Pembelajaran Mesin atau *Machine Learning (ML)*. ML menginvestigasi bagaimana komputer dapat belajar dari data dan pengalaman sehingga dapat bertindak sendiri. Fokus yang dilakukan ML adalah membuat model yang merefleksikan pola data sehingga menghasilkan prediksi dan kesalahan dalam percobaan yang telah dilalui dengan perbaikan sendiri[5]

ML diimplementasikan melalui Teknik Pembelajaran Mendalam atau *Deep Learning (DL)* yang menggambarkan pengetahuan dari otak manusia secara statistic dan diterapkan matematika untuk pengembangannya. Pendekatan ini dikenali sebagai *Neural Network (NN)* yang disebabkan oleh argumen teoritis dari teori sirkuit, masalah intuitif dan hasil ilmu saraf. Convolutional Neural Network

(CNN) merupakan jenis dari NN untuk pengolahan data yang dipanggil seperti urutan topologi. Pada umumnya arti dari *Convolutional* adalah bagaimana jaringan saraf dikerjakan menggunakan operasi linear[6]. *Deep Convolutional Neural Network* (DCNN) adalah salah satu istilah teknik turunan CNN yang memiliki jaringan dari jangka beberapa hingga beberapa lapisan konvolusi.

Dalam penelitian oleh Matsuzaki *et al*[7] dibangun sebuah AI menggunakan DCNN yang dapat menyelesaikan permainan 2048 dan didapatkan hasil yang lebih baik dari metode-metode lainnya. Implementasi pemain komputer berbasis CNN sudah ada diterapkan pada beberapa permainan, seperti : Go[8], Alpha Go Zero[9], Poker[10] dan game Atari[11].

Beberapa pemain komputer telah dibangun untuk game 2048 dan pendekatan yang paling berhasil adalah menggunakan *N-tuple networks* (NTNs) sebagai fungsi evaluasi dan menerapkan metode *Reinforcement Learning* untuk menyesuaikan bobot. Pendekatan pertama untuk game 2048 dikenalkan oleh Szubert & Jaskowski[12] dan pemain komputer yang digabungkan dengan beberapa teknik oleh Jaskowski[13] dengan rata-rata skor adalah 609,104. Pemain komputer dengan basis NN belum ada yang mendapatkan hasil yang baik. Pemain komputer yang dibangun oleh Gui *et al*[14] memiliki dua lapisan konvolusi diikuti dengan dua lapisan yang saling terhubung hanya mendapatkan rata-rata skor sebesar 11,400.

Implementasi DCNN terhadap game 2048 oleh Matsuzaki *et al*[7] dibangun dengan lapisan konvolusi dari 2 hingga 9 untuk dilakukan evaluasi dengan menerapkan *Supervised Learning*. Data yang digunakan untuk pembelajaran direkam dari permainan game “2048” oleh Matsuzaki *et al*[15]. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa DCNN memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan pemain NN lainnya. Permainan terbaik didapatkan pada pemain dengan lima lapisan konvolusi dan meraih skor rata-rata sebesar 93,830. Sedangkan, pemain dengan tujuh lapisan konvolusi meraih skor tertinggi yaitu 401,912.

Dari penelitian tersebut, Matsuzaki *et al*[7] memberikan usulan jika jaringan yang lebih dalam dapat memberikan performa yang lebih baik dengan meningkatkan jumlah bobot dan data yang lebih banyak. Tugas akhir ini akan membandingkan hasil performa komputer dengan DCNN dan jumlah bobot yang

berbeda naun tetap dengan lima lapis konvolusi. Performa DCNN dengan lima lapis konvolusi dengan jumlah bobot yang ditingkatkan ini diharapkan akan mendapatkan hasil rata-rata skor yang lebih tinggi dan rasio *tiles* lebih dari 2048 lebih banyak dibandingkan percobaan yang telah dilakukan sebelumnya.

