

SKRIPSI

PENERAPAN JARINGAN SARAF TIRUAN *BACKPROPAGATION*
UNTUK MEMPREDIKSI PERTUMBUHAN PENDUDUK KOTA
MAGELANG



AHMAD FAUZI
NPM. 17.0504.0044

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA S1
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
AGUSTUS, 2021

SKRIPSI

PENERAPAN JARINGAN SARAF TIRUAN
***BACKPROPAGATION* UNTUK MEMPREDIKSI**
PERTUMBUHAN PENDUDUK KOTA MAGELANG

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Komputer(S.Kom)
Program Studi Teknik Informatika Jenjang Strata Satu (S-1) Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Magelang



AHMAD FAUZI

NPM. 17.0504.0044

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA S1
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
AGUSTUS, 2021

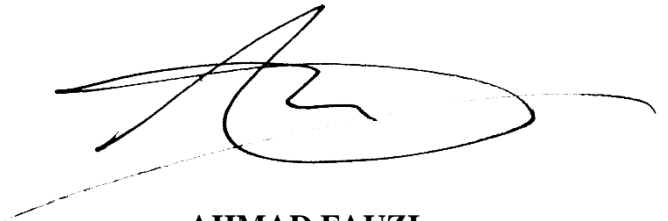
HALAMAN PENEGASAN

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan benar.

Nama : Ahmad Fauzi

NPM : 17.0504.0044

Magelang, 12 Agustus 2021

A handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, overlapping strokes that form a stylized representation of the name 'Ahmad Fauzi'.

AHMAD FAUZI

NPM 17.0504.0044

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ahmad Fauzi

NPM : 17.0504.0044

Program Studi : Teknik Informatika S1

Fakultas : Teknik

Alamat : Bongkol RT 20 RW 04, Ngadiwarno, Sukorejo, Kendal

Judul Skripsi : Penerapan Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* Untuk Memprediksi Pertumbuhan Penduduk Kota Magelang.

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya sendiri dan bukan merupakan plagiat dari hasil karya orang lain. Dan bila di kemudian hari terbukti bahwa karya ini merupakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi administrasi maupun sanksi apapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan sebenar-benarnya serta penuh tanggung jawab.

Magelang, 12 Agustus 2021



AHMAD FAUZI

NPM 17.0504.0044

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

PENERAPAN JARINGAN SARAF TIRUAN BACKPROPAGATION UNTUK MEMPREDIKSI PERTUMBUHAN PENDUDUK KOTA MAGELANG

Disusun Oleh :

AHMAD FAUZI

NPM. 17.0504.0044

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji


Pada Tanggal 12 Agustus 2021

Susunan Dewan Penguji

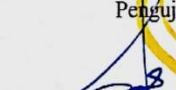
Pembimbing I


Mukhtar Hanafi, ST., M.Cs
NIDN. 0602047502


Pembimbing II


Maimunah, S. Si., M. Kom
NIDN. 0612117702

Penguji I


Dr. Ukv Yudatama, S.Si., M.Kom
NIDN. 0605107201

Penguji II


Endah Ratna Arumi, M.Cs.
NIDN. 0601129001

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer

Tanggal, 12 Agustus 2021

Dekan


Yun Arifatul Fatimah, ST., MT., Ph.D
NIK. 987408139

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Komputer di Orogram Studi Teknik Informatika S1 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang. Penyelesaian skripsi ini banyak memperoleh bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, diucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Lilik Andriyani, S.E., M.Si selaku Pejabat Rektor Universitas Muhammadiyah Magelang.
2. Yun Arifatul Fatimah, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang.
3. Endah Ratna Arumi, M.Cs. selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika S1 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang.
4. Mukhtar Hanafi, S.T., M.Cs. dan Maimunah, S.Si., M.Kom selaku dosen pembimbing, yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing dan mengarahkan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang bermanfaat.
6. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan bantuan dan dukungan material dan moral.
7. Teman-teman yang telah membantu dan memberikan dukungan baik secara moril maupun materiil hingga terselesaikannya skripsi ini.

Akhir kata, semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan semoga skripsi ini membawa manfaat bagi semua pihak.

Magelang, 23 Agustus 2021

Ahmad Fauzi
NPM. 17.0504.0044

DAFTAR ISI

HALAMAN KULIT MUKA	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENEGASAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
INTISARI.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Permasalahan	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Penelitian yang Relevan	4
2.2. Sistem Saraf Manusia.....	6
2.3. Jaringan Saraf Tiruan	7
2.3.1. Arsitektur Jaringan.....	8
2.3.2. Model Jaringan Saraf Tiruan.....	9
2.3.3. Fungsi Aktivasi	10
2.3.4. Proses Pembelajaran.....	12
2.4. Metode Backpropagation	13
2.4.1. Fungsi Aktivasi Pada Backpropagation	14
2.4.2. Pelatihan Backpropagation.....	15
2.4.3. JST Dengan Metode Backpropagation	17
2.4.4. <i>Mean Square Error (MSE)</i>	18
2.5. Matlab.....	18
2.6. Landasan Teori	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Mengumpulkan Data	20

3.2	Menganalisis Data	21
3.3	Perancangan Sistem JST	21
3.4	Implementasi dan Pengujian Sistem.....	28
3.5	Evaluasi Sistem	29
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		Error! Bookmark not defined.
4.1	Mempersiapkan Pengujian	Error! Bookmark not defined.
4.2	Implementasi Sistem	Error! Bookmark not defined.
4.3	Hasil Prediksi	Error! Bookmark not defined.
4.4	Pembahasan	Error! Bookmark not defined.
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		65
5.1.	Kesimpulan.....	65
5.2.	Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA		66

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Data Penduduk Kota Magelang sumber : magelangkota.bps.go.id	20
Tabel 3. 2 Data Penduduk Kota Magelang sumber : Katalog BPS Kota Magelang : 2101003.3371	21
Tabel 4. 1 Data pelatihan pertumbuhan penduduk laki-laki arsitektur 5-5-1	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 2 Data pelatihan pertumbuhan penduduk laki-laki hasil normalisasi arsitektur 5-5-1	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 3 Data pelatihan penduduk perempuan arsitektur 5-5-1	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 4 Data pelatihan pertumbuhan penduduk perempuan hasil normalisasi arsitektur 5-5-1	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 5 Data pelatihan pertumbuhan penduduk laki-laki arsitektur 7-40-1	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 6 Data pelatihan pertumbuhan penduduk laki-laki hasil normalisasi arsitektur 7-40-1	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 7 Data pelatihan pertumbuhan penduduk Perempuan arsitektur 7-40-1	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 8 Data pelatihan pertumbuhan penduduk perempuan hasil normalisasi arsitektur 7-40-1	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 9 Data pelatihan penduduk laki-laki arsitektur 10-40-1	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 10 Data pelatihan pertumbuhan penduduk laki-laki hasil normalisasi arsitektur 10-40-1	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 11 Data pelatihan penduduk perempuan arsitektur 10-40-1	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 12 Data pelatihan pertumbuhan penduduk perempuan hasil normalisasi arsitektur 10-40-1	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 13 Data hasil pelatihan JST	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 14 Data pengujian pertumbuhan penduduk laki-laki	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 15 Data pengujian pertumbuhan penduduk laki-laki hasil normalisasi	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 16 Data pengujian pertumbuhan penduduk Perempuan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 17 Data pengujian pertumbuhan penduduk Perempuan hasil normalisasi	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 18 Data hasil pengujian JST	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 19 Hasil prediksi setiap 1 tahun selama 10 tahun ..	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 20 Prediksi penduduk usia produktif tahun 2021-2030	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur neuron biologis (Kurniasih et al., 2020).....	7
Gambar 2. 2 Arsitektur JST Tunggal	8
Gambar 2. 3 Arsitektur JST Jamak	9
Gambar 2. 4 Struktur Neuron JST (Sudarsono, 2016).....	10
Gambar 2. 5 Fungsi aktivasi threshold biner (Agustin & Prahasto, 2012)	11
Gambar 2. 6 Fungsi aktivasi sigmoid (Lesnussa et al., 2017).....	11
Gambar 2. 7 Fungsi identitas (Agustin & Prahasto, 2012)	12
Gambar 3. 1 Kerangka Kerja Penelitian	19
Gambar 3. 2 Alur Proses JST <i>Backpropagation</i>	22
Gambar 3. 3 Arsitektur Jaringan 5-10-1	24
Gambar 3. 4 Arsitektur Jaringan 5-10-1	24
Gambar 3. 5 Arsitektur Jaringan 10-10-1	25
Gambar 3. 6 Arsitektur Jaringan 10-5-1	25
Gambar 3. 7 Arsitektur Jaringan 7-10-1	26
Gambar 3. 8 Arsitektur Jaringan 7-40-1	26
Gambar 4. 1 Proses pelatihan pertumbuhan penduduk laki-laki arsitektur 5-5-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 2 Grafik pelatihan pertumbuhan penduduk laki-laki arsitektur 5-5-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 3 Grafik regresi pelatihan pertumbuhan penduduk laki-laki arsitektur 5-5-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 4 Grafik output pelatihan pertumbuhan penduduk laki-laki arsitektur 5- 5-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 5 Perbandingan target dan output pelatihan penduduk laki-laki arsitektur 5-5-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 6 Proses pelatihan pertumbuhan penduduk perempuan arsitektur 5-5-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 7 Grafik pelatihan pertumbuhan penduduk perempuan arsitektur 5-5-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 8 Grafik regresi pelatihan pertumbuhan penduduk perempuan arsitektur 5-5-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 9 Grafik output pelatihan pertumbuhan penduduk perempuan arsitektur 5-5-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 10 Perbandingan target dan output pelatihan pertumbuhan penduduk perempuan arsitektur 5-5-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 11 Proses pelatihan pertumbuhan penduduk laki-laki arsitektur 7-40-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 12 Grafik pelatihan pertumbuhan penduduk laki-laki arsitektur 7-40-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 13 Grafik regresi pertumbuhan penduduk laki-laki arsitektur 7-40-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 14 Grafik perbandingan output pelatihan dan target pertumbuhan penduduk laki-laki arsitektur 7-40-1	Error! Bookmark not defined.

