

PENERAPAN ALGORITMA BACKPROPOGATION DALAM PREDIKSI JUMLAH PENDUDUK DI PROVINSI SUMATERA UTARA

¹Pretty Natalia Napitupulu, ²M. Safii

^{1,2}Teknik Informatika, Stikom Tunas Bangsa
Jln. Sudirman Blok A No. 1, 2, dan 3 Pematangsiantar, Sumatera Utara, Indonesia

*e-mail: prettynatalia26@gmail.com , m.safii@amiktunasbangsa.ac.id

Abstrak

Jumlah penduduk adalah total jumlah individu yang tinggal dalam suatu wilayah atau negara pada waktu tertentu. Namun banyaknya jumlah penduduk memiliki beberapa efek negatif dimana adanya ketidakstabilan sosial, kemiskinan, pengurangan kualitas hidup, dan meningkatnya pengangguran. Penelitian ini membahas tentang penerapan algoritma Backpropagation dalam prediksi jumlah penduduk di provinsi Sumatera Utara. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan prediksi yang dapat membantu pemerintah daerah dalam perencanaan pembangunan dan pengelolaan sumber daya yang lebih efektif. Metode Backpropagation digunakan dalam pelatihan model jaringan syaraf tiruan dengan menggunakan data historis jumlah penduduk serta faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tersebut. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa model yang dihasilkan mampu memberikan prediksi yang cukup akurat, dengan tingkat kesalahan yang dapat diterima. Tulisan ini memaparkan hasil penelitian yang bertujuan untuk menerapkan algoritma Backpropagation dalam upaya memprediksi jumlah penduduk di provinsi Sumatera Utara dari tahun 2013-2022 dengan menggunakan Microsoft Excel dan Matlab versi 2011b untuk pengolahan dan analisis data. Arsitekturnya menggunakan tiga model, yaitu: 4-5-1, 4-10-1, 4-15-1. Model arsitektur yang paling akurat adalah model 3-15-1 yang memiliki Mean Squared Error (MSE) sebesar 0,00000034 dan tingkat akurasi 100% dengan waktu 00:05 pada epoch 92.

Kata kunci: Algoritma Backpropagation, Jumlah Penduduk, Jaringan Syaraf Tiruan, Prediksi

Abstract

Total Population is the total number of individuals living in an area or country at any given time. country at any given time. However, a large population has several negative effects of social instability, poverty, reduced quality of life, and increased unemployment. quality of life, and increased unemployment. This research discusses the application of the Backpropagation algorithm in predicting population in the province of North Sumatra province. The purpose of this research is to make predictions that can help local governments in development planning and more effective management of resources more effectively. The Backpropagation method is used in training of the artificial neural network model using historical data on the population population and the factors that influence the growth. The results of experimental results show that the resulting model is able to provide fairly accurate predictions with an acceptable error rate. This paper presents the results of research that aims to apply the Backpropagation algorithm in an effort to predict population in North Sumatra province from 2013-2022 using Microsoft Excel and Matlab version 2011b for data processing and analysis. version 2011b for data processing and analysis. The architecture uses three models, namely: 4-5-1, 4-10-1, 4-15-1. The most accurate architecture model is 3-15-1 model which



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).
<http://journal.stmikjayakarta.ac.id/index.php/JMIJayakarta>

DOI: <https://doi.org/10.52362/jmijayakarta.v4i1.1300>

has a Mean Squared Error (MSE) of 0.00000034 and 100% accuracy rate with time 00:05 at epoch 92.

Keywords: Backpropagation Algorithm, Population, Artificial Neural Network, Prediction

1 Pendahuluan

Jumlah penduduk adalah total jumlah individu yang tinggal dalam suatu wilayah atau negara pada waktu tertentu. Dimana pertumbuhan dan perubahan jumlah penduduk telah menjadi isu utama dalam perdebatan global saat ini. Banyaknya jumlah penduduk tidak hanya mempengaruhi negara-negara berkembang tetapi juga negara maju. Menyadari bahwa jumlah penduduk merupakan faktor penting dalam pembangunan sosial, ekonomi, dan lingkungan.

