

**IMPLEMENTASI METODE *BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK*
PADA PREDIKSI INDEKS HARGA SAHAM
BANK RAKYAT INDONESIA**

(Skripsi)

Oleh

Joshua Sabam Parraitan Tanjung

1857031007



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

IMPLEMENTASI METODE *BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK* PADA PREDIKSI INDEKS HARGA SAHAM BANK RAKYAT INDONESIA

Oleh

JOSHUA SABAM PARRAITAN TANJUNG

Nilai saham Bank Rakyat Indonesia merupakan salah satu saham dengan nilai jual yang stabil. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan *model backpropagation neural network* paling sesuai dan memperoleh arsitektur jaringan terbaik dalam memprediksi harga indeks saham Bank Rakyat Indonesia. Model ini dilatih dengan menggunakan data historis dan dievaluasi dengan menggunakan berbagai metrik performa, seperti *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), *Mean Square Error* (MSE), dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Sehingga didapatkan model terbaik berupa MSE 0.000086 dan MAPE 1.42071% pada fungsi aktivasi tanh dengan 3 *input* , 3 *hidden layers* dan 1 *output* dengan data pelatihan 80% (755 data) dan data uji 20% (189 data).

Kata Kunci : *jaringan saraf tiruan, backpropagation, prediksi, saham bank rakyat Indonesia*

ABSTRACT

THE IMPLEMENTATION OF THE BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK METHOD IN THE STOK PRICE INDEX PREDICTION OF BANK RAKYAT INDONESIA

By

JOSHUA SABAM PARRAITAN TANJUNG

Bank Rakyat Indonesia's stock shares exhibit a stable market value. This research aims to determine the most appropriate backpropagation neural network model and obtain the best network architecture in predicting the price of the Bank Rakyat Indonesia stock index. Historical data is employed for the model's training, and its performance is appraised through the application of various metrics, including Mean Absolute Percentage Error (MAPE), Mean Square Error (MSE), and Mean Absolute Percentage Error (MAPE). The best model was identified as MSE 0.000086 and MAPE 1.42071% in the tanh activation function, with 3 inputs, 3 hidden layers, and 1 output with 80% training data (755 data) and 20% test data (189 data).

Keywords : *artificial neural network, backpropagation, prediction, stock price of bank rakyat indonesi*

**IMPLEMENTASI METODE *BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK*
PADA PREDIKSI INDEKS HARGA SAHAM
BANK RAKYAT INDONESIA**

Oleh

JOSHUA SABAM PARRAITAN TANJUNG

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA MATEMATIKA**

Pada

**Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2024

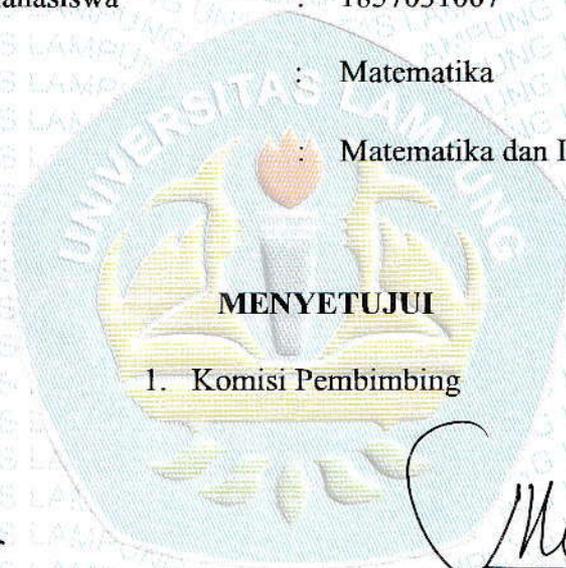
Judul Skripsi : **IMPLEMENTASI METODE
BACKPROPAGATION NEURAL
NETWORK PADA PREDIKSI INDEKS
HARGA SAHAM BANK RAKYAT
INDONESIA**

Nama Mahasiswa : Joshua Sabam Parraitan Tanjung

Nomor Pokok Mahasiswa : 1857031007

Program Studi : Matematika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Drs. Nusyirwan, M.Si.

NIP. 19661010 199203 1 028

Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.

NIP. 19740316 200501 1 001

2. Ketua Jurusan Matematika

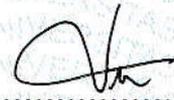
Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.

NIP. 19740316 200501 1 001

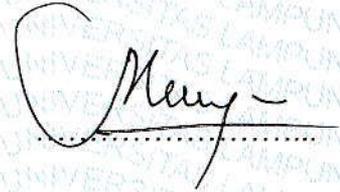
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Drs. Nusyirwan, M.Si.



Sekretaris : Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Khoirin Nisa, S.Si., M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Lampung



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP. 19711001 200501 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 1 Juli 2024

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : **Joshua Sabam Parraitan Tanjung**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1857031007**

Jurusan : **Matematika**

Judul Skripsi : **IMPLENTASI METODE *BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK* PADA PREDIKSI INDEKS HARGA SAHAM BANK RAKYAT INDONESIA**

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan semua tulisan yang tertuang dalam skripsi saya telah mengikuti kaidah karya penulisan ilmiah Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 1 Juli 2024

Penulis,



Joshua Sabam Parraitan Tanjung

NPM. 1857031007

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Joshua Sabam Parraitan Tanjung, dilahirkan pada tanggal 25 Juli 2000 di Metro. Penulis merupakan anak kedua dari Bapak Armen Haluaan Tanjung dan ibu Serdi Rumata Situmeang.

Penulis mengawali pendidikan di Taman Kanak-kanak (TK) Sejahtera pada tahun 2005 - 2006. Kemudian menempuh pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 3 Perumnas Way Kandis, Bandar Lampung pada tahun 2006 – 2012. Kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Sejahtera Bandar Lampung pada tahun 2012 – 2015. Selanjutnya belajar pada jenjang Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 12 Bandar Lampung pada tahun 2015 – 2018.

Pada tahun 2018 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi S1 Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur SMMPTN. Pada masa perkuliahan penulis mengikuti kegiatan keorganisasian di Himpunan Mahasiswa Jurusan Matematika (HIMATIKA) Universitas Lampung sebagai anggota bidang minat dan bakat pada tahun 2019. Penulis juga mengikuti kegiatan organisasi kerohanian Persekutuan Oikumene Mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (POM – MIPA) pada tahun 2019 – 2020. Pada tahun 2020 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Praktik (KP) di Badan Pusat Statistik (BPS) Pringsewu sebagai bentuk aplikasi bidang ilmu di dunia kerja. Pada tahun yang sama penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Sukajawa, Kecamatan Tanjung Karang Barat, Kota Bandar Lampung sebagai bentuk pengabdian kepada masyarakat.

KATA INSPIRASI

“Jangan Pernah Membunuh Mimpimu, karena Sedalam-dalamnya Mimpi yang
Dikubur Mimpi Tidak Mati, Sekeras-kerasnya Mimpi Itu dipukul Mimpi Hanya Akan
Pingsan dan Bangkit Saat Usia Tua Dalam Bentuk Penyesalan.”

