

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**IMPLEMENTASI JARINGAN SARAF TIRUAN
BACKPROPAGATION UNTUK PREDIKSI TINGGI
GELOMBANG WILAYAH PERAIRAN RIAU**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Informatika

Oleh

M. RIJAL UTOMO
11451105913



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU**

2022

LEMBAR PERSETUJUAN

**IMPLEMENTASI JARINGAN SARAF TIRUAN
BACKPROPAGATION UNTUK PREDIKSI TINGGI
GELOMBANG WILAYAH PERAIRAN RIAU
UIN SUSKA RIAU**

TUGAS AKHIR

Oleh

M. RIJAL UTOMO
11451105913

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir

Di Pekanbaru, pada tanggal 13 Januari 2022

Pembimbing,



EKA PANDU CYNTHIA, S.T., M.Kom
NIP. 19890814 202012 2 012

LEMBAR PENGESAHAN

IMPLEMENTASI JARINGAN SARAF TIRUAN BACKPROPAGATION UNTUK PREDIKSI TINGGI GELOMBANG WILAYAH PERAIRAN RIAU

LAPORAN TUGAS AKHIR MAHASISWA JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA

UIN SUSKA RIAU

Oleh

M. RIJAL UTOMO
NIM. 11451105913

Telah dipertahankan di depan sidang dewan penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau



NIP. 19640301 199203 1 003

DEWAN PENGUJI

Ketua : Muhammad Affandes, M.T
Pembimbing I : Eka Pandu Cynthia, S.T., M.Kom
Penguji I : Elvia Budianita, S.T., M.Cs
Penguji II : Iis Afrianty, S.T., M.Sc

Pekanbaru, 13 Januari 2022

Mengesahkan,

Ketua Jurusan,

Iwan Iskandar, S.T., M.T

NIP. 19821216 201503 1 003

Lampiran Surat :

Nomor : Nomor 25/2021

Tanggal : 10 September 2021

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : M. Rijal Utomo

NIM : 11451105913

Tempat/Tgl. Lahir : Pekanbaru / 29 April 1995

Fakultas/Pascasarjana : Sains dan Teknologi

Prodi : Teknik Informatika

Judul ~~Disertasi/Thesis/Skripsi/Karya Ilmiah lainnya*~~:

IMPLEMENTASI JARINGAN SARAF TIRUAN *BACKPROPAGATION* UNTUK PREDIKSI
TINGGI GELOMBANG WILAYAH PERAIRAN RIAU

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa :

1. Penulisan ~~Disertasi/Thesis/Skripsi/Karya Ilmiah lainnya*~~ dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada karya tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu ~~Disertasi/Thesis/Skripsi/Karya Ilmiah lainnya*~~ saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.
4. Apa bila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan ~~Disertasi/Thesis/Skripsi/(Karya Ilmiah lainnya)*~~ saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

Demikianlah Surat Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 22 Januari 2022.
.....
uat pernyataan

M. Rijal Utomo
NIM : 11451105913

**pilih salah satu sesuai jenis karya tulis*



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan sezing penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebarkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda pinjaman dan tanggal pinjam.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, 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 didalam daftar pustaka.

Pekanbaru, 13 Januari 2022

Yang membuat pernyataan,

M. RIJAL UTOMO
NIM. 11451105913

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah Rabbil ‘Alamiin...

Wahai Tuhan yang Maha Berilmu, hanya karena karunia-Mu lah hamba-Mu akhirnya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini

Allah Azza Wa Jalla

Sholawat serta salam untuk Rasulullah

Muhammad Shallallahu ‘Alaihi Wasallam

Skrisi ini aku persembahkan kepada wanita paling hebat, tercantik dan paling perhatian yang tidak pernah lelah mendo’akan anak-anaknya di setiap sujudnya sehat-sehat selalu

Mamak

kepada panutan hidupku, tulang punggung keluarga sosok pahlawan yang nyata dalam kehidupan yang selalu memberikan kritik untuk mendorong saya jaga selalu kesehatanmu

Bapak

kepada Adik-adikku yang selalu menolong dan menyemangati Abang dan tidak lupa juga kepada semua teman-teman kelas F dan angkatan 2014 teknik informatika



ABSTRAK

Perairan merupakan suatu kumpulan massa air pada suatu wilayah tertentu, baik yang mengalir seperti laut dan sungai maupun tergenang seperti danau. Perairan di Indonesia memiliki manfaat yang sangat besar baik di bidang transportasi, ekonomi, pendidikan, pertahanan Negara, dan sebagainya. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh arsitektur jaringan saraf tiruan terbaik dengan mengambil studi kasus tinggi gelombang. Data yang digunakan dalam penelitian ini dikumpulkan dari Instagram @infobmkg mulai dari 12 juni 2020 sampai 29 april 2021. Dengan menggunakan metode *backpropagation* dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan, yaitu dengan inialisasi bobot, aktivasi, menghitung bobot *input* dan bias *output* dan perubahan bobot dan bias. Hasil dari tahapan tersebut menghasilkan *output* yakni nilai *error* terkecil. Penelitian ini menggunakan 4 parameter pengujian seperti pembagian data, jumlah *neuron hidden layer*, maksimal *epoch* dan nilai *learning rate*. Nilai *error* terkecil dihasilkan pada model arsitektur jaringan dengan pembagian data 90% data latih, 10% data uji, jumlah *neuron hidden layer* 14 dengan maksimal *epoch* 10.000, dan *learning rate* 0,1. Mendapatkan nilai *error* MSE sebesar 0,012852 dan nilai *gradient* 0,00013026.

Kata kunci : *Backpropagation*, Tinggi Gelombang, *Mean Square Error*, Prediksi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

ABSTRACT

Waters are a collection of masses of water in a certain area, both flowing like seas and rivers or inundated like lakes. Waters in Indonesia have enormous benefits both in the fields of transportation, economy, education, national defense, and so on. This study aims to obtain the best artificial neural network architecture by taking a case study of wave height. The data used in this study were collected from Instagram @infobmkg from 2020 June 12 to 2021 April 29. Using the backpropagation method in this study, several stages were carried out, namely by initializing weights, activation, calculating input weights and output bias and changes in weights and biases. The results of these stages produce an output that is the smallest error value. This study uses 4 test parameters such as data sharing, the number of neuron hidden layers, maximum epochs and learning rate values. The smallest error value is generated in the network architecture model with 90% training data sharing, 10% test data, the number of hidden layer 14 neurons with a maximum epoch of 10000, and a learning rate of 0.1. Get the MSE error value 0.012852 and the value of gradient 0.00013026.

Keywords : *Backpropagation, Mean Square Error, Prediction, Wave Height*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu 'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.

Alhamdulillah Rabbil Alamin, Puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Allah Subhana wa ta'ala yang telah melimpahkan rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Implementasi Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* Untuk Prediksi Tinggi Gelombang Wilayah Perairan Riau”**. Shalawat beserta salam kepada junjungan kita Rasulullah Muhammad *Shallallahu 'Alaihi wa Sallam* sebagai tauladan kita.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat kelulusan dalam menyelesaikan Program Studi di Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains & Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Selama penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak pengetahuan, bimbingan, dukungan, arahan, serta masukan yang menuju ke arah kebaikan dari semua pihak sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Semua itu tentu terlalu banyak bagi penulis untuk membalasnya, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Khairunnas M.Ag., sebagai Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
Bapak Dr. Hartono, M.Pd., sebagai Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
Bapak Iwan Iskandar, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
Ibu Siti Ramadhani, S.Pd., M.Kom selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberi arahan, saran dan motivasi kepada penulis selama kuliah dan penyusunan Tugas Akhir ini.
Ibu Eka Pandu Cynthia, S.T., M.Kom., selaku pembimbing tugas akhir yang selalu memberikan arahan, bimbingan, motivasi, serta kritik dan saran yang sangat membangun dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Ibu Elvia Budianita, S.T., M.Cs., sebagai penguji I yang telah memberikan arahan, kritik, dan saran kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Ibu Iis Afrianty, S.T., M.Sc., sebagai penguji II yang telah memberikan arahan, kritik, dan saran kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Bapak dan Ibu Dosen Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama perkuliahan.

Orang tua tercinta Bapak Drs. Samsuddin dan Ibu Dra. Sumarmi, yang selalu memotivasi diri ini dan untuk yang selalu mendo'akan yang terbaik, serta Adik-adik penulis Teguh Rianto, M. Alif, Lukman, dan M. Khaidir Ali yang selalu senantiasa mendo'akan, dan menjadi alasan sebagai penyemangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

10. Teman-teman seperjuangan TIF F angkatan 2014 yang selalu mendo'akan dan memberi dukungan serta semangat kepada penulis.
11. Teman-teman seangkatan TIF 2014, senior TIF, dan junior TIF yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu namanya.
12. Semua pihak yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Dalam penulisan laporan ini, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan harus diperbaiki. Untuk itu penulis membuka diri dalam menerima masukan berupa kritik dan saran yang membangun dapat disampaikan ke alamat email: **m.rijal.utomo@students.uin-suska.ac.id** dimana nantinya bertujuan untuk menyempurnakan penelitian agar lebih baik di masa yang akan datang. Akhir kata, penulis berharap semoga Laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. *Wassalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh*

Pekanbaru 2022

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SIMBOL.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Jaringan Saraf Tiruan	6
2.1.1 Komponen Jaringan Saraf Tiruan	7
2.1.2 Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan.....	8
2.1.3 Fungsi Aktivasi Jaringan Saraf Tiruan.....	10
2.1.4 Algoritma Pembelajaran	14
2.2 Metode <i>Backpropagation</i>	15
2.2.1 Algoritma Pembelajaran <i>Backpropagation</i>	16
2.2.2 Algoritma Pengujian <i>Backpropagation</i>	19

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.3	Normalisasi dan Denormalisasi	20
2.4	Model Runtut Waktu.....	21
2.5	Ukuran Akurasi Peramalan.....	22
2.5.1	Rata-rata Deviasi Mutlak (<i>Mean Absolute Deviation</i>).....	22
2.5.2	Rata-rata Kuadrat Kesalahan (<i>Mean Square Error</i>)	22
2.5.3	Rata-rata Persentase Kesalahan Absolut (<i>Mean Absolute Percentage Error</i>)	23
2.5.4	Rata-rata Kesalahan Peramalan (<i>Mean Forecast Error</i>).....	23
2.6	Prediksi Tinggi Gelombang Perairan	24
2.6.1	Tinggi Gelombang Perairan.....	24
2.7	Penelitian Terkait.....	24
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		31
3.1	Studi Pustaka	32
3.2	Perumusan Masalah	32
3.3	Pengumpulan Data	32
3.4	Analisa Data	32
3.5	Implementasi dan Pengujian.....	35
3.5.1	Implementasi.....	35
3.5.2	Pengujian	35
3.6	Kesimpulan dan Saran.....	35
BAB 4 PEMBAHASAN.....		36
4.1	Analisa Kebutuhan Data.....	36
4.1.1	Normalisasi Data.....	39
4.1.2	Pembagian Data	40
4.1.3	Data Masukan	40
4.2	Analisa Metode <i>Backpropagation</i>	41
4.3	Perhitungan Manual Bobot <i>Random</i>	43
4.4	Implementasi	49
4.5	Pengujian	50

4.5.1	Skenario A.1	50
4.5.2	Skenario A.2	51
4.5.3	Skenario B.1.....	53
4.5.4	Skenario B.2.....	54
4.5.5	Skenario C.1.....	57
4.5.6	Skenario C.2.....	58
4.5.7	Kesimpulan Pengujian.....	60

BAB 5 PENUTUP 62

5.1	Kesimpulan.....	62
5.2	Saran.....	62

DAFTAR PUSTAKA..... xvii

LAMPIRAN A xx

LAMPIRAN B xxiii

LAMPIRAN C xxxvii

LAMPIRAN D xxxviii

LAMPIRAN E lxxxi

LAMPIRAN F..... cli

LAMPIRAN G..... ccxxi

DAFTAR RIWAYAT HIDUP..... ccxci

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur <i>Neuron</i> Jaringan Saraf Tiruan	7
Gambar 2.2 Arsitektur <i>Single Layer Net</i>	8
Gambar 2.3 Arsitektur <i>Multi Layer Net</i>	9
Gambar 2.4 Arsitektur <i>Competitive Layer Net</i>	10
Gambar 2.5 Fungsi Aktivasi Linear (Identitas)	10
Gambar 2.6 Fungsi Aktivasi Undak Biner (<i>Hard Limit</i>).....	11
Gambar 2.7 Fungsi Aktivasi Undak Biner (<i>Threshold</i>)	11
Gambar 2.8 Fungsi Aktivasi Bipolar (<i>Symetric Hard Limit</i>)	11
Gambar 2.9 Fungsi Aktivasi Bipolar (dengan <i>Threshold</i>)	12
Gambar 2.10 Fungsi Aktivasi <i>Saturating Linear</i>	12
Gambar 2.11 Fungsi Aktivasi <i>Symetric Saturating Linear</i>	13
Gambar 2.12 Fungsi Aktivasi <i>Sigmoid biner</i>	13
Gambar 2.13 Fungsi Aktivasi <i>Sigmoid bipolar</i>	14
Gambar 3.1 Tahapan Metodologi Penelitian	31
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Prosedur Pelatihan	33
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> Prosedur Pengujian	34
Gambar 4.1 Arsitektur Jaringan <i>Backpropagation</i>	42
Gambar 4.2 Skenario A.1	50
Gambar 4.3 Skenario A.2	51
Gambar 4.4 Skenario B.1	54
Gambar 4.5 Skenario B.2	55
Gambar 4.6 Skenario C.1	57
Gambar 4.7 Skenario C.2	58
Gambar 4.8 Grafik Pengujian Aristektur Terbaik.....	61