Gambar 4. 15 Perbandingan output pelatihan dan target pertumbuhan penduduk laki-laki arsitektur 7-40-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 16 Proses pelatihan prediksi pertumbuhan penduduk perempuan arsitektur 7-40-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 17 Grafik pelatihan pertumbuhan penduduk perempuan arsitektur 7-40-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 18 Grafik regres pelatihan prediks pertumbuhan penduduk perempuan arsitektur 7-40-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 19 Grafik perbandingan output pelatihan dan target pertumbuhan penduduk perempuan arsitektur 7-40-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 20 Perbandingan hasil output pelatihan dengan target pertumbuhan penduduk perempuan arsitektur 7-40-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 21 Grafik total pertumbuhan penduduk laki-laki + perempuan arsitektur 7-40-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 22 Proses training pertumbuhan penduduk laki-laki arsitektur 10-40-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 23 Grafik pelatihan pertumbuhan penduduk laki-laki arsitektur 10-40-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 24 Grafik regresi pelatihan pertumbuhan penduduk laki-laki arsitektur 10-40-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 25 Grafik output pelatihan pertumbuhan penduduk laki-laki arsitektur 10-40-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 26 Perbandingan target dan hasil output pertumbuhan laki-laki arsitektur 10-40-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 27 Proses pelatihan pertumbuhan penduduk perempuan arsitektur 10-40-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 28 Grafik training pertumbuhan penduduk perempuan arsitektur 10-40-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 29 Grafik regresi pelatihan pertumbuhan penduduk perempuan arsitektur 10-40-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 30 Grafik output hasil pelatihan pertumbuhan penduduk perempuan arsitektur 10-40-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 31 Perbandingan target dan output pelatihan pertumbuhan penduduk perempuan arsitektur 10-40-1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 32 Grafik perbandingan hasil uji pertumbuhan penduduk laki-laki	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 33 Perbandingan output hasil pengujian dan target pertumbuhan penduduk laki-laki.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 34 Grafik perbandingan hasil uji pertumbuhan penduduk perempuan	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 35 Perbandingan output hasil pengujian dan target pertumbuhan penduduk perempuan	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 36 Grafik hasil uji pertumbuhan penduduk laki-laki, perempuan dan total.....	Error! Bookmark not defined.

Gambar 4. 37 Grafik Output Prediksi Laki-laki dan Perempuan **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 38 Grafik output prediksi total**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 39 Grafik usia produktif tahun 2021**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 40 Grafik prediksi pertumbuhan penduduk usia produktif tahun 2021-2030.....**Error! Bookmark not defined.**

INTISARI

Penerapan Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* Untuk Memprediksi Pertumbuhan Penduduk Kota Magelang

Oleh : Ahmad Fauzi
Pembimbing : 1. Mukhtar Hanafi, S.T., M.Cs.
2. Maimunah, S.Si., M.Kom.

Pertumbuhan penduduk Kota Magelang yang melakukan pendataan hanya pada saat sensus penduduk menyebabkan pertumbuhan tidak terdata setiap tahunnya dan pendataan akan tertumpuk setiap 10 tahun sekali. Jaringan saraf tiruan merupakan salah satu cabang dalam ilmu komputer dalam bidang kecerdasan buatan atau *artificial intelligence*. Pada penelitian ini JST digunakan untuk melakukan prediksi pertumbuhan penduduk Kota Magelang. Algoritma *backpropagation* merupakan algoritma dalam JST yang masuk kedalam kategori *supervised learning* atau pembelajaran terawasi yang dapat memperbaiki bobot pada masing-masing lapisan yang dimiliki hingga menemukan bobot terbaik dengan minimum error yang diberikan. Untuk melakukan evaluasi sistem jaringan yang diterapkan dengan menggunakan *mean squared error* (MSE). Penelitian ini menggunakan arsitektur jaringan terbaik yaitu 7 *input layer*, 40 *hidden layer* dan 1 *output layer*. Data yang digunakan yaitu pertumbuhan penduduk laki-laki dan perempuan masing-masing berjumlah 21 data yang dibagi menjadi data *training* sejumlah 14 data dan data *testing* sebanyak 7 data. Proses *training* yang dilakukan dengan menggunakan batas maksimum iterasi yaitu 1000 *epoch* dan *learning rate* 0,001 dengan hasil MSE 0.00636412 untuk pertumbuhan laki-laki dan 0.0348153 untuk pertumbuhan perempuan, serta akurasi yang didapatkan 99% dan 96%.

Kata Kunci : JST, Backpropagation, MSE, Pertumbuhan Penduduk, Prediksi

ABSTRACT

Implementation of Backpropagation Neural Networks to Predict Magelang City Population Growth

By : Ahmad Fauzi
Supervisor : 1. Mukhtar Hanafi, S.T., M.Cs.
2. Maimunah, S.Si., M.Kom.

The population growth of the city of Magelang which collects data only during the population census causes growth to be not recorded every year and data collection will accumulate every 10 years. Artificial neural network is a branch of computer science in the field of artificial intelligence. In this train, ANN is used to predict population growth in the Magelang City. The backpropagation algorithm is an algorithm in ANN that falls into the category of supervised learning or supervised learning that can improve the weights for each layer owned to find the best weight with the given minimum error. To evaluate the network system applied by using the mean squared error (MSE). This study uses the best network architecture, namely 7 input layers, 40 hidden layers and 1 output layer. The data used are male and female population growth, each of which is 21 data which is divided into training 14 data and testing 7 data. The process training is carried out using a maximum iteration limit of 1000 epochs and a learning rate of 0.001 with MSE results of 0.00636412 for male growth and 0.0348153 for female growth, and the accuracy obtained is 99% and 96%.

Keywords: ANN, Backpropagation, MSE, Population Growth, Prediction

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Permasalahan

Di zaman digital saat ini pemanfaatan teknologi informasi sangatlah penting, selain perkembangannya yang sangat pesat juga dikarenakan kegunaannya yang cukup efektif dalam membantu pekerjaan manusia. Teknologi informasi dapat digunakan untuk mendapatkan data, memproses, menyusun, menyimpan dan memanipulasi data dalam berbagai cara untuk mendapatkan informasi yang berkualitas, relevan, akurat dan tepat waktu untuk keperluan bisnis, pemerintahan, swasta ataupun pribadi.

Kota Magelang merupakan salah satu daerah yang terletak di Jawa Tengah dengan populasi penduduk berdasarkan data yang dikeluarkan badan pusat statistik (BPS) Kota Magelang pada tahun 2017 lalu adalah 121.474 jiwa dengan rincian laki-laki sebanyak 59.776 jiwa dan 61.708 jiwa berjenis kelamin perempuan sedangkan pada tahun 2010 yang merupakan tahun pelaksanaan sensus penduduk menunjukkan data sebesar 58.303 jiwa yang berjenis kelamin laki-laki dan 60.121 jiwa berjenis kelamin perempuan dengan total penduduk sebesar 118.424 jiwa.

Tingkat pertumbuhan penduduk sangat penting untuk menunjang peningkatan di bidang sarana dan prasarana, pendidikan, ekonomi, sosial, politik, transportasi dan keamanan (Dewi et al., 2020). Maka dari itu melakukan perhitungan pertumbuhan penduduk setiap tahunnya diperlukan untuk memutuskan suatu kebijakan daerah guna menyeimbangkan antara laju pertumbuhan penduduk, kualitas penduduk serta pelayanan publik. Sementara itu pendataan penduduk secara berkala dengan melakukan sensus penduduk dilaksanakan setiap 10 tahun sekali. Hal ini membuat membuat waktu perhitungan tingkat pertumbuhan penduduk akan menumpuk setiap 10 tahun sekali. Salah satu permasalahan yang diselesaikan dengan teknologi informasi adalah untuk memprediksi tingkat pertumbuhan penduduk dengan memanfaatkan jaringan saraf tiruan (JST)(Sudarsono, 2016). Dalam konteks komputasi, prediksi merupakan suatu kegiatan matematis. Prediksi sebenarnya telah dilakukan sejak beberapa tahun yang lalu dengan menggunakan alat hitung kalkulator(Masrizal & Hadiansa, 2017).

Jaringan saraf tiruan (JST) merupakan permodelan data yang mampu dan kuat mewakili dan menangkap hubungan *input-output* yang kompleks, karena kemampuannya untuk memecahkan beberapa masalah yang relatif mudah digunakan, ketahanan dan kecepatan untuk menginput data serta eksekusi data, dan menginisialisasikan sistem yang kompleks(Welnof, 2020). JST juga merupakan salah satu sistem pemrosesan informasi yang terinspirasi dari sistem saraf biologis, seperti proses pengolahan informasi yang dilakukan otak manusia. JST bisa dikatakan sama seperti manusia yang mampu belajar dari suatu contoh untuk memecahkan masalah yang memiliki pola yang sama dengan contoh yang diberikan. JST mampu melakukan pembelajaran dan pendeteksian terhadap suatu pola. Proses pembelajaran merupakan suatu metoda untuk proses pengenalan suatu objek yang sifatnya berkelanjutan yang selalu direspon secara berbeda dari setiap proses pembelajaran tersebut(Saragih et al., 2020).

Algoritma *Backpropagation* adalah salah satu algoritma dalam JST yang merupakan metode *supervised learning* atau pembelajaran yang terawasi. Selain itu *backpropagation* juga merupakan pembelajaran yang dikembangkan dari aturan *perceptron* (Michael & Garonga, 2020). *Backpropagation* memiliki 3 tahap yang harus dilakukan dalam pelatihan jaringan, yaitu tahap perambatan maju (*forward propagation*), tahap perambatan-balik (*backpropagation*), dan tahap perubahan bobot dan bias. Arsitektur jaringan ini terdiri *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer* (Roynaldi et al., 2021). Selain itu *backpropagation* juga merupakan JST *Multi-Layer Network*, nilai *output* yang diketahui sehingga target nilai *error* paling rendah bisa didapatkan pada suatu algoritma dengan melakukan berulang di antara hasil prediksi. JST *Backpropagation* bersifat adaptif karena memiliki kelebihan dapat menyesuaikan pada *error* terkecil dalam penyelesaian masalah pada sistem (Welnof, 2020).