(Pandji Pragiwaksono)

“Aku Sudah Merasakan Semua Kepahitan Dalam Hidup dan Yang Paling Pahit Ialah
Berharap Kepada Manusia.”

(Ali bin Abi Tahlib)

PERSEMBAHAN

Puji Tuhan atas segala berkat dan anugerah Tuhan Yesus yang menyertai penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

Keluarga

Skripsi ini penulis persembahkan kepada keluarga yang mendoakan serta mengupayakan segala sesuatu untuk memfasilitasi semua keperluan perkuliahan dari awal hingga sejauh ini sampai menyelesaikan perkuliahan ini.

Dosen Pembimbing

Kepada dosen-dosen Pembimbing dan Pembahas yang telah sangat sabar dalam membimbing dan memberikan saran yang membangun hingga skripsi ini selesai.

Almamater Terinta Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia serta kasihNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Implentasi Metode Backpropagation Neural Network Pada Prediksi Indeks Harga Saham Bank Rakyat Indonesia.”

Dalam proses penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang telah membantu memberikan bimbingan, dukungan, motivasi, serta saran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Drs. Nusyirwan, M.Si., selaku Pembimbing I yang selalu bersedia memberikan kesediaan waktu, arahan, bimbingan, dan dukungan pada proses penyusunan skripsi ini dan juga selaku pembimbing akademik yang telah membimbing selama masa perkuliahan
2. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si., selaku Pembimbing II atas kesedian waktu, saran, dan bimbingan pada proses penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Khoirin Nisa, S.Si., M.Si., selaku Penguji yang telah bersedia memberikan kritik, saran, dan evaluasi sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.
4. Bapak Dr. Aang Nuryaman. S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
5. Ibu Dian Kurniasari, S.Si., M.Sc. selaku pembimbing akademik selama 2018 – 2023 yang telah membimbing selama masa perkuliahan.
6. Seluruh dosen, staff, karyawan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengerahuan Alam Universitas Lampung.

7. Teman teman Jurusan Matematika Angkatan 2018 dan teman kelas C yang telah membuat warna pada kegiatan dan kehidupan semasa perkuliahan.
8. Teruntuk Queen, Ed Sheeran, The Big-bang Theory, Arthur Conan Doyle, dan Tere Liye atas karya yang telah menghibur dan membuka banyak wawasan kepada penulis setiap menikmati karya yang telah kalian ciptakan.

DAFTAR ISI

	Halaman
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang dan Masalah	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	2
1.3. Manfaat Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Prediksi (<i>Forecasting</i>).....	4
2.2. Deret Waktu	4
2.3. <i>Knowledge Discovery in Database</i>	5
2.4. Pembagian Data.....	7
2.5. Proses Pembelajaran.....	7
2.5.1. Pembelajaran Terawasi (<i>Supervised Learning</i>)	7
2.5.2. Pembelajaran Tidak Terawasi (<i>Unsupervised Learning</i>).....	8
2.6. Fungsi Aktivasi	8
2.6.1. Fungsi Aktivasi <i>Rectified Linear Unit (ReLU)</i>	9
2.6.2. Fungsi Aktivasi <i>Sigmoid</i>	10
2.6.3. Fungsi Aktivasi <i>TanH</i>	11
2.7. Jaringan Saraf Tiruan	12
2.8. <i>Backpropagation Neural Network</i>	13
2.9. Ketepatan Model	19
2.10. Denormalisasi.....	20
2.11. Bank Rakyat Indonesia.....	21
III. METODOLOGI DAN PENELITIAN	
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	22

3.2. Data Penelitian	22
3.3. Metode Penelitian.....	24
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Analisis Deskriptif.....	25
4.2. <i>Preprocessing Data</i>	26
4.2.1. Uji Korelasi	26
4.2.2. <i>Missing Data</i>	27
4.2.3. <i>Scalling Data</i>	27
4.3. Pembagian Data <i>Testing</i> dan Data <i>Training</i>	28
4.4. Fungsi Aktivasi yang Digunakan	29
4.5. Proses <i>Testing</i> dan <i>Training</i>	30
4.5.1. Proses <i>Training</i>	30
4.5.2. Proses <i>Testing</i>	30
4.6. Denormalisasi Data	36
4.7. Prediksi.....	36
4.8. Peramalan	38
V. KESIMPULAN	
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Simbol-simbol Algoritma <i>Backpropagation Neural Network</i>	18
Tabel 2. Data Penelitian	23
Tabel 3. Karakteristik Data Harian Harga Saham BBRIJK	26
Tabel 4. Nilai Koefisien Korelasi Antar Variabel.....	26
Tabel 5. <i>Missing Value</i> Pada Data	27
Tabel 6. <i>Summary Min-max Normalization</i>	28
Tabel 7. Pembagian Data <i>Training</i> dan Data <i>Testing</i>	29
Tabel 8. Hasil Evaluasi Fungsi Aktivasi <i>Rectified Linear Unit (ReLU)</i>	31
Tabel 9. Hasil Evaluasi Fungsi Aktivasi <i>Sigmoid</i>	32
Tabel 10. Hasil Evaluasi Fungsi Aktivasi <i>Tanh</i>	34
Tabel 11. Hasil Prediksi dan Aktual Harga Saham Penutupan BBRIJK	37
Tabel 12. Peramalan Harian Harga Saham BBRIJK	38

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Pola Data Deret Waktu.....	5
Gambar 2. Fungsi aktivasi <i>ReLU</i>	9
Gambar 3. Fungsi Aktivasi <i>Sigmoid</i>	10
Gambar 4. Fungsi Aktivasi <i>TanH</i>	11
Gambar 5. Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan	12
Gambar 6. Arsitektur <i>Backpropagation Neural Network</i>	14
Gambar 7. Plot Data Harian Harga Saham Penutupan Saham BBRIJK.....	25
Gambar 8. Grafik Model Terbaik <i>ReLU</i>	32
Gambar 9. Grafik Model Terbaik <i>Sigmoid</i>	33
Gambar 10. Grafik Model Terbaik <i>TanH</i>	35
Gambar 11. Plot Perbandingan Data Prediksi dan Aktual dari Denormalisasi.....	36

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Saham dapat didefinisikan sebagai tanda penyertaan modal seseorang atau pihak (badan usaha) dalam suatu perusahaan atau perseroan terbatas. Saham merupakan salah satu produk pasar modal yang dapat menjadi alternatif pilihan sebagai instrumen investasi untuk jangka panjang. Terdapat dua sumber keuntungan yang bisa didapatkan oleh para investor saat berinvestasi saham, yaitu *capital gain* dan *dividen*. Pergerakan saham yang naik turun dapat dipelajari untuk memprediksi arah pergerakan berikutnya. Data historis dalam dunia saham dapat memberikan gambaran informasi atas siklus yang mungkin terulang meskipun belum tentu terjadi sesuai dengan prediksi. Prediksi harga saham sangat dibutuhkan oleh investor untuk melihat nilai intrinsik dari saham sebuah perusahaan pada periode berikutnya.

