

**IMPLEMENTASI MACHINE SELF LEARNING PADA GAME ENDLESS
RUN DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA NEUROEVOLUTION
OF AUGMENTING TOPOLOGIES (NEAT)**

SKRIPSI



disusun oleh

Ahmad Arif Ramadhani

15.11.8563

**PROGRAM SARJANA
PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2019**



**IMPLEMENTASI MACHINE SELF LEARNING PADA GAME ENDLESS
RUN DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA NEUROEVOLUTION
OF AUGMENTING TOPOLOGIES (NEAT)**

SKRIPSI

untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai gelar Sarjana
pada Program Studi Informatika



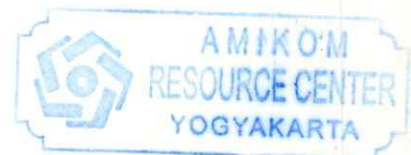
disusun oleh

Ahmad Arif Ramadhani

15.11.8563

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

2019



PERSETUJUAN

SKRIPSI

**IMPLEMENTASI MACHINE SELF LEARNING PADA GAME
ENDLESS RUN DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA
NEUROEVOLUTION OF AUGMENTING TOPOLOGIES (NEAT)**

yang dipersiapkan dan disusun oleh

Ahmad Arif Ramadhani

15.11.8563

telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi
pada tanggal 23 Februari 2019

Dosen Pembimbing,



Yuli Astuti, M.Kom
NIK. 190302146

PENGESAHAN

SKRIPSI

**IMPLEMENTASI MACHINE SELF LEARNING PADA GAME
ENDLESS RUN DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA
NEUROEVOLUTION OF AUGMENTING TOPOLOGIES (NEAT)**

yang dipersiapkan dan disusun oleh

Ahmad Arif Ramadhani
15.11.8563

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 19 Februari 2019

Susunan Dewan Penguji

Nama Penguji

Tanda Tangan

Dony Ariyus, M.Kom
NIK. 190302128

Wiwi Widayani, M.Kom
NIK. 190302272

Yuli Astuti, M.Kom
NIK. 190302146



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
Tanggal 23 Februari 2019

DEKAN FAKULTAS ILMU KOMPUTER



Krisnawati, S.Si., M.T.
NIK. 190302038



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa, skripsi ini merupakan karya saya sendiri (ASLI) dan isi dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademis di suatu Institusi Pendidikan dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Segala sesuatu yang terkait dengan naskah dan karya yang telah dibuat adalah menjadi tanggung jawab saya pribadi.

