**ABSTRAK**

Welly Winata:

Skripsi

Prediksi Skor Pertandingan Sepak Bola Menggunakan *Neuroevolution of Augmenting Topologies* dan *Backpropagation*

Sepak bola merupakan olahraga yang memiliki penggemar paling banyak di dunia. Hal yang membuat sebak pola menjadi sangat populer adalah hasil yang tidak pasti dan sulit ditebak. Ada banyak faktor yang mempengaruhi hasil dari sebuah pertandingan sepak bola, diantarnya *strategy*, *skill*, bahkan sampai keberuntungan. Karena itu, menebak hasil pertandingan sepak bola merupakan masalah yang menarik.

Penelitian dimulai dengan *neuroevolution of augmenting topologies*, yang berfungsi untuk melakukan pencarian struktur dari sebuah *neural network*. Lalu, *network* yang dihasilkan oleh NEAT akan dioptimasi menggunakan *backpropagation*. *Rating* pemain, *rating team*,dan posisi pemain akan digunakan sebagai *features*.

Tingkat akurasi terbaik yang didapat sebesar 81.5% pada akurasi hasil pertandingan, dan 48% pada akurasi skor pertandingan diperoleh melalui proses NEAT yang telah dioptimasi oleh *backpropagation* menggunakan *rating* pemain, *rating* *team*,dan jumlah masing-masing posisi pada setiap sektor sebagai *features*.

Pada pengujian *real life*, *rating* pemain dan *team* tidak diketahui, sehingga digunakan metode rata-rata untuk menghitung rating dari pemain dan *team*. Namun, akurasi yang didapat pada pengujian ini sangat rendah, inkonsistensi dari pemain menyebabkan metode rata-rata yang digunakan tidak mampu bekerja dengan baik.

Kata kunci: *Machine Learning*, *Artificial Neural Network*, *Neuroevolution, Neuroevolution of Augmenting Topologies, Backpropagation*

**ABSTRACT**

Welly Winata:

Undergraduate Thesis

Predicting Football Matches Score Using Neuroevoluiton of Augmenting Topologies and Backpropagation.

Football, or soccer is the most popular sport in the world. What makes football special is the uncertainty and unpredictable result. There are a lot of factors that can affect the result of a football match, such as strategy, skill, or even luck. Therefore, predicting the outcome of football match can be challenging yet interesting task.

This research started with neuroevolution of augmenting topologies, which useful to find the structur of a neural network. Then, the network produced by NEAT is optimized using backpropagation. Player ratings, team ratings, and player position are used as features of neural network.

The hightest accuracies achieved are 81.5% on the final result predicting, and 48% on score predicting, were obtained through NEAT network that optimized by backpropagation, with player ratings, team ratings, and total position from each sectors are used as features.

However, on real life test, the player and team ratings are unknown. To calculate the player and team ratings, averages methods are used. Unfortunately, the network performed poorly causing the accuracies to dropped significantly. Lack of consistency from player ratings are believed to be the main problem on calculating the player and team ratings.

Keywords: *Machine Learning*, *Artificial Neural Network*, *Neuroevolution, Neuroevolution of Augmenting Topologies, Backpropagation*

**DAFTAR ISI**

HALAMAN JUDUL i

LEMBAR PENGESAHAN ii

KATA PENGANTAR iv

[ABSTRAK vi](#_Toc28478246)

[ABSTRACT vii](#_Toc28478247)

[DAFTAR ISI viii](#_Toc28478248)

[DAFTAR TABEL x](#_Toc28478249)

[DAFTAR GAMBAR xi](#_Toc28478250)

[DAFTAR SEGMEN PROGRAM xv](#_Toc28478251)

1. PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Tujuan Penelitian 2

1.4 Ruang Lingkup 3

1.5 Metodologi Penelitian 3

1.6 Sistematika Penulisan 4

2. LANDASAN TEORI 5

2.1 *Machine Learning* 5

*2.1.1* *Supervised Learning* 6

2.2 Jaringan Saraf Tiruan 7

2.3 *Backpropagation* 9

2.4 Algoritma Genetika (*Genetic Algorithm*) 11

2.5 Neuroevolution of Augmenting Topologies (NEAT) 14

2.6 *Encoding* 21

3. DESAIN SISTEM 23

3.1 *Dataset* 23

3.2 Desain Sistem 26

3.2.1 *Neuroevolution of Augmenting Topologies* (NEAT) 27

3.2.2 *Backpropagation* 32

3.3 Desain Aplikasi 34

4. IMPLEMENTASI SISTEM 36

4.1 Instalasi *Open Source Library* 36

4.1.1 Instalasi NEAT-Python 36

4.1.2 Instalasi *Neataptic.js* 36

4.2 *Data Pre-processing* 37

4.3 Implementasi NEAT 39

4.4 Implementasi *Backpropagation* 44

5. PENGUJIAN SISTEM 48

5.1 Sistem Pengujian 48

5.2 Pengujian NEAT 48

5.2.1 Tahap 1 48

5.2.2 Tahap 2 57

5.2.3 Tahap 3 63

5.2.4 Kesimpulan Pengujian NEAT 74

*5.3* Pengujian *Backpropagation* 76

*5.4* Pengujian *Real Life* 79

5.5 Kesimpulan Pengujian 81

6. KESIMPULAN DAN SARAN 83

6.1 Kesimpulan 83

6.2 Saran ……………………………………………………………………84

DAFTAR REFERENSI…………………………………………………………..86

# DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Daftar Segmen Program dan Flowchart 36

Tabel 4.1 Daftar Segmen Program dan Flowchart 36

Tabel 5.1 Spesifikasi sitem pengujian 48

Tabel 5.2 Rangkuman proses training dan testing Tahap 1 Pengujian 1 51

Tabel 5.3 Rangkuman proses training dan testing Tahap 1 Pengujian 2 54

Tabel 5.4 Rangkuman proses training dan testing Tahap 1 Pengujian 3 57

Tabel 5.5 Rangkuman proses training dan testing Tahap 2 Pengujian 1 60

Tabel 5.6 Rangkuman proses training dan testing Tahap 2 Pengujian 2 62

Tabel 5.7 Rangkuman proses training dan testing Tahap 3 Pengujian 1 65

Tabel 5.8 Rangkuman proses training dan testing Tahap 3 Pengujian 2 68

Tabel 5.9 Rangkuman proses training dan testing Tahap 3 Pengujian 3 71

Tabel 5.10 Rangkuman proses training dan testing Tahap 3 Pengujian 4 73

Tabel 5.11 Rangkuman seluruh pengujian NEAT 76

Tabel 5.12 Hasil pengujian backpropagation 76

Tabel 5.13 Perbandingan akurasi dari network sebelum dan sesudah backpropagation 78

Tabel 5.14 Hasil pengujian real life 80

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi cara kerja *Machine Learning* 5

Gambar 2.2 Ilustrasi supervised learning dan unsupervised learning 5

Gambar 2.3 Ilustrasi masalah regressi (*regression*) dan klasifikasi (*classification*) 6

Gambar 2.4 Ilustrasi neuron pada otak manusia 7

Gambar 2.5 Ilustrasi neuron pada *artificial neural network* 8

Gambar 2.6 Ilustrasi *forward-pass* pada *artificial neural network* 8

Gambar 2.7 Ilustrasi *Backpropagation* 9

Gambar 2.8 Ilustrasi gene, *chromosome*, dan *population* pada GA 12

Gambar 2.9 Ilustrasi proses *crossover* pada GA 13

Gambar 2.10 Ilustrasi proses *crossover* pada GA 13

Gambar 2.11 Ilustrasi proses *crossover* pada GA 14

Gambar 2.12 Ilustrasi proses *mutation* pada GA 14

Gambar 2.13 Hilangnya informasi ketika terjadi crossover antar ANN 15

Gambar 2.14 *Encoding* dan *innovation* *number* pada NEAT 16

Gambar 2.15 *Structural mutation* pada NEAT 17

Gambar 2.16 *Crossover* pada NEAT 18

Gambar 2.17 *Label encoding* dan *one hot encoding* 21

Gambar 3.1 Sebagian dataset yang akan digunakan pada penelitian ini 23

Gambar 3.2 Struktur dataset yang akan digunakan pada penelitian ini 24

Gambar 3.3 *Flowchart* dari pemrosesan *dataset* 25

Gambar 3.4 *Flowchart* sistem secara umum 26

Gambar 3.5 *Flowchart* dari proses *training* pada NEAT 27

Gambar 3.6 *Flowchart* dari proses *testing* pada NEAT 27

Gambar 3.7 *Flowchart* dari proses evaluasi pada NEAT 29

Gambar 3.8 *Flowchart* dari proses pengukuran akurasi pada NEAT 30

Gambar 3.9 *Flowchart* dari proses *crossover* dan mutasi pada NEAT 31

Gambar 3.10 *Flowchart* dari proses *training backpropagation* 32

Gambar 3.11 *Flowchart* dari proses *testing backpropagation* 33

Gambar 3.12 Desain halaman utama untuk melakukan prediksi 34

Gambar 3.13 Halaman untuk menampilkan hasil prediksi 34

Gambar 4.1 Contoh *file* *config* pada NEAT 40

Gambar 5.1 Konfigurasi yang digunakan pada Tahap 1 Pengujian 1 49

Gambar 5.2 Hasil training dari tahap 1 pengujian 1 49

Gambar 5.3 Grafik nilai fitness terbaik dan nilai fitness rata-rata dalam populasi selama proses training pada Tahap 1 Pengujian 1 50