Pertumbuhan penduduk mempengaruhi berbagai aspek kehidupan manusia. Pada gilirannya pertumbuhan penduduk akan mempengaruhi pemanfaatan sumber daya alam. Oleh karena itu, manusia harus melakukan upaya untuk mengendalikan pertumbuhan penduduk. Seiring berjalannya waktu, populasi dunia yang berkembang sangat pesat, termasuk penduduk Indonesia.

Pertumbuhan penduduk yang tinggi sebenarnya bisa memberikan dampak positif, diantaranya dapat menjadi unsur penting dalam upaya peningkatan produksi dan perluasan kegiatan ekonomi yang berpotensi menciptakan lebih banyak lapangan kerja. Pertumbuhan penduduk yang pesat, apalagi yang terjadi di Indonesia, tidak hanya membawa dampak positif saja, namun juga membawa dampak negatif di wilayah berbeda yang tentunya akan saling mempengaruhi. Dampak negatif dari pertumbuhan penduduk yang tinggi tersebut akan terjadi apabila pertumbuhan penduduk tidak diimbangi dengan sarana dan prasarana yang memadai untuk menunjang kelangsungan hidup penduduk yang bersangkutan untuk mencapai kehidupan yang sejahtera.

Backpropagation adalah algoritma untuk mengurangi nilai minimum kesalahan karena penyesuaian bobot yang tepat dengan tujuan yang ditetapkan. Algoritma ini cocok untuk mengatasi berbagai masalah karena dapat mengubah bobot yang terkait dengan neuron di lapisan tersembunyi. Backpropagation adalah metode sistematis untuk pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan multilayer. Backpropagation disebut sebagai algoritma pelatihan multilayer karena backpropagation memiliki tiga lapisan dalam proses pelatihannya, yaitu lapisan input, lapisan tersembunyi dan lapisan keluaran, backpropagation ini merupakan evolusi dari jaringan lapisan tunggal dengan dua lapisan, yaitu lapisan masukan dan lapisan keluaran.

Disini penulis menerapkan salah satu metode kecerdasan buatan dalam jaringan syaraf tiruan (JST) yaitu metode backpropagation dengan memanfaatkan Algoritma Backpropagation, pemerintah daerah dapat mengembangkan model prediksi yang dapat membantu mereka memahami tren pertumbuhan jumlah penduduk. Hal ini akan memungkinkan pemerintah provinsi Sumatera Utara untuk mengambil keputusan yang lebih tepat dalam perencanaan kebijakan yang lebih efektif di masa mendatang sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan manusia karena pertumbuhan jumlah penduduk adalah isu global yang memiliki dampak signifikan pada berbagai aspek, termasuk sosial, ekonomi, dan lingkungan.

2 Tinjauan Literatur

Prediksi jumlah penduduk Sumatera Utara merupakan pencarian mendalam terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang terkait dengan topik tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menggali pemahaman mendalam terkait metode-metode prediksi demografi, khususnya yang berkaitan dengan Sumatera Utara. Analisis terhadap algoritma Backpropagation dalam konteks prediksi populasi Sumatera Utara menjadi fokus khusus, dengan mempertimbangkan variabel-variabel yang relevan seperti laju kelahiran, angka kematian, migrasi, dan faktor-faktor ekonomi. Penelitian ini berupaya memberikan kontribusi baru dalam memahami dan memprediksi dinamika populasi Sumatera Utara.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

<http://journal.stmikjayakarta.ac.id/index.php/JMIJayakarta>

DOI: <https://doi.org/10.52362/jmijayakarta.v4i1.1300>

Implementasi Algoritma Backpropagation akan menghasilkan tingkat akurasi yang lebih tinggi dalam meramalkan jumlah penduduk Sumatera Utara dibandingkan dengan metode prediksi lainnya. Penentuan variabel input yang optimal dan penyesuaian parameter algoritma dapat menjadi bagian penting dari perumusan hipotesis tersebut.