Dari permasalahan diatas diperlukan suatu sistem untuk memprediksi pertumbuhan penduduk sebagai penyelesaian masalah dalam membantu mengetahui tingkat pertumbuhan penduduk di setiap tahunnya. Prediksi tingkat pertumbuhan penduduk dihitung dengan menggunakan data selama tahun 2000 hingga 2020 yang dibagi menjadi data *training* dan data *testing* pada JST. Dengan

menerapkan JST *backpropagation* ini dianggap tepat untuk melakukan prediksi suatu masalah, termasuk untuk prediksi tingkat pertumbuhan penduduk karena karakteristik JST *backpropagation* yang mampu beradaptasi terhadap pola yang didapat dan melakukan penyesuaian terhadap *error* terkecil pada pola tersebut. Dengan adanya prediksi ini diharapkan dapat dijadikan solusi dalam pencatatan pertumbuhan penduduk di kota magelang dalam setiap tahunnya.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, rumusan masalah yang ada dalam penelitian ini yaitu, bagaimana menerapkan jaringan saraf tiruan (JST) *backpropagation* untuk memprediksi tingkat pertumbuhan penduduk di Kota Magelang berdasarkan data pertumbuhan penduduk tahun 2000-2020.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah

1. Untuk memprediksi tingkat pertumbuhan penduduk di kota magelang dengan memanfaatkan jaringan saraf tiruan (JST) *backpropagation* guna memberikan informasi pertumbuhan penduduk yang selalu diperbaharui setiap tahunnya berdasarkan data pertumbuhan penduduk kota Magelang dalam rentang waktu 2000-2020.
2. Untuk mengetahui tingkat akurasi JST *backpropagation* dalam penerapannya untuk memprediksi pertumbuhan penduduk kota magelang.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui tingkat pertumbuhan penduduk di Kota Magelang sehingga dapat memberikan gambaran pemerintah kota dalam pengambilan kebijakan.
2. Mengetahui akurasi hasil prediksi pertumbuhan penduduk Kota Magelang.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian yang Relevan

Penelitian yang dilakukan oleh (Sudarsono, 2016) yang berjudul “*Jaringan Saraf Tiruan Untuk Memprediksi Laju Pertumbuhan Penduduk Menggunakan Metode Backpropagation (Studi Kasus di Kota Bengkulu)*” menyatakan bahwa permintaan data pertumbuhan penduduk yang ditujukan ke BPS sering kali dilakukan secara mendesak, sedangkan dengan banyaknya pekerjaan yang dilakukan oleh BPS maka permintaan data pertumbuhan penduduk di BPS kurang maksimal. Dengan memanfaatkan *software* matlab dalam menjalankan JST Backpropagation untuk memprediksi laju pertumbuhan penduduk ini menguji dengan menggunakan arsitektur 2-3-1 (2 *input*, 3 *hidden layer*, 1 *output*) menghasilkan nilai performa terbaiknya pada *epochs* 2522, dengan performa validasi terbaiknya 0,075491. Setelah *output* berhasil ditemukan kemudian dilakukan evaluasi dengan menggunakan regresi linear yang kemudian menghasilkan korelasi 0,9610 dimana semakin mendekati 1 maka semakin mendekati kecocokan dengan target dan *output*.

Penelitian lain berjudul “*Perancangan Aplikasi forecasting Pertumbuhan Penduduk pada Kecamatan Tebing Tinggi dengan Menggunakan Metode Least Square*” oleh (Simbolon, 2016) melakukan perncangan sistem peramalan penduduk dengan memanfaatkan *unified modeling language* (UML) dan menggunakan visual basic. peramalan pertumbuhan penduduk di kecamatan tebing tinggi dengan menggunakan data kelahiran (*fertilitas*), kematian (*mortalitas*) dan migrasi selama tiga tahun mulai dari tahun 2012 hingga 2014. Data yang didapatkan kemudian diolah menggunakan metode *Least Square* untuk mencari prediksi penduduk di tahun berikutnya. Setelah ditemukan hasil *forecasting* kemudian dilakukan analisis kesalahan dengan menggunakan *mean absolute deviation* (MAD) dan *mean absolute percentage error* (MAPE). Dalam implementasi program yang dirancang sudah dapat memberikan informasi pertumbuhan penduduk pada tahun berikutnya.

Penelitian dengan judul “*Prediksi Laju Pertumbuhan Penduduk Menggunakan Metode Support Vector Regression (Studi Kasus : Kota Malang)*”

yang dilakukan oleh (Dewi et al., 2020). Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data pertumbuhan penduduk dari dispendukcapil kota malang periode bulan maret 2013 hingga desember 2018. Dari data yang diperoleh kemudian dibagi menjadi 2 yaitu data *training* dan data *testing*. Data pada bulan maret 2013 – desember 2017 digunakan sebagai data *training*, sedangkan data *testing* menggunakan data bulan januari – desember 2018. Dengan menggunakan metode *support vector regression* (SVR) pada penelitian ini membandingkan kinerja pada kernel linier dan kernel gaussian RBF yang dimulai dengan menghitung selisih antar bulan, kemudian dilakukan normalisasi. Pada tahap pengujian dengan menggunakan metode SVR, didapatkan hasil prediksi laju pertumbuhan penduduk dan selisih nilai *mean absolute percentage error* (MAPE) dimana pada kernel linier sebesar 0,0985% dan kernel gaussian RBF sebesar 0,38192%. Pada kernel linier lebih unggul dibandingkan kernel gaussian RBF.

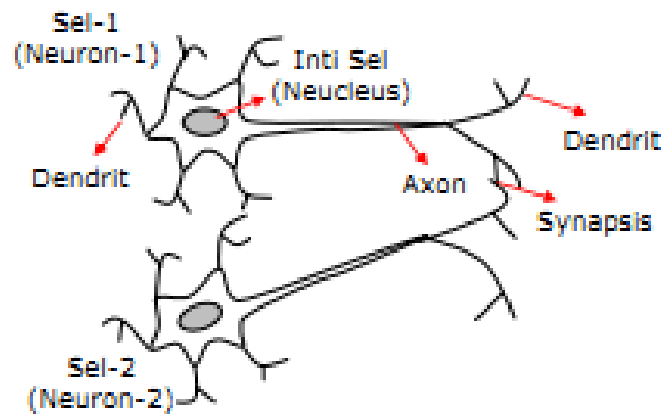
Penelitian oleh (Kurniasih et al., 2020) dengan “*judul Prediksi Pertumbuhan Penduduk di Kota Malang menggunakan Metode Extreme Learning Machine (ELM)*”. Pada penelitian ini memanfaatkan jaringan saraf tiruan (JST) *ELM*, dimana metode ini merupakan *single layer feed forward neural network*. Metode ini memiliki kelebihan yaitu kecepatan *trainingnya* yang melebihi *feed forward* biasa serta menghasilkan error yang kecil. Data yang digunakan adalah data pertumbuhan selama 126 bulan dari tahun 2009 hingga 2019. Dari data tersebut kemudian menjadi 2 pola data yang digunakan perhitungan untuk data non linier dan linier. Data non linier menggunakan dari bulan januari 2009 – juni 2019, sedangkan data linier menggunakan dari bulan juli 2012 – juni 2019. Setelah melakukan pembagian pola data kemudian dilakukan normalisasi data untuk menyetarakan nilai yang jaraknya tidak sama sehingga mendapatkan nilai yang lebih kecil. Setelah dilakukan normalisasi data kemudian dilakukan *training* data, *testing* dan denormalisasi untuk mengembalikan nilai yang sebenarnya dari hasil *testing*. Setelah dilakukan denormalisasi selanjutnya melakukan perhitungan MAPE. Dengan menggunakan data dari tahun 2012 – 2019 didapatkan hasil pengujian dan analisis MAPE rata-rata sebesar 0,117% dan rata-rata *runtime* 1,278

detik. Sedangkan pada pola data tahun 2009 – 2019 mendapatkan nilai MAPE 0,498% dan rata-rata *runtime* 1,116 detik.

Merujuk pada empat penelitian relevan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa penelitian tersebut membahas mengenai prediksi pertumbuhan penduduk dengan menggunakan metode *JST backpropagation*, *Least Square*, *Support Vector Regression*, dan *Extreme Learning Machine (ELM)*. Fokus pada penelitian ini adalah bagaimana memprediksi pertumbuhan penduduk dengan menggunakan data pertumbuhan penduduk kota magelang sejak tahun 2000 hingga 2020. Data yang sudah dimiliki kemudian digunakan menjadi data *training dan testing* untuk mengenalkan pola pertumbuhan penduduk selama 20 tahun terakhir serta menjadikannya sebagai *inputan*. Penelitian ini akan menerapkan *JST Backpropagation* dalam melakukan prediksi dengan menguji beberapa arsitektur jaringan untuk menemukan hasil yang paling baik. Setelah dilakukan prediksi dan ditemukan hasilnya kemudian dilakukan perhitungan tingkat akurasi penggunaan *JST Backpropagation* dalam penerapannya untuk prediksi pertumbuhan penduduk.

2.2. Sistem Saraf Manusia

Otak manusia memiliki berjuta sel saraf yang memiliki tugas untuk memproses informasi. Setiap sel saraf akan bekerja seperti suatu proses sederhana. Masing- masing sel saling berinteraksi untuk memaksimalkan kemampuan kerja otak manusia. Susunan saraf biologis pada manusia ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Struktur neuron biologis (Kurniasih et al., 2020)

Otak manusia selalu memiliki kemampuan untuk belajar dengan melakukan adaptif. Jika digambarkan dalam struktur JST maka *dendrit* berfungsi sebagai *input*, *nucleus* sebagai *neuron*, *axon* sebagai bobot, dan *synapsis* sebagai *output*(Kurniasih et al., 2020).

2.3. Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan saraf tiruan (JST) sama seperti namanya, teknik ini dapat menirukan jaringan saraf biologis yang dimiliki manusia dengan menerima *input* data, proses dalam *neuron* dan *output* data(Willi Akbar Satria, Iskandar Fitri, 2020). JST juga disebut sebagai jaringan adaptif karena sifatnya dalam menyelesaikan masalah dapat mengubah strukturnya berdasarkan pada sumber data eksternal maupun internal yang mengalir melewati jaringan tersebut. (Taufik & Sitio, 2018).

JST memiliki arsitektur yang dibagi jadi 3 tipe yaitu jaringan saraf tunggal (*single layer network*), jaringan saraf jamak (*multilayer network*) serta *reccurent network* (Safaat et al., 2020). JST merupakan suatu model matematik yang di generalisasi dari pemahaman manusia. JST ditentukan oleh 3 hal yaitu (Lesnussa et al., 2017) :

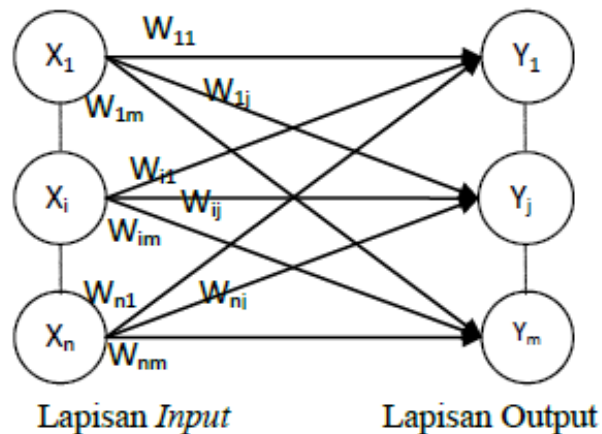
1. Pola hubungan antar neuron atau biasa disebut sebagai arsitektur jaringan.
2. Metode untuk menentukan bobot penghubung.
3. Fungsi aktivasi.

2.3.1. Arsitektur Jaringan

Arsitektur JST terdiri dari beberapa lapisan yang disebut dengan lapisan masukan (*input layer*), lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan lapisan luaran (*output layer*). JST memiliki beberapa arsitektur yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi (Masrizal & Hadiansa, 2017).

1.1. Jaringan Saraf Tiruan Tunggal

JST tunggal adalah jaringan yang hanya memiliki satu buah lapisan yang memiliki bobot saling terhubung satu sama lain. Lapisan ini setelah memasukkan nilai bobot pada *input layer* langsung mengolah hasil nilai keluaran tanpa melalui *hidden layer* terlebih dahulu seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2.