Salah satu metode permalan yang dapat digunakan untuk melakukan prediksi nilai saham yaitu metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST). JST adalah sistem pemrosesan informasi yang memiliki karakteristik mirip dengan jaringan saraf biologis. Metode JST mempunyai kemampuan belajar melalui perubahan bobot sinapsisnya dan pengujian hubungan antar variabel non-linier. JST memiliki resistensi dan toleran terhadap kesalahan sehingga hilangnya satu atau lebih sel tidak mempengaruhi kinerja jaringan saraf tiruan. Algoritma *backpropagation neural network* bekerja dengan dua tahap perhitungan yaitu perhitungan maju pada saat menghitung nilai kesalahan (*error*)

antara hasil nilai *output* yang dikeluarkan dengan nilai yang seharusnya dan perhitungan mundur untuk memperbaiki bobot berdasarkan nilai *error* tersebut. Dengan menggunakan algoritma *backpropagation neural network* sekumpulan data dapat dilatih untuk mempelajari dan menganalisa pola data masa lalu dan berusaha mencari suatu formula atau fungsi yang menghubungkan pola data masa lalu dengan output yang diinginkan pada saat ini (Salman & Prasetio, 2010). Algoritma *backpropagation neural network* menggunakan *error* pada nilai *ouput* untuk mengganti nilai bobot-bobotnya pada arah mundur. Pada saat perambatan maju, neuron-neuron diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktivasi terbaik berdasarkan tingkat akurasi model. Fungsi aktivasi digunakan untuk menentukan keluaran suatu neuron (Siang, 2005).

Pada penelitian ini akan digunakan metode *backpropagation neural network* untuk memprediksi indeks harga saham BBRI.JK. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan arsitektur terbaik dari metode *backpropagation neural network* untuk memprediksi indeks harga saham penutup dengan menggunakan data historis pada periode sebelumnya. Prediksi yang dihasilkan akan berguna bagi para investor untuk memulai investasi di bidang saham khususnya pada kelompok perusahaan BBRI.JK, sehingga investor dapat memaksimalkan keuntungan pada perdagangan saham tersebut.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan model *backpropagation neural network* berdasarkan tingkat akurasi terbaik pada fungsi aktivasinya.
2. Meramalkan harga saham BBRI.JK dengan menggunakan hasil dari fungsi aktivasi terbaik

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan wawasan keilmuan dan pengetahuan tentang analisis *backpropagation neural network*.
2. Dapat menjadi referensi bagi pembaca apabila ingin melakukan penelitian mengenai peramalan dengan menggunakan analisis *backpropagation neural network*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

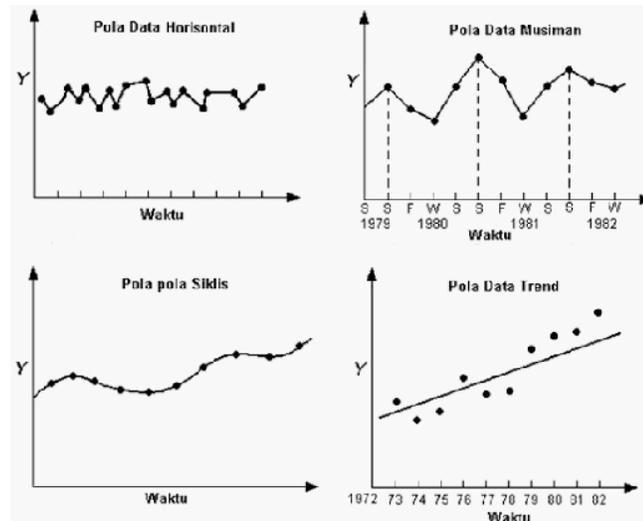
2.1 Prediksi (*Forecasting*)

Prediksi adalah penggunaan model matematis atau statistik untuk memperkirakan nilai atau kejadian di masa depan berdasarkan pola dan hubungan berdasarkan data yang ada (James, dkk., 2013). Model prediksi berkaitan dengan membangun model yang dapat melakukan pemetaan dari setiap himpunan variabel ke setiap target, kemudian menggunakan model tersebut untuk memberikan nilai target pada himpunan baru. Setiap model prediksi pasti menghasilkan kesalahan. Semakin kecil tingkat kesalahannya, maka model yang dibangun semakin mendekati tepat. Dalam prediksi, kita berusaha untuk mendapatkan hasil seakurat mungkin, bukan memberikan jawaban yang pasti (Herdianto, 2013).

2.2 Deret Waktu

Deret waktu adalah sekumpulan pengamatan yang diurutkan dalam waktu (Henke dan Wichern, 2004). Metode deret waktu merupakan metode peramalan yang menggunakan analisa pola hubungan antara variabel yang akan dipekirakan dengan variabel waktu. Saat meramalkan data deret waktu harus memperhatikan tipe atau pola datanya. Secara umum ada empat jenis pola data deret waktu, yaitu horizontal, tren, musiman, dan siklis (Hanke dan Wichren, 2004). Pola horizontal adalah kejadian tak terduga dan bersifat random, tetapi keberadaannya dapat memengaruhi fluktuasi data

time series. Pola tren adalah kecenderungan arah data yang jangka panjang, dapat berupa penurunan maupun kenaikan. Pola musiman adalah fluktuasi dari data yang terjadi dalam kurun waktu satu tahun, seperti triwulan, kuartalan, bulanan, mingguan, ataupun harian. Sedangkan pola siklis adalah fluktuasi dari data waktu satu tahun lebih.



Gambar 1. Pola Data Deret Waktu.

2.3 Knowledge Discovery in Database

Knowledge Discovery in Database (KDD) adalah suatu proses eksplorasi dan analisis data untuk menemukan pola yang nyata, pengetahuan baru, dan informasi yang relevan (James, dkk., 2013).

Proses *KDD* secara garis besar dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Seleksi Data

Dari sekumpulan data operasional perlu dilakukan pemilihan (seleksi) sebelum dimulainya tahap penggalian informasi dalam *KDD*.

2. *Preprocessing Data*

Preprocessing data merupakan proses membersihkan data dengan beberapa teknik, seperti menghapus duplikasi data, memeriksa data yang inkonsisten, dan memperbaiki kesalahan pada data, seperti tipografi.

3. Transformasi Data

Transformasi data digunakan untuk mengubah ke dalam format yang sesuai untuk diproses dalam data mining. Ada beberapa cara untuk melakukan transformasi data yaitu dengan *min-max normalization*, *z-score normalization* dan *decimal scaling*. Salah satu teknik transformasi yang sering digunakan adalah transformasi *min-max normalization* yang akan menghasilkan nilai dengan rentang (0,1).

$$x^* = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (2.1)$$

dengan:

x^* : nilai x baru

x_{min} : nilai minimum x

x_{max} : nilai maximum dari x

4. *Data Mining*

Data mining adalah proses mencari pola atau informasi yang menarik pada data terpilih dengan menggunakan teknik atau metode tertentu. Dalam *data mining* terdapat teknik, metode atau algoritma yang sangat bervariasi. Penentuan metode atau algoritma yang sesuai sangat bergantung pada tujuan dan proses *KDD* secara keseluruhan.

5. Interpretasi / Evaluasi

Dari proses yang dihasilkan, pola informasi perlu ditampilkan dalam bentuk yang mudah dimengerti oleh pihak yang berkepentingan.