3 Metode Penelitian

3.1 Dataset

Mengumpulkan dan menyiapkan data sampel adalah langkah pertama dalam merancang model jaringan syaraf tiruan. Data dalam penelitian ini diperoleh dari <https://sumut.bps.go.id/> Data yang diperoleh merupakan data jumlah penduduk setiap tahun

Tabel 1. Data Mentah Jumlah Penduduk di Provinsi Sumatera Utara

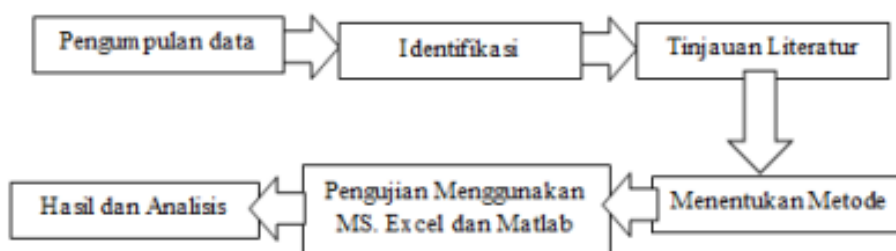
Kabupaten Kota	Jumlah									
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Sumatera Utara	13,590,250	13,766,851	13,937,797	14,102,911	14,262,147	14,415,391	14,562,549	14,703,532	14,936,148	15,115,206
Nias	137,846	139,862	140,613	141,403	142,110	142,840	143,319	143,983	147,794	149,249
Mandailing Natal	421,579	426,382	430,894	435,303	439,505	443,490	447,287	451,028	478,062	484,874
Tapanuli Selatan	271,053	273,132	275,098	276,889	278,587	280,283	281,931	283,389	303,685	307,312
Tapanuli Tengah	335,593	342,902	350,017	356,918	363,705	370,171	376,667	382,917	369,300	374,734
Tapanuli Utara	288,427	290,864	293,399	295,613	297,806	299,881	301,789	303,688	315,222	318,424
Toba Samosir	177,429	178,568	179,704	180,694	181,790	182,673	183,712	184,493	208,754	212,133
Labuhan Batu	444,732	453,630	462,191	470,511	478,593	486,480	494,178	501,596	499,982	508,024
Asahan	692,731	699,720	706,283	712,684	718,718	724,379	729,795	735,026	777,626	787,681
Simalungun	838,295	844,033	849,405	854,489	859,228	863,693	867,922	871,678	1,003,727	1,021,615
Dairi	276,005	277,575	279,090	280,610	281,876	283,203	284,304	285,481	311,665	315,460
Karo	375,402	382,622	389,591	396,598	403,207	409,675	415,878	421,997	409,077	414,429
Deli Serdang	1,940,183	1,984,598	2,029,308	2,072,521	2,114,627	2,155,625	2,195,709	2,234,320	1,941,374	1,953,986
Langkat	997,039	1,005,965	1,013,385	1,021,208	1,028,309	1,035,411	1,041,775	1,048,100	1,034,519	1,039,926
Nias Selatan	301,643	305,010	308,281	311,319	314,395	317,207	319,902	322,520	366,163	373,674
Humbang										
Hasundutan	178,972	181,026	182,991	184,915	186,694	188,480	190,186	191,776	199,719	202,299
Pakpak Bharat	43,593	44,520	45,516	46,392	47,183	48,119	48,935	49,688	53,315	54,609
Samosir	122,449	123,065	123,789	124,496	125,099	125,816	126,188	126,710	137,696	139,337
Serdang Bedagai	603,872	606,367	608,691	610,906	612,924	614,618	616,396	617,772	662,076	667,998
Batu Bara	391,862	396,479	400,803	404,988	409,091	412,992	416,493	420,103	413,171	416,367
Padang Lawas										
Utara	241,881	247,286	252,589	257,807	262,895	267,771	272,713	277,423	263,551	267,275
Padang Lawas	245,692	251,927	258,003	263,784	269,799	275,515	281,239	286,627	263,719	267,275
Labuhanbatu										
Selatan	300,412	307,171	313,884	320,381	326,825	332,922	338,982	344,819	316,798	320,324
Labuanbatu										
Utara	343,820	347,465	351,097	354,485	357,691	360,926	363,816	366,603	385,869	390,954
Nias Utara	131,463	132,735	133,897	135,013	136,090	137,002	137,967	138,800	148,790	150,780
Nias Barat	80,385	79,876	80,419	80,785	81,279	81,663	82,154	82,425	90,585	91,346