Yogyakarta, 22 Februari 2019

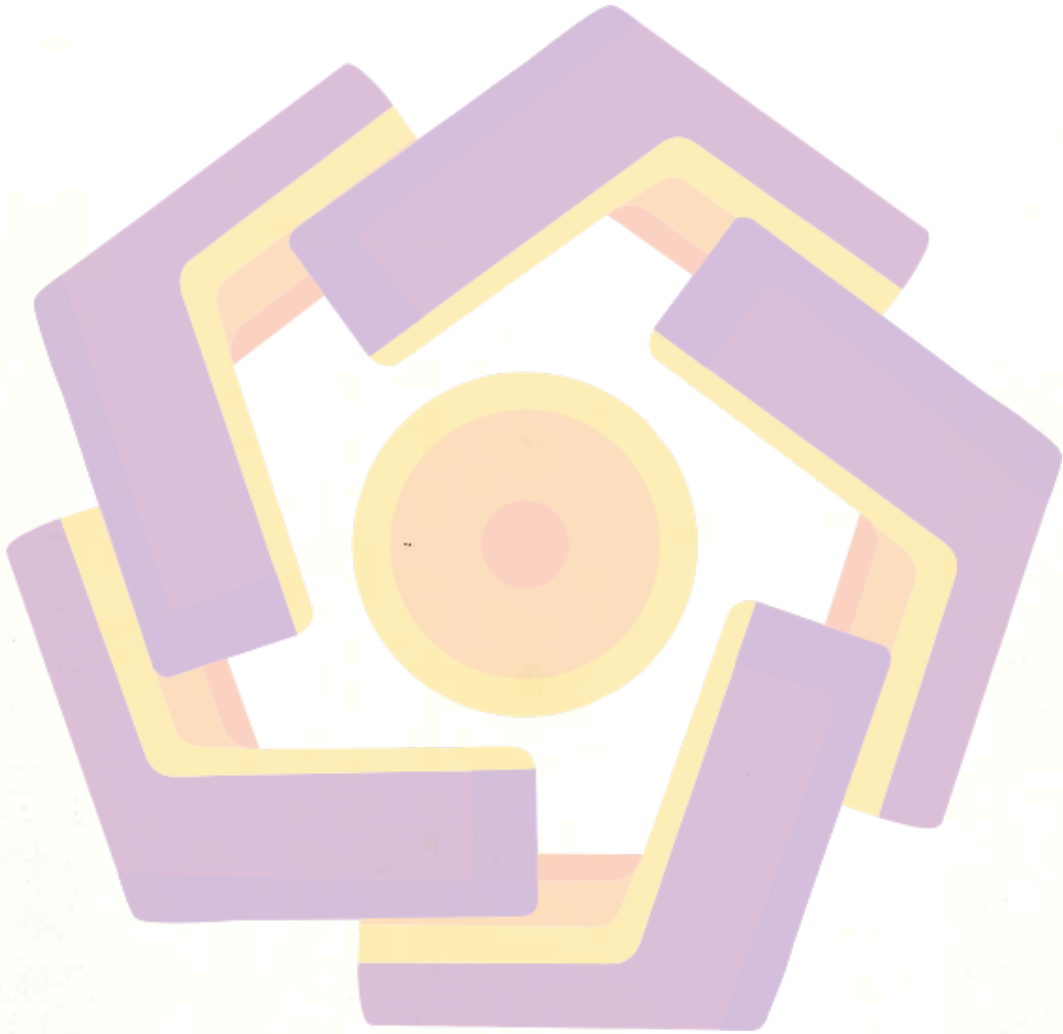

**METERAI
TEMPEL**
TGL. 20
24832AFF467393533
6000
ENAM RIBURUPIAH
Ahmad Arif Ramadhani
15.11.8563



MOTTO

Think first before action.

As long as that's a positive thing for the future, just do it!



PERSEMBAHAN

Saya mempersembahkan skripsi ini kepada semua pihak yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam proses pembuatan skripsi. Tuhan Yang Maha Esa yang memberikan segala nikmat dan kasih sayangnya sampai sejauh ini.

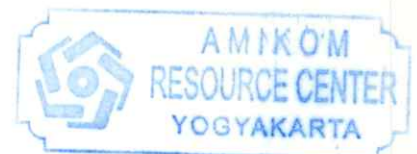
1. Ibu Yuli Astuti, M.Kom, selaku pembimbing saya.
2. Ibu dan Bapak tercinta yang dengan penuh kesabaran dan pengorbanan selalu memberi doa dan dorongannya.
3. Teman – teman yang tidak bisa disebutkan satu – persatu yang selalu memberikan motivasi dan semangat dalam pengerjaan skripsi ini.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah atas segala limpahan ridho, hidayah, dan inayah-Nya sehingga skripsi dengan judul “**IMPLEMENTASI MACHINE SELF LEARNING PADA GAME ENDLESS RUN DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA NEUROEVOLUTION OF AUGMENTING TOPOLOGIES (NEAT)**” ini dapat penulis selesaikan dengan baik dan lancar. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Komputer Universitas Amikom Yogyakarta. Dengan segala keterbatasan yang penulis miliki, masih banyak kekurangan – kekurangan yang harus diperbaiki.

Dalam penulisan Skripsi ini, penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Allah SWT atas rahmad dan hidayahnya hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Ibu dan Bapak tercinta yang dengan penuh kesabaran dan pengorbanan selalu memberi dorongan, bantuan material maupun non material dan doa agar penulis dapat menyelesaikan studi.
3. Bapak M. Suyanto, Prof., Dr., M.M. selaku Rektor Universitas Amikom Yogyakarta.
4. Ibu Yuli Astuti, M.Kom selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu serta dengan penuh kesabaran telah memberikan bimbingan dalam penyusunan Skripsi.