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR TABEL

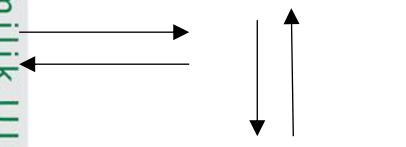


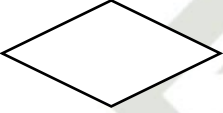
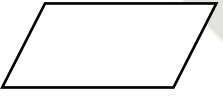
Tabel 2.1 Pengolahan Data <i>Time Series</i>	22
Tabel 2.2 Penelitian Terkait	24
Tabel 4.1 Data harian tinggi gelombang wilayah perairan Riau (m)	36
Tabel 4.2 Data rata-rata tinggi gelombang wilayah perairan Riau (m)	37
Tabel 4.3 Data masukan setelah normalisasi	39
Tabel 4.4 Variabel data <i>input</i> dan target	40
Tabel 4.5 Data <i>time series</i>	41
Tabel 4.6 Data Latih Hitung Manual	43
Tabel 4.7 Bobot dan Bias Awal <i>Input</i> ke <i>Hidden</i>	43
Tabel 4.8 Bobot dan Bias Awal <i>Hidden</i> ke <i>Output</i>	44
Tabel 4.9 Jumlah Sinyal Masuk <i>Input</i> ke <i>Hidden</i>	44
Tabel 4.10 Nilai <i>Hidden Layer</i>	45
Tabel 4.11 Koreksi Bobot Bias <i>Input</i> ke <i>Hidden</i>	46
Tabel 4.12 Nilai kesalahan <i>error hidden</i>	47
Tabel 4.13 Koreksi bobot bias <i>Hidden</i> ke <i>Output</i>	47
Tabel 4.14 Bobot Bias <i>Input</i> ke <i>Hidden</i> baru	48
Tabel 4.15 Bobot Bias <i>Hidden</i> ke <i>Output</i> baru	48
Tabel 4.16 Hasil Pelatihan Skenario A	52
Tabel 4.17 Hasil Pelatihan Skenario B	55
Tabel 4.18 Hasil Pelatihan Skenario C	59
Tabel 4.19 Model Arsitektur Terbaik	60

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR SIMBOL

Keterangan Simbol *Flowchart*

	<p><i>Flow Direction</i> Penghubung simbol yang satu dengan simbol lain.</p>
	<p><i>Terminator</i> Simbol awal (<i>start</i>) atau akhir (<i>end</i>).</p>
	<p><i>Process</i> Menyatakan suatu tindakan (proses).</p>
	<p><i>Decision</i> Menunjukkan suatu kondisi tertentu yang menghasilkan jawaban ya atau tidak.</p>
	<p><i>Input/Output</i> Menyatakan proses <i>input</i> atau <i>output</i> tanpa tergantung jenis peralatan.</p>

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perairan merupakan suatu kumpulan massa air pada suatu wilayah tertentu, baik yang bersifat dinamis atau mengalir seperti laut dan sungai maupun statis atau tergenang seperti danau. Perairan juga merupakan sumber pokok utama bagi kehidupan masyarakat[1]. Penggunaan perairan dalam kehidupan sehari-hari sudah dikenal oleh masyarakat sejak dahulu. Sebelum adanya teknologi modern seperti saat ini, laut merupakan jalur utama ekonomi bagi suatu wilayah yang tidak berada pada suatu daratan yang sama. Hingga sekarang, laut mempunyai fungsi sangat penting bagi suatu negara.

Indonesia adalah negara keenam yang memiliki jumlah pulau-pulau yang terbanyak di dunia. Hal ini menyatakan, bahwa pulau-pulau di Indonesia saling terpisah satu sama lain dengan suatu perairan. Perairan di Indonesia memiliki manfaat yang sangat besar baik di bidang transportasi, ekonomi, pendidikan, pertahanan negara, dan sebagainya. Perairan merupakan salah satu jalur alternatif bagi masyarakat untuk berpergian maupun melakukan pengiriman barang dari satu pulau ke pulau yang lain[2]. Masyarakat pesisir yang sebagai profesi nelayan juga memanfaatkan wilayah perairan sebagai keberlangsungan hidup sehari-hari.

Aktivitas masyarakat di perairan tidak lepas dari terjadi suatu kecelakaan atau hambatan dalam pelayaran. Selain terjadi karena faktor manusia, faktor alam menjadi faktor yang sulit dihindari. Menurut penelitian [3] dari 156 kecelakaan kapal laut yang terjadi dalam kurun waktu 2011-2015 di kesyahbandaran utama Tanjung priok, 86 diantaranya disebabkan oleh faktor alam. Gelombang tinggi merupakan salah satu unsur iklim yang harus diprediksi, mengingat masyarakat Indonesia banyak yang memanfaatkan wilayah perairan. Ketinggian gelombang dapat dipengaruhi pada beberapa faktor, seperti kecepatan angin, bentuk pantai

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dan gempa bumi. Oleh karena itu, prediksi ketinggian gelombang diperlukan dalam aktivitas pelayaran.

Beberapa penelitian mengenai prediksi ketinggian gelombang perairan telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan metode yang berbeda. Penelitian yang dilakukan oleh [2] menggunakan paralel *Particle Swarm Optimazation* dalam melatih Jaringan Saraf Tiruan. Peneliti melakukan pengujian terhadap nilai *error* antara pelatihan yang dilakukan secara paralel dan pengujian terhadap kecepatan dalam menyelesaikan *epoch* maksimal. Pengujian dijalankan menggunakan parameter yaitu maksimal *epoch* 1000; w 0,729; $C1$ 1,49 dan $C2$ 1,49 dengan dataset sebanyak 70% untuk pelatihan dan 30% untuk pengujian. Hasil dari kesalahan pelatihan sebesar 12% dan kesalahan pengujian sebesar 0,68%. Penelitian serupa dilakukan oleh [4] yang menggunakan algoritma *Lavenberg-Marquardt* dalam memprediksi ketinggian gelombang laut. Data yang diolah dalam penelitian ini sebanyak 301 data, dimana 70% data digunakan untuk pelatihan dan 30% data digunakan untuk pengujian. Peneliti menggunakan lapisan *input* 7 masukan yang merupakan jumlah hari dalam seminggu dan *output* terdiri dari satu *neuron* yaitu data hari kedelepan. Struktur ideal yang didapat dalam penelitian ini adalah dengan jumlah *hidden layer* = 2 dan *neuron* pada *hidden layer* = 9 dengan nilai *Mean Absolute Percetage Error* sebesar 0,175.

Metode *backpropagation* adalah metode pelatihan jaringan saraf tiruan. *Backpropagation* dapat digunakan untuk melatih kemampuan jaringan untuk memberikan jawaban yang benar untuk pola entri dengan pola yang digunakan selama pelatihan. Algoritma *backpropagation* merupakan algoritma *multilayer* yang terdiri dari 3 lapisan yaitu *input*, *hidden*, dan *output*. Diantara lapisan-lapisan ini disebut dengan lapisan *perceptron* yang memiliki nilai bias unit. Bias dapat dilihat sebagai *entry* yang nilainya selalu 1 dan bekerja untuk merubah nilai ambang batas $A = 0$, Pada jaringan *backpropagation* setiap unit *input layer* saling terhubung dengan *output layer*. Hal yang sama berlaku untuk *hidden layer*. Setiap unit di *hidden layer* juga saling terhubung ke setiap unit di *output layer* [5].

Terdapat tiga tahap dalam *backpropagation* yaitu umpan maju, umpan mundur, dan pembaruan bobot. Sebelum melakukan ketiga tahapan tersebut, tahap pertama adalah inisialisasi atau memasukkan nilai bobot awal secara acak dengan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

rentang dari 0 hingga 1, Secara umum, langkah-langkah untuk menghitung metode *backpropagation* dimulai ketika menentukan nilai bobot awal secara acak, kemudian dilanjutkan dengan pelatihan data dan akhirnya pengujian data [6]. Pola data akan dinormalisasi dengan tujuan menyesuaikan nilai bobot dengan rentang angka 0 dan 1, Nilai bobot akan terus mengalami perubahan di setiap iterasi untuk mencapai batas pelatihan setelah melalui pembelajaran umpan maju, umpan mundur dan pembaruan bobot. Setelah mendapatkan bobot yang diinginkan, maka dilanjutkan pada tahap akhir yaitu pengujian [7].

Algoritma *backpropagation* telah banyak digunakan untuk menyelesaikan berbagai masalah simulasi termasuk prediksi. Beberapa penelitian mengenai penggunaan jaringan saraf tiruan dan metode *backpropagation* telah banyak dilakukan dan terbukti menghasilkan akurasi yang cukup baik. Penelitian yang dilakukan oleh [8] dalam memprediksi ketinggian gelombang laut pada pantai lebih Gianyar. Pada penelitian ini menggunakan 12 *input layer*, 10 *hidden layer*, dan 1 *output*. Jumlah *epoch* maksimal sebanyak 10.000, *learning rate* 0,1 dengan *error goal* sebesar 0,01 dan momentum sebesar 0,95. Proses pelatihan menggunakan 48 data yang menghasilkan koefisien kolerasi sebesar 0,99101 dan nilai *Mean Square Error* yang didapat sebesar 0,00099745. Dalam proses pengujian menghasilkan koefisien kolerasi sebesar 0,9652 dengan nilai *error* sebesar 0,0042314. Penelitian lain dilakukan oleh [9] untuk memprediksi jumlah penderita penyakit demam berdarah dengue di kota Semarang. Peneliti menggunakan 71 data latih dan 25 data uji dari 96 data yang dimiliki dengan perbandingan 70% data latih dan 30% data uji, lalu maksimal *epoch* sebanyak 10.000, Pelatihan dalam penelitian menghasilkan dua pelatihan paling cepat dengan durasi waktu 19 menit, yaitu pada *learning rate* 0,3 dengan jumlah *neuron* tersembunyi 10 *neuron* dan pada *learning rate* 0,5 dengan jumlah *neuron* tersembunyi 10 *neuron*. Pengujian menghasilkan *Mean Absolute Percentage Error* terkecil, yaitu 4,48 pada *learning rate* 0,7 dan jumlah *neuron* tersembunyi sebanyak 50 *neuron* dengan nilai akurasi sebesar 95,52%.

Berdasarkan penjelasan dan uraian beberapa penelitian diatas, maka pada penelitian ini akan dilakukan implementasi jaringan saraf tiruan dengan metode *backpropagation*. Metode *backpropagation* digunakan untuk memprediksi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

ketinggian gelombang wilayah perairan Riau. Harapan dalam penelitian ini nantinya dapat menghasilkan suatu *output* prediksi tinggi gelombang perairan dengan tingkat akurasi yang baik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka didapatkan rumusan masalah yaitu “Bagaimana menerapkan jaringan saraf tiruan dengan menggunakan metode *backpropagation* dalam melakukan prediksi pada tinggi gelombang wilayah perairan Riau serta berapa tingkat akurasi yang dihasilkan ?”

1.3 Batasan Masalah

Setelah melihat dari rumusan permasalahan yang telah dijelaskan, maka diberikan beberapa batasan masalah agar tujuannya dari penelitian ini menjadi tepat dan tidak keluar dari topik penelitian. Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data dalam penelitian ini didapatkan dari media komunikasi instagram *official* Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
2. Data yang digunakan adalah data harian prakiraan tinggi gelombang wilayah perairan Riau dalam rentang waktu 12 juni 2020 sampai dengan 30 april 2021,
3. Data *output* berupa data prediksi tinggi gelombang wilayah perairan Riau pada hari berikutnya.