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](http://journal.stmikjayakarta.ac.id/index.php/JMIJayakarta).
<http://journal.stmikjayakarta.ac.id/index.php/JMIJayakarta>

Sibolga	85,807	86,166	86,519	86,789	87,090	87,317	87,626	87,791	89,932	90,366
Tanjungbalai	162,454	164,675	167,012	169,084	171,187	173,302	175,223	177,005	177,640	179,748
Pematangsiantar	242,813	245,104	247,411	249,505	251,513	253,500	255,317	257,110	270,768	274,056
Tebing Tinggi	152,584	154,804	156,815	158,902	160,686	162,581	164,402	166,100	174,969	177,785
Medan	2,170,677	2,191,140	2,210,624	223	2,247,425	2,264,145	2,279,894	2,295,003	2,460,858	2,494,512
Binjai	258,019	261,490	264,687	267,901	270,926	273,892	276,597	279,302	295,361	300,009
Padangsidempuan	203,146	206,496	209,796	212,917	216,013	218,892	221,827	224,483	227,674	231,062
Gunungsitoli	132,392	134,196	135,995	137,693	139,281	140,927	142,426	143,776	136,707	137,583

3.2 Tahapan Penelitian



Gambar 1 . Kerangka Penelitian

1. Pengumpulan data
Data yang digunakan adalah jumlah penduduk di Provinsi Sumatera Utara
2. Identifikasi Masalah
Memahami masalah yang ingin diselesaikan dan mempersiapkan dataset sesuai dengan penelitian
3. Tinjauan Literatur
Melengkapi pengetahuan dasar dan teori-teori yang digunakan dalam penelitian ini
4. Menentukan Metode
Metode prediksi Jumlah Penduduk di Provinsi Sumatera Utara pada tahun berikutnya, menggunakan metode Backpropagation
5. Pengujian menggunakan Ms. Excel dan Matlab
Melakukan proses perhitungan menggunakan MS.Excel dan hasil perhitungan tersebut kemudian diuji menggunakan software Matlab R2011b
6. Hasil dan Analisis
Mengetahui apakah pengujian hasil pengolahan data sudah sesuai dengan yang diharapkan.



3.3 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan pemroses sistem informasi yang mempunyai karakteristik tertentu dan performa yang hampir sama dengan jaringan syaraf biologi. Jaringan syaraf tiruan adalah alat matematika yang terkenal dan banyak digunakan untuk peramalan dan prediksi, yang juga menentukan hasil untuk fungsi nonlinier. Jaringan syaraf tiruan terdiri dari sekelompok unit pemroses kecil yang saling terhubung, yang dimodelkan berdasarkan sistem saraf manusia.

Jaringan syaraf tiruan diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran. Jaringan syaraf tiruan dapat digunakan untuk memodelkan hubungan kompleks antara input dan output untuk menemukan pola dan pengenalan pola atau klasifikasi pada data karena proses pembelajaran. Dalam jaringan syaraf tiruan algoritma pelatihan atau metode backpropagation didasarkan pada hubungan sederhana, yaitu jika hasilnya memberikan hasil yang salah, bobotnya diperbaiki sehingga error dapat diminimalisir dan respon selanjutnya lebih diharapkan mendekati nilai yang benar.