1.2. Rumusan dan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan bobot pada *Deep Convolutional Neural Network* dalam mempelajari game 2048?
2. Bagaimana perbandingan tingkat akurasi sebuah komputer mempelajari dan menyelesaikan game 2048?
3. Bagaimana pencapaian rata-rata skor terbesar pada game 2048 yang dimainkan oleh komputer dengan algoritma *Deep Convolutional Neural Network*?
4. Bagaimana rasio *tiles* yang lebih dari 2048 saat dimainkan oleh komputer?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini, yaitu:

1. Data yang diambil merupakan dari pemain komputer yang direkam oleh Matsuzaki Kiminori sebanyak 600.000.000 data yang di akuisisi dari 54.000 permainan.
2. Arsitektur *Deep Convolutional Neural Network* menggunakan lapisan konvolusi sebanyak lima lapis yang dibandingkan dengan jumlah bobot yang berbeda.
3. Jumlah *testing* permainan yang dilakukan sebanyak 1.000 kali percobaan.

1.4. Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mencari hubungan antara penambahan jumlah bobot dengan akurasi yang didapat dalam menyelesaikan game 2048.
2. Untuk meningkatkan akurasi pemilihan arah dalam menyelesaikan permainan 2048 dengan *Deep Convolutional Neural Network*.
3. Untuk mendapatkan rata-rata skor yang besar dengan menggunakan algoritma *Deep Convolutional Neural Network* pada game 2048.
4. Untuk mendapatkan rasio *tiles* yang lebih dari 2048 dalam game yang dimainkan dengan *Deep Convolutional Neural Network*

1.5. Manfaat

Manfaat dari penerapan AI pada game 2048 adalah untuk menunjukkan bagaimana sebuah program dapat mempelajari dan menyelesaikan sebuah game puzzle yang terlihat mudah namun dibutuhkan strategi untuk penyelesaiannya. Pemilihan metode Supervised Learning juga bermanfaat untuk membuktikan bahwa dengan adanya proses *training* dan *testing* data, sebuah komputer dapat menyelesaikan permainan lebih baik dan implementasi terhadap Deep Convolutional Neural Network menggambarkan bagaimana cara berpikir manusia dapat diimplementasikan dengan baik terhadap komputer karena dapat menyelesaikan sebuah game layaknya manusia. Diharapkan dari hasil penelitian ini dapat ditemukan informasi dan pengetahuan baru yang dapat menjadi bahan bacaan dan referensi untuk para peneliti dan pembangun bidang game, khususnya untuk pengembangan game puzzle.

1.6. Metodologi Penelitian

Pada tugas akhir ini, penelitian akan dilakukan berdasarkan tahapan-tahapan metodologi berikut :

1. Metode Perumusan Masalah

Tahapan pertama yang dilakukan adalah menentukan permasalahan yang didapatkan dalam sebuah sistem kecerdasan buatan dalam menyelesaikan game 2048 menggunakan metode *Neural Network* dengan inialisasi bobot yang berbeda menghasilkan hasil akhir berupa skor yang berbeda-beda. Perumusan masalah ini muncul untuk mencari besarnya rata-rata skor dan *tiles* terbesar yang dapat dikerjakan oleh sistem dalam menyelesaikan game 2048.

2. Metode Studi Pustaka

Tahapan kedua ini penulis melakukan pencarian studi pustaka yang sesuai dengan pembahasan penelitian sehingga masalah yang dicari dapat sesuai dengan penelitian-penelitian yang sebelumnya yang lebih terpercaya.

3. Metode Konsultasi

Pada tahapan ketiga, penulis melakukan konsultasi dengan orang-orang yang memiliki pengetahuan dan pengalaman terhadap permasalahan yang akan dibuat oleh penulis

4. Metode Perancangan Sistem

Tahapan keempat akan dilakukan analisa terhadap dataset yang digunakan pada penelitian sebelumnya dan juga terhadap sistem AI untuk game 2048 yang telah ada, lalu akan dilakukan perancangan model yang dibuat berdasarkan perumusan masalah yang dicari.

5. Metode Pengujian

Tahap kelima akan dilakukan pengujian dalam bentuk *training* terhadap dataset yang ada. Lalu model pembelajaran yang didapatkan di testing seberapa dalam mempengaruhi hasil akhir berupa skor dan *tiles* terbesar pada game 2048.