1.4 Tujuan Masalah

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengimplementasikan jaringan saraf tiruan *backpropagation* untuk prediksi tinggi gelombang wilayah perairan Riau.
2. Mengetahui hasil akurasi penelitian berdasarkan pengujian.
3. Mendapatkan model arsitektur dengan nilai *error* terkecil, berdasarkan jumlah *hidden neuron layer*, *learning rate*, maks. *epoch* dan pembagian data.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

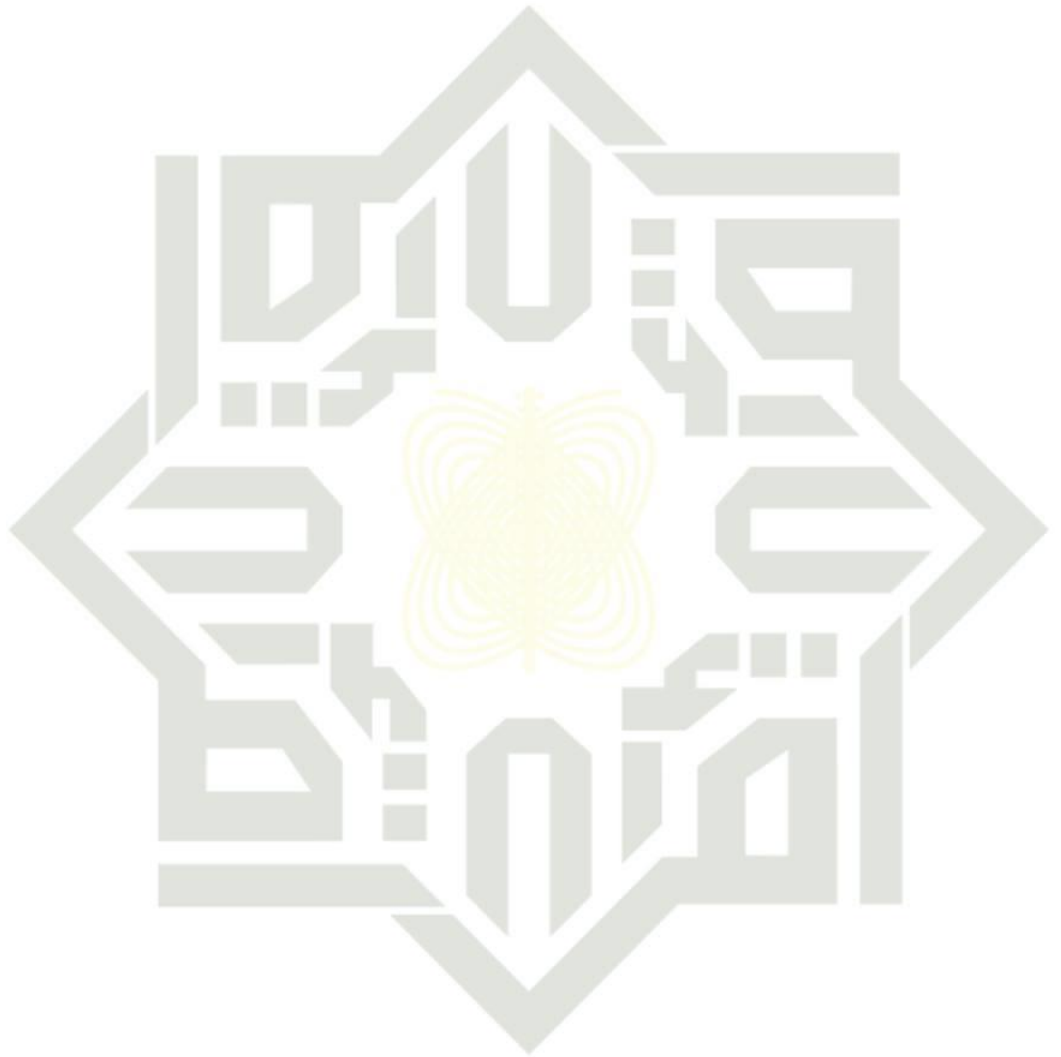
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini, peneliti dapat mengetahui pengaruh nilai *learning rate*, *neuron hidden layer*, *max epoch* dan pembagian data dalam metode *backpropagation*.



UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA

2.1 Jaringan Saraf Tiruan

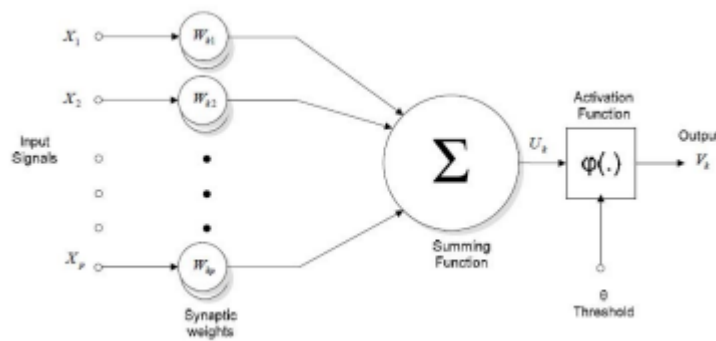
Jaringan saraf tiruan merupakan salah satu sistem pemrosesan informasi yang dibuat dengan cara meniru cara kerja otak manusia dalam penyelesaian suatu permasalahan dengan melakukan proses belajar melalui perubahan bobot sinapsisnya. Jaringan saraf tiruan juga meniru kerja otak manusia dari sudut kekuatan koneksi antar unit yang disebut *synaptic weight*, berfungsi untuk menyimpan pengetahuan yang telah diperoleh dari jaringan tersebut. Aplikasi jaringan saraf tiruan memiliki kemampuan untuk menyimpan pengetahuan berdasarkan pengalaman dan menjadikan pengetahuan tersebut bermanfaat. Data masa lalu akan dipelajari oleh jaringan saraf tiruan sehingga mempunyai kemampuan untuk memberi keputusan terhadap data yang belum pernah dipelajari [10].

Jaringan saraf tiruan biasanya tersusun dari elemen-elemen pada lapisan-lapisan yang terhubung yang diberi bobot. Jaringan ini memodifikasi bobot tersebut berdasarkan serangkaian *input* yang diberikan dari luar sistem tersebut, sehingga menghasilkan *output* yang konsisten dan serupa dengan *input* yang diberikan. Setiap elemen akan memproses berdasarkan operasi matematika yang telah diberikan pada setiap elemen [11]. Jaringan saraf tiruan memiliki tiga karakteristik utama, yaitu:

1. Arsitektur jaringan, merupakan pola berhubungan antar *neuron*. Keterhubungan antar *neuron* ini yang membentuk suatu jaringan.
2. Algoritma jaringan, merupakan metode untuk menentukan nilai bobot hubungan. Terdapat dua jenis metode yaitu metode pelatihan atau pembelajaran dan metode pengenalan atau aplikasi.
3. Fungsi aktivasi, merupakan fungsi untuk menentukan nilai keluaran berdasarkan nilai total masukan pada *neuron*. Fungsi aktivasi suatu algoritma jaringan dapat berbeda dengan fungsi aktivasi algoritma jaringan lain.

2.1.1 Komponen Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan saraf tiruan terdiri dari beberapa *neuron* yang saling berhubungan seperti jaringan otak manusia. *Neuron-neuron* tersebut akan mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluar menuju *neuron* yang lain. Satu sel saraf terdiri atas tiga bagian, yaitu fungsi penjumlah (*summing function*), fungsi aktivasi (*activation function*), dan keluaran (*output*). Berikut menunjukkan struktur *neuron* pada jaringan saraf tiruan [12].



Gambar 2.1 Struktur *Neuron* Jaringan Saraf Tiruan

Cara kerja *neuron* buatan mirip dengan sel *neuron* biologis. Informasi (*input*) akan dikirim ke *neuron* dengan bobot kedatangan tertentu. *Input* ini kemudian diproses oleh suatu fungsi perambatan yang akan menjumlahkan nilai-nilai semua bobot yang datang. Hasil penjumlahan ini kemudian akan dibandingkan dengan suatu nilai ambang (*threshold*) tertentu melalui fungsi aktivasi setiap *neuron*. Apabila *input* tersebut melewati suatu nilai ambang tertentu, maka *neuron* tersebut akan diaktifkan. Namun jika tidak, maka *neuron* tersebut tidak diaktifkan. Apabila *neuron* tersebut diaktifkan, maka *neuron* tersebut akan mengirimkan *output* melalui bobot-bobot *output* ke semua *neuron* yang terhubung.

Setiap pola-pola informasi *input* dan *output* yang diberikan ke dalam jaringan saraf tiruan diproses dalam *neuron*. *Neuron*-neuron tersebut berkumpul di dalam lapisan-lapisan yang disebut *neuron layers*. Lapisan-lapisan penyusun jaringan saraf tiruan terbagi menjadi tiga, yaitu:

1. Lapisan *input*, unit-unit pada lapisan *input* menerima pola *input* data dari luar yang menggambarkan suatu permasalahan.
2. Lapisan *hidden*, unit-unit pada lapisan tersembunyi dimana *output*-nya tidak dapat secara langsung diamati.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

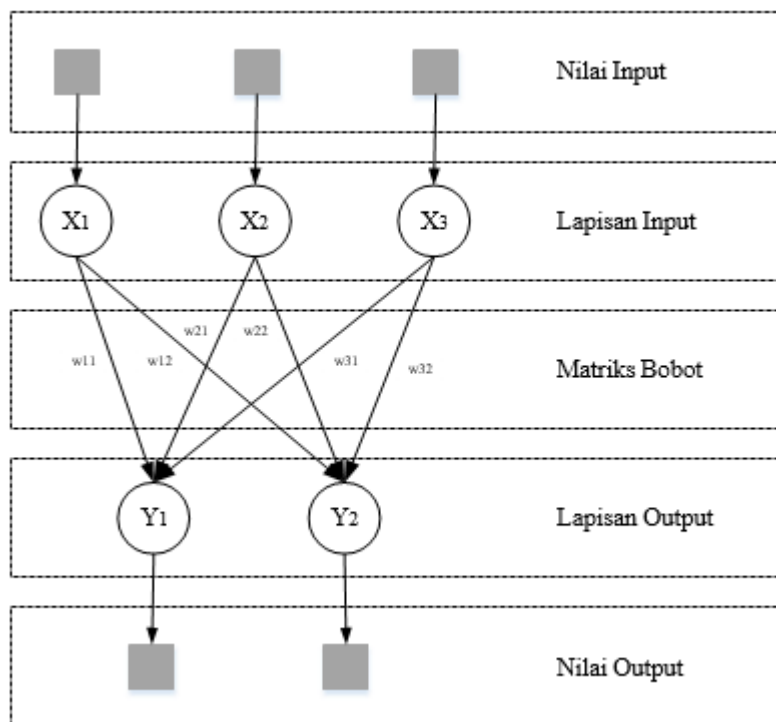
3. Lapisan *output*, unit-unit *output* pada lapisan ini merupakan solusi jaringan saraf tiruan terhadap suatu permasalahan.

2.1.2 Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan

Secara umum, arsitektur jaringan saraf tiruan terdiri dari beberapa lapisan, yaitu lapisan masukan (*input layer*), lapisan tersembunyi (*hidden layer*), dan lapisan keluaran (*output layer*). Masing-masing lapisan mempunyai jumlah node atau *neuron* yang berbeda-beda. Beberapa arsitektur jaringan saraf tiruan adalah sebagai berikut:

1. Jaringan saraf dengan lapisan tunggal (*single layer net*)

Jaringan dengan lapisan tunggal hanya memiliki satu lapisan dengan bobot-bobot terhubung. Jaringan ini hanya menerima *input* kemudian secara langsung akan mengolahnya menjadi *output* tanpa harus melalui lapisan tersembunyi [11].



Gambar 2.2 Arsitektur Single Layer Net

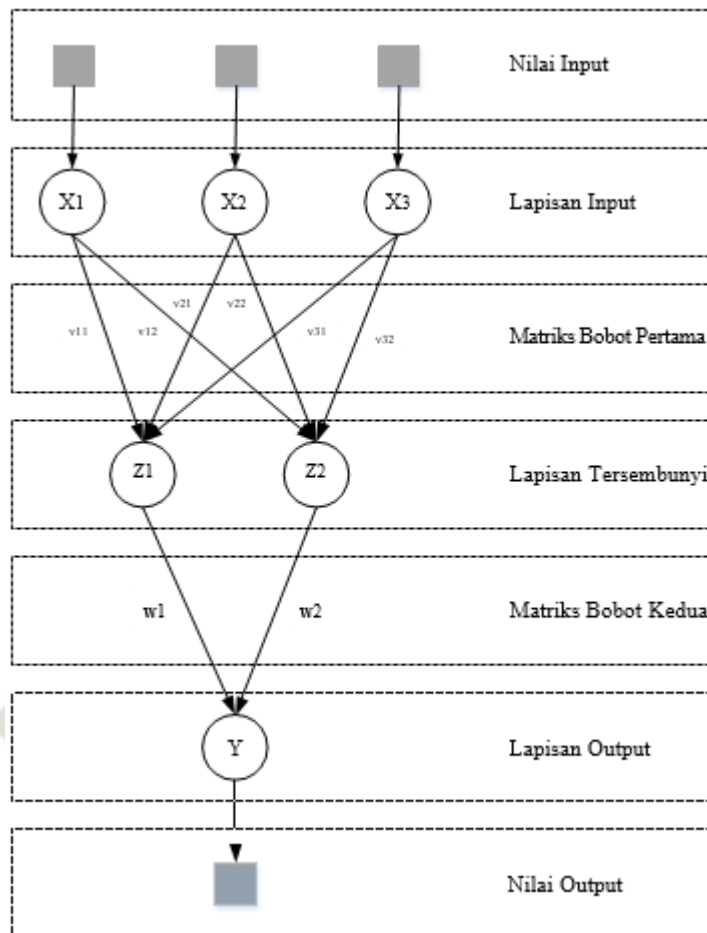
2. Jaringan saraf dengan banyak lapisan (*multi layer net*)

Jaringan dengan banyak lapisan memiliki satu atau lebih lapisan yang terletak diantara lapisan *input* dan lapisan *output*, atau disebut dengan lapisan tersembunyi. Arsitektur ini dapat menyelesaikan permasalahan yang

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

lebih sulit daripada jaringan dengan lapisan tunggal karena pembelajaran yang lebih rumit [11].