Jaringan syaraf tiruan memiliki tiga elemen digunakan yaitu fungsi aktivasi, bobot dan ambang batas. Fungsi aktivasi digunakan untuk menggambarkan bagaimana sinyal dari neuron sebelumnya diubah menjadi output neuron tertentu. Bobot adalah parameter yang digunakan untuk mengukur kekuatan antara neuron, bobot disesuaikan selama proses pelatihan untuk memungkinkan pembelajaran dan adaptasi. Ambang batas adalah nilai yang harus dicapai oleh input sebelum suatu neuron menghasilkan output atau teraktivasi. Ambang batas adalah salah satu komponen yang memungkinkan jaringan syaraf tiruan untuk mengambil keputusan berdasarkan input yang diterimanya.

3.4 Algoritma Backpropagation

Backpropagation adalah metode pembelajaran mesin yang digunakan untuk melatih jaringan syaraf tiruan. Menurut Ian Goodfellow, Yoshua Bengio dan Aaron Courville dalam buku “Deep Learning” (2016), backpropagation adalah “algoritma yang digunakan untuk menghitung gradien fungsi kesalahan untuk bobot jaringan syaraf tiruan dengan menggunakan aturan rantai”. Algoritma ini memungkinkan jaringan saraf tiruan belajar dari data yang dimasukkan ke dalamnya dan secara otomatis memperbarui bobotnya untuk menghasilkan keluaran yang lebih akurat. Metode ini digunakan untuk mengoptimalkan parameter jaringan syaraf tiruan dengan cara menghitung gradien kesalahan untuk setiap parameter kemudian mengubah parameter tersebut sehingga kesalahan jaringan berkurang. Ini adalah bagian penting dari pelatihan jaringan syaraf tiruan, yang memungkinkan jaringan belajar dari data pelatihan dan membuat prediksi yang lebih baik.

Backpropagation disebut sebagai algoritma pelatihan multilayer karena backpropagation memiliki tiga lapisan dalam proses pelatihannya, yaitu lapisan input, lapisan tersembunyi dan lapisan keluaran, backpropagation ini merupakan evolusi dari jaringan lapisan tunggal dengan dua lapisan, yaitu lapisan masukan dan lapisan keluaran. Berikut adalah langkah-langkah cara kerja Algoritma Backpropagation :

1. Bobot jaringan saraf tiruan diinisialisasi secara acak.
2. Data pelatihan dimasukkan ke dalam jaringan saraf tiruan, dan perhitungan dilakukan dari lapisan input ke lapisan output melalui serangkaian perhitungan matematika menggunakan bobot yang diinisialisasi.
3. Setelah melakukan forward pass, kita memiliki prediksi dari jaringan untuk data pelatihan tersebut. Selanjutnya, kita menghitung seberapa besar kesalahan (error) antara prediksi dan nilai sebenarnya.



DOI: <https://doi.org/10.52362/jmijayakarta.v4i1.1300>

4. Error yang dihitung pada langkah sebelumnya disebarkan kembali melalui jaringan dari lapisan output ke lapisan input. Proses ini melibatkan perhitungan gradien terhadap setiap bobot.
5. Setelah mendapatkan gradien, kita dapat menggunakan algoritma optimasi untuk mengupdate bobot jaringan agar mengurangi error. Hal ini dilakukan dengan menggeser bobot dalam arah yang mengurangi error.
6. Proses dari langkah 2 hingga 5 diulangi untuk sejumlah iterasi (epochs) tertentu atau hingga jaringan mencapai tingkat kinerja yang diinginkan.

4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Normalisasi Data

Dalam melakukan pelatihan dan pengujian, terlebih dahulu dilakukan normalisasi untuk mempermudah melakukan pelatihan dan pengujian data. Formula normalisasi dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$x' = \frac{0,8(x - a)}{b - a} + 0,1$$

Keterangan :

x' = Hasil normalisasi

0.8 = Nilai default normalisasi nilai optimum

x = Data yang akan di normalisasi

a = Data minimum

b = Data maksimum

0.1 = Nilai default normalisasi nilai minimum



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).
<http://journal.stmikjayakarta.ac.id/index.php/JMIJayakarta>

Data mentah pada tabel 1 akan dibagi menjadi 2 yaitu data *training* dan data *testing*. Data tabel 2 adalah data *training* yg diambil dari tahun 2013-2016 dan 2017 adalah sebagai target.