Gambar 5.4 Network terbaik yang dihasilkan NEAT pada Tahap 1 Pengujain 1 51

Gambar 5.5 Konfigurasi yang digunakan pada Tahap 1 Pengujian 2 52

Gambar 5.6 Hasil training dari Tahap 1 Pengujian 2 53

Gambar 5.7 Grafik nilai fitness terbaik dan nilai fitness rata-rata dalam populasi selama proses training pada Tahap 1 Pengujian 2 53

Gambar 5.8 Network terbaik yang dihasilkan NEAT pada Tahap 1 Pengujain 2 54

Gambar 5.9 Konfigurasi yang digunakan pada Tahap 1 Pengujian 3 55

Gambar 5.10 Hasil training dari Tahap 1 Pengujian 3 56

Gambar 5.11 Grafik nilai fitness terbaik dan nilai fitness rata-rata dalam populasi selama proses training pada Tahap 1 Pengujian 1 56

Gambar 5.12 Konfigurasi yang digunakan pada Tahap 2 Pengujian 1 58

Gambar 5.13 Hasil training dari Tahap 2 Pengujian 1 58

Gambar 5.14 Grafik nilai fitness terbaik dan nilai fitness rata-rata dalam populasi selama proses training pada Tahap 2 Pengujian 1 59

Gambar 5.15 Konfigurasi yang digunakan pada Tahap 2 Pengujian 2 60

Gambar 5.16 Hasil training dari Tahap 2 Pengujian 2 61

Gambar 5.17 Grafik nilai fitness terbaik dan nilai fitness rata-rata dalam populasi selama proses training pada Tahap 2 Pengujian 2 61

Gambar 5.18 Konfigurasi yang digunakan pada Tahap 3 Pengujian 1 63

Gambar 5.19 Hasil training dari Tahap 3 Pengujian 1 64

Gambar 5.20 Grafik nilai fitness terbaik dan nilai fitness rata-rata dalam populasi selama proses training pada Tahap 3 Pengujian 1 65

Gambar 5.21 Konfigurasi yang digunakan pada Tahap 3 Pengujian 2 66

Gambar 5.22 Hasil training dari Tahap 3 Pengujian 2 67

Gambar 5.23 Grafik nilai fitness terbaik dan nilai fitness rata-rata dalam populasi selama proses training pada Tahap 3 Pengujian 2 68

Gambar 5.24 Konfigurasi yang digunakan pada Tahap 3 Pengujian 3 69

Gambar 5.25 Hasil training dari Tahap 3 Pengujian 3 70

Gambar 5.26 Grafik nilai fitness terbaik dan nilai fitness rata-rata dalam populasi selama proses training pada Tahap 3 Pengujian 3 71

Gambar 5.27 Konfigurasi yang digunakan pada Tahap 3 Pengujian 4 72

Gambar 5.28 Hasil training dari Tahap 3 Pengujian 4 73

Gambar 5.29 Grafik nilai fitness terbaik dan nilai fitness rata-rata dalam populasi selama proses training pada Tahap 3 Pengujian 4 74

# DAFTAR SEGMEN PROGRAM

Segmen Program 4.1 Pre-processing pada data dengan feature berupa player ratings dan team ratings 37

Segmen Program 4.2 Fungsi load\_data() 40

Segmen Program 4.3 Fungsi start() untuk menjalankan proses NEAT 41

Segmen Program 4.4 *Fitness* *function* pertama 41

Segmen Program 4.5 *Fitness* *function* kedua 42

Segmen Program 4.6 Fungsi calculate\_winner() 42

Segmen Program 4.7 Fungsi extract\_net() 43

Segmen Program 4.8 fungsi prepare\_data() untuk menyiapkan data berdasarkan tipe *feature* yang digunakan 44

Segmen Program 4.9 fungsi build() untuk mengkonstuksi *network* 45

Segmen Program 4.10 fungsi backprop() untuk menjalankan proses *training* 45

Segmen Program 4.11 fungsi calculateAccuracy() untuk mengukur akurasi dari *network* 46

Segmen Program 4.1 Pre-processing pada data dengan feature berupa player ratings dan team ratings 37

Segmen Program 4.2 Fungsi load\_data() 40

Segmen Program 4.3 Fungsi start() untuk menjalankan proses NEAT 41

Segmen Program 4.4 *Fitness* *function* pertama 41

Segmen Program 4.5 *Fitness* *function* kedua 42

Segmen Program 4.6 Fungsi calculate\_winner() 42

Segmen Program 4.7 Fungsi extract\_net() 43

Segmen Program 4.8 fungsi prepare\_data() untuk menyiapkan data berdasarkan tipe *feature* yang digunakan 44

Segmen Program 4.9 fungsi build() untuk mengkonstuksi *network* 45

Segmen Program 4.10 fungsi backprop() untuk menjalankan proses *training* 45

Segmen Program 4.11 fungsi calculateAccuracy() untuk mengukur akurasi dari *network* 46