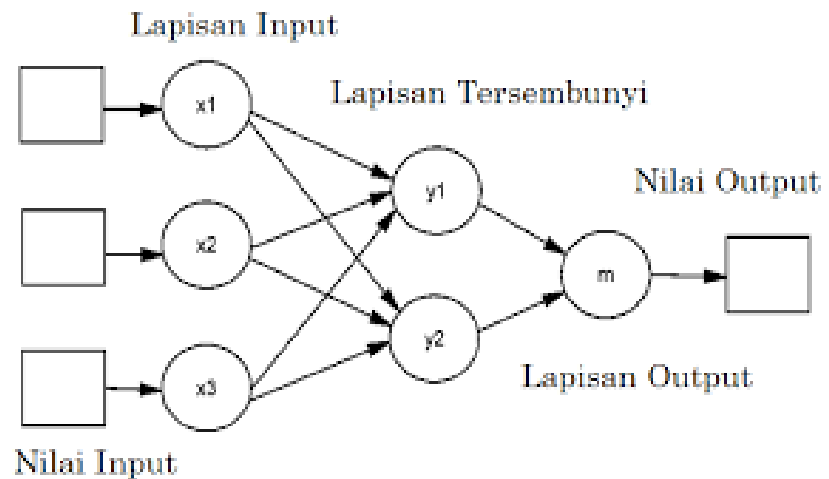
Gambar 2. 2 Arsitektur JST Tunggal

Pada gambar 2.2 diatas hanya terdiri 2 lapisan yaitu lapisan *input* dan lapisan *output*. Pada lapisan *input* memiliki 3 neuron yang di simbolkan denagn X_1 , X_i , dan X_n dan *output* disimbolkan dengan Y_1 , Y_j dan Y_m . Neuron-neuron pada kedua lapisan saling terhubung secara langsung tanpa melalui *hidden layer*.

1.2. Jaringan Saraf Tiruan Jamak

JST jamak merupakan jaringan yang memiliki lapisan tambahan untuk menghubungkan lapisan *input* dan lapisan *output* yang disebut dengan lapisan tersembunyi atau *hidden layer*. JST jamak ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih

kompleks dibandingkan JST tunggal walaupun lebih rumit dan memerlukan waktu yang lebih lama.



Gambar 2. 3 Arsitektur JST Jamak

2.3.2. Model Jaringan Saraf Tiruan

Ada beberapa model JST, namun demikian hampir semuanya memiliki komponen-komponen yang hampir sama. Seperti halnya otak manusia, jaringan saraf tiruan juga terdiri dari beberapa neuron, dan ada hubungan antar neuron tersebut. *Neuron-neuron* tersebut akan mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarnya menuju ke neuron-neuron yang lain. Pada JST, hubungan ini dikenal dengan nama bobot. Informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot tersebut.

Nilai-nilai dari semua bobot nantinya akan di proses oleh suatu fungsi perambatan dengan menjumlahkan nilai semua bobot akan datang. Hasil penjumlahan ini kemudian dibandingkan dengan suatu informasi yang disebut dengan *input* yang dikirim ke neuron dengan bobot kedatangan tertentu. Masukkan nilai *threshold* tertentu melalui fungsi aktivasi setiap neuron (Sudarsono, 2016). Struktur neuron JST ditunjukkan gambar 2.4



Gambar 2. 4 Struktur Neuron JST (Sudarsono, 2016)

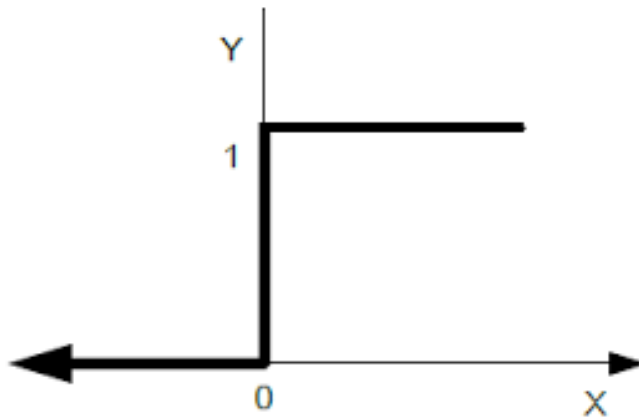
2.3.3. Fungsi Aktivasi

Dalam jaringan saraf tiruan, fungsi aktivasi digunakan untuk melakukan normalisasi data untuk menentukan nilai keluaran *neuron*. Setelah dilakukan aktivasi, nilai yang dihasilkan akan berada di antara 0-1 tetapi tidak boleh 0 dan juga 1 (Saragih et al., 2020). Beberapa fungsi aktivasi yang digunakan adalah sebagai berikut (Agustin & Prahasto, 2012):

1.1. Fungsi *threshold*

Fungsi *Threshold* yaitu fungsi *threshold biner*. Untuk kasus bilangan *bipolar*, maka angka 0 diganti dengan angka -1. Sering kali dalam jaringan saraf tiruan ditambahkan suatu unit masukan yang nilainya selalu 1. Unit tersebut dikenal dengan bias. Bias dapat dipandang sebagai sebuah input yang nilainya selalu 1. Bias berfungsi untuk mengubah *threshold* menjadi = 0. Gambar fungsi aktivasi *threshold* ditunjukkan pada gambar 2.5.

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{Jika } x \geq a \\ 1 & \text{Jika } x < a \end{cases} \dots\dots\dots (2.1)$$

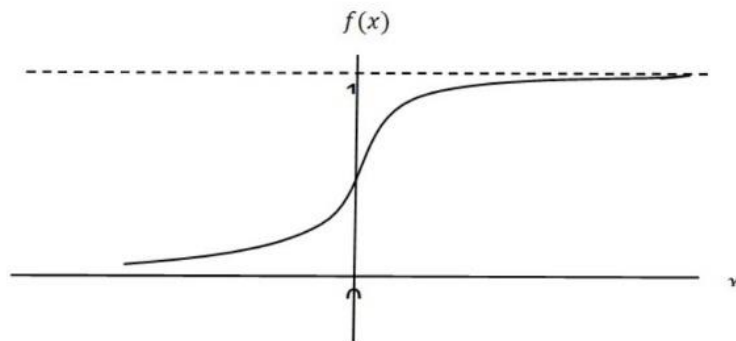


Gambar 2. 5 Fungsi aktivasi threshold biner (Agustin & Prahasto, 2012)

1.2. Fungsi *sigmoid*

Fungsi ini sering digunakan karena nilai fungsinya yang sangat mudah untuk di diferensiasikan. Gambar fungsi aktivasi *sigmoid* ditunjukkan pada gambar 2.6.

$$F(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \dots\dots\dots (2.2)$$

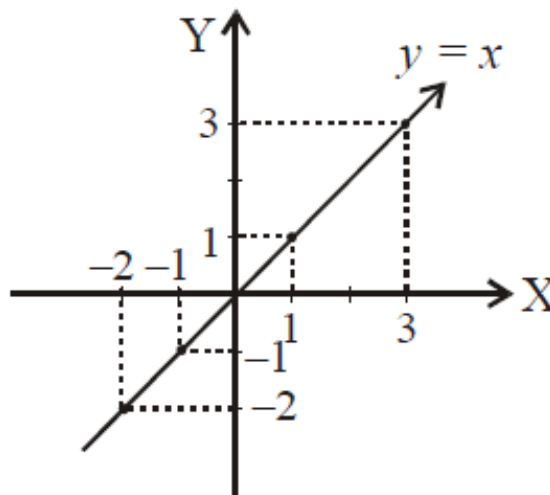


Gambar 2. 6 Fungsi aktivasi sigmoid (Lesnussa et al., 2017)

1.3. Fungsi identitas

Digunakan jika keluaran yang dihasilkan oleh jaringan saraf tiruan merupakan sembarang bilangan riil (bukan hanya pada range [0,1] atau [1, 1]). Gambar fungsi identitas dapat dilihat pada gambar 2.7.

$$Y = X \dots\dots\dots (2.3)$$



Gambar 2. 7 Fungsi identitas (Agustin & Prahasto, 2012)

2.3.4. Proses Pembelajaran

Cara berlangsungnya pembelajaran atau pelatihan jaringan saraf tiruan dikelompokkan menjadi 3 yaitu (Agustin & Prahasto, 2012):

1.1. *Supervised Learning* (pembelajaran terawasi).

Pada metode ini, setiap pola yang diberikan kedalam jaringan saraf tiruan telah diketahui *outputnya*. Selisih antara pola *output* aktual (*output* yang dihasilkan) dengan pola output yang dikehendaki (*output target*) yang disebut error digunakan untuk mengoreksi bobot jaringan saraf tiruan sehingga jaringan saraf tiruan mampu menghasilkan output sedekat mungkin dengan pola target yang telah diketahui oleh jaringan saraf tiruan. Contoh algoritma jaringan saraf tiruan yang menggunakan metode ini adalah : Hebbian, Perceptron, Adaline, Boltzman, Hopfield, Backpropagation.

1.2. *Unsupervised Learning* (pembelajaran tak terawasi).

Pada metode ini, tidak memerlukan target output. Pada metode ini tidak dapat ditentukan hasil seperti apakah yang diharapkan selama proses pembelajaran. Selama proses pembelajaran, nilai bobot disusun dalam suatu range tertentu tergantung pada nilai input yang diberikan. Tujuan pembelajaran ini adalah

mengelompokkan unit-unit yang hampir sama dalam suatu area tertentu. Pembelajaran ini biasanya sangat cocok untuk klasifikasi pola. Contoh algoritma jaringan saraf tiruan yang menggunakan metode ini adalah : Competitive, Hebbian, Kohonen, LVQ (Learning Vector Quantization), Neocognitron.

1.3. *Hybrid Learning* (pembelajaran Gabungan).

Merupakan kombinasi dari metode pembelajaran *Supervised Learning* dan *Unsupervised Learning*, sebagian dari bobot-bobotnya ditentukan melalui pembelajaran terawasi dan sebagian lainnya melalui pembelajaran tak terawasi. Contoh algoritma jaringan saraf tiruan yang menggunakan metode ini adalah: algoritma RBF. Metode algoritma yang baik dan sesuai dalam melakukan pengenalan pola-pola gambar adalah algoritma *backpropagation* dan *perceptron*. Untuk mengenali teks berdasarkan tipe font akan digunakan algoritma *backpropagation*.

2.4. Metode Backpropagation

Algoritma pelatihan *backpropagation* pertama kali dirumuskan oleh Werbos dan dipopulerkan oleh Rumelhart dan McClelland untuk dipakai pada JST. *Backpropagation* termasuk dalam algoritma pembelajaran yang terawasi atau *supervised learning* dan biasanya digunakan oleh perceptron dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyinya (Masrizal & Hadiansa, 2017).