Tabel 2. Data Training Jumlah Penduduk Dengan Target Tahun 2017

2013	2014	2015	2016	Target
13,590,250	13,766,851	13,937,797	14,102,911	14,262,147
137,846	139,862	140,613	141,403	142,110
421,579	426,382	430,894	435,303	439,505
271,053	273,132	275,098	276,889	278,587
335,593	342,902	350,017	356,918	363,705
288,427	290,864	293,399	295,613	297,806
177,429	178,568	179,704	180,694	181,790
444,732	453,630	462,191	470,511	478,593
692,731	699,720	706,283	712,684	718,718
838,295	844,033	849,405	854,489	859,228
276,005	277,575	279,090	280,610	281,876
375,402	382,622	389,591	396,598	403,207
1,940,183	1,984,598	2,029,308	2,072,521	2,114,627
997,039	1,005,965	1,013,385	1,021,208	1,028,309
301,643	305,010	308,281	311,319	314,395
178,972	181,026	182,991	184,915	186,694
43,593	44,520	45,516	46,392	47,183
122,449	123,065	123,789	124,496	125,099
603,872	606,367	608,691	610,906	612,924
391,862	396,479	400,803	404,988	409,091
241,881	247,286	252,589	257,807	262,895
245,692	251,927	258,003	263,784	269,799
300,412	307,171	313,884	320,381	326,825
343,820	347,465	351,097	354,485	357,691
131,463	132,735	133,897	135,013	136,090
80,385	79,876	80,419	80,785	81,279
85,807	86,166	86,519	86,789	87,090
162,454	164,675	167,012	169,084	171,187
242,813	245,104	247,411	249,505	251,513
152,584	154,804	156,815	158,902	160,686
2,170,677	2,191,140	2,210,624	223	2,247,425
258,019	261,490	264,687	267,901	270,926
203,146	206,496	209,796	212,917	216,013
132,392	134,196	135,995	137,693	139,281



Tabel 3 diambil dari data mentah pada tabel 1 dimana jumlah penduduk dari tahun 2018-2021 sebagai data testing dengan target tahun 2022.

Tabel 3. Data Testing Jumlah Penduduk Dengan Target Tahun 2022

2018	2019	2020	2021	Target
14,415,391	14,562,549	14,703,532	14,936,148	15,115,206
142,840	143,319	143,983	147,794	149,249
443,490	447,287	451,028	478,062	484,874
280,283	281,931	283,389	303,685	307,312
370,171	376,667	382,917	369,300	374,734
299,881	301,789	303,688	315,222	318,424
182,673	183,712	184,493	208,754	212,133
486,480	494,178	501,596	499,982	508,024
724,379	729,795	735,026	777,626	787,681
863,693	867,922	871,678	1,003,727	1,021,615
283,203	284,304	285,481	311,665	315,460
409,675	415,878	421,997	409,077	414,429
2,155,625	2,195,709	2,234,320	1,941,374	1,953,986
1,035,411	1,041,775	1,048,100	1,034,519	1,039,926
317,207	319,902	322,520	366,163	373,674
188,480	190,186	191,776	199,719	202,299
48,119	48,935	49,688	53,315	54,609
125,816	126,188	126,710	137,696	139,337
614,618	616,396	617,772	662,076	667,998
412,992	416,493	420,103	413,171	416,367
267,771	272,713	277,423	263,551	267,275
275,515	281,239	286,627	263,719	267,275
332,922	338,982	344,819	316,798	320,324
360,926	363,816	366,603	385,869	390,954
137,002	137,967	138,800	148,790	150,780
81,663	82,154	82,425	90,585	91,346
87,317	87,626	87,791	89,932	90,366
173,302	175,223	177,005	177,640	179,748
253,500	255,317	257,110	270,768	274,056
162,581	164,402	166,100	174,969	177,785
2,264,145	2,279,894	2,295,003	2,460,858	2,494,512
273,892	276,597	279,302	295,361	300,009
218,892	221,827	224,483	227,674	231,062
140,927	142,426	143,776	136,707	137,583