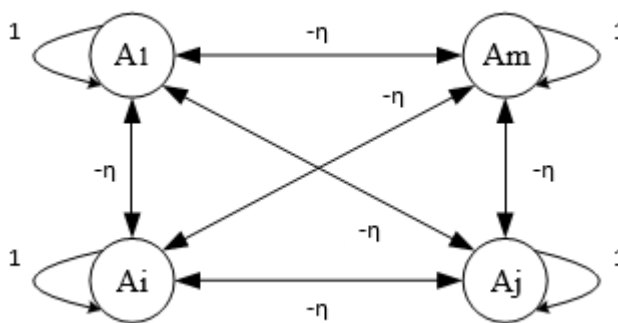


Gambar 2.3 Arsitektur *Multi Layer Net*

3. Jaringan saraf dengan lapisan kompetitif (*competitive layer net*)
 Jaringan saraf dengan lapisan kompetitif ini adalah jaringan yang mempunyai minimal satu *feedback loop*. Sebagai contoh, suatu *competitive layer net* bias terdiri atas satu lapisan *neuron* tunggal dengan masing-masing *neuron* memberikan kembali *output*-nya sebagai *input* data pada semua *neuron* yang lain. Arsitektur ini memiliki bentuk yang berbeda, dimana antara *neuron* dapat saling dihubungkan [11].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.4 Arsitektur *Competitive Layer Net*

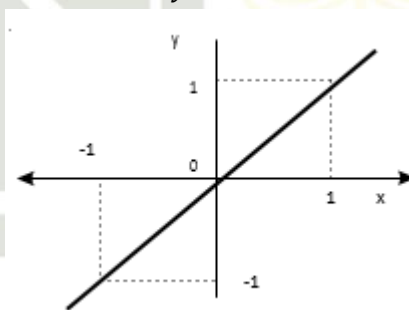
2.1.3 Fungsi Aktivasi Jaringan Saraf Tiruan

Sebuah sinyal aktivasi diperlukan oleh suatu *neuron* untuk menyalakan atau memadamkan penjalaran sinyal dari *neuron* tersebut. Sinyal aktivasi dalam jaringan saraf tiruan ditentukan oleh suatu fungsi aktivasi. Berikut rangkuman adalah rangkuman beberapa fungsi aktivasi yang sering digunakan dalam jaringan saraf tiruan [11].

1. Fungsi Linear (Identitas)

Fungsi linear memiliki nilai *output* yang sama dengan *input*. Fungsi linear dirumuskan sebagai:

$$y = x \tag{2.1}$$



Gambar 2.5 Fungsi Aktivasi Linear (Identitas)

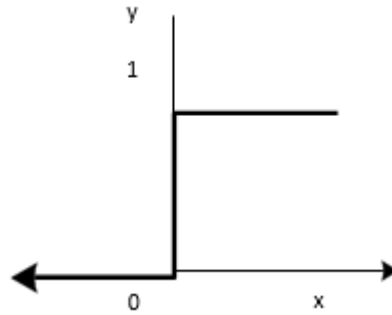
2. Fungsi Undak Biner (*Hard Limit*)

Jaringan dengan lapisan tunggal sering menggunakan fungsi undak (*step function*) untuk mengkonversi *input* dari suatu variabel yang bernilai kontinu ke suatu *output* biner (0 dan 1). Fungsi undak biner (*hard limit*) dirumuskan sebagai:

$$y = \begin{cases} 0, & \text{jika } x \leq 0 \\ 1, & \text{jika } x > 0 \end{cases} \tag{2.2}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

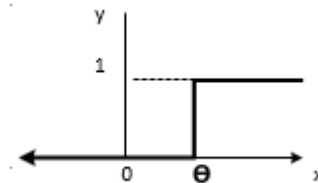


Gambar 2.6 Fungsi Aktivasi Undak Biner (*Hard Limit*)

3. Fungsi Undak Biner (*Threshold*)

Fungsi undak biner dengan menggunakan nilai ambang sering juga disebut dengan nama fungsi nilai ambang (*threshold*) atau fungsi *Heaviside*. Fungsi undak biner dengan nilai ambang (θ) dirumuskan sebagai:

$$y = \begin{cases} 0, & \text{jika } x < \theta \\ 1, & \text{jika } x \geq \theta \end{cases} \quad (2.3)$$

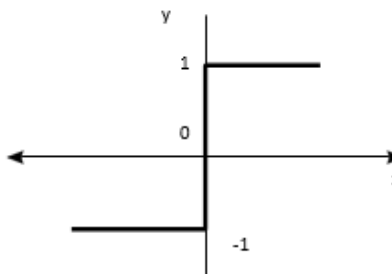


Gambar 2.7 Fungsi Aktivasi Undak Biner (*Threshold*)

4. Fungsi Bipolar (*Symetric Hard Limit*)

Fungsi bipolar hampir sama dengan fungsi undak biner, hanya saja *output* yang dihasilkan berupa 1, 0 atau -1, Fungsi *symetric hard limit* dirumuskan sebagai:

$$y = \begin{cases} 1, & \text{jika } x > 0 \\ 0, & \text{jika } x = 0 \\ -1, & \text{jika } x < 0 \end{cases} \quad (2.4)$$



Gambar 2.8 Fungsi Aktivasi Bipolar (*Symetric Hard Limit*)

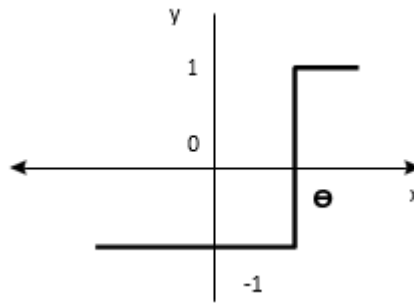
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

5. Fungsi Bipolar (dengan *Threshold*)

Fungsi bipolar hampir sama dengan fungsi undak biner dengan *threshold*, hanya saja *output* yang dihasilkan berupa 1, 0 atau -1, Fungsi bipolar dengan nilai ambang (θ) dirumuskan sebagai:

$$y = \begin{cases} 1, & \text{jika } x \geq \theta \\ -1, & \text{jika } x < \theta \end{cases} \quad (2.5)$$

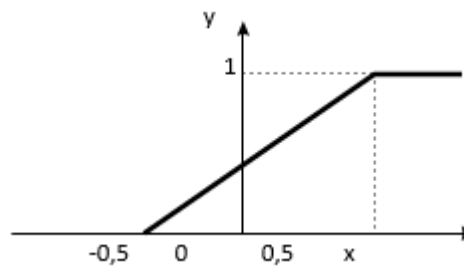


Gambar 2.9 Fungsi Aktivasi Bipolar (dengan *Threshold*)

6. Fungsi *Saturating Linear*

Fungsi ini akan bernilai 0 jika *input* kurang dari -0,5 dan akan bernilai 1 jika *input* lebih dari 0,5. Sedangkan jika nilai *input* terletak diantara -0,5 dan 0,5 maka *output* akan bernilai sama dengan nilai *input* ditambah 0,5. Fungsi *Saturating Linear* dirumuskan sebagai:

$$y = \begin{cases} 1, & \text{jika } x \geq 0,5 \\ x + 0,5, & \text{jika } -0,5 \leq x \leq 0,5 \\ 0, & \text{jika } x \leq -0,5 \end{cases} \quad (2.6)$$



Gambar 2.10 Fungsi Aktivasi *Saturating Linear*

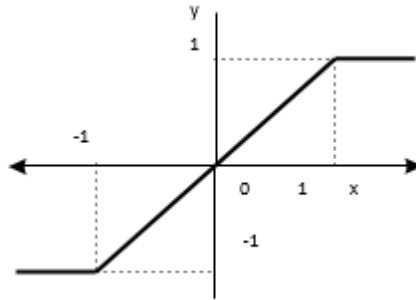
7. Fungsi *Symetric Saturating Linear*

Fungsi ini akan bernilai -1 jika *input* kurang dari -1, dan akan bernilai 1 jika *input* lebih dari 1, Sedangkan jika nilai *input* terletak diantara -1 dan 1, maka *output* akan bernilai sama dengan *input*. Fungsi *Symetric Saturating Linear* dirumuskan sebagai:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$y = \begin{cases} 1, & \text{jika } x \geq 1 \\ x, & \text{jika } -1 \leq x \leq 1 \\ -1, & \text{jika } x \leq -1 \end{cases} \quad (2.7)$$



Gambar 2.11 Fungsi Aktivasi Symetric Saturating Linear

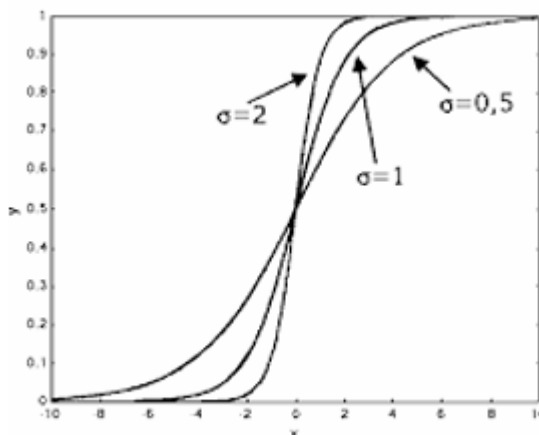
8. Fungsi Sigmoid biner

Fungsi ini digunakan untuk jaringan saraf tiruan yang dilatih dengan metode *backpropagation*. Fungsi *sigmoid biner* memiliki nilai pada *range* 0 sampai 1, Oleh karena itu, fungsi ini sering digunakan untuk jaringan saraf tiruan yang membutuhkan nilai *output* yang terletak pada interval 0 sampai 1, Namun, fungsi ini juga dapat digunakan oleh jaringan saraf tiruan yang memiliki nilai *output* 0 atau 1, Fungsi *sigmoid biner* dirumuskan sebagai:

$$y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\sigma x}} \quad (2.8)$$

dengan:

$$f'(x) = \sigma f(x)[1 - f(x)] \quad (2.9)$$



Gambar 2.12 Fungsi Aktivasi Sigmoid biner

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

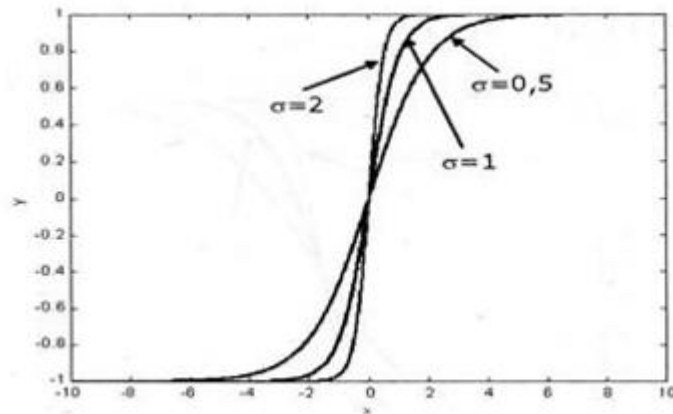
9. Fungsi *Sigmoid bipolar*

Fungsi *sigmoid bipolar* hampir sama dengan fungsi *sigmoid biner*, hanya saja *output* dari fungsi ini memiliki *range* antara 1 sampai -1, Fungsi *sigmoid bipolar* dirumuskan sebagai:

$$y = f(x) = \frac{1 - e^{-x}}{1 + e^{-x}} \quad (2.10)$$

dengan:

$$f'(x) = \frac{\sigma}{2} [1 + f(x)][1 - f(x)] \quad (2.11)$$



Gambar 2.13 Fungsi Aktivasi Sigmoid bipolar

2.1.4 Algoritma Pembelajaran

Proses belajar pada jaringan saraf tiruan merupakan suatu proses di mana parameter-parameter bebas jaringan saraf tiruan diadaptasikan melalui suatu proses perangsangan berkelanjutan oleh lingkungan dimana jaringan berada [11]. Proses pembelajaran atau pelatihan merupakan proses perubahan bobot antar *neuron* sehingga sebuah jaringan dapat menyelesaikan suatu masalah. Semakin besar bobot keterhubungan, maka akan semakin cepat dalam menyelesaikan suatu masalah. Proses pembelajaran dalam jaringan saraf tiruan dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu:

1. Belajar dengan Pengawasan (*Supervised Learning*)

Metode pembelajaran yang menggunakan sejumlah pasangan data masukan dan keluaran yang diharapkan. Pada pembelajaran ini, apabila terjadi perbedaan antara pola *output* hasil pembelajaran dengan pola target, maka akan muncul *error*. Apabila nilai *error* masih cukup besar, maka harus dilakukan lebih banyak pembelajaran.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Belajar tanpa Pengawasan (*Unsupervised Learning*)

Metode ini tidak memerlukan target *output*. Pada pembelajaran ini, tidak dapat ditentukan hasil yang diharapkan selama proses pembelajaran. Selama proses pembelajaran, nilai bobot disusun dalam satu *range* tertentu tergantung pada nilai *input* yang diberikan. Tujuan dari pembelajaran ini adalah mengelompokkan unit-unit yang hampir sama dalam suatu area tertentu, sangat cocok digunakan untuk pengelompokkan (klasifikasi) pola.