6. Metode Analisa dan Kesimpulan

Pada tahapan terakhir, penulis akan melakukan analisis dari hasil pengujian sistem dengan tujuan mengetahui kekurangan dari hasil penelitian ini sehingga dapat digunakan untuk pengembangan penelitian selanjutnya dengan menarik kesimpulan sebagai informasi dan pengetahuan baru.

1.7. Sistematika Penulisan

Untuk memperjelas penyusunan tugas akhir ini, dibuatlah sistematika penulisan yang menjelaskan isi dari setiap bab, yaitu:

Bab I PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjelasan secara sistematis bagaimana topik diambil.

Bab II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi kerangka teori dan kerangka berpikir.

Bab III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan secara bertahap dan terperinci tentang langkah-langkah yang digunakan untuk mencari, mengumpulkan dan menganalisa tema dalam penulisan tugas akhir.

Bab IV HASIL DAN ANALISA

Bab ini menjelaskan mengenai hasil Analisa pada pengulangan penelitian sebelumnya.

Bab V KESIMPULAN

Bab ini berisi kesimpulan sementara tentang apa yang telah didapat dari percobaan yang telah dilakukan pada sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] X. Chen, Y. Lin, and J. Chen, “Autonomous player to maximize performance in 2048 Game.”
- [2] B. Goel, “Mathematical Analysis of 2048, The Game,” vol. 12, no. 1, pp. 1–7, 2017.
- [3] I. Millington and J. Funge, *Artificial Intelligence For Games*, Second Edi., vol. 6, no. 2. 2009.
- [4] J. N. Kok, E. J. W. Boers, W. A. Kusters, P. Van Der Putten, and M. Poel, “ARTIFICIAL INTELLIGENCE: DEFINITION, TRENDS, TECHNIQUES, AND CASES,” in *Artificial Intelligence - Encyclopedia of Life Support System*, 2009, pp. 1–20.
- [5] S. Lorenza, “Machine Learning,” in *Artificial Intelligence*, Oxford, United Kingdom: Eolss Publishers Co. Ltd., 2009, pp. 89–93.
- [6] I. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Courville, *Deep Learning*. MIT Press, 2016.
- [7] N. Kondo and K. Matsuzaki, “Playing Game 2048 with Deep Convolutional Neural Networks Trained by Supervised Learning,” *J. Inf. Process.*, vol. 27, no. 0, pp. 340–347, 2019.
- [8] D. Silver *et al.*, “Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search,” *Nature*, vol. 529, no. 7587, pp. 484–489, 2016.
- [9] D. Silver *et al.*, “Mastering the game of Go without human knowledge,” *Nature*, vol. 550, no. 7676, pp. 354–359, 2017.
- [10] N. Yakovenko, C. Raffel, and J. Fan, “Poker-CNN: A Pattern Learning Strategy for Making Draws and Bets in Poker Games Using Convolutional Networks,” pp. 360–367, 2016.
- [11] V. Mnih *et al.*, “Playing Atari with Deep Reinforcement Learning,” pp. 1–9,

2013.

- [12] M. Szubert and W. Jaskowski, “Temporal difference learning of N-tuple networks for the game 2048,” *IEEE Conf. Comput. Intell. Games, CIG*, vol. 2014, no. August, 2014.
- [13] W. Jaskowski, “Mastering 2048 With Delayed Temporal Coherence Learning, Multistage Weight Promotion, Redundant Encoding, and Carousel Shaping,” *IEEE Trans. Games*, vol. 10, no. 1, pp. 3–14, 2017.
- [14] H. Gui, T. Wei, C. Huang, and I. Wu, “An Early Attempt at Applying Deep Reinforcement Learning to the Game 2048.”
- [15] K. Matsuzaki, “Developing a 2048 Player with Backward Temporal Coherence Learning and Restart,” in *Advance in Computer Games 9*, Springer, Cham, 2018, pp. 176–187.
- [16] G. Cirulli, “2048,” 2014. [Online]. Available: <https://play2048.co/>. [Accessed: 20-Jan-2020].
- [17] K. Matsuzaki, “Interpreting Neural-Network Players for Game 2048,” *2018 Conf. Technol. Appl. Artif. Intell.*, pp. 136–141, 2018.
- [18] S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Third Edit. Pearson Education, Inc., 2010.
- [19] J. W. G. Putra, “Pengenalan Konsep Pembelajaran Mesin dan Deep Learning,” no. July, pp. 1–199, 2019.
- [20] W. Konen, “General Board Game Playing for Education and Research in Generic AI Game Learning,” 2019.
- [21] C. M. Bishop, *Pattern Recognition and Machine Learning*. 2006.
- [22] O. Bousquet, S. Boucheron, and G. Lugosi, “Introduction to Statistical Learning Theory,” in *Advanced Lectures on Machine Learning*, vol. 3176, Springer, Berlin, Heidelberg, 2003, pp. 175–213.
- [23] Y. Goldberg, *Neural Network Methods for Natural Language Processing*. Morgan & Claypool, 2017.