Data *training* pada tabel 2 dilakukan perhitungan normalisasi data menggunakan formula normalisasi, hasil normalisasi data *training* dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Normalisasi Data Training

2013	2014	2015	2016	Target
0,1740	0,8721	0,8818	0,8910	0,9000
0,1053	0,1054	0,1055	0,1055	0,1055
0,1213	0,1215	0,1218	0,1220	0,1223
0,1128	0,1129	0,1130	0,1131	0,1132
0,1164	0,1168	0,1172	0,1176	0,1180
0,1138	0,1139	0,1141	0,1142	0,1143
0,1075	0,1076	0,1077	0,1077	0,1078
0,1226	0,1231	0,1236	0,1240	0,1245
0,1365	0,1369	0,1373	0,1376	0,1380
0,1447	0,1450	0,1453	0,1456	0,1459
0,1131	0,1132	0,1133	0,1133	0,1134
0,1187	0,1191	0,1195	0,1199	0,1202
0,2067	0,2092	0,2117	0,2142	0,2165
0,1536	0,1541	0,1546	0,1550	0,1554
0,1145	0,1147	0,1149	0,1151	0,1152
0,1076	0,1077	0,1078	0,1080	0,1081
0,1000	0,1001	0,1001	0,1002	0,1002
0,1044	0,1045	0,1045	0,1046	0,1046
0,1315	0,1317	0,1318	0,1319	0,1320
0,1196	0,1199	0,1201	0,1203	0,1206
0,1112	0,1115	0,1118	0,1121	0,1123
0,1114	0,1117	0,1121	0,1124	0,1127
0,1144	0,1148	0,1152	0,1156	0,1159
0,1169	0,1171	0,1173	0,1175	0,1177
0,1049	0,1050	0,1051	0,1051	0,1052
0,1021	0,1020	0,1021	0,1021	0,1021
0,1024	0,1024	0,1024	0,1024	0,1024
0,1067	0,1068	0,1069	0,1071	0,1072
0,1112	0,1113	0,1115	0,1116	0,1117
0,1061	0,1063	0,1064	0,1065	0,1066
0,2197	0,2208	0,2219	0,2230	0,2240
0,1121	0,1123	0,1124	0,1126	0,1128
0,1090	0,1092	0,1094	0,1095	0,1097
0,1050	0,1051	0,1052	0,1053	0,1054



Data *testing* pada tabel 3 dilakukan perhitungan normalisasi data menggunakan formula normalisasi, hasil normalisasi data *testing* dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Normalisasi Data *Testing*