5. Segenap Ibu dan Bapak Dosen Universitas Amikom Yogyakarta atas didikan dan bimbingannya selama ini.
6. Terimakasih Kepada teman-teman 15-IF-02 atas kebersamaan yang telah dilalui selama 4 tahun ini semoga menjadi kenangan terindah yang tidak terlupakan
7. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuan dan dukungannya.

Penulis menyadari skripsi ini masih ada kekurangan, maka dari itu kritik dan saran yang membangun serta teguran dari semua pihak, penulis menerima dengan lapang dada untuk kesempurnaan karya selanjutnya. Akhirnya kepada Allah SWT jualah tangan bertengadah dan berharap serta, semoga skripsi yang sederhana ini bermanfaat. Khususnya bagi penulis dan pembaca yang budiman pada umumnya. Apabila terdapat kesalahan semoga Allah melimpahkan magfirah-Nya. *Aamiin yaa Kholiq.*

Yogyakarta, 18 Februari 2019

Ahmad Arif Ramadhani

15.11.8563



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN MOTTO.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
HALAMAN PENGANTAR.....	vii
HALAMAN DAFTAR ISI	ix
HALAMAN DAFTAR GAMBAR.....	xi
HALAMAN DAFTAR TABLE.....	xiii
INTISARI	xiv
ABSTRACT.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Metode Penelitian.....	4
1.6.1 Metode Pengumpulan Data.....	4
1.6.2 Metode Analisis	5
1.6.3 Metode Pengembangan.....	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II LANDASAN TEORI.....	8
2.1 Tinjauan Pustaka	8
2.2 Dasar Teori.....	11
2.2.1 Artificial Neural Network (ANN).....	11
2.2.2 Genetic Algorithm (Algoritma Genetika).....	12
2.2.3 Neuroevolution	18

2.2.4	NEAT (Neuroevolution of Augmenting Topologies).....	21
BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN		27
3.1	Analisis.....	27
3.1.1	Analisis Metode NEAT.....	27
3.1.2	Analisis Kebutuhan.....	43
3.2	Perancangan	46
3.2.1	Perancangan Game.....	46
3.2.2	Perancangan User Interface	56
BAB IV IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN		59
4.1	Implementasi	59
4.1.1	Implementasi Antarmuka.....	59
4.1.2	Implementasi NEAT	61
BAB V PENUTUP		74
5.1	Kesimpulan.....	74
5.2	Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA		xvi