- [24] G. Zaccane, *Getting Started with TensorFlow*. Birmingham: Packt Publishing Ltd., 2016.
- [25] C. Sammut and G. I. Webb, Eds., “Supervised Learning,” in *Encyclopedia of Machine Learning and Data Mining*, Boston, MA: Springer US, 2017, pp. 1213–1214.
- [26] P. Dayan, “Unsupervised Learning,” in *The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences*, Wi. RA and K. F, Eds. 1999.
- [27] R. S. Sutton and A. G. Barto, *Reinforcement Learning*. The MIT Press, 2018.
- [28] B. Rifai, “Algoritma Neural Network Untuk Prediksi,” *Techno Nusa Mandiri*, vol. IX, no. 1, pp. 1–9, 2013.
- [29] K. Gurney, “Neural Network - an overview,” in *An Introduction to Neural Networks*, 1997, pp. 1–4.
- [30] Mathworks, “Convolutional Neural Network.” [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/solutions/deep-learning/convolutional-neural-network.html>. [Accessed: 10-Feb-2020].
- [31] R. C. Gonzalez, “Deep Convolutional Neural Networks [Lecture Notes],” *IEEE Signal Process. Mag.*, vol. 35, no. 6, pp. 79–87, 2018.
- [32] B. Warsito, Subanar, Abdurakhman, and Widodo, “Penentuan Bobot Model Neural Network Untuk Data Time Series,” *Konf. Nas. Mat. XVI*, 2012.
- [33] K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, “Delving deep into rectifiers: Surpassing human-level performance on imagenet classification,” *Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Vis.*, vol. 2015 Inter, pp. 1026–1034, 2015.
- [34] K. Gustafson and G. Sartoris, “Assigning Initial Weights in Feedforward Neural Networks,” *IFAC Proc. Vol.*, vol. 31, no. 20, pp. 1053–1058, 1998.
- [35] Y. Bengio, A. Courville, and P. Vincent, “Representation Learning: A Review and New Perspectives,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 35, no. 8, pp. 1798–1828, 2013.
- [36] G. Zhong, L.-N. Wang, X. Ling, and J. Dong, “An overview on data

representation learning: From traditional feature learning to recent deep learning,” *J. Financ. Data Sci.*, vol. 2, no. 4, pp. 265–278, 2016.

- [37] M. Thoma, “Analysis and Optimization of Convolutional Neural Network Architectures,” no. August, 2017.
- [38] C. Nwankpa, W. Ijomah, A. Gachagan, and S. Marshall, “Activation Functions: Comparison of trends in Practice and Research for Deep Learning,” pp. 1–20, 2018.
- [39] A. Krizhevsky and G. E. Hinton, “ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks,” pp. 1–9.
- [40] P. De Boer and D. P. Kroese, “A Tutorial on the Cross-Entropy Method,” pp. 1–47.
- [41] Tjwei, “A Deep Learning AI for 2048.” [Online]. Available: <https://github.com/tjwei/2048-NN>. [Accessed: 16-Mar-2020].
- [42] K. Allik and R. Sepp, “2048 Report,” pp. 1–12, 2018.
- [43] D. P. Kingma and J. L. Ba, “Adam: A Method for Stochastic Optimization,” pp. 1–15, 2015.