2.2 Metode *Backpropagation*

Metode *backpropagation* merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi. Biasanya digunakan oleh *perceptron* dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan *neuron-neuron* yang ada pada lapisan tersembunyi. Algoritma ini banyak digunakan untuk menyelesaikan suatu permasalahan yang rumit. *Backpropagation* memiliki proses pembelajaran maju dan perbaikan kesalahan secara mundur [13].

Pada metode *backpropagation* terdapat tiga fase pelatihan yang digunakan, yakni fase perambatan maju, fase perambatan balik, dan fase perubahan bobot. Ketiga fase ini akan di ulang terus-menerus hingga kondisi penghentiannya terpenuhi. Umumnya kondisi penghentian yang biasa digunakan adalah jumlah iterasi ataupun kesalahan/ target *error* [14]. *Backpropagation* terdiri atas beberapa *hidden* unit yang memiliki tujuan untuk meminimalkan *error* pada *output* yang dihasilkan oleh jaringan. Semakin banyak jumlah *layer* dan *hidden* unit yang digunakan pada jaringan, maka jaringan tersebut akan semakin kompleks dan hasil prediksi akan semakin baik, namun memakan waktu yang lebih lama untuk proses pelatihan [15].

Pada jaringan ini diberikan pola masukan dan pola keluaran, ketika suatu pola diberikan kepada jaringan. Bobot-bobot diubah untuk memperkecil perbedaan pola, antara pola keluaran dan pola yang diharapkan. Latihan ini dilakukan berulang-ulang sehingga semua pola keluaran pada jaringan sesuai dengan pola yang diharapkan (Riswanto, Sutikno, & Indriyanti, 2014). Proses latihan yang berulang-ulang pada metode *backpropagation* ini menjadikan metode ini memiliki kelebihan yaitu dapat digunakan untuk mewujudkan sistem yang konsisten bekerja dengan lebih baik [16].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.2.1 Algoritma Pembelajaran *Backpropagation*

Terdapat 3 tahap dalam pembelajaran metode *backpropagation* yaitu perambatan maju (*feedforward*), perambatan balik (*backward*) dan perubahan bobot (*weight update*). Algoritma *backpropagation* menggunakan *error output* untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur. Untuk mendapatkan nilai *error* ini, tahap perambatan maju harus dikerjakan terlebih dahulu. Pada saat perambatan maju, *neuron-neuron* diaktifkan dengan fungsi aktivasi yang dapat didiferensiasikan seperti sigmoid. Berikut langkah-langkah algoritma *backpropagation* secara rinci [17]:

- Langkah 0 : Melakukan inisialisasi bobot awal dengan menggunakan bilangan acak kecil;
- Langkah 1 : Selama kondisi berhenti belum terpenuhi, kerjakan langkah 2 sampai 9;
- Langkah 2 : Melakukan perhitungan langkah 3 sampai 8 untuk setiap pasang data pelatihan;

Tahap *Feedforward*

- Langkah 3 : Setiap *neuron* yang ada pada lapisan *input* ($x_i, i = 1, 2, 3, \dots, n$) menerima sinyal dan meneruskan ke semua *neuron* yang ada pada *hidden layer*.
- Langkah 4 : Setiap *neuron* yang ada pada lapisan tersembunyi ($z_j, j = 1, 2, 3, \dots, n$) jumlahkan bobotnya dengan bobot sinyal masukan masing-masing, dengan persamaan berikut:

$$z_{in_j} = v_{0j} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \tag{2.12}$$

Keterangan Rumus:

- z_{in_j} : Total sinyal masukan pada lintasan j ,
- v_{0j} : Nilai bobot bias,
- x_i : Nilai *input* dari unit i ,
- v_{ij} : Bobot antara unit i dengan lapisan unit j ;

Kemudian terapkan fungsi aktivasi untuk menghitung keluarannya, disini menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid biner*:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$z_j = f(z_in_j) = \frac{1}{1 + e^{-z_in_j}} \quad (2.13)$$

$$f'(z_in_j) = z_j(1 - z_j) \quad (2.14)$$

Langkah 5 : Setiap *neuron* yang ada pada lapisan *output* ($y_k, k = 1, 2, 3, \dots, p$) tambahkan bobotnya dengan bobot sinyal masukan masing-masing, dengan persamaan berikut:

$$y_in_k = w_{0k} + \sum_{i=1}^p z_i \cdot w_{jk} \quad (2.15)$$

Keterangan Rumus:

- y_in_k : Total sinyal masukan pada lintasan j ,
 w_{0k} : Nilai bias pada lapisan tersembunyi,
 z_i : Nilai *input* dari unit i ,
 w_{jk} : Bobot antara unit k dengan lapisan unit j ;

Tahap Back forward

Langkah 6 : Setiap unit *output* ($y_k, k = 1, 2, 3, \dots, p$) akan menerima pola target yang sesuai dengan pola *input* pelatihan, kemudian lakukan perhitungan *error* antara target dengan *output* yang dihasilkan jaringan, menggunakan persamaan berikut:

$$\delta_k = (t_k - y_k) \cdot f'(y_in_k) \quad (2.16)$$

Faktor δ_k digunakan untuk menghitung koreksi *error* Δw_{jk} yang nantinya akan dipakai untuk memperbaiki w_{jk} menggunakan persamaan:

$$\Delta w_{jk} = \alpha \cdot \delta_k \cdot z_j \quad (2.17)$$

Selain itu juga dihitung koreksi bias Δw_{0k} yang nantinya akan dipakai untuk memperbaiki w_{0k} menggunakan persamaan:

$$\Delta w_{0k} = \alpha \cdot \delta_k \quad (2.18)$$

Keterangan Rumus:

- δ_k : Faktor kesalahan pada unit keluaran k ,
 α : *Learning rate*,

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Faktor δ_k kemudian dikirimkan ke lapisan yang berada pada langkah ke-7;

Langkah 7 : Setiap unit yang ada pada *hidden layer* ($z_j, j = 1, 2, 3, \dots, n$) menambahkan nilai delta masukannya (dari langkah ke-6) yang sudah berbobot:

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k \cdot w_{jk} \quad (2.19)$$

Kemudian hasilnya dikalikan dengan turunan dari fungsi aktivasi yang digunakan untuk menghitung informasi kesalahan *error* δ_i dimana:

$$\delta_j = \delta_{in_j} \cdot f'(z_{in_j}) = \delta_{in_j} \cdot z_j \cdot (1 - z_j) \quad (2.20)$$

Kemudian hitung koreksi bobot dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta v_{ij} = \alpha \cdot \delta_j \cdot x_i \quad (2.21)$$

Dan selanjutnya hitung koreksi bias dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta v_{0j} = \alpha \cdot \delta_j \quad (2.22)$$

Tahap Perubahan Bobot dan Bias

Langkah 8 : Setiap unit *output* ($y_k, k = 1, 2, 3, \dots, p$) dilakukan perubahan bobot dan bias ($j = 0, 1, 2, \dots, m$) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$w_{jk}(\text{baru}) = w_{jk}(\text{lama}) + \Delta w_{jk} \quad (2.23)$$

Setiap unit *hidden* ($z_j, j = 1, 2, 3, \dots, n$) dilakukan perubahan bobot bias ($i = 0, 1, 2, \dots, n$) menggunakan persamaan:

$$v_{ij}(\text{baru}) = v_{ij}(\text{lama}) + \Delta v_{ij} \quad (2.24)$$

Langkah 9 : Pelatihan ini dilakukan secara berulang-ulang. Tes kondisi berhenti apabila *error* ditemukan. Jika kondisi berhenti terpenuhi, maka pelatihan jaringan dapat dihentikan. Berikut persamaan untuk mencari *error*:

$$e_k = t_k - y \quad (2.25)$$

Keterangan Rumus:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- e_k : Error baru,
 t_k : Target error,
 y : Hasil keluaran pada *output layer*.

2.2.2 Algoritma Pengujian Backpropagation

Setelah tahapan pelatihan selesai, mulailah melakukan tahapan pengujian. Pada prosedur ini hanya menggunakan perambatan maju (*feedforward*) dari algoritma pelatihan, berikut adalah tahapannya [17]:

- Langkah 0 : Inisialisasi bobot (diambil dari hasil pelatihan);
 Langkah 1 : Untuk setiap pasangan data *input*, kerjakan langkah 2 sampai 4;

Tahap Feedforward

- Langkah 2 : Setiap *neuron* yang terdapat pada *input layer* $x_i, i = (1, 2, 3, \dots, m)$ akan menerima sinyal dan meneruskannya ke semua *neuron* yang terdapat pada *hidden layer*;
 Langkah 3 : Setiap *neuron* yang terdapat pada *hidden layer* $z_j, j = (1, 2, 3, \dots, n)$ tambahkan jumlah bobotnya dengan bobot sinyal masukan masing-masing, menggunakan persamaan berikut:

$$z_in_j = v_{0j} + \sum_{i=1}^n x_i \cdot v_{ij} \quad (2.26)$$

Keterangan Rumus:

- z_in_j : Total sinyal masukan pada lintasan j ,
 v_{0j} : Nilai bobot bias,
 x_i : Nilai *input* dari unit i ,
 v_{ij} : Bobot antara unit i dengan lapisan unit j ,

Kemudian terapkan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal keluarannya, disini menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid biner*:

$$z_j = f(z_in_j) = \frac{1}{1 + e^{-z_in_j}} \quad (2.27)$$

$$f'(z_in_j) = z_j \cdot (1 - z_j) \quad (2.28)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Kemudian kirimkan sinyal tersebut ke lapisan selanjutnya (*output layer*);

Langkah 4 : Setiap *neuron* yang ada pada lapisan *output* y_k , $k = (1, 2, 3, \dots, p)$ jumlah bobotnya dengan bobot sinyal *input* masing-masing, menggunakan persamaan berikut:

$$y_{in_k} = w_{0k} + \sum_{i=1}^n z_i \cdot w_{jk} \quad (2.29)$$

Keterangan Rumus:

y_{in_k} : Total sinyal masukan pada lintasan j ,

w_{0k} : Nilai bias pada lapisan tersembunyi,

z_i : Nilai *input* dari unit i ,

w_{jk} : Bobot antara unit k dengan lapisan unit j .

Kemudian terapkan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal keluarannya dengan menggunakan persamaan:

$$y_k = f(y_{in_k}) \quad (2.30)$$

2.3 Normalisasi dan Denormalisasi

Sebelum melakukan pelatihan dalam sistem data *input* dan data uji akan dilakukan normalisasi. Normalisasi dilakukan untuk menyesuaikan nilai data dengan *range* fungsi aktivasi yang digunakan dalam jaringan (Julpan, Nababan, & Zarlis, 2015). Normalisasi bertujuan untuk mendapatkan data dengan ukuran yang lebih kecil yang mewakili data asli tanpa kehilangan karakteristik sendirinya. Rumus dari normalisasi yaitu [18]:

$$X' = \frac{0,8(x - \min)}{\max - \min} + 0,1 \quad (2.31)$$

Keterangan Rumus:

x : nilai data ke- n yang telah dinormalisasi,

x : nilai data ke- n ,

\min : nilai data minimum x ,

\max : nilai data maksimum x .

Sedangkan denormalisasi adalah pengembalian ukuran data yang telah dinormalisasikan sebelumnya untuk mendapatkan data yang asli. Denormalisasi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dilakukan pada hasil *output* dari pelatihan. Adapun rumus dari denormalisasi yaitu sebagai berikut (Pratiwi, Putra, & Putri, 2019):

$$x_i = \frac{(x' - 0,1)(max - min)}{0,8} + min \quad (2.32)$$

Keterangan Rumus:

- x' : nilai x yang akan dilakukan denormalisasi,
- x_i : nilai hasil prediksi yang sesuai dengan x_i ,
- max : nilai maksimum pada barisan x ,
- min : nilai minimum pada barisan x .