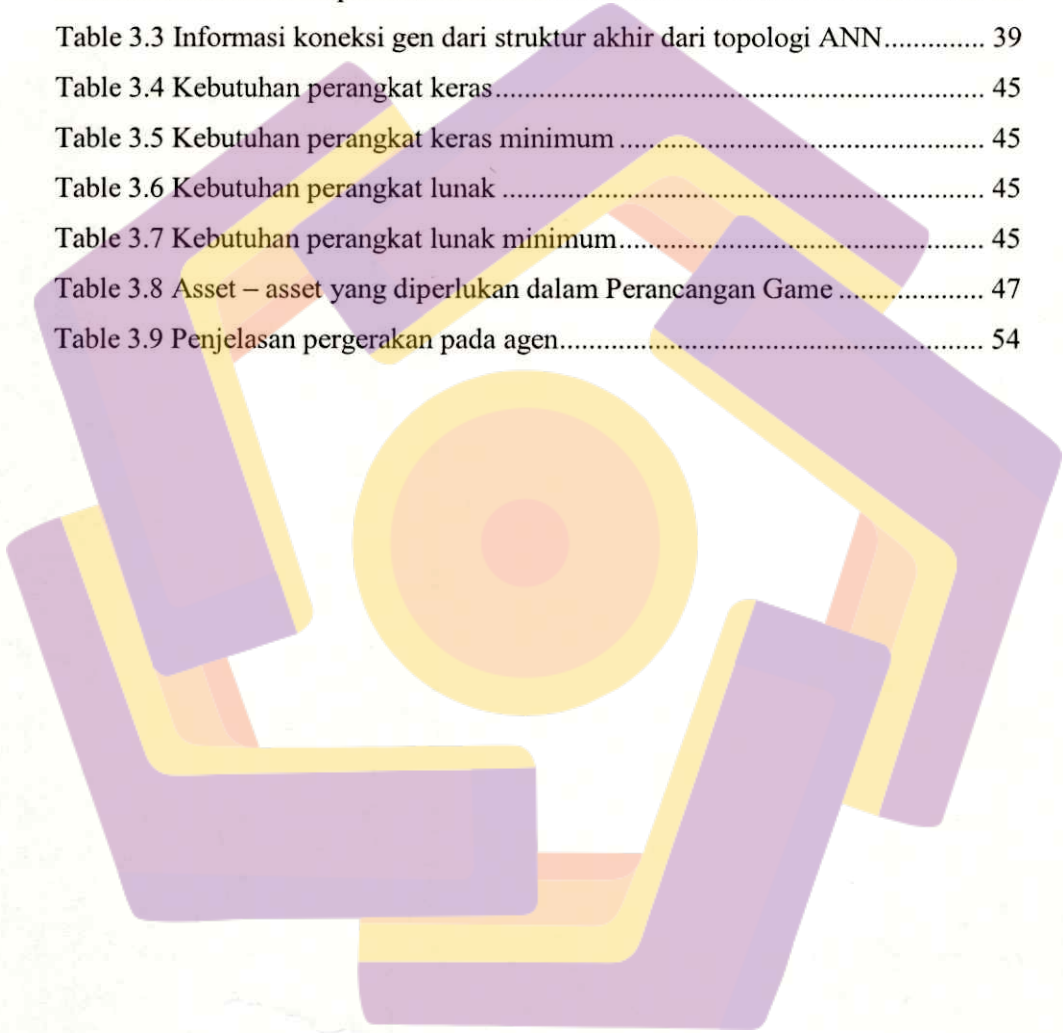
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Dasar Neural Network	11
Gambar 2.2 Model Perhitungan Neural Network	12
Gambar 2.3 Ilustrasi inialisasi populasi pada algoritma genetika	13
Gambar 2.4 One Point Crossover	15
Gambar 2.5 Multi Point Crossover	15
Gambar 2.6 Uniform Crossover	15
Gambar 2.7 Bit Flip Mutation	16
Gambar 2.8 Swap Mutation	17
Gambar 2.9 Contoh binary encoding	17
Gambar 2.10 Contoh Permutation Encoding	18
Gambar 2.11 Contoh Value Encoding	18
Gambar 2.12 Contoh Tree Encoding	18
Gambar 2.13 Ilustrasi Encoding pada Metode NEAT	21
Gambar 2.14 Ilustrasi Proses Crossover pada Metode NEAT	24
Gambar 2.15 Ilustrasi Proses Mutasi Penambahan Node Baru	26
Gambar 2.16 Ilustrasi Proses Mutasi Penambahan Koneksi Baru	26
Gambar 3.1 Flowchart algoritma NEAT	27
Gambar 3.2 Grafik hasil eksperimental pertama	33
Gambar 3.3 Grafik hasil eksperimental kedua	34
Gambar 3.4 Grafik hasil evaluasi akhir training data agen	35
Gambar 3.5 Struktur topologi awal pada agen	37
Gambar 3.6 Struktur topologi akhir setelah agen dilakukan training	38
Gambar 3.7 Sumber Asset dalam Perancangan Game	46
Gambar 3.8 Bentuk Prototype Playground	49
Gambar 3.9 Playground Setelah Tahapan Prototype	50
Gambar 3.10 Struktur titik poin dengan objeknya (one-to-one)	51
Gambar 3.11 User interface yang ada pada agen	52
Gambar 3.12 Sensor Pada Agen Saat Game Dimainkan	53
Gambar 3.13 Antarmuka Scene Main Menu	57