2.4 Pembagian Data

Dalam pembuatan model *backpropagation neural network* (BNN), tentunya dibutuhkan *dataset*, yang kemudian dibagi data *training* dan data *testing*. Beberapa proporsi pembagian data berfungsi untuk mencari pembagian data terbaik yaitu menggunakan 50:50, 60:40, 70:30, dan 80:20 (Utami & Ulama, 2015).

2.5 Proses Pembelajaran

Menurut Fausset (1994), metode dalam penentuan dari nilai bobot merupakan salah satu karakteristik yang penting dalam suatu jaringan saraf tiruan. Nilai bobot akan berubah-ubah pada saat proses pelatihan. Apabila informasi yang ada tersampaikan dengan baik, maka nilai dari bobot tersebut akan bertambah. Namun apabila nilai bobot tersebut semakin kecil, maka dapat dikatakan bahwa informasi dari suatu neuron tidak tersampaikan pada neuron yang lainnya. Pada tahap pembelajaran, nilai bobot akan berubah sampai nilai bobot optimal sehingga diperoleh *output* yang diinginkan seperti target.

2.5.1 Pembelajaran Terawasi (*Supervised Learning*)

Supervised learning atau biasa disebut pembelajaran terawasi merupakan teknik yang membuat suatu fungsi dari data yang dipelajari di masa lalu untuk memprediksi peristiwa di masa depan. Pada proses pembelajaran ini, satu pola *input* diberikan ke satu neuron pada lapisan *input*. Pola ini dirambatkan di sepanjang jaringan saraf hingga sampai ke neuron pada lapisan *output*. Lapisan *output* ini membangkitkan pola *output* yang nantinya dicocokkan dengan targetnya. Apabila terjadi perbedaan antara pola

output hasil pembelajaran dengan pola target, maka disini akan muncul *error* dan jika nilai *error* ini masih cukup besar, maka masih perlu dilakukan lebih banyak pembelajaran lagi hingga mendapatkan nilai *error* terkecil. Contoh algoritma pembelajaran terawasi yaitu KNN, *naive bayes*, *decision trees*, *regresi linier*, *support vector machine*, dan *backpropagation neural network*.

2.5.2 Pembelajaran Tidak Terawasi (*Unsupervised Learning*)

Pada tahapan pelatihan yang tidak terawasi menerapkan proses dimana sistem dari jaringan saraf tiruan akan mengendalikan atau mengatur kinerja sendiri sehingga jaringan tersebut tidak memiliki nilai target yang ditentukan. Pembelajaran tidak terawasi (*unsupervised learning*) merupakan metode pembelajaran yang tidak memerlukan data berlabel pada saat memprediksi target, melainkan hanya menggunakan kesamaan yang ada pada atribut yang dimiliki. Jika atribut serta sifat datanya setelah dilakukan analisis memiliki suatu kemiripan, maka akan dikelompokkan (*clustering*). Sehingga akan menimbulkan kelompok-kelompok. Dari kelompok-kelompok tersebut model akan dilabel dan jika dilakukan prediksi, maka data akan dicocokkan terhadap kelompok yang memiliki kemiripan. Pembelajaran ini biasanya sangat cocok untuk pengelompokan (klasifikasi) pola.

2.6 Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi adalah suatu fungsi yang menjelaskan dan mendefinisikan suatu *input* menjadi *output* (Maulida, 2011). Setiap fungsi aktivasi meniru neuron pada otak karena bergantung pada kekuatan sinyal *input*. Hasil dari proses ini kemudian ditimbang dan didistribusikan ke lapisan neuron berikutnya. Pada dasarnya, neuron saling mengaktifkan melalui jumlah tertimbang. Ini memastikan bahwa kekuatan koneksi

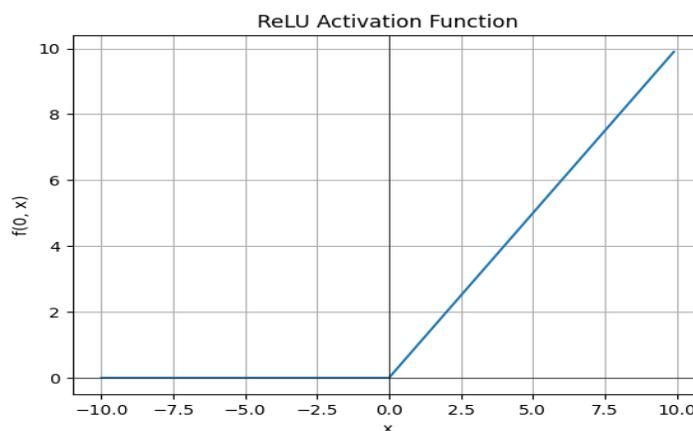
antara dua neuron berukuran sesuai dengan berat informasi yang diproses (Lewis, 2017).

Syarat fungsi aktivasi dalam *backpropagation neural network* bersifat kontinu, terdiferensial dengan mudah dan merupakan fungsi yang tidak turun (Nurmila dkk, 2010). Jaringan saraf tiruan memiliki beberapa fungsi aktivasi seperti fungsi *sigmoid*, fungsi *TanH*, fungsi *linear*, fungsi *biner*, fungsi *hard limit*, fungsi *ReLU*, fungsi *leaky ReLU*, dan sebagainya.

2.6.1 Fungsi Aktivasi *Rectified Linear Unit (ReLU)*

Fungsi kembali ke angka 0 jika *output* menerima *input* yang nilai negatif, tetapi untuk nilai positif fungsi kembali ke nilai aktivasi itu sendiri. Konvergensi proses pelatihan jika menggunakan fungsi *ReLU* lebih cepat dibandingkan dengan fungsi *TanH*. Fungsi aktivasi *ReLU* menggunakan fungsi $\max(0, x)$. Fungsi aktivasi *ReLU* dapat dilihat dari persamaan (Sitepu & Sigiro, 2021):

$$f(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad (2.2)$$



Gambar 2. Fungsi Aktivasi *ReLU*.

2.6.2 Fungsi Aktivasi *Sigmoid*

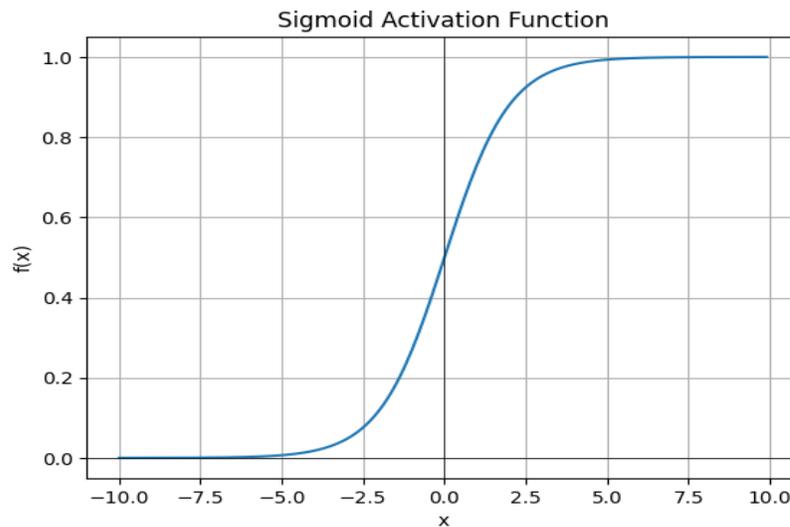
Fungsi *sigmoid* atau fungsi logistik adalah pilihan yang sering digunakan. Fungsi *sigmoid* mengambil angka dalam rentang 0 hingga 1. Secara khusus, bilangan negatif besar menjadi 0 dan bilangan positif besar menjadi 1 (Lewis, 2017).

$$y = f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (2.3)$$

dengan

$$y' = f(x)(1 - f(x)) \quad (2.4)$$

Fungsi *sigmoid* akan membentuk huruf “S” jika digambarkan menjadi sebuah grafik



Gambar 3. Fungsi Aktivasi *Sigmoid*.