2.4 Model Runtut Waktu

Analisis runtut waktu (*time series*) merupakan serangkaian observasi terhadap suatu variabel yang diambil secara berurutan berdasarkan interval waktu yang tetap [20]. Dalam hal ini, waktu yang dimaksud dapat berupa tahun, bulan, kuartal, minggu, dan sebagainya. Analisis runtut waktu dilakukan agar dapat menemukan pola pertumbuhan atau perubahan masa lalu, yang bisa dipergunakan untuk memperkirakan pola pada masa yang akan datang [21]. Analisis ini cukup penting dalam proses peramalan dan membantu mengurangi kesalahan dalam peramalan tersebut. Umumnya, masalah prediksi untuk data *time series* dinyatakan sebagai berikut [20]:

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \text{ untuk memprediksi data } x_{n+1} \quad (2.33)$$

Untuk memprediksikan data tersebut, harus menentukan besarnya periode dalam prediksi. Periode ini biasanya ditentukan secara intuitif. Misalnya untuk data perhari periode data yang digunakan adalah jumlah data dalam satu minggu. Jumlah data dalam satu periode ini digunakan sebagai data masukan, kemudian targetnya adalah data pada hari pertama setelah periode berakhir. Jadi data perhari dengan periode satu minggu, masukan yang digunakan yaitu tujuh masukan dan satu keluaran.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 2.1 Pengolahan Data *Time Series*

Pola	Data Masukan	Target
1	X ₁ , X ₂ , X ₃ , X ₄ , X ₅ , X ₆ , X ₇	X ₈
2	X ₂ , X ₃ , X ₄ , X ₅ , X ₆ , X ₇ , X ₈	X ₉
3	X ₃ , X ₄ , X ₅ , X ₆ , X ₇ , X ₈ , X ₉	X ₁₀
.	...	
.	...	
X _n	X ₂₀ , X ₂₁ , X ₂₂ , ..., ..., ..., X _n	X _{n+1}

2.5 Ukuran Akurasi Peramalan

Validasi metode peramalan tidak lepas dari indikator dalam pengukuran akurasi peramalan. Bagaimanapun juga terdapat sejumlah indikator dalam pengukuran kesesuaian suatu metode peramalan. Dalam banyak hal, ketepatan akurasi menunjukkan seberapa jauh model peramalan mampu memproses data yang telah diberikan [22]. Hampir semua ukuran menggunakan rata-rata beberapa fungsi dari perbedaan antara nilai target dan nilai peramalannya. Salah satu cara mengevaluasi teknik peramalan adalah menggunakan ukuran tentang tingkat perbedaan antara hasil peramalan dengan target yang sebenarnya terjadi. Ada empat ukuran yang sering digunakan, yaitu [23]:

2.5.1 Rata-rata Deviasi Mutlak (*Mean Absolute Deviation*)

MAD merupakan rata-rata kesalahan untuk selama periode tertentu tanpa memperhatikan apakah hasil peramalan lebih besar atau lebih kecil dibandingkan dengan target. Secara sistematis, dirumuskan sebagai berikut:

$$MAD = \sum \left| \frac{A_t - F_t}{n} \right| \quad (2.34)$$

Keterangan Rumus:

- A_t : nilai data pada periode ke -t,
- F_t : nilai ramalan pada periode ke -t,
- n : jumlah *input*.

2.5.2 Rata-rata Kuadrat Kesalahan (*Mean Square Error*)

MSE merupakan metode alternative dalam suatu metode peramalan. Pendekatan ini penting karena teknik ini menghasilkan kesalahan yang moderat

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

lebih disukai oleh suatu peramalan yang menghasilkan kesalahan yang sangat besar. MSE dihitung dengan menjumlahkan kuadrat semua kesalahan peramalan pada setiap periode dan membaginya dengan jumlah periode peramalan. Secara sistematis dirumuskan sebagai berikut:

$$MSE = \frac{\sum_{k=1}^n e_t^2}{n} \quad (2.35)$$

Keterangan Rumus:

- e_t : *error* ke $-t$ dari nilai data,
 n : jumlah *input*.

2.5.3 Rata-rata Persentase Kesalahan Absolut (*Mean Absolute Percentage Error*)

MAPE merupakan ukuran kesalahan relatif, biasanya lebih berarti dibandingkan dengan MAD. Karena MAPE menyatakan persentase kesalahan hasil peramalan terhadap permintaan aktual selama periode tertentu yang akan memberikan informasi persentase kesalahan terlalu tinggi atau terlalu rendah. Secara sistematis MAPE dinyatakan sebagai berikut:

$$MAPE = \left(\frac{100}{n}\right) \sum \left|A_t - \frac{F_t}{A_t}\right| \quad (2.36)$$

Keterangan Rumus:

- A_t : nilai data pada periode ke $-t$,
 F_t : nilai ramalan pada periode ke $-t$,
 n : jumlah *input*.

2.5.4 Rata-rata Kesalahan Peramalan (*Mean Forecast Error*)

MFE sangat efektif untuk mengetahui apakah suatu hasil peramalan selama periode tertentu terlalu tinggi atau terlalu rendah. Bila hasil peramalan tidak bias, maka nilai MFE akan mendekati nol. MFE dihitung dengan menjumlahkan semua kesalahan selama periode peramalan dan membaginya dengan jumlah periode peramalan. Secara sistematis, MFE dinyatakan sebagai berikut:

$$MFE = \sum \frac{(A_t - F_t)}{n} \quad (2.37)$$

Keterangan Rumus:

- A_t : nilai data pada periode ke $-t$,

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

: nilai ramalan pada periode ke $-t$,
 : jumlah *input*.

2.6 Prediksi Tinggi Gelombang Perairan

Prediksi atau prognosis adalah masalah untuk memperkirakan sejumlah besar atau kecil hal-hal dimasa depan. Berdasarkan pada masa lalu yang dipelajari secara ilmiah menggunakan metode statistic. Prakiraan atau prediksi muncul pada banyak masalah di dunia nyata, misalnya pada penyakit, pergerakan ekonomi, ramalan cuaca dan lainnya. Pada dasarnya, prediksi adalah tuduhan dari setiap peristiwa atau peristiwa masa depan. Prediksi dapat berupa kualitatif dan kuantitatif [24].

2.6.1 Tinggi Gelombang Perairan

Gelombang pada perairan pada umumnya digerakkan oleh angin yang bekerja pada permukaan laut. Angin cenderung mendorong lapisan air di permukaan laut dalam arah gerakan angin. Tetapi karena pengaruh rotasi bumi, arus tidak bergerak searah dengan arah angin tetapi dibelokkan ke arah kanan dari arah angin di belahan bumi utara dan arah kiri di belahan bumi selatan. Jadi angin dari selatan (di belahan bumi utara) akan membangkitkan arus yang bergerak ke arah timur laut [25]. Tingginya gelombang bergantung dengan kecepatan angin semakin kencang, maka tinggi gelombang akan semakin tinggi. Kondisi tersebut akan menyebabkan gelombang tinggi, dan dapat menghambat aktivitas pelayaran. Berikut adalah data prakiraan tinggi gelombang harian wilayah perairan Riau dari 15 juni 2020 sampai 29 april 2021,

2.7 Penelitian Terkait

Terdapat beberapa penelitian yang terkait dengan penelitian ini baik secara topik maupun metode yang digunakan, yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.2 Penelitian Terkait

No	Penulis dan Tahun	Judul	Hasil
1.	(Putra & Walmi, 2020)	Penerapan Prediksi Produksi Padi	Hasil pengujian yang terdiri dari 75 kali pengujian di 19

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

	Menggunakan <i>Artificial Neural Network</i> Algoritma <i>Backpropagation</i>	daerah didapatkan model dengan parameter optimum meliputi, 3 <i>input layer</i> , 3 <i>hidden layer</i> , dan 1 <i>output layer</i> dengan <i>epoch</i> sebesar 200, momentum 0,5 dan <i>learning rate</i> sebesar 0,5 menghasilkan tingkat akurasi mencapai 88,14% atau dengan tingkat <i>error</i> relative lebih rendah yaitu 11,86%.
(Wong et al., 2019)	Prediksi Tingkat Inflasi Dengan Menggunakan Metode <i>Backpropagation Neural Network</i>	Metode BPNN dengan parameter arsitektur 5-5-5-1, fungsi pembelajaran (<i>trainlm</i>), fungsi aktivasi (<i>logsig</i> , <i>tansig</i>) dan <i>learning rate</i> 0,1 mampu menghasilkan tingkat kesalahan prediksi yang cukup baik dengan nilai MSE sebesar 0,00000424.
(Putra & Wanto, 2018)	Prediksi Jumlah Nilai Impor Sumatera Utara Menurut Negara Asal Menggunakan Algoritma <i>Backpropagation</i>	Penelitian ini menggunakan 5 model arsitektur: 4-12-1, 4-15-1, 4-18-1, 4-19-1, 4-20-1, dari kelima model tersebut akurasi terbaik diperoleh pada model 4-19-1 dengan nilai akurasi 100%, <i>epoch</i> 2807 iterasi, dan MSE yaitu 0,00099930653.
(Raharja & Astra, 2018)	Prediksi Ketinggian Gelombang Laut Menggunakan Metode	Proses pelatihan menggunakan 48 pelatihan data yang menghasilkan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

		<i>Backpropagation</i> pada Pantai Lebih Gianyar	koefisien kolerasi sebesar 0,99101 dan nilai MSE 0,0009974.
	(Apriyani, 2018)	Penerapan Jaringan Saraf Tiruan <i>Backpropagation</i> Untuk Prediksi Nilai UN Siswa SMPN 2 Cihaurbeuti	Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai <i>Mean Square Error</i> (MSE) terkecil pada mata pelajaran B. Indonesia sebesar 0,011279; B. Inggris -0,019804; Matematika -0,06416 dan IPA sebesar -0,0075304 dengan kombinasi parameter pelatihan berupa 2000 <i>epoch</i> dan <i>learning rate</i> sebesar 0,1,
6.	(Melladia & Mardani, 2018)	Implementasi Algoritma <i>Backpropagation</i> Prediksi Kegagalan Siswa Pada Mata Pelajaran Matematika	Hasil prediksi menggunakan model terbaik adalah pelatihan pada pola 5-2-1 dengan waktu = 58 proses dan pencapaian MSE = 0,009892 dengan akurasi 99,9901011,
	(Lubis, 2018)	Analisis Jaringan Saraf Tiruan <i>Bacpropagation</i> Untuk Peningkatan Akurasi Prediksi Hasil Pertandingan Sepak Bola	Hasil prediksi yang akurat dari pengujian dilakukan pada hasil pertandingan sepak bola. Melalui metode <i>dataset</i> jaringan saraf dalam tes menggunakan metode optimasi diperoleh hasil yang lebih baik dengan persentase 0,03% dalam setiap tes.
	(Suhartanto et al., 2017)	Implementasi Jaringan Saraf Tiruan <i>Backpropagation</i>	Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan parameter yang

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

		untuk Mendiagnosis Penyakit Kulit pada Anak	optimal yaitu pada <i>hidden neuron</i> berjumlah 4, <i>learning rate</i> 0,4 dan <i>epoch</i> maksimum 300000, Hasil rata-rata akurasi pada penelitian adalah 87,22% yang menunjukkan bahwa metode <i>backpropagation</i> ini dapat digunakan dalam mendiagnosis penyakit kulit pada anak.
9.	(Lestari, 2017)	Jaringan Saraf Tiruan Untuk Prediksi Penjualan Jamur Menggunakan Algoritma <i>Backpropagation</i>	Penelitian ini menunjukkan bahwa metode <i>backpropagation</i> memiliki tingkat presisi penjualan yang cukup baik. Akurasi dapat dilihat dari nilai MSE = 0,00099976 selama pelatihan dan dengan nilai <i>epoch</i> 739 dan memperoleh nilai MSE = 0,00055585 selama tes.
10.	(Wanto & Windarto, 2017)	Analisis Prediksi Indeks Harga Konsumen Berdasarkan Kelompok Kesehatan Dengan Menggunakan Metode <i>Backpropagation</i>	Penelitian ini menggunakan 8 model arsitektur dan menghasilkan tingkat akurasi: 12-5-1 = 58%, 12-26-1 = 58%, 12-29-1 = 75%, 12-35-1 = 50%, 12-40-1 = 42%, 12-60-1 = 67%, 12-70-1 = 92%, dan 12-75-1 = 50%. Sehingga diperoleh model arsitektur terbaik menggunakan model 12-70-1 yang menghasilkan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

			tingkat akurasi sebesar 92% dengan MSE 0,3659742 dengan tingkat <i>error</i> yang digunakan 0,001-0,05.
11.	(Cynthia & Ismanto, 2017)	Jaringan Saraf Tiruan Algoritma <i>Backpropagation</i> Dalam Memprediksi Ketersediaan Komoditi Pangan Provinsi Riau	Dilihat dari hasil pelatihan dan pengujian dengan JST, model arsitektur yang memiliki nilai RMSE terkecil yaitu, arsitektur 7-14-1 dengan nilai kesalahan RMSE 0,0033438208, presentase presisi 99,99% dan performa 0,2185.
12.	(Triyono, Santoso, & Pranowo, 2016)	Penerapan Metode Jaringan Saraf Tiruan <i>Backpropagation</i> Untuk Meramalkan Harga Saham (IHSG)	Penelitian yang dilakukan terdiri dari data <i>input</i> sebanyak 1235 baris data. Data terdiri dari data harga pembuka, terendah, tertinggi serta penutup dari IHSG dan ditambah lagi data harga emas dan minyak. Proses peramalan menghasilkan tingkat keakuratan sebesar 99,98% dan MSE sebesar 0,9915.
13.	(Tanjung, 2015)	Jaringan Saraf Tiruan dengan <i>Backpropagation</i> untuk Memprediksi Penyakit Asma	Hasil tes menggunakan MATLAB dengan beberapa bentuk arsitektur jaringan. Arsitektur konfigurasi terbaik yang terdiri dari 18 lapisan <i>entry</i> , 8 lapisan <i>hidden</i> , dan 4 lapisan <i>output</i> dengan nilai laju pembelajaran 0,5; nilai