Gambar 3.14 Antarmuka Scene Options	57
Gambar 3.15 Antarmuka Scene Gameplay.....	58
Gambar 4.1 Implementasi Scene Main Menu.....	59
Gambar 4.2 Implementasi Scene Options.....	60
Gambar 4.3 Implementasi scene gameplay	61
Gambar 4.4 Inisialisasi populasi genome dan dimasukkan kedalam list genome ..	62
Gambar 4.5 inisialisasi genome dan fungsi relevan lainnya.....	62
Gambar 4.6 Memunculkan gameobject agen serta genomnya.....	63
Gambar 4.7 Implementasi inisialisasi input.....	63
Gambar 4.8 Implementasi normalisasi input	64
Gambar 4.9 Implementasi proses feedforward pada ANN.....	64
Gambar 4.10 Fungsi aktivasi sigmoid	65
Gambar 4.11 Implementasi pemilihan aksi output pada agen	65
Gambar 4.12 Implementasi perhitungan nilai fitness	66
Gambar 4.13 Implementasi proses spesiasi	66
Gambar 4.14 Menentukan peletakan spesies pada genome.....	67
Gambar 4.15 Implementasi fungsi jarak antar kedua genome.....	67
Gambar 4.16 Fungsi info pembandingan kedua genome	68
Gambar 4.17 Implementasi akhir pembuatan generasi baru.....	69
Gambar 4.18 Implementasi kode program untuk representasi spesies	70
Gambar 4.19 Implementasi untuk menentukan genome di generasi berikutnya ..	70
Gambar 4.20 Implementasi <i>crossover</i> antar kedua genome	71
Gambar 4.21 Implementasi menentukan genome terbaik.....	71
Gambar 4.22 Implementasi mutasi genome dari hasil crossover.....	72
Gambar 4.23 Implementasi mutasi penambahan node	72
Gambar 4.24 Implementasi mutasi bobot pada gen koneksi	73
Gambar 4.25 Implementasi mutasi penambahan koneksi.....	73

DAFTAR TABLE

Table 2.1 Perbandingan dengan penelitian sebelumnya	9
Table 3.1 Parameter eksperimental pertama	33
Table 3.2 Parameter eksperimental kedua	34
Table 3.3 Informasi koneksi gen dari struktur akhir dari topologi ANN.....	39
Table 3.4 Kebutuhan perangkat keras.....	45
Table 3.5 Kebutuhan perangkat keras minimum	45
Table 3.6 Kebutuhan perangkat lunak	45
Table 3.7 Kebutuhan perangkat lunak minimum.....	45
Table 3.8 Asset – asset yang diperlukan dalam Perancangan Game	47
Table 3.9 Penjelasan pergerakan pada agen.....	54



INTISARI

Game – game yang sudah ada saat ini, umumnya dirancang agar dapat dimainkan oleh manusia, pada penelitian ini, game akan dimainkan oleh kecerdasan buatan (agen) yang akan diimplementasikan pada *gameplay* game yang ber-*genre* Endless Running.

Metode yang akan digunakan adalah menggunakan sub-metode dari Neuroevolution yaitu Neuroevolution of Augmenting Topologies (NEAT). Dengan metode ini memungkinkan agen dapat melatih diri untuk memainkan permainan game dengan mempelajari ruang lingkup dari lingkungan game melalui proses evolusi yang mengkombinasikan Artificial Neural Network (ANN) dan juga algoritma genetika.

Hasil penelitian yang telah dilakukan, metode NEAT berhasil diimplementasikan kedalam game yang ber-*genre* Endless Running, yang mampu menyelesaikan permainan dengan maksimal skor 999 di generasi ke-40 dan tetap stabil di generasi ke-50 dengan training data generasi sebanyak 100 generasi dengan populasi sebanyak 150 populasi. Agen yang dilatih dengan metode NEAT mampu menyelesaikan keseluruhan permainan hingga skor maksimal 999 dengan *threshold* spesiasi sebesar 0.8.

Kata Kunci: Kecerdasan Buatan, Artificial Neural Network, Neuroevolution of Augmenting Topologies, Algoritma Genetika.

ABSTRACT

Games that already exist today, are generally designed to be played by humans, in this study, the game will be played by artificial intelligence (agents) which will be implemented in the gameplay of games that are endless running.

The method that will be used is using the sub-method of Neuroevolution namely Neuroevolution of Augmenting Topologies (NEAT). This method allows agents to train themselves to play game play by learning the scope of the game environment through an evolutionary process that combines Artificial Neural Network (ANN) and genetic algorithms.

The results of this research, it was concluded that the NEAT method was successfully implemented into the Endless Running game which could finish the game with a maximum score of 999 in the 40th generation and remain stable in the 50th generation with 100 generations of training data with the population 150 populations. Agents trained with the NEAT method are able to complete the entire game to a maximum score of 999 with a speciation threshold of 0.8.

Keywords: *Artificial Intelegent, Artificial Neural Network, Neuroevolution of Augementing Topologies, Genetic Algorithm.*