2.6.3 Fungsi Aktivasi *TanH*

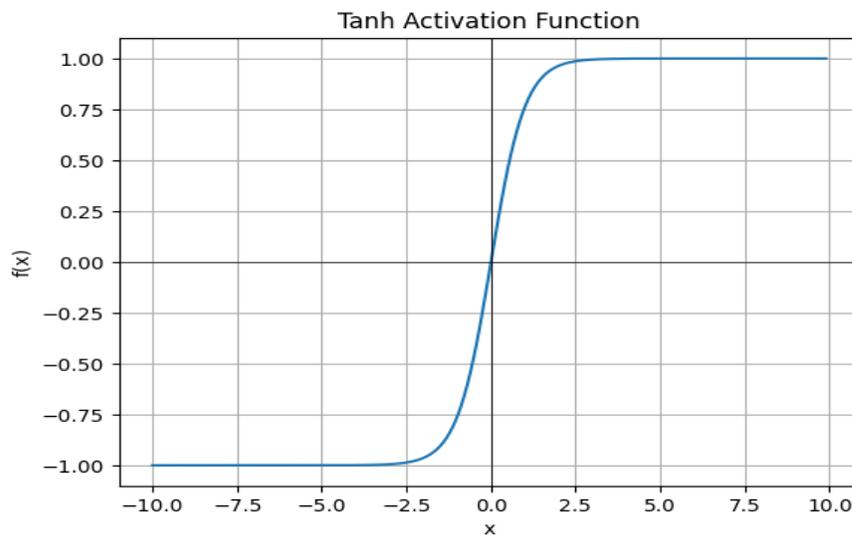
Fungsi aktivasi alternatif untuk *sigmoid* adalah fungsi aktivasi *TanH*. Seperti fungsi *sigmoid*, fungsi *TanH* berbentuk "S", tetapi fungsi ini menghasilkan nilai antara -1 dan 1. Fungsi *TanH* mirip dengan fungsi *sigmoid*, tetapi rentang nilai yang luas membuatnya efektif untuk pemodelan non-linier yang kompleks (Lewis, 2017). Bentuk dari fungsi *TanH* adalah:

$$y = f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (2.5)$$

$$\text{TanH}(x) = \frac{\sinh(x)}{\cosh(x)} \quad (2.6)$$

dengan

$$f'(x) = 1 - \tanh(x) \quad (2.7)$$



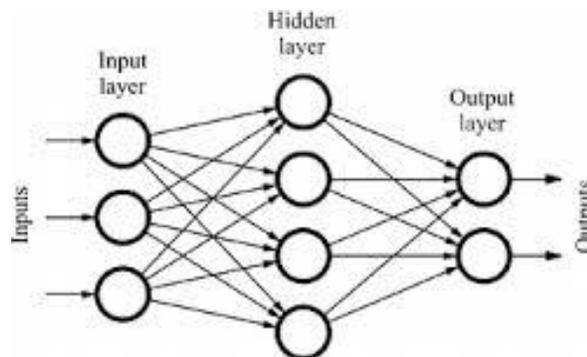
Gambar 4. Fungsi Aktivasi *TanH*.

2.7 Jaringan Saraf Tiruan (JST)

Jaringan saraf tiruan adalah sistem kecerdasan buatan yang memiliki kemampuan pembelajaran dan mengakumulasi pengetahuan hasil pembelajaran di jaringan neuron untuk memungkinkan jaringan merespons input yang diberikan dengan lebih cerdas. Kemampuan untuk mempelajari dan mengumpulkan pengetahuan ini memungkinkan sistem jaringan saraf untuk beradaptasi dengan lingkungan yang memberikan input. Jaringan saraf tiruan adalah sistem adaptif yang terdiri dari banyak unit pemrosesan sederhana yang bekerja secara paralel dan terorganisasi secara hirarkis. JST dapat belajar dan menangani masalah dengan keakuratan yang baik melalui pengolahan data besar dalam waktu yang cukup singkat (Haykin, 1999).

Menurut Siang (2005), sistem *artificial neural network* ditentukan oleh 3 hal, yaitu:

1. Pola hubungan antar neuron atau biasa disebut arsitektur jaringan.
2. Metode untuk menentukan bobot penghubung (disebut metode *training/leraning/algorithm*).
3. Fungsi aktivasi.



Gambar 5. Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan.

Beberapa istilah yang umum digunakan dalam jaringan saraf tiruan adalah sebagai berikut (Hermawan, 2006).

- a. Bobot adalah nilai matematis dari koneksi antar neuron.
- b. Fungsi aktivasi adalah fungsi untuk menentukan nilai *output*.
- c. Fungsi aktivasi sederhana digunakan untuk mengalikan *input* dengan bobotnya dan kemudian menjumlahkannya (disebut penjumlahan sigma) berbentuk linier atau non-linier dan *sigmoid*.
- d. *Input* adalah nilai *input* yang diolah menjadi nilai *output*.
- e. *Output* adalah solusi dari nilai *input*.
- f. Lapisan tersembunyi (*hidden layer*) adalah lapisan yang tidak berinteraksi langsung dengan dunia luar. Lapisan ini memperluas kemampuan jaringan saraf tiruan untuk mengatasi masalah yang kompleks.
- g. Neuron atau *node* atau unit adalah sel saraf tiruan yang merupakan elemen pengolahan jaringan saraf tiruan. Setiap neuron menerima *input*, memproses *input*, dan kemudian mengirimkan hasilnya dalam bentuk *output*.

2.8 *Backpropagation Neural Network*

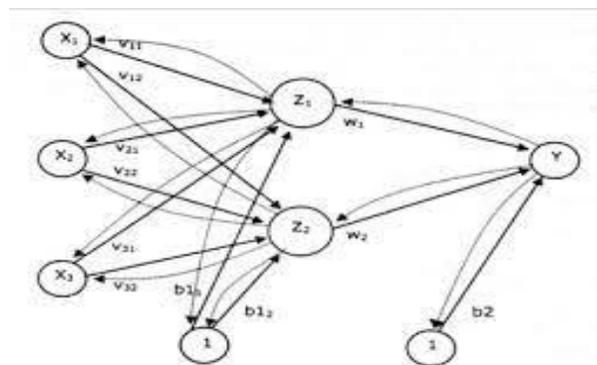
Backpropagation neural network merupakan sebuah algoritma terawasi yang berupa *perceptron* yang mempunyai banyak lapisan yang digunakan untuk mengubah bobot-bobot yang melalui neuron-neuron tersembunyi sehingga menghasilkan *output* yang akan dihasilkan. Metode ini menggunakan *error output* untuk mengubah bobot-bobot yang masuk dengan alur mundur (Siang, 2005).