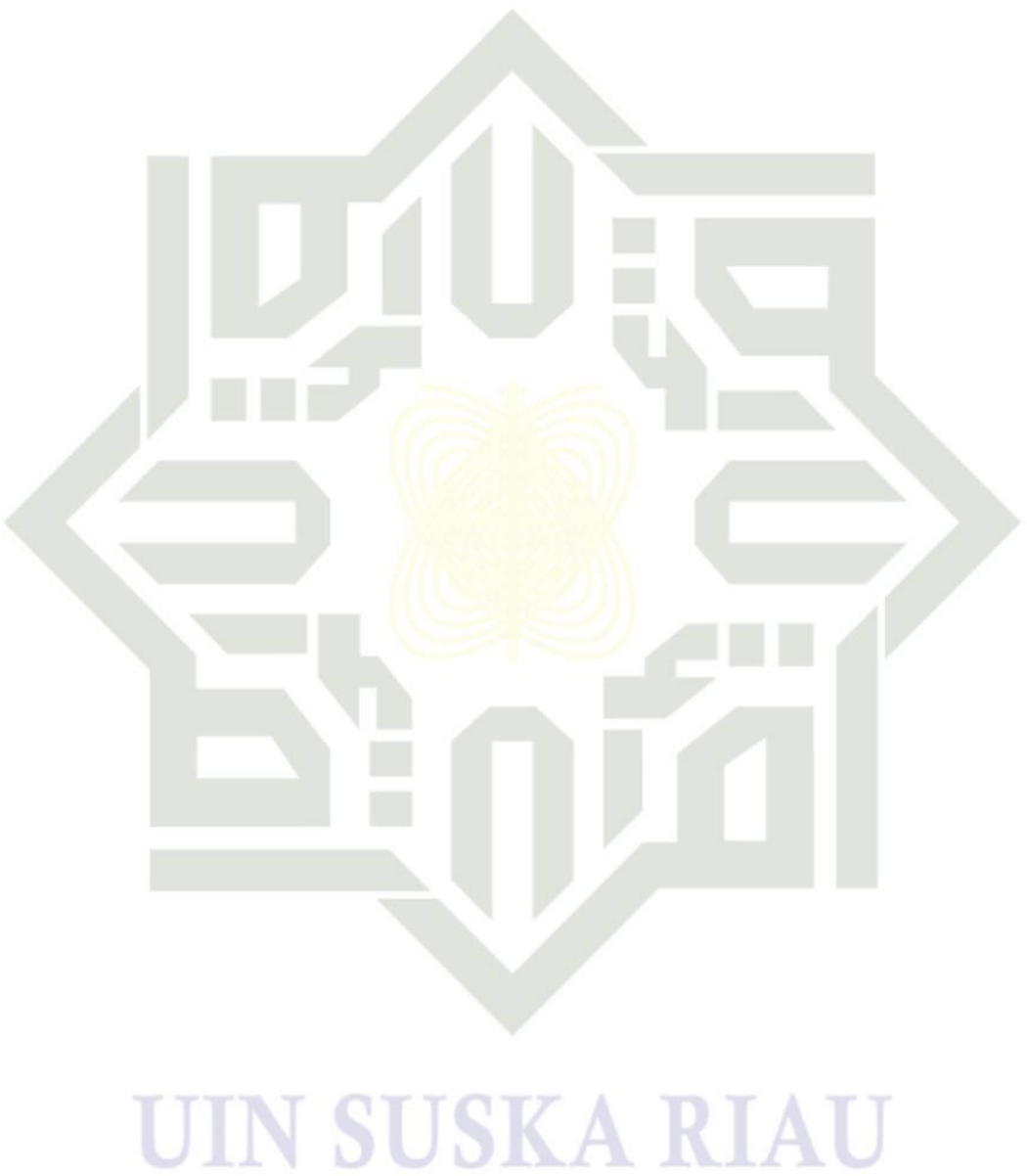
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

			toleransi kesalahan 0,001; nilai maksimum <i>epoch</i> 4707 dan MSE 0,00100139. MSE berada dibawah nilai <i>error</i> , parameter tersebut menjadi parameter terbaik karena menghasilkan jumlah nilai iterasi yang memiliki nilai akurasi MSE yang cukup baik.
14.	(Wellyantama, 2015)	Prediksi Ketinggian Gelombang Laut Perairan Laut Jawa Bagian Barat Sebelah Utara Jakarta dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan Propagasi Balik	Dari hasil pelatihan yang dilakukan berulang-ulang hingga dihentikan ketika MSE mencapai 0,17 dari lima titik menghasilkan korelasi koefisien masing-masing 0,91; 0,92; 0,91; 0,91; 0,92. Dan dari hasil pengujian menghasilkan korelasi koefisien masing-masing 0,78; 0,70; 0,72; 0,74 dan 0,71,
15.	(Andrian & Ningsih, 2014)	Prediksi Curah Hujan Di Kota Medan Menggunakan Metode <i>Backpropagation Neural Network</i>	Pengujian dengan <i>hidden</i> 5 memiliki akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan <i>hidden</i> 6, 7, dan 8. Nilai akurasi tertinggi di dapat dari pengujian data dengan jumlah <i>hidden</i> 5 dan target <i>error</i> 0,0072 yaitu 43,27%. Semakin kecil target <i>error</i> , maka jumlah iterasi akan

semakin besar. *Hidden layer* yang lebih besar tidak selalu menyebabkan jumlah iterasi meningkat.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau



State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

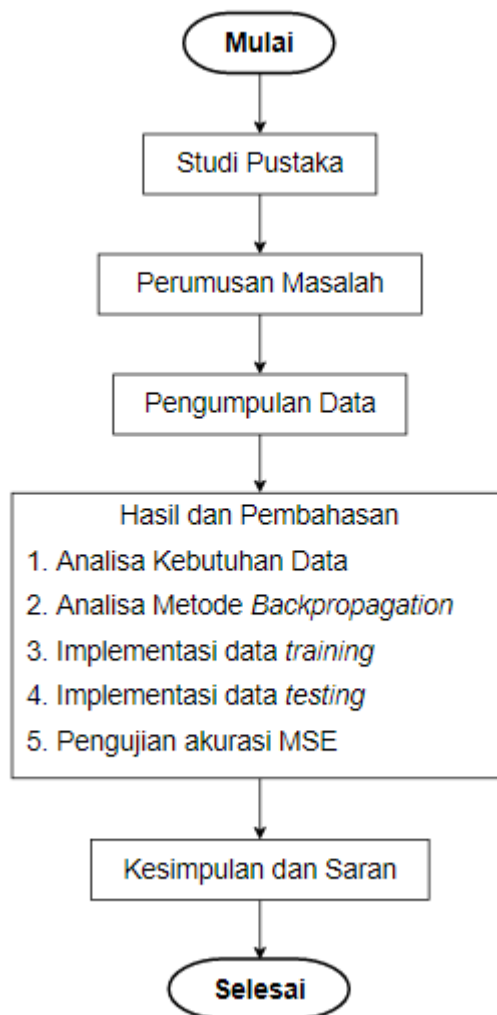


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian adalah suatu proses atau prosedur yang sistematis, yang digunakan untuk mencapai tujuan dari suatu penelitian. Sebelum melakukan penelitian perlu ditentukan tahapan-tahapan penelitian yang akan dilakukan, agar tujuan penelitian dapat tercapai. Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan penelitian yang akan dijabarkan pada gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Tahapan Metodologi Penelitian

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.1 Studi Pustaka

Tahap awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah studi pustaka. Pada tahapan ini dilakukan proses pencarian informasi melalui jurnal dan buku yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Pada penelitian ini, peneliti mengumpulkan informasi terkait dengan jaringan saraf tiruan menggunakan *backpropagation*, normalisasi dan denormalisasi, metode runtut waktu, ukuran statistik standar dan tinggi gelombang perairan.

3.2 Perumusan Masalah

Tahapan perumusan masalah dilakukan setelah mendapatkan berbagai informasi dari jurnal dan buku yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Berdasarkan hasil yang didapatkan pada tahapan studi pustaka, maka dapat dirumuskan permasalahan pada penelitian ini yaitu implementasi jaringan saraf tiruan menggunakan metode *backpropagation* dalam prediksi ketinggian gelombang wilayah perairan Riau.

3.3 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data prakiraan harian tinggi gelombang wilayah perairan Riau. Data didapatkan dari media komunikasi instagram *official* Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) di Indonesia. Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengunduh gambar yang dibagikan secara umum oleh pihak BMKG. Data yang berhasil dikumpulkan adalah dalam rentang waktu 12 juni 2020 sampai 29 april 2021 dengan jumlah total sebanyak 322 data.

3.4 Analisa Data

Pada tahapan ini merupakan tahapan dimana peneliti mendalami serta menganalisa metode jaringan saraf tiruan *backpropagation* dalam memprediksi ketinggian gelombang perairan. Adapun tahapan-tahapan Analisa sebagai berikut:

1. Normalisasi

Tahapan analisa pertama yaitu melakukan proses normalisasi data, agar data *input* sesuai dengan *range* fungsi *sigmoid biner*, dalam hal ini maka dilakukan perhitungan (2.31).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

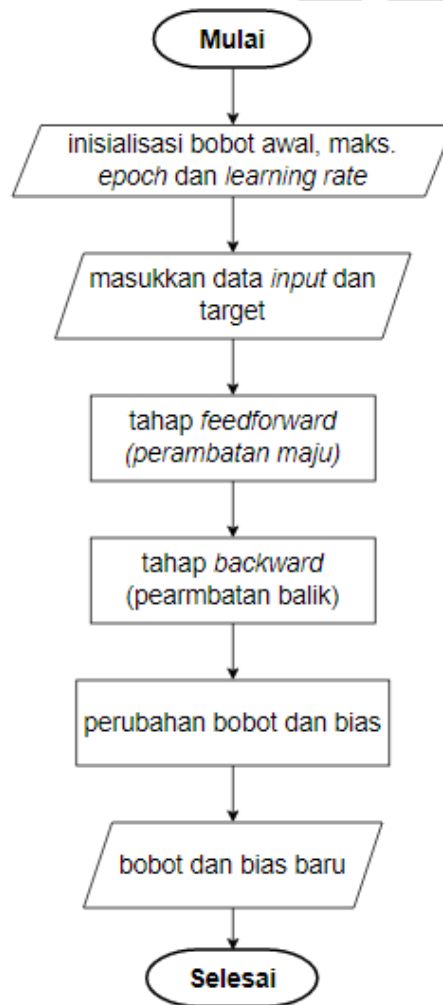
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Pembagian Data

Tahapan berikutnya melakukan pembagian data dari 12 juni 2020 sampai 30 april 2021, Dengan pembagian data pelatihan dan pengujian.

3. Analisa Prosedur Pelatihan

Tahapan pelatihan ini mencoba mengimplementasikan proses perhitungan jaringan saraf tiruan *backpropagation*. Berikut *flowchart* prosedur pelatihan *backpropagation* dalam gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Flowchart Prosedur Pelatihan

Keterangan gambar:

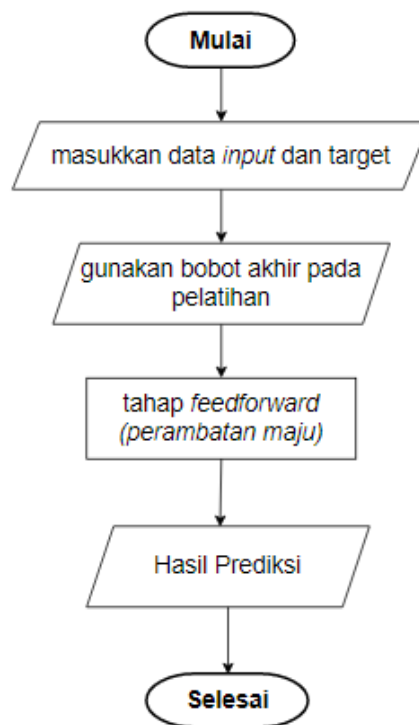
- a. Inisialisasi bobot dan bias menggunakan bilangan *random* yang cukup kecil (angka diantara 0 hingga 1).
- b. Normalisasi data dalam range fungsi *sigmoid biner* (0, 1).
- c. Masukan data pelatihan dan data target yang sudah dinormalisasikan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- d. Tahap *feedforward* melakukan persamaan (2.12) sampai (2.15).
 - e. Tahap *backward* melakukan persamaan (2.16) sampai (2.22).
 - f. Hitung Perubahan bobot melakukan persamaan (2.23), (2.24) dan (2.25).
 - g. Simpan bobot: bobot dan bias yang disimpan akan digunakan pada data *input* berikutnya.
4. Analisa Prosedur Pengujian

Dapat dilihat pada *flowchart* prosedur pengujian di gambar 3.3 berikut yang merupakan alur dari proses prediksi data menggunakan *backpropagation*.