Aturan pembelajarannya adalah dengan menggunakan metode penurunan paling tajam untuk meminimalkan jumlah kesalahan dengan menyesuaikan bobot jaringan dan ambang batas dalam *backpropagation*. Jaringan *propagation* terdiri dari propagasi maju dari sinyal input dan propagasi mundur atau *backpropagation* dari sinyal kesalahan. Sinyal masukan disebarkan dari lapisan masukan, melalui beberapa lapisan

tersembunyi dan menjalar ke lapisan keluaran. Selama propagasi, bobot dan ambang batas jaringan dipertahankan tidak berubah, dan status masing-masing (Yang et al., 2020). Dalam metode backpropagation, biasanya digunakan jaringan multilayer. Algoritma momentum *backpropagation* memiliki kesamaan langkah dengan algoritma *backpropagation* standar tetapi berbeda pada saat umpan mundur. Berikut adalah algoritma *backpropagation* (Purba et al., 2020):

1. Inisialisasi bobot (ambil bobot awal dengan nilai random yang cukup kecil), Epoch = 1 dan MSE = 1.
2. Tentukan Maksimum Epoch, Learning Rate (α), dan Target Error.
3. Lakukan langkah ke-4 sampai 12 berikut selama (Epoch < maksimum epoch) dan (MSE > Target Error).
4. Epoch = Epoch + 1.
5. Umpan Maju (feedforward)
6. Tiap – tiap input ($x_i, i = 1, 2, 3, \dots, n$)
Menerima sinyal x_i dan meneruskan sinyal tersebut kesemua unit pada lapisan yang di atasnya (lapisan tersembunyi).
7. Tiap – tiap unit tersembunyi ($Z_j, j=1,2,3,\dots,p$) menjumlahkan bobot sinyal input.

$$z_{in_j} = b_{1j} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Lalu gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya, ditunjukkan dengan persamaan

$$z_j = f(z_{in_j}) \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

Dan kirimkan sinyal-sinyal tersebut ke semua unit di lapisan atasnya (lapisan output).

2.4.1. Fungsi Aktivasi Pada Backpropagation

Dalam backpropagation, fungsi aktivasi yang dipakai harus memenuhi beberapa syarat sebagai berikut :

1. Kontinu.
2. Terdiferensial dengan mudah.
3. Merupakan fungsi yang tidak turun.

Salah satu fungsi yang memenuhi ketiga syarat tersebut sehingga sering dipakai adalah fungsi sigmoid biner yang memiliki range (0,1). Fungsi sigmoid biner didefinisikan sebagai berikut :

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}, -\infty \leq x \leq \infty \dots\dots\dots (2.6)$$

$$f'(x) = f(x)(1 - f(x)) \dots\dots\dots (2.7)$$

Fungsi lain yang sering dipakai adalah fungsi sigmoid bipolar dengan range (-1,1) yang didefinisikan sebagai berikut :

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} - 1, -\infty \leq x \leq \infty \dots\dots\dots (2.8)$$

$$f(x) = \frac{(1 + f(x))(1 - f(x))}{2} \dots\dots\dots (2.9)$$

Fungsi sigmoid memiliki nilai maksimum 1. Untuk pola yang targetnya lebih dari 1, pola masukan dan keluaran harus terlebih dahulu ditransformasi sehingga semua polanya memiliki range yang sama seperti fungsi sigmoid yang dipakai. Alternatif lain adalah menggunakan fungsi aktivasi sigmoid hanya pada layar yang bukan layar keluaran. Pada layar keluaran, fungsi aktivasi yang dipakai adalah fungsi identitas $f(x) = x$.

2.4.2. Pelatihan Backpropagation

Aturan pelatihan jaringan backpropagation terdiri dari 2 tahapan, feedforward dan backward propagation. Pada jaringan diberikan sekumpulan contoh pelatihan yang disebut set pelatihan. Set pelatihan ini digambarkan dengan sebuah vektor feature yang disebut dengan vektor input yang diasosiasikan dengan sebuah output yang menjadi target pelatihannya. Dengan kata lain set pelatihan terdiri dari vektor input dan juga vektor output target. Keluaran dari jaringan berupa sebuah vektor output aktual. Selanjutnya dilakukan perbandingan antara output aktual yang dihasilkan dengan output target dengan cara melakukan pengurangan diantara kedua

output tersebut. Hasil dari pengurangan berupa error. Error dijadikan sebagai dasar dalam melakukan perubahan dari setiap bobot dengan mempropagationkannya kembali.

Setiap perubahan bobot yang terjadi dapat mengurangi error. Siklus perubahan bobot (*epoch*) dilakukan pada setiap set pelatihan sehingga kondisi berhenti dicapai, yaitu bila mencapai jumlah *epoch* yang diinginkan atau hingga sebuah nilai ambang yang ditetapkan terlampaui.

Algoritma pelatihan jaringan *backpropagation* terdiri dari 3 tahapan yaitu :

1. Tahap umpan maju (*feedforward*).
2. Tahap umpan mundur (*backpropagation*).
3. Tahap pengupdatean bobot dan bias.

Secara rinci algoritma pelatihan jaringan *backpropagation* dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Langkah 0 : Inisialisasi bobot-bobot, konstanta laju pelatihan (α), toleransi error atau nilai bobot (bila menggunakan nilai bobot sebagai kondisi berhenti) atau set maksimal *epoch* (jika menggunakan banyaknya epoch sebagai kondisi berhenti).
2. Langkah 1 : Selama kondisi berhenti belum dicapai, maka lakukan langkah ke-2 hingga langkah ke-9.
3. Langkah 2 : Untuk setiap pasangan pola pelatihan, lakukan langkah ke-3 sampai langkah ke-8.
4. Langkah 3 : {Tahap I : Umpan maju (*feedforward*)}. Tiap unit masukan menerima sinyal dan meneruskannya ke unit tersembunyi di atasnya.
5. Langkah 4 : Masing-masing unit di lapisan tersembunyi (dari unit ke-1 hingga unit ke-p) dikalikan dengan bobotnya dan dijumlahkan serta ditambahkan dengan biasnya.
6. Langkah 5 : Masing-masing unit output ($y_k, k=1,2,3,\dots,m$) dikalikan dengan bobot dan dijumlahkan serta ditambahkan dengan biasnya.

7. Langkah 6 : {Tahap II : Umpan mundur (backward propagation)}. Masing-masing unit output ($y_k, k=1,2,3,\dots,m$) menerima pola target t_k sesuai dengan pola masukan/input saat pelatihan dan kemudian informasi kesalahan/error lapisan output (δ_k) dihitung. δ_k dikirim ke lapisan dibawahnya dan digunakan untuk menghitung besarnya koreksi bobot dan bias (ΔW_{jk} dan ΔW_{ok}) antara lapisan tersembunyi dengan lapisan output.
8. Langkah 7 : Pada setiap unit dilapisan tersembunyi (dari unit ke-1 hingga ke-p; $i=1\dots n; k=1\dots m$) dilakukan perhitungan informasi kesalahan lapisan tersembunyi (δ_j). δ_j kemudian digunakan untuk menghitung besar koreksi bobot dan bias (ΔV_{ji} dan ΔV_{jo}) antara lapisan input dan lapisan tersembunyi.
9. Langkah 8 : {Tahap III : Pengupdatean bobot dan bias}. Masing-masing unit output/keluaran ($y_k, k=1,2,3,\dots,m$) dilakukan pengupdatean bias dan bobotnya ($j=0,1,2,\dots,p$) sehingga menghasilkan bobot dan bias baru. Demikian juga untuk setiap unit tersembunyi mulai dari unit ke-1 sampai dengan unit ke-p dilakukan pengupdatean bobot dan bias.
10. Langkah 9 : Uji kondisi berhenti (akhir iterasi).

2.4.3. JST Dengan Metode Backpropagation

JST backpropagation adalah topologi JST lapisan jamak (multilayer) dengan lapis masukan (input layer), lapis tersembunyi (hidden layer) dan lapis keluaran (output layer). Setiap lapis memiliki neuron-neuron (unit-unit) yang dimodelkan dengan lingkaran. Di antara neuron pada lapis satu dan berikutnya saling dihubungkan dengan model koneksi yang memiliki bobot-bobot (weights), w dan v . Lapis tersembunyi dapat memiliki bias, yang memiliki bobot sama dengan satu.

2.4.4. Mean Square Error (MSE)

Mean Squared Error (MSE) merupakan metode lain untuk melakukan evaluasi pada peramalan. Masing-masing kesalahan atau sisa dikuadratkan, kemudian dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah masukan. Pendekatan ini mengatur kesalahan peramalan yang besar karena kesalahan-kesalahan itu dikuadratkan. Suatu teknik yang menghasilkan kesalahan moderat mungkin lebih baik untuk salah satu yang memiliki kesalahan kecil tapi kadang-kadang menghasilkan sesuatu yang sangat besar. Berikut ini rumus untuk menghitung MSE :

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_1 - Y_2)^2 \dots\dots\dots (2.10)$$

2.5. Matlab

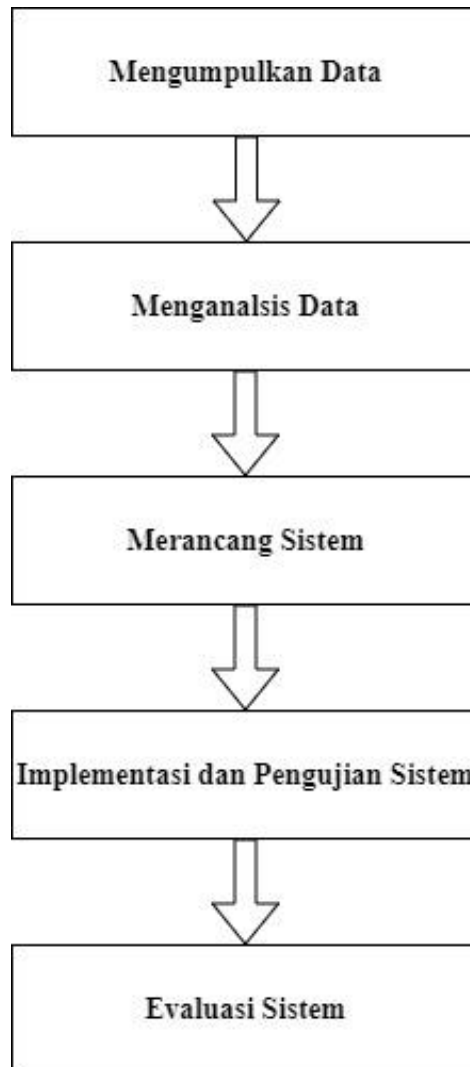
Matlab adalah software buatan the mathwork inc, yang sangat bermanfaat untuk menyelesaikan berbagai masalah numerik, perangkat lunak ini menawarkan kemudahan dan kesederhanaan dalam menyelesaikan masalah yang berhubungan dengan vektor dan matriks. Memperoleh inversi matriks dan menyelesaikan persamaan linier merupakan contoh permasalahan yang dapat dipecahkan dengan cara yang sangat singkat dan mudah sekali(Purba et al., 2020).