Lapisan-lapisan penyusun *backpropagation neural network* dibagi menjadi tiga bagian (Widiastuti dkk., 2014):

- a. Lapisan *input* yaitu neuron di dalam lapisan *input* yang disebut unit-unit *input* yang mulai dari lapisan *input* pertama hingga lapisan *input* n. Unit-unit *input* tersebut

menerima pola *input* data dari luar yang menggambarkan suatu permasalahan. Semua neuron pada lapisan *input* ini dapat terhubung ke neuron pada lapisan tersembunyi (*hidden layer*) atau dapat langsung ke lapisan *output* jika neuron tidak menggunakan lapisan tersembunyi.

- b. Lapisan tersembunyi (*hidden layer*) adalah neuron yang berada di dalam lapisan tersembunyi atau bias disebut unit-unit tersembunyi dimana *output*nya tidak dapat secara langsung diamati.
- c. Lapisan *output* merupakan neuron dalam lapisan *output* disebut unit-unit *output*. *Output* dari lapisan ini merupakan solusi jaringan saraf tiruan terhadap suatu permasalahan.



Gambar 6. Arsitektur *Backpropagation Neural Network*.

X merupakan lapisan *input*, lapisan tersembunyi dilambangkan dengan Z , serta Y merupakan simbol yang diberikan untuk lapisan *output*. Bobot antara lapisan X dan Z dinotasikan dengan v , sedangkan untuk bobot yang terletak antara lapisan Z dan Y dilambangkan dengan w . Dikarenakan *backpropagation neural network* memiliki tiga lapisan, maka pada saat proses pemasukan neuron pada lapisan *input*, terlebih dahulu akan dilakukan inisialisasi bobot terlebih dahulu. Lalu akan dilanjutkan ke algoritma *backpropagation neural network*, dimana pada tahapan ini akan dilakukan proses

perambatan maju yang memiliki tujuan agar menelusuri besarnya *error*, sedangkan untuk proses propagasi mundur atau balik digunakan untuk memperbaharui nilai dari bobot serta biasnya. Tahapan pelatihan menggunakan algoritma *backpropagation neural network* sendiri memiliki dua tahapan yaitu proses propagasi maju dan propagasi mundur. Selama proses propagasi maju, tiap neuron pada lapisan masukan (X_i) akan menerima sebuah masukan sinyal lalu sinyal akan diteruskan kepada lapisan tersembunyi $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_{1p}$. Setiap unit tersembunyi akan menghitung aktivasinya serta akan mengirimkan sinyalnya (Z_j) kepada lapisan *output*. Unit-unit lapisan *output* akan memberikan tanggapan berupa *output* jaringan, namun jika *output* berbeda dengan *output* yang diharapkan, maka *output* menyebar mundur (*backward*) kembali pada lapisan tersembunyi lalu akan diteruskan ke unit yang ada pada lapisan masukan (Rinjani dkk., 2019). Oleh karena itu, tahapan pada pelatihan dinamakan *backpropagation*.

Dalam proses pelatihan pada *backpropagation neural network* yang digunakan dalam menghitung nilai dari koreksi bobot diperlukan *learning rate*. Nilai dari *learning rate* akan berada pada range 0 sampai dengan 1. Dimana semakin besar nilai dari *learning rate*, maka ketelitian jaringan yang diperoleh akan semakin berkurang. Sedangkan semakin kecil nilai dari *learning rate*, maka ketelitian jaringan yang akan diperoleh akan semakin besar namun waktu serta jumlah iterasi yang diperlukan untuk proses pelatihan semakin lama. Namun berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Muflih (2021), yang diperoleh bahwa *learning rate* terbaik yaitu sebesar 0,5. Dimana dengan *learning rate* sebesar 0,5 tidak terlalu besar ataupun kecil.

Algoritma *backpropagation neural network* sering diimplementasikan dalam menyelesaikan masalah peramalan dikarenakan algoritma *backpropagation neural network* merupakan salah satu jenis pelatihan jaringan saraf tiruan dengan metode pembelajaran terawasi (*supervised learning*) dimana terdiri atas pola masukan dan pola

yang diinginkan. Pada algoritma *backpropagation neural network* dilakukan latihan berulang-ulang sehingga mendapatkan *error* terkecil dan mendapatkan pola yang diinginkan (Nurmila dkk., 2010).

Menurut Arhami (2020), terdapat beberapa langkah-langkah untuk menjalankan algoritma jaringan saraf tiruan dengan algoritma *backpropagation neural network*.

Langkah 1 : Menetapkan nilai *input*.

Langkah 2 : Membuat inisialisasi semua bobot dengan bilangan acak kecil.

Fase I : Propogasi Maju (*Forward Propagation*)

Langkah 3 : Tiap unit masukkan $X_i, i = 1, 2, 3, \dots, p$ menerima sinyal X_i dan meneruskan sinyal tersebut ke semua unit pada lapisan yang ada di atasnya.

Langkah 4 : Tiap-tiap unit lapisan tersembunyi $Y_j, j = 1, 2, 3, \dots, q$ menjumlahkan sinyal-sinyal *input* terbobot :

$$Y_{in_j} = V_{oj} + \sum_{i=1}^n X_i V_{ij} \quad (2.8)$$

Kemudian dihitung nilai *output* dengan menggunakan fungsi aktivasi. Kemudian kirimkan sinyal tersebut ke semua unit di lapisan atasnya.

Langkah 5 : Hasil fungsi tersebut dikirim ke semua unit pada lapisan di atasnya. Tiap-tiap unit *output* $Z_k, k = 1, 2, 3, \dots, r$ menjumlahkan sinyal-sinyal *input* terbobot.

$$Z_{in_k} = W_{ok} + \sum_{j=1}^p Z_j W_{jk} \quad (2.9)$$

Kemudian dihitung nilai *output* dengan menggunakan fungsi aktivasi. Kemudian kirimkan sinyal tersebut ke semua unit di lapisan atasnya.

Fase II : Propagasi Mundur (*Backward-Pass*)

Langkah 6 : Tiap-tiap unit *output* $Z_k, k = 1,2,3, \dots, r$ menerima target pola yang berhubungan dengan pola *input* pembelajaran, hitung informasi *error*.

$$\delta_k = (t_k - Z_k)f'(Z_{in_k}) \quad (2.10)$$

$$= (t_k - Z_k)y_k(1 - Y_k) \quad (2.11)$$

Kemudian hitung koneksi nilai bobot yang kemudian digunakan untuk memperbaharui nilai W_{jk} :

$$\Delta W_{jk} = \alpha \delta_k Y_j \quad (2.12)$$

Hitung koreksi nilai bias yang kemudian digunakan untuk memperbaharui nilai W_{0k} :

$$\Delta W_{0k} = \alpha \delta_k \quad (2.13)$$

Kirimkan δ_k ke unit-unit yang ada dilapisan bawahnya.