Gambar 3.3 Flowchart Prosedur Pengujian

Keterangan gambar:

- a. Masukan data pengujian: *input* data sebesar 20% dari data yang ada.
- b. Normalisasi data pengujian menggunakan persamaan (2.31).
- c. Bobot terakhir pelatihan diambil dari bobot dan bias yang didapatkan dari prosedur pelatihan.
- d. Tahap *feedforward* melakukan persamaan (2.26) sampai (2.30).
- e. Denormalisasi data menggunakan persamaan (2.32).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

f. Tampilan hasil: *Output* hasil prediksi.

3.5 Implementasi dan Pengujian

Tahapan implementasi dan pengujian dilakukan setelah analisa dan perancangan aplikasi yang dibangun selesai dilakukan.

3.5.1 Implementasi

Implementasi dilakukan dalam bentuk pengkodean aplikasi yang telah dirancang pada tahapan sebelumnya. Lingkungan implementasi terdiri dari lingkungan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Berikut adalah penjelasan dari lingkungan implementasi tersebut:

1. Perangkat Keras (*Hardware*)

<i>Processor</i>	: Intel(R) Core(TM) i5 CPU M430 @2.27GHz
<i>RAM</i>	: 4,00 GB
<i>Harddisk</i>	: 500 GB

2. Perangkat Lunak (*Software*)

Sistem Operasi	: Microsoft Windows 10 Pro
Bahasa Pemograman	: Matlab R2021a

3.5.2 Pengujian

Pengujian dilakukan setelah tahapan implementasi selesai. Pengujian yang dilakukan dengan menggunakan 4 parameter uji, yaitu terdiri dari pembagian data dengan perbandingan data latih – data uji (70%:30%; 80%:20%; dan 90%:10%), nilai *learning rate* (0,0001; 0,001; 0,01; 0,1), maksimal *epoch* (500, 5.000, 10.000), dan jumlah *neuron hidden layer* (3, 5, 7, 9, 11 dan 14). Pengujian tingkat akurasi pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *Mean Square Error* (MSE). Akurasi akan dihitung dengan menggunakan persamaan (2.35).

3.6 Kesimpulan dan Saran

Tahap akhir yang dilakukan pada penelitian ini adalah kesimpulan dan saran. Kesimpulan menguraikan hasil dari penelitian yang telah dilakukan sedangkan saran menguraikan hal-hal yang disarankan penulis agar dapat dilakukan penelitian yang lebih baik di masa yang akan datang.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian untuk arsitektur jaringan saraf tiruan menggunakan algoritma *backpropagation* untuk memprediksi tinggi gelombang wilayah perairan Riau, maka menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Jaringan saraf tiruan *backpropagation* dapat digunakan untuk memprediksi tinggi gelombang yang sudah di normalisasikan kemudian dimasukkan kedalam sistem untuk dilakukan proses pembelajaran dan pengujian.
2. Baik atau tidaknya nilai yang dihasilkan pada proses pembelajaran dan pengujian sangat dipengaruhi oleh penentuan parameter seperti besarnya *learning rate* dan jumlah *neuron* pada *hidden layer*.
3. Menurunkan nilai *learning rate* mempengaruhi proses pembelajaran *backpropagation* semakin lambat.
4. Berdasarkan hasil pelatihan dan pengujian jaringan saraf tiruan, nilai MSE terkecil terdapat pada skenario ketiga dengan jumlah *neuron hidden layer* 7; *learning rate* 0,1; maksimal *epoch* 10.000; dan pembagian data latih dan data uji sebesar: 90% banding 10%. Menghasilkan nilai *error* MSE saat pelatihan sebesar 0,012852, nilai *gradient* 0,00013026, dan nilai *error* MSE saat pengujian sebesar 0,057216.

2 Saran

Saran yang dapat disampaikan terkait penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan hasil lebih baik untuk penelitian selanjutnya perlu ditambahkan lebih banyak lagi jumlah data agar menghasilkan perubahan nilai *error* yang lebih signifikan.
2. Dalam penelitian ini menggunakan *training gradient descent with momentum & adaptive learning rate* untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan *training* lain misalnya *lavenberg-marquardt*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR PUSTAKA

- I. R. P. Situmorang, F. Andrian, M. Jannah, H. Hutasoit, dan S. A. Mauliani, "Manfaat laut," 2014.
- M. R. Rathomi, N. Ritha, dan F. Chahyadi, "Implementasi Paralel PSO dalam Melatih JST untuk Memprediksi Ketinggian Gelombang Laut," *J. Sustain. J. Has. Penelit. dan Ind. Terap.*, vol. 8, no. 2, hal. 91–96, 2019, doi: 10.31629/sustainable.v8i2.1577.
- H. Rahman, A. Satria, B. H. Iskandar, dan D. A. Soeboer, "Penentuan Faktor Dominan Penyebab Kecelakaan Kapal Di Kesyahbandaran Utama Tanjung Priok," *ALBACORE J. Penelit. Perikan. Laut*, vol. 1, no. 3, hal. 277–284, 2018, doi: 10.29244/core.1,3.277-284.
- [4] N. Nikentari, "Prediksi Ketinggian Gelombang Laut menggunakan," *J. Sustain.*, vol. 5, no. 02, hal. 34–36, 2016.
- [5] Julpan, E. B. Nababan, dan M. Zarlis, "Analisis Fungsi Aktivasi Sigmoid Biner Dan Sigmoid Bipolar Dalam Algoritma Backpropagation Pada Prediksi Kemampuan Siswa," *J. Teknovasi*, vol. 02, no. 1, hal. 103–116, 2015.
- F. Pakaja, A. Naba, dan Purwanto, "Peramalan Penjualan Mobil Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dan Certainty Factor," *Neural Networks*, vol. 6, no. 1, hal. 23–28, 2012.
- K. Wong, A. P. Wibawa, H. S. Pakpahan, A. Prafanto, dan H. J. Setyadi, "Prediksi Tingkat Inflasi Dengan Menggunakan Metode Backpropagation Neural Network," *Sains, Apl. Komputasi dan Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 2, hal. 8, 2019, doi: 10.30872/jsakti.v1i2.2600,
- M. A. Raharja dan I. M. T. G. Astra, "Prediksi Ketinggian Gelombang Laut Menggunakan Metode Backpropagation Pada Pantai Lebih Gianyar," *J. Ilmu Komput.*, vol. 11, no. 1, hal. 19, 2018, doi: 10.24843/jik.2018.v11,i01,p03.
- R. L. Riswanto, S. Sutikno, dan I. Indriyati, "Aplikasi Prediksi Jumlah Penderita Penyakit Demam Berdarah Dengue Di Kota Semarang Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation," *J. Masy. Inform.*,

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

vol. 5, no. 10, hal. 19–27, 2014, doi: 10,14710/jmasif.5.10,19-27.

- [10] A. S. Ritonga dan S. Atmojo, “Pengembangan Model Jaringan Syaraf Tiruan untuk Memprediksi Jumlah Mahasiswa Baru di PTS Surabaya (Studi Kasus Universitas Wijaya Putra),” *J. Ilm. Teknol. Inf. Asia*, vol. 12, no. 1, hal. 15, 2018, doi: 10,32815/jitika.v12i1,213.
- [11] V. Amrizal dan Q. Aini, *Kecerdasan Buatan*. Halaman Moeka Publishing, 2013.
- [12] A. Sudarsono, “Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Memprediksi Laju Pertumbuhan Penduduk Menggunakan Metode Bacpropagation (Studi Kasus Di Kota Bengkulu),” *J. Media Infotama*, vol. 12, no. 1, hal. 61–69, 2016, doi: 10,37676/jmi.v12i1,273.
- [13] S. R. Suhartanto, C. Dewi, dan L. Muflikhah, “Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation untuk Mendiagnosis Penyakit Kulit pada Anak,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 7, hal. 555–562, 2017.
- [14] F. Dristyan, “Prediksi Jumlah Penjualan Kredit Sepeda Motor Menggunakan Algoritma Backpropagation,” *Semin. Nas. R.*, vol. 1, no. 1, hal. 185–190, 2018.
- [15] S. Hansun, “Peramalan Data IHSG Menggunakan Metode Backpropagation,” *J. Ultim.*, vol. 5, no. 1, hal. 26–30, 2013, doi: 10,31937/ti.v5i1,310,
- [16] R. R. P. Putri, M. T. Furqon, dan B. Rahayudi, “Implementasi Metode JST-Backpropagation Untuk Klasifikasi Rumah Layak Huni,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. Vol.2, no. 10, hal. 3360–3365, 2018.
- [17] E. P. Cynthia dan E. Ismanto, “Memprediksi Ketersediaan Komoditi Pangan Provinsi Riau,” *J. Teknol. Dan Sist. Inf. Univrab*, vol. 2, no. 2, hal. 196–209, 2017.
- [18] M. H. Kurniawan, S. Defit, dan Y. Yunus, “Pemetaan Promosi dalam Penjaringan Calon Mahasiswa Menggunakan Algoritma Backpropagation,” *J. Inform. Ekon. Bisnis*, vol. 2, no. 1, hal. 21–26, 2020, doi: 10,37034/infeb.v2i1,17.
- [19] P. Githa Pratiwi, I. Ketut Gede Darma Putra, dan D. Purnami Singgih Putri, “Peramalan Jumlah Tersangka Penyalahgunaan Narkoba Menggunakan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Metode Multilayer Perceptron,” *J. Ilm. Merpati (Menara Penelit. Akad. Teknol. Informasi)*, vol. 7, no. 2, hal. 143, 2019, doi: 10,24843/jim.2019.v07.i02.p06.

- [20] M. I. Abas, A. Syukur, dan M. A. Soeleman, “Prediksi Rentet Waktu Jumlah Penumpang Bandara Menggunakan Algoritma Neural Network Berbasis Genetic Algorithm,” *J. Teknol. Inf.*, vol. 13, hal. 101–114, 2017.
- [21] S. Nawangwulan dan D. Angesti, “Analisis Time Series Metode Winter Jumlah Penderita Gastroenteritis Rawat Inap Berdasarkan Data Rekam Medis Di Rsud Dr. Soetomo Surabaya,” *J. Manaj. Kesehat. Yayasan RS.Dr. Soetomo*, vol. 2, no. 1, hal. 17, 2016, doi: 10,29241/jmk.v2i1,48.
- [22] Y. N. Sari, “Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Untuk Memprediksi Luas Area Serangan Hama Pada Tanaman Bawang,” hal. 1–66, 2016.
- [23] N. L. A. K. Yuniastari dan I. W. W. Wirawan, “Peramalan Permintaan Produk Perak Menggunakan Metode Simple Moving Average Dan Single Exponential Smoothing,” *Sist. dan Inform. STIKOM Bali*, vol. 9, no. 1, hal. 97–106, 2016.
- [24] A. Wanto, “Penerapan Jaringan Saraf Tiruan Dalam Memprediksi Jumlah Kemiskinan Pada Kabupaten/Kota Di Provinsi Riau,” *Klik - Kumpul. J. Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 1, hal. 61, 2018, doi: 10,20527/klik.v5i1,129.
- [25] M. F. Azis, “Gerak Air di Laut,” *Oseana*, 2006.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

INFORMASI PERSONAL



Nama	M. Rijal Utomo
Tempat / Tanggal Lahir	Pekanbaru / 29 April 1995
Jenis Kelamin	Laki-laki
Agama	Islam
Anak ke-	1 (Satu)
Jumlah Saudara	5 (Lima)
Alamat Sekarang	Jl. Sepakat Perum. MKP, Pebatuan, Tenayan Raya, Kota Pekanbaru
Nomor HP	0823-6585-9210
Email	m.rijal.utomo@students.uin- suska.ac.id

INFORMASI PENDIDIKAN

Tahun 2000-2001	TK Yayasan Diniyah Pekanbaru
Tahun 2001-2007	SD Negeri 056 Bukitraya Pekanbaru
Tahun 2007-2010	SMP Negeri 9 Pekanbaru
Tahun 2010-2013	SMA Negeri 10 Pekanbaru
Tahun 2014-2022	Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau