

## 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 sepak bola menjadi sangat populer adalah hasil yang tidak pasti dan sulit ditebak. Ada banyak faktor yang mempengaruhi hasil dari sebuah pertandingan sepak bola, diantaranya *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 Neuroevolution 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 structure 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 highest 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
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR SEGMENT PROGRAM .....	xv
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 <i>Machine Learning</i> .....	5
2.1.1 <i>Supervised Learning</i> .....	6
2.2 Jaringan Saraf Tiruan.....	7
2.3 <i>Backpropagation</i> .....	9
2.4 Algoritma Genetika ( <i>Genetic Algorithm</i> ) .....	11
2.5 Neuroevolution of Augmenting Topologies (NEAT) .....	14
2.6 <i>Encoding</i> .....	21
3. DESAIN SISTEM.....	23
3.1 <i>Dataset</i> .....	23
3.2 Desain Sistem .....	26
3.2.1 <i>Neuroevolution of Augmenting Topologies (NEAT)</i> .....	27
3.2.2 <i>Backpropagation</i> .....	32
3.3 Desain Aplikasi.....	34
4. IMPLEMENTASI SISTEM.....	36
4.1 Instalasi <i>Open Source Library</i> .....	36
4.1.1 Instalasi NEAT-Python .....	36

4.1.2 Instalasi <i>Neataptic.js</i> .....	36
4.2 <i>Data Pre-processing</i> .....	37
4.3 Implementasi NEAT .....	39
4.4 Implementasi <i>Backpropagation</i> .....	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 <i>Backpropagation</i> .....	76
5.4 Pengujian <i>Real Life</i> .....	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 <i>Machine Learning</i> .....	5
Gambar 2.2 Ilustrasi supervised learning dan unsupervised learning.....	5
Gambar 2.3 Ilustrasi masalah regresi ( <i>regression</i> ) dan klasifikasi ( <i>classification</i> ).....	6
Gambar 2.4 Ilustrasi neuron pada otak manusia .....	7
Gambar 2.5 Ilustrasi neuron pada <i>artificial neural network</i> .....	8
Gambar 2.6 Ilustrasi <i>forward-pass</i> pada <i>artificial neural network</i> .....	8
Gambar 2.7 Ilustrasi <i>Backpropagation</i> .....	9
Gambar 2.8 Ilustrasi gene, <i>chromosome</i> , dan <i>population</i> pada GA .....	12
Gambar 2.9 Ilustrasi proses <i>crossover</i> pada GA.....	13
Gambar 2.10 Ilustrasi proses <i>crossover</i> pada GA.....	13
Gambar 2.11 Ilustrasi proses <i>crossover</i> pada GA.....	14
Gambar 2.12 Ilustrasi proses <i>mutation</i> pada GA .....	14
Gambar 2.13 Hilangnya informasi ketika terjadi crossover antar ANN.....	15
Gambar 2.14 <i>Encoding</i> dan <i>innovation number</i> pada NEAT .....	16
Gambar 2.15 <i>Structural mutation</i> pada NEAT .....	17
Gambar 2.16 <i>Crossover</i> pada NEAT .....	18
Gambar 2.17 <i>Label encoding</i> dan <i>one hot encoding</i> .....	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 <i>Flowchart</i> dari pemrosesan <i>dataset</i> .....	25
Gambar 3.4 <i>Flowchart</i> sistem secara umum.....	26

Gambar 3.5 <i>Flowchart</i> dari proses <i>training</i> pada NEAT.....	27
Gambar 3.6 <i>Flowchart</i> dari proses <i>testing</i> pada NEAT .....	27
Gambar 3.7 <i>Flowchart</i> dari proses evaluasi pada NEAT .....	29
Gambar 3.8 <i>Flowchart</i> dari proses pengukuran akurasi pada NEAT .....	30
Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> dari proses <i>crossover</i> dan mutasi pada NEAT.....	31
Gambar 3.10 <i>Flowchart</i> dari proses <i>training backpropagation</i> .....	32
Gambar 3.11 <i>Flowchart</i> dari proses <i>testing backpropagation</i> .....	33
Gambar 3.12 Desain halaman utama untuk melakukan prediksi .....	34
Gambar 3.13 Halaman untuk menampilkan hasil prediksi .....	34
Gambar 4.1 Contoh <i>file config</i> 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 SEGMENT PROGRAM

Segment Program 4.1 Pre-processing pada data dengan feature berupa player ratings dan team ratings .....	37
Segment Program 4.2 Fungsi <code>load_data()</code> .....	40
Segment Program 4.3 Fungsi <code>start()</code> untuk menjalankan proses NEAT .....	41
Segment Program 4.4 <i>Fitness function</i> pertama.....	41
Segment Program 4.5 <i>Fitness function</i> kedua.....	42
Segment Program 4.6 Fungsi <code>calculate_winner()</code> .....	42
Segment Program 4.7 Fungsi <code>extract_net()</code> .....	43
Segment Program 4.8 fungsi <code>prepare_data()</code> untuk menyiapkan data berdasarkan tipe <i>feature</i> yang digunakan.....	44
Segment Program 4.9 fungsi <code>build()</code> untuk mengkonstruksi <i>network</i> .....	45
Segment Program 4.10 fungsi <code>backprop()</code> untuk menjalankan proses <i>training</i> ....	45
Segment Program 4.11 fungsi <code>calculateAccuracy()</code> untuk mengukur akurasi dari <i>network</i> .....	46
Segment Program 4.1 Pre-processing pada data dengan feature berupa player ratings dan team ratings .....	37
Segment Program 4.2 Fungsi <code>load_data()</code> .....	40
Segment Program 4.3 Fungsi <code>start()</code> untuk menjalankan proses NEAT .....	41
Segment Program 4.4 <i>Fitness function</i> pertama.....	41
Segment Program 4.5 <i>Fitness function</i> kedua.....	42

Segmen Program 4.6 Fungsi <code>calculate_winner()</code> .....	42
Segmen Program 4.7 Fungsi <code>extract_net()</code> .....	43
Segmen Program 4.8 fungsi <code>prepare_data()</code> untuk menyiapkan data berdasarkan tipe <i>feature</i> yang digunakan.....	44
Segmen Program 4.9 fungsi <code>build()</code> untuk mengkonstuksi <i>network</i> .....	45
Segmen Program 4.10 fungsi <code>backprop()</code> untuk menjalankan proses <i>training</i> ....	45
Segmen Program 4.11 fungsi <code>calculateAccuracy()</code> untuk mengukur akurasi dari <i>network</i> .....	46