Langkah 7 : Tiap-tiap unit lapisan tersembunyi $Y_j (j = 1,2,3, \dots, q)$ menjumlahkan delta *input* (dari unit-unit yang berada pada lapisan di atasnya):

$$\delta_j = \sum_{k=1}^r \delta_k W_{jk} f'(Y_{in_j}) \quad (2.14)$$

Kemudian nilai tersebut dikalikan dengan nilai turunan dari fungsi aktivasi untuk menghitung informasi kesalahan. Hitung koreksi nilai bobot yang kemudian digunakan untuk memperbaharui V_{ij} :

$$\Delta V_{ij} = \alpha \delta_j X_i \quad (2.15)$$

Hitung juga koreksi bias (yang nantinya digunakan untuk memperbaiki nilai V_{0j}):

$$\Delta V_{0j} = \alpha \delta_j \quad (2.16)$$

Fase III : Perubahan Bobot

Langkah 8 : Tiap-tiap unit *output* $Z_k (k = 1,2,3, \dots, r)$ memperbaiki bias dan bobotnya ($j = 1,2,3, \dots, q$):

$$W_{jk}(\text{baru}) = W_{jk}(\text{lama}) + \Delta W_{jk} \quad (2.17)$$

$$W_{0k}(\text{baru}) = W_{0k}(\text{lama}) + \Delta W_{0k} \quad (2.18)$$

Tiap-tiap unit lapisan tersembunyi $Y_j (j = 1, 2, 3, \dots, q)$ memperbaiki bias dan bobotnya ($i = 1, 2, 3, \dots, p$):

$$V_{ij}(\text{baru}) = V_{ij}(\text{lama}) + \Delta V_{ij} \quad (2.19)$$

$$V_{0j}(\text{baru}) = V_{0j}(\text{lama}) + \Delta V_{0j} \quad (2.20)$$

Langkah 9 : Menghitung *error*, jika nilai *error* belum lebih kecil dari pada target error, maka langkah 2-8 terus dilakukan.

Langkah 10 : Jika telah terpenuhi, maka pelatihan jaringan dapat dihentikan.

Tabel 1. Simbol-simbol Algoritma *Backpropagation Neural Network*.

No.	Simbol	Keterangan
1	i	Jumlah neuron pada lapisan <i>input</i>
2	j	Jumlah neuron pada lapisan tersembunyi
3	k	Jumlah neuron pada lapisan <i>output</i>
4	X_i	Nilai masukan ke- i pada lapisan <i>input</i> ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)
5	Y_j	Nilai aktivasi neuron ke- j tahap umpan maju pada lapisan tersembunyi
6	Z_k	Nilai aktivasi neuron ke- k tahap umpan maju pada lapisan <i>output</i>
7	Y_{in_j}	Hasil penjumlahan sinyal masukan neuron ke- j pada lapisan tersembunyi

8	Z_{in_k}	Hasil penjumlahan sinyal masukan neuron ke- k pada lapisan <i>output</i>
9	V_{0j}	Nilai bias neuron ke- j pada lapisan tersembunyi
10	W_{0k}	Nilai bias neuron ke- k pada lapisan <i>output</i>
11	V_{ij}	Nilai bobot antara neuron ke- i pada lapisan <i>input</i> dan neuron ke- j pada lapisan tersembunyi
12	W_{jk}	Nilai bobot antara neuron ke- j pada lapisan tersembunyi dan neuron ke- k pada lapisan <i>output</i>
13	t_k	Nilai target neuron ke- k pada lapisan <i>output</i>
14	δ_j	Nilai <i>gradient descent</i> neuron ke- j pada lapisan tersembunyi
15	δ_k	Nilai <i>gradient descent</i> ke- k pada lapisan <i>output</i>
16	α	Nilai <i>learning rate</i>

2.9 Ketepatan Model

Kesalahan atau *error* dalam memprediksi (e_i) merupakan perbedaan antara nilai variabel yang sesungguhnya (Y_i) dengan nilai variabel yang diestimasi dengan persamaan (\hat{Y}_i). Terdapat berbagai parameter untuk menghitung kesalahan peramalan, antara lain :

a. *Mean Squared Error (MSE)*

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{t} \quad (2.21)$$

b. *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{(Y_t - \hat{Y}_t)}{Y_t} \right| \times 100\% \quad (2.22)$$

dengan:

Y_t = data aktual periode t.

\hat{Y}_t = data prediksi periode t.

n = banyaknya data.

2.10 Denormalisasi

Menurut Hidayat, dkk. (2012), denormalisasi dapat memberikan atau mengembalikan data ke bentuk data semula, sehingga didapatkan hasil peramalan dari data training. Adapun rumus denormalisasi dalam range [0, 1] (Cynthia & Ismanto, 2018):

$$X_i = y_n(X_{max} - X_{min}) + X_{min} \quad (2.23)$$

dengan:

X_i = nilai data normal.

X_{max} = data dengan nilai maksimum.

y_n = hasil output jaringan.

X_{min} = data dengan nilai minimum.

2.11 Bank Rakyat Indonesia (BBRI)

Berdasarkan portal resmi Bank Rakyat Indonesia, Bank Rakyat Indonesia (BRI) adalah salah satu bank milik pemerintah yang terbesar di Indonesia yang didirikan di Purwokerto, Jawa Tengah pada tanggal 16 Desember 1895. PT. Bank Rakyat Indonesia melakukan penawaran umum perdana atau *Initial Public Offering* (IPO) pada tahun 2003. Keuntungan dalam investasi saham diperoleh melalui *dividen* dan *capital gain*. *Capital gain* adalah keuntungan dari selisih harga beli dan harga jual dari saham. *Dividen* adalah keuntungan berdasarkan nilai harga yang ditentukan dari setiap lembar saham.

Menurut Zulfikar (2016) faktor yang mempengaruhi harga saham dapat berasal dari faktor internal seperti faktor fundamental perusahaan, aksi korporasi perusahaan dan proyeksi kinerja perusahaan dan faktor eksternal seperti kondisi fundamental ekonomi makro, fluktuasi kurs rupiah terhadap mata uang asing, kebijakan pemerintah, faktor panic, dan faktor manipulasi pasar.

III. METODOLOGI DAN PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun akademik 2023/2024 bertempat di Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari <https://finance.yahoo.com/> mengenai saham Bank Rakyat Indonesia (BBRI.JK). Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data harian saham Bank Rakyat Indonesia (BBRI.JK) periode 11 Mei 2020 sampai 28 Maret 2024. Tabel 1 menunjukkan data yang digunakan dalam penelitian ini memiliki 4 variabel yaitu: Harga Pembukaan (*Open*), Harga Tertinggi (*High*), Harga Terendah (*Low*), Harga Penutupan (*Close*).

Tabel 2. Data Penelitian

Date	Open	High	Low	Close
11/05/2020	2390,87	2399,96	2363,6	2381,78
12/05/2020	2381,78	2390,87	2245,42	2263,6
13/05/2020	2236,33	2290,87	2218,14	2245,42
14/05/2020	2218,14	2254,51	2118,15	2136,33
15/05/2020	2163,6	2181,78	2009,06	2036,33
18/05/2020	2045,42	2063,6	1963,6	1972,69
19/05/2020	2045,42	2199,96	2045,42	2154,51
20/05/2020	2145,42	2272,69	2109,05	2254,51
26/05/2020	2318,14	2318,14	2245,42	2290,87
27/05/2020	2309,05	2390,87	2290,87	2390,87
...
15/03/2024	6000	6075	5950	5975
18/03/2024	6000	6100	5975	6000
19/03/2024	6000	6050	5975	6000
20/03/2024	6000	6100	6000	6100
21/03/2024	6175	6200	6100	6100
22/03/2024	6050	6125	6050	6125
25/03/2024	6250	6250	6125	6250
26/03/2024	6300	6300	6200	6300
27/03/2024	6300	6325	6225	6250

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini akan mencari model jaringan saraf tiruan untuk mendapatkan struktur model terbaik menggunakan algoritma *backpropagation neural network* dengan bantuan *software* Python. Selain itu akan dievaluasi berdasarkan nilai kesalahan terkecil dari beberapa fungsi aktivasi yang digunakan. Adapun langkah-langkah penelitian ini adalah :

1. Melakukan analisis deskriptif pada data inflasi di Indonesia dari 11 Mei 2020 hingga 28 Maret 2024.
2. Melakukan normalisasi data menggunakan min-max dengan menggunakan persamaan 2.1.
3. Menentukan data masukan dan data keluaran. Dimana data masukan menggunakan data 12 bulan sebelumnya sedangkan data keluarannya menggunakan data bulan berikutnya. Menentukan korelasi data dari empat variabel yaitu: Harga Pembukaan (*Open*), Harga Tertinggi (*High*), Harga Terendah (*Low*), Harga Penutupan (*Close*), untuk menentukan variabel mana yang berpengaruh terhadap variabel Penutupan (*Close*).
4. Melakukan pembagian data yaitu data latih dan data uji. Dimana memiliki 4 skema pembagian data, yaitu 60% data latih dan 40% data uji, 70% data latih dan 30% data uji, 80% data latih dan 20% data uji, serta 90% data latih dan 10% data uji.
5. Membangun parameter jaringan dengan menggunakan fungsi aktivasi *Rectified Linear Unit (ReLU)*, *sigmoid* dan *tanH*. Dengan *epoch* 20 iterasi dan *learning rate* sebesar 0,001.
6. Pembuatan model *backpropagation neural network*.
 - a. Melakukan proses *training*.
 - b. Melakukan proses *testing*.
7. Penentuan arsitektur terbaik *backpropagation neural network* dari proses pelatihan dengan melihat nilai MSE terkecil.
8. Melakukan tahapan peramalan data harga penutupan pada Agustus 2024.
9. Melakukan denormalisasi data hasil peramalan menggunakan persamaan (2.23).

V. KESIMPULAN

Hasil analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Model *Neural Network* yang dibangun menggunakan fungsi aktivasi *TanH* dengan pembagian data *training* 80% (755 data) dan data *testing* 20% (189 data).
2. Arsitektur Jaringan model *Backpropagation Neural Network* terbaik berupa 3 *input layer*, 3 *hidden layer* dan 1 *output layer*.
3. Model *Neural Network* yang diperoleh cukup baik dalam memprediksi Harga Penutupan (*Close*) saham BBRIJK dengan menghasilkan nilai MSE sebesar 0.000086 dan MAPE sebesar 1.420717%.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, R. 2019. Contoh Perhitungan Algoritma Backpropagation. <https://structilmy.com/blog/2019/07/31/contoh-perhitungan-algoritmabackpropagation/>. Diakses pada 2 Juni 2023.
- Arhami, R., & Nasir, M. (2020). *Data Mining Algoritma dan Pemrograman*. Yogyakarta: Andi.
- Cynthia, E., & Ismanto, E. (2018). *Metode Decision Tree Algoritma C.45 Dalam Mengklasifikasi Data Penjualan Bisnis Gerai Makanan Cepat Saji*. Jurasik (Jurnal Riset Sistem Informasi Dan Teknik Informatika), 3, 1. doi:10.30645/jurasik.v3i0.60)
- Fausett, L. (1994). *Fundamental of Neural Networks: Architectures, Algorithms, and Applications*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Haykin, S. (1999). *Neural Network: The Comprehensive Foundation, 2th ed.* . New Jersey: Prentice-Hall.
- Hanke, J., & Winchern, D. (2004). *Business Forecasting* (Vol. 8). United States of America: Pearson Education Inc.
- Herdianto. (2013). *Prediksi Kerusakan Motor Induksi Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Hermawan, A. (2006). *Jaringan Syaraf Tiruan, Teori, dan Aplikasi*. Yogyakarta: Andi.

- James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2013). *An Introduction to Statistical Learning: Applications in R*. Berlin: Springer.
- Lewis, N. (2017). *Neural Network for Time Series Forecasting with R*. US: CrateSpace Independent Publishing Platform.
- Maulida, A. (2011). "Penggunaan Elman Recurrent Neural Network Dalam Peramalan Suhu Udara Sebagai Faktor Yang Mempengaruhi Kebakaran Hutan." *Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Nurmila, N., Sugiharto, A., & Sarwoko, E. (2010). *Algoritma Backpropagation Neural Network untuk Pengenalan Pola Karakter Huruf Jawa*. *Jurnal Masyarakat Informatika*. 1(1): 2086-4930.
- Rinjani, S., Hoyyi, A., & Suparti. (2019). *Pemodelan Fungsi Transfer dan Backpropagation Neural Network untuk Peramalan Harga Emas*. *Jurnal Gaussian*. 8(4): 474-485.
- Salman, A.G. & Prasetio, Y.L. 2010. Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Recurrent dengan Metode Pembelajaran Gradient Adaptive Learning Rate untuk Pendugaan Curah Hujan Berdasarkan Peubah ENSO. *ComTech*. 1(2): 418-429.
- Siang, J. (2005). *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Andi.
- Sitepu, A., & Sigiro, M. (2021). *Analisis Fungsi Aktivasi Relu Dan Sigmoid Menggunakan Optimizer Sgd Dengan Representasi Mse Pada Model Backpropagation*. *JUTSAL (Jurnal Teknik Informatika Komputer Universal)*. 1(1). 12-25.
- Utami, A., & Ulama, B. (2015). *Penerapan Backpropagation untuk Meningkatkan Efektivitas Waktu dan Akurasi pada Data Wall-Following Robot Navigation*. *Jurnal Sains dan Seni*.

Widiastuti, F., Kaswidjanti, W., & Rustamaji, H. (2014). *Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation Untuk Aplikasi Pengenalan Tanda Tangan*. Telematika, vol.11, no.1.

Zulfikar. (2016). *Pengantar Pasar Modal Dengan Pendekatan Statistika Edisi Pertama, Cetakan Pertama*. Yogyakarta: Gramedia.