2.6. Landasan Teori

Berdasarkan hasil dari analisa yang dilakukan pada penilitan yang relevan serta penjelasan variabel-variabel pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa penerapan jaringan saraf tiruan(JST) dalam proses peramalan merupakan salah satu teknik yang sering digunakan. Penerapan jaringan saraf tiruan(JST) untuk proses peramalan dilakukan sesuai *rule* dan alur pengujian data. Pada penelitian ini jaringan saraf tiruan yang dilakukan dengan mengimplementasikan algoritma backpropagation, yaitu menerapkan JST pada proses peramalan pertumbuhan penduduk dengan memanfaatkan sinyal kesalahan yang dilatih secara berkelanjutan sehingga menemukan tingkat kesalahan terkecil atau mendekati tidak ada kesalahan.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Prosedur perancangan yang dilakukan pada penelitian ini dimulai dengan menentukan alur kerja JST untuk mendapatkan hasil prediksi yang lebih akurat sesuai pola-pola data pertumbuhan penduduk dan menggunakan beberapa arsitektur jaringan yang sudah ada. Alur kerja JST dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Kerangka Kerja Penelitian

Uraian prosedur penelitian yang digambarkan pada gambar 3.1. diatas adalah sebagai berikut :

3.1 Mengumpulkan Data

Pada langkah awal penelitian ini perlu dilakukan pengumpulan data untuk memastikan ketersediaan dan kelengkapannya. Data yang dikumpulkan merupakan data pertumbuhan penduduk selama 20 tahun terakhir, dimulai pada tahun 2000 hingga 2020 yang didapatkan dari website resmi Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Magelang yaitu magelangkota.bps.go.id untuk tahun 2000 hingga 2010 dan mengajukan permohonan data langsung ke kantor BPS untuk tahun 2011 sampai 2020.

Dalam penelitian ini metode pengumpulan data dilakukan dengan meminta data resmi dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Magelang dan dilengkapi dengan pengambilan data di website magelangkota.bps.go.id sebagai data penunjang penelitian. Data yang diperoleh dari website dapat dilihat pada tabel 3.1. dan yang didapatkan dari BPS pada tabel 3.2.

Tabel 3. 1 Data Penduduk Kota Magelang

sumber : magelangkota.bps.go.id

Tahun	Jenis Kelamin		Total
	Laki-Laki	Perempuan	
2000	56908	58367	115275
2001	55978	59885	115863
2002	56036	59997	116033
2003	56173	60134	116839
2004	56418	60421	116839
2005	56770	60974	117744
2006	57124	61522	118646
2007	57784	60895	118679
2008	57905	61023	118928
2009	58014	61132	119146
2010	58445	60568	119013

Tabel 3. 2 Data Penduduk Kota Magelang
sumber : Katalog BPS Kota Magelang : 2101003.3371

Tahun	Jenis Kelamin		Total
	Laki-Laki	Perempuan	
2011	58686	60524	119210
2012	58905	60742	119647
2013	59160	60998	120158
2014	59384	61231	120615
2015	59591	61361	120952
2016	59662	61631	121293
2017	59864	61809	121673
2018	60064	61928	121992
2019	60172	62071	122243
2020	60298	62234	122532

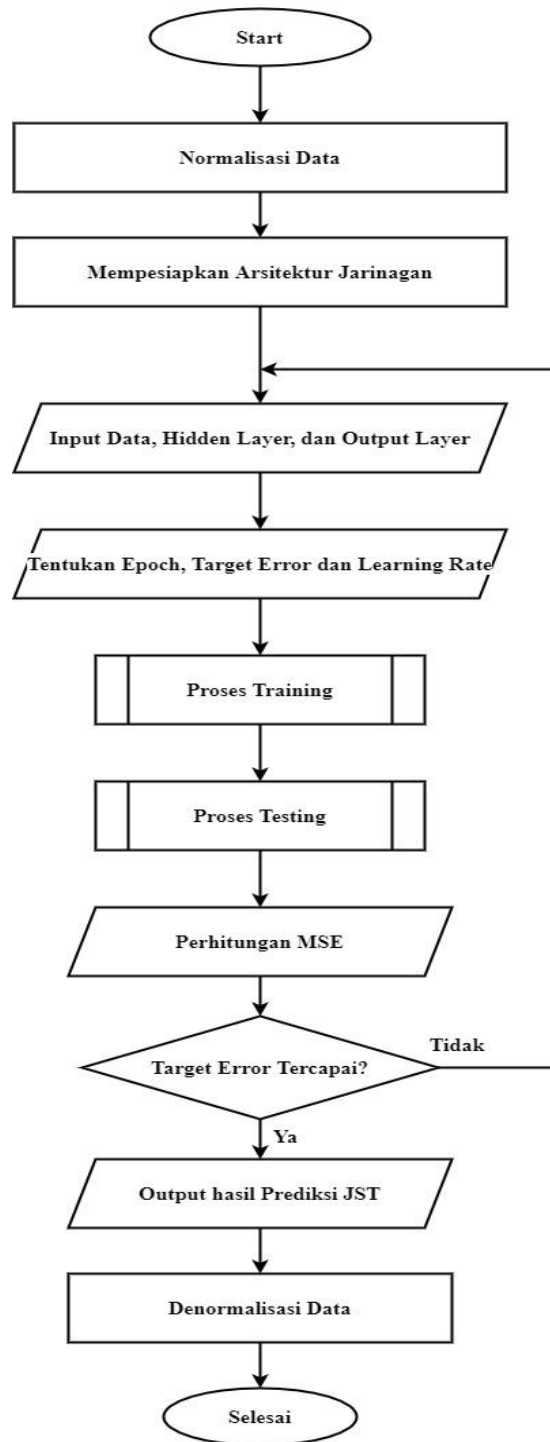
3.2 Menganalisis Data

Analisis dilakukan pada data pertumbuhan penduduk kota magelang pada tahun 2000 hingga 2020 yang didapatkan dari badan pusat statistic kota magelang untuk memastikan bahwa data tersebut sudah lengkap dan tidak terjadi kekosongan data sama sekali. Setelah dipastikan tidak terjadi kekosongan data, maka selanjutnya data yang diperoleh dibagi menjadi data *training* dan data *testing*.

3.3 Perancangan Sistem JST

Setelah dilakukan analisis data, kemudian masuk pada tahap perancangan sisteem JST. Pada tahapan ini diawali dengan melakukan normalisasi data.

Diagram alir proses penggunaan JST *backpropagation* ditunjukan dalam gambar 3.2



Gambar 3. 2 Alur Proses JST *Backpropagation*

1. Mempersiapkan Data

Tahap ini dilakukan pembagian data menjadi 2 jenis, yaitu data *training* dan data *testing*. Data *training* digunakan untuk melakukan proses pelatihan jaringan untuk mengenalkan pola datanya. Untuk data pengujian

digunakan untuk menguji data setelah jaringan mengenali pola data pada saat proses *training*. Data training menggunakan data pertumbuhan penduduk kota magelang selama 14 tahun yaitu dari tahun 2000 hingga tahun 2013, sedangkan data testing menggunakan data pertumbuhan penduduk kota magelang dari tahun 2014 sampai 2020.

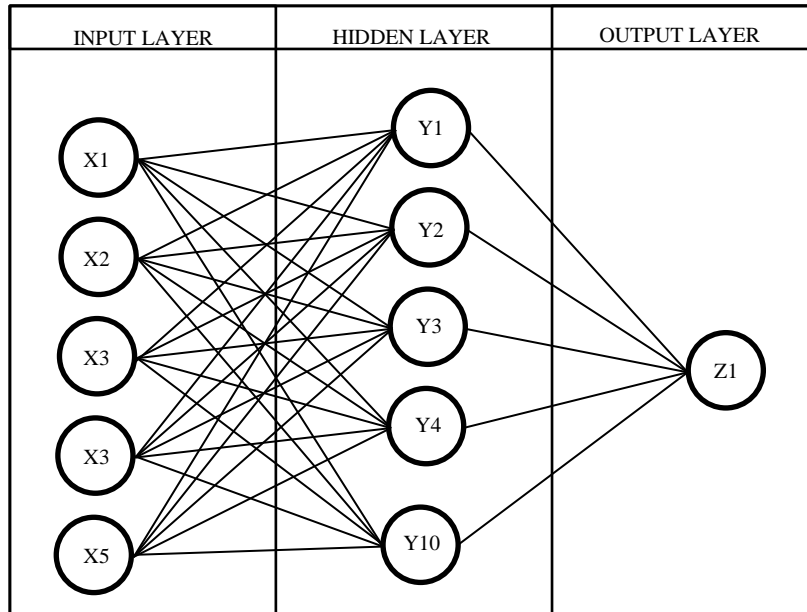
2. Normalisasi Data

Normalisasi data dilakukan supaya nilai yang awalnya bernilai besar bisa diperkecil dalam skala 0-1. Normalisasi data dilakukan supaya dalam penentuan nilai *output* tidak dalam interval yang sangat besar. Data pertumbuhan penduduk yang digunakan adalah berdasarkan jenis kelamin yaitu laki-laki dan perempuan dari tahun 2000 sampai 2020, serta jumlah penduduk total. Proses normalisasi data pada penelitian menggunakan min-max. Normalisasi min-max digunakan karena nilai data yang dihasilkan akan berada pada interval yang lebih kecil yaitu 0 hingga 1. Metode normalisasi yang digunakan pada penelitian ini adalah min-max. Cara kerjanya yaitu setiap nilai pada data yang dimiliki dikurangi dengan nilai minimum, kemudian dibagi dengan rentang nilai atau nilai maksimum dikurangi nilai minimum.

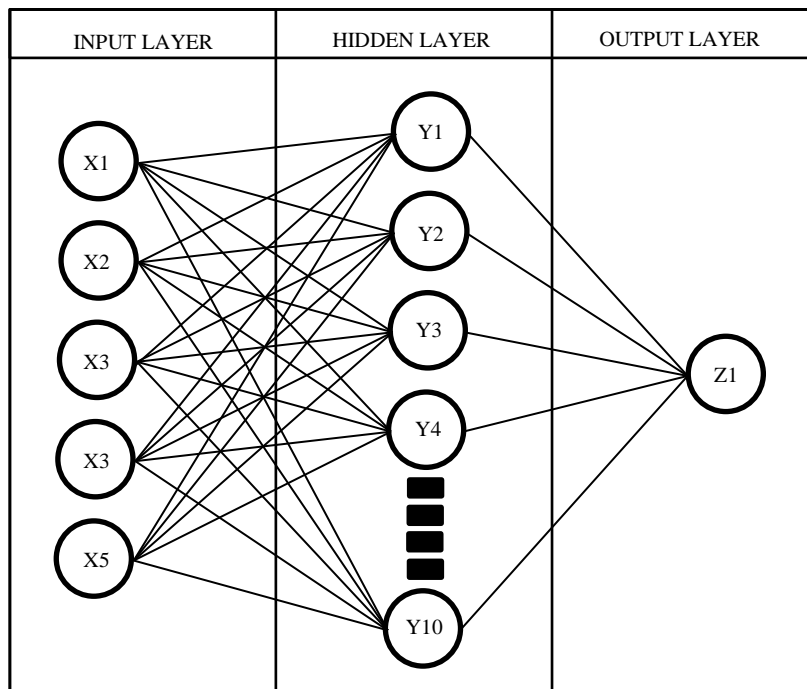
$$x_{new} = \frac{x_{old} - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \dots\dots\dots (3.1)$$

3. Mempersiapkan Arsitektur Jaringan

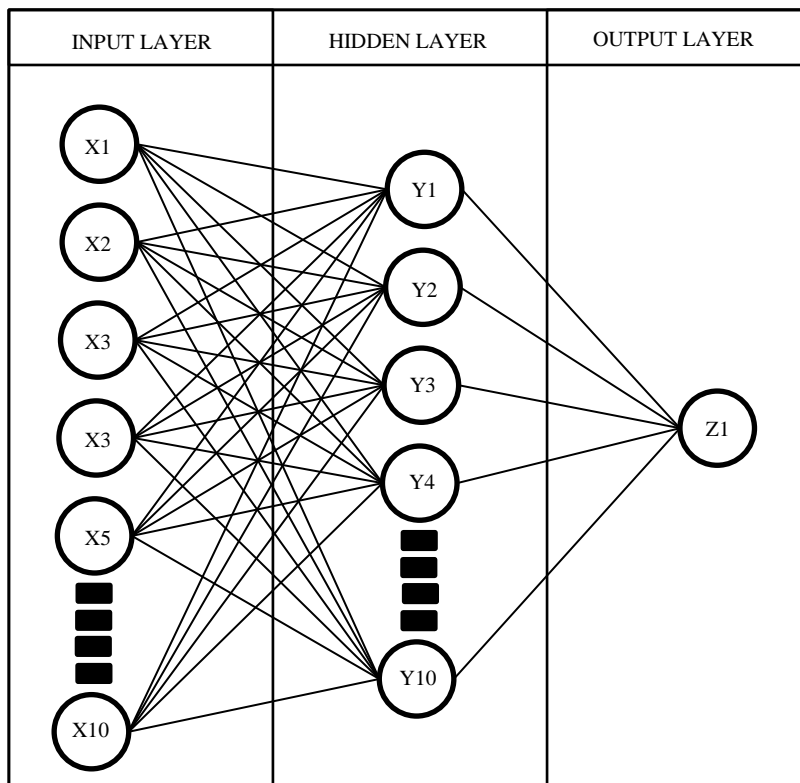
Setelah dilakukan persiapan data, maka perlu dipersiapkan struktur jaringan yang ingin digunakan pada proses *training* dan pengujian. Pada penelitian ini akan mencoba mempersiapkan beberapa struktur jaringan dan mencari struktur terbaik yang dapat digunakan untuk proses pengujian. Arsitektur jaringan dapat dilihat pada gambar 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 dan 3.8.



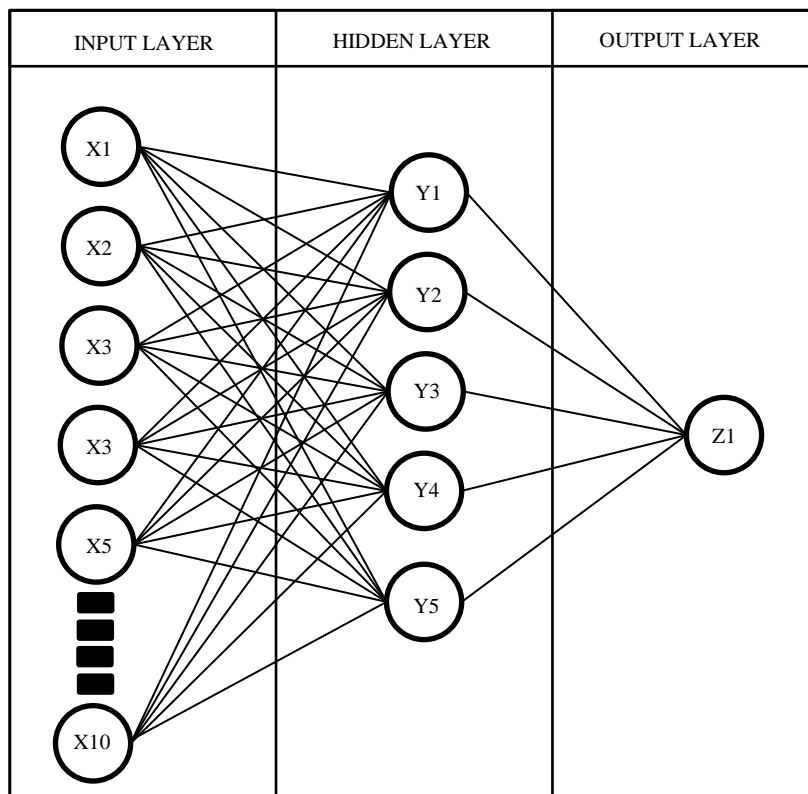
Gambar 3. 3 Arsitektur Jaringan 5-10-1



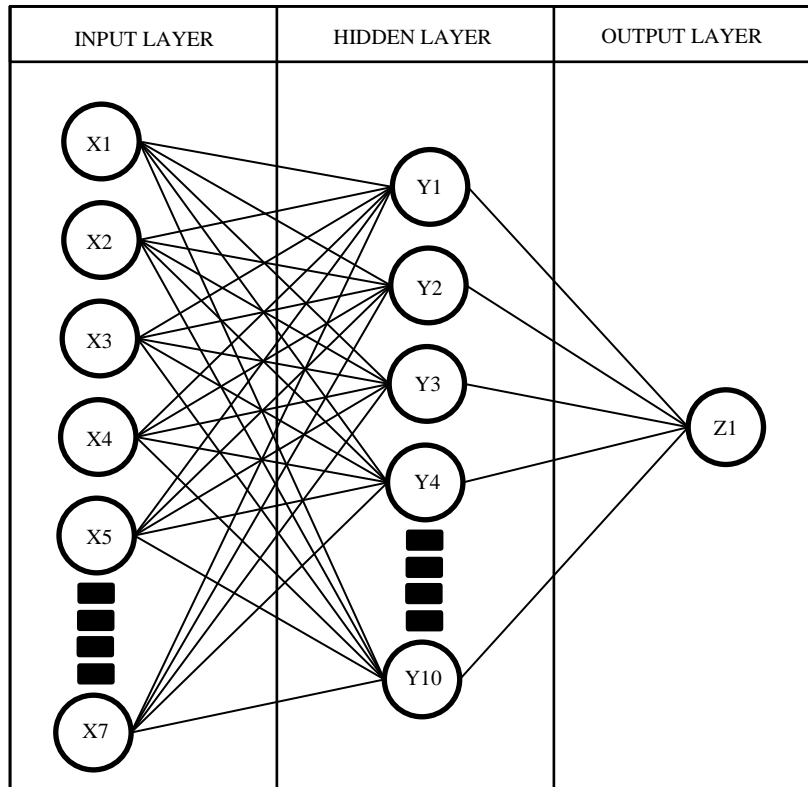
Gambar 3. 4 Arsitektur Jaringan 5-10-1



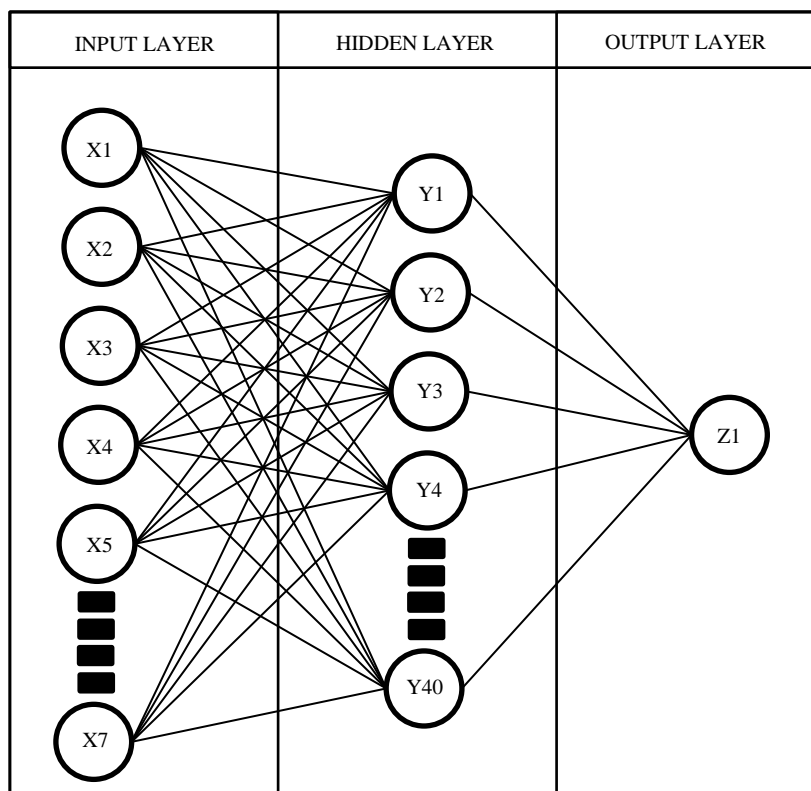
Gambar 3. 5 Arsitektur Jaringan 10-10-1



Gambar 3. 6 Arsitektur Jaringan 10-5-1



Gambar 3. 7 Arsitektur Jaringan 7-10-1



Gambar 3. 8 Arsitektur Jaringan 7-40-1

Pada gambar 3.3 arsitektur yang digunakan yaitu dengan menggunakan 12 *input layer*, 5 *hidden layer* dan 1 *output layer*. Sedangkan pada gambar 3.4 menggunakan 12 *input layer*, 10 *hidden layer* dan 1 *output layer*. Pada gambar 3.5 arsitektur yang digunakan yaitu 10 *input layer*, 5 *hidden layer* dan 1 *output layer*. 3.6 menggunakan 5 *input layer*, 10 *hidden layer* dan 1 *output layer*. Sedangkan gambar 3.7 dengan 7 *input layer*, 10 *hidden layer* dan 1 *output layer*. Selain itu pada gambar 3.8 menerapkan 7 *input layer*, 40 *hidden layer* dan 1 *output layer*.

4. Input Data, Hidden Layer dan Output Layer

Pada tahap ini dilakukan penentuan dan melakukan proses pada jumlah input, hidden layer dan output. Pada tahap ini nantinya akan berpengaruh pada hasil output yang didapatkan.

5. Tentukan Epoch, Target Error dan Learning Rate

Setelah menentukan jumlah input, hidden layer dan output, selanjutnya menentukan berapa epoch yang diperlukan untuk melakukan pengujian beserta target dan *learning rate* nya.

6. Proses *Training*

Proses *training* pada dilakukan pada JST berguna untuk mengenalkan pola data yang ada. Pada proses *training* data yang digunakan yaitu data training yang sudah dimiliki sebelumnya, yaitu data pertumbuhan penduduk kota magelang tahun 2000 sampai tahun 2014. Pada proses *training* ini dilakukan secara berulang dan menggunakan beberapa arsitektur jaringan untuk menemukan hasil dari pelatihan *error* terkecil yang mendekati 0. Hasil dari proses *training* ini akan dipengaruhi oleh pola yang digunakan, jumlah inputan, *hidden layer*, *epoch* dan juga *learning rate*.

7. Proses *Testing*

Setelah dilakukan *training* dan JST sudah mengenali pola, maka dilakukan pengujian menggunakan data yang berbeda dengan yang sudah digunakan untuk proses *training*, pada proses *testing*, data yang digunakan yaitu data pertumbuhan penduduk kota magelang dari tahun 2014 sampai tahun 2020. Pada tahap pengujian ini pola yang digunakan adalah hasil dari

training dengan *error* terkecil, sehingga mendapatkan akurasi ketepatan paling tinggi.

8. Perhitungan MSE

Perhitungan MSE ini dilakukan untuk melakukan evaluasi nilai prediksi pertumbuhan penduduk kota magelang yang telah diperoleh dari hasil pengujian. Pada tahap ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar error yang didapatkan pada proses perhitungan prediksi pertumbuhan penduduk yang dilakukan. Jika error masih terlalu besar maka dilakukan pengulangan hingga ditemukan error terkecil dan mendekati tidak ada kesalahan. Jika dengan melakukan perulangan perhitungan masih saja mendapatkan error yang tinggi, maka bisa dilakukan dengan mengubah arsitektur jaringan yang digunakan sehingga dapat memungkinkan untuk mendapatkan error yang lebih kecil.

9. Denormalisasi

Pada tahap denormalisasi ini dilakukan setelah pada proses perhitungan prediksi pertumbuhan penduduk didapatkan error yang paling kecil mendekati 0. Proses denormalisasi dilakukan untuk melakukan pengembalian nilai hasil normalisasi sebelum dilakukan perhitungan prediksi ke bentuk nilai semula dengan interval yang lebih besar. Nilai yang dilakukan denormalisasi hanya nilai prediksi pertumbuhan penduduk yang diperoleh dengan tingkat *error* paling kecil sehingga tidak perlu melakukan denormalisasi ke seluruh hasil perhitungan prediksi yang telah dilakukan.

3.4 Implementasi dan Pengujian Sistem

Implementasi sistem dilakukan dengan menggunakan data *training* yang sudah dimiliki. Data *training* yang digunakan adalah data pertumbuhan penduduk kota magelang pada tahun 2000 hingga 2013. Dalam melakukan *training* harus dilakukan secara berulang hingga menemukan error terkecil mendekati 0. Untuk mendapatkan nilai dengan error terkecil selain dilakukan secara berulang, dapat juga dilakukan dengan merubah arsitektur jaringan. Dengan merubah arsitektur jaringan dapat memungkinkan penurunan tingkat error yang dihasilkan.

Pengujian sistem dilakukan setelah pada tahap training selesai dan pola sudah dapat dikenali oleh JST. Pada tahap ini sudah menggunakan data uji yang berbeda dengan yang digunakan untuk melakukan training. Data uji yang digunakan yaitu data pertumbuhan penduduk kota magelang pada tahun 2014 hingga 2020.

3.5 Evaluasi Sistem

Setelah dilakukan pengujian selanjutnya masuk pada tahap evaluasi, dimana pada tahap ini akan dihitung MSE yang didapatkan dan akurasi keberhasilan JST dalam penggunaannya untuk memprediksi pertumbuhan penduduk kota magelang dengan menggunakan data pada tahun 2000 hingga 2020. Evaluasi ini dilakukan setelah mendapatkan hasil pengujian dari perhitungan pertumbuhan penduduk kota magelang dengan tingkat error paling kecil dan akurasi terbaik. Nilai prediksi dari hasil perhitungan menggunakan JST *backpropagation* kemudian dilakukan evaluasi untuk mengetahui nilai error yang dihasilkan. Perhitungan nilai error ini dengan menggunakan persamaan 2.10. Pada tahap evaluasi ini akan menentukan berapa *epoch* yang dihasilkan dan pada *epoch* ke berapa dengan nilai *error* terkecil. Pada proses evaluasi sistem ini, dimana jika hasil yang diperoleh semakin kecil dan mendekati 0 maka semakin baik, serta jika hasilnya mendekati 1 maka semakin buruk atau keakuratannya semakin rendah. Setelah semuanya berhasil dilakukan, selanjutnya dilakukan denormalisasi nilai hasil prediksi pertumbuhan penduduk kota magelang untuk mengembalikan nilai data ke nilai awal dan mengetahui berapa besar pertumbuhan penduduk hasil prediksi menggunakan JST *backpropagation* dalam rentang nilai yang asli.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dalam hasil penelitian prediksi pertumbuhan penduduk kota magelang menggunakan jaringan saraf tiruan *backpropagation* dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil percobaan tiga jenis arsitektur jaringan, didapatkan arsitektur jaringan terbaik yaitu 7 *input*, 40 *hidden* dan 1 *output*.
2. Hasil prediksi pertumbuhan penduduk pada setiap tahunnya untuk 10 tahun kedepan mengalami kenaikan dan penurunan pada setiap tahunnya.
3. Akurasi terbaik yang dihasilkan pada penelitian ini adalah 99.3636% dengan pengujian menggunakan data pertumbuhan penduduk berjenis kelamin laki-laki dan 96.5185% dengan menggunakan data pertumbuhan penduduk perempuan.
4. Error terkecil yang dihasilkan pada penelitian ini adalah 0.00636412 dengan pengujian menggunakan data pertumbuhan penduduk berjenis kelamin laki-laki, dan 0.0348153 dengan menggunakan data pertumbuhan penduduk perempuan.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk mengembangkan sistem pada penelitian ini adalah :

1. Melakukan pengembangan pada sistem ini dengan menambah variasi data training maupun data uji yang digunakan sehingga dapat menghasilkan *output* yang lebih optimal.
2. memperbanyak arsitektur jaringan yang digunakan untuk melakukan pelatihan dan pengujian sehingga akan mendapatkan *error* yang lebih kecil dan akurasi yang lebih baik.
3. Mengembangkan sistem dengan mengimplementasikan *User interface* yang dapat lebih memudahkan *user* dalam menggunakan sistem ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, M., & Prahasto, T. (2012). Penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Untuk Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru Pada Jurusan Teknik Komputer Di Politeknik Negeri Sriwijaya. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 2(2), 89–97. <https://doi.org/10.21456/vol2iss2pp089-097>
- Dewi, A. K., Furqon, M. T., & Wihandika, R. C. (2020). Prediksi Laju Pertumbuhan Penduduk Menggunakan Metode Support Vector Regression (Studi Kasus : Kota Malang). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 4(1), 421–427.
- Kurniasih, I. H., Furqon, M. T., & Adinugroho, S. (2020). Prediksi Pertumbuhan Penduduk di Kota Malang menggunakan Metode Extreme Learning Machine (ELM). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 4(2), 509–516.
- Lesnussa, Y. A., Sinay, L. J., & Idah, M. R. (2017). Aplikasi Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation untuk Penyebaran Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kota Ambon. *Jurnal Matematika Integratif*, 13(2), 63. <https://doi.org/10.24198/jmi.v13.n2.11811.63-72>
- Masrizal, & Hadiansa, A. (2017). Prediksi Jumlah Lulusan Mahasiswa Stmik Dumai Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. *IN F O R M A T I K A*, 9(2), 9. <https://doi.org/10.36723/juri.v9i2.98>
- Michael, A., & Garonga, M. (2020). PREDIKSI KUNJUNGAN WISATAWAN TORAJA UTARA MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN BACKPROPAGATION. *DynamicSainT*, 1.
- Purba, R. A., Irawan, E., & Sembiring, R. W. (2020). Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Memprediksi Volume Pemakaian Air Pt . Sarana Catur Tirta Kelola Serang Banten Dengan Metode Backpropagation. *Prosiding Seminar Nasional Riset Dan Information Science (SENARIS)*, 2, 287–292.
- Roynaldi, M., Simanjuntak, M., & Khair, H. (2021). Jaringan saraf tiruan untuk memprediksi jumlah pengangguran di kota binjai dengan menggunakan metode backpropagation. *Jurnal Teknik Informatika Kaputama (JTIK)*, 5(1).

- Safaat, N., Widiyanto, D., & Chamidah, N. (2020). IMPLEMENTASI JARINGAN SYARAF TIRUAN BACKPROPAGATION DALAM PREDIKSI RATA-RATA HARGA BERAS PREMIUM DAN MEDIUM. *Seminar Nasional Mahasiswa Ilmu Komputer Dan Aplikasinya (SENAMIKA)*, 721–732.
- Saragih, J. R., Hartama, D., & Wanto, A. (2020). Prediksi Produksi Susu Segar Di Indonesia Menggunakan Algoritma Backpropagation. *Jurnal Ilmiah Informatika (JIF)*, 08(01), 59–65.
- Simbolon, T. M. (2016). Perancangan Aplikasi forecasting Pertumbuhan Penduduk pada Kecamatan Tebing Tinggi dengan Menggunakan Metode Least Square. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 78–83.
- Sudarsono, A. (2016). Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Memprediksi Laju Pertumbuhan Penduduk Menggunakan Metode Backpropagation (Studi Kasus di Kota Bengkulu). *Media Infotama*, 12(1), 61–69.
- Taufik, I., & Sitio, A. S. (2018). Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Pengelompokan Minat Kompetensi Mahasiswa STMIK Pelita Nusantara Medan. *Jurnal Mantik Penusa*, 2(2), 80–83.
- Welnof, S. (2020). Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Untuk Peramalan Penjualan Produk (Studi Kasus Di Metro Electronic Dan Furniture). *Djtechno : Journal of Information Technology Research*, 1(1), 14–19.
- Willi Akbar Satria, Iskandar Fitri, S. N. (2020). Prediction of Customer Churn in the Banking Industry Using Artificial Neural Networks. *Jurnal Mantik*, 4(1), 10–19.
- Yang, L., Zhang, D., Zhang, X., & Tian, A. (2020). Prediction of the Actuation Property of Cu Ionic Polymer-Metal Composites Based on Backpropagation Neural Networks. *ACS Omega*, 5(8), 4067–4074.
<https://doi.org/10.1021/acsomega.9b03725>