2018	2019	2020	2021	Target
0,8628	0,8707	0,8781	0,8905	0,9000
0,1050	0,1051	0,1051	0,1053	0,1054
0,1210	0,1212	0,1214	0,1228	0,1232
0,1123	0,1124	0,1125	0,1136	0,1138
0,1171	0,1174	0,1178	0,1171	0,1173
0,1134	0,1135	0,1136	0,1142	0,1144
0,1071	0,1072	0,1072	0,1085	0,1087
0,1233	0,1237	0,1241	0,1240	0,1244
0,1359	0,1362	0,1365	0,1387	0,1393
0,1433	0,1435	0,1437	0,1507	0,1517
0,1125	0,1125	0,1126	0,1140	0,1142
0,1192	0,1195	0,1199	0,1192	0,1194
0,2119	0,2140	0,2161	0,2005	0,2012
0,1524	0,1528	0,1531	0,1524	0,1527
0,1143	0,1144	0,1146	0,1169	0,1173
0,1075	0,1075	0,1076	0,1080	0,1082
0,1000	0,1000	0,1001	0,1003	0,1003
0,1041	0,1041	0,1042	0,1048	0,1048
0,1301	0,1302	0,1302	0,1326	0,1329
0,1194	0,1196	0,1198	0,1194	0,1196
0,1117	0,1119	0,1122	0,1114	0,1116
0,1121	0,1124	0,1127	0,1114	0,1116
0,1151	0,1154	0,1158	0,1143	0,1145
0,1166	0,1168	0,1169	0,1179	0,1182
0,1047	0,1048	0,1048	0,1053	0,1055
0,1018	0,1018	0,1018	0,1023	0,1023
0,1021	0,1021	0,1021	0,1022	0,1022
0,1066	0,1067	0,1068	0,1069	0,1070
0,1109	0,1110	0,1111	0,1118	0,1120
0,1061	0,1062	0,1063	0,1067	0,1069
0,2177	0,2185	0,2193	0,2281	0,2299
0,1120	0,1121	0,1123	0,1131	0,1134
0,1091	0,1092	0,1094	0,1095	0,1097
0,1049	0,1050	0,1051	0,1047	0,1048



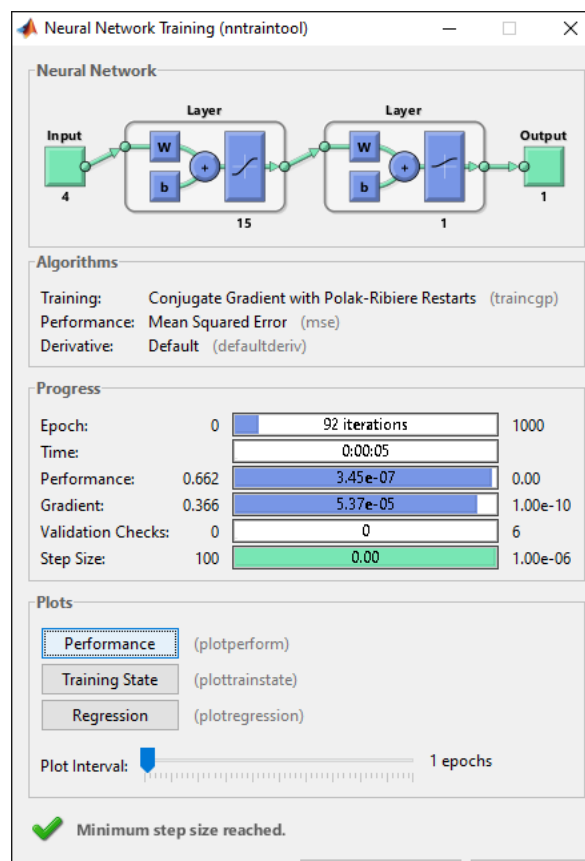
4.2 Pelatihan dan Pengujian

Pada penelitian ini menggunakan 3 (tiga) model arsitektur pelatihan dan pengujian data yakni 4-5-1, 4-10-1, 4-15-1. Pelatihan dan pengujian ke 3 arsitektur dapat dilihat sebagai berikut pada tabel 6 :

Tabel 6. Model Arsitektur Backpropagation

Arsitektur	Epoch	Waktu	MSE	Akurasi
4-5-1	79	00:03	1,62412E-06	97%
4-10-1	92	00:04	6,94706E-07	100%
4-15-1	92	00:05	3,44412E-07	100%

Berdasarkan tingkat akurasi pengujian dan Pelatihan 3 model arsitektur maka dapat disimpulkan bahwa model arsitektur 4-15-1 dengan epoch sebesar 92 iterasi dalam waktu 00:05 menghasilkan tingkat akurasi terbesar yakni 100% merupakan model arsitektur terbaik untuk digunakan dalam proses estimasi tahun berikutnya.



Gambar 2. Pelatihan Menggunakan Model Arsitektur 3-15-1



Pada gambar 2 dapat dilihat Prediksi Jumlah Penduduk di Provinsi Sumatera Utara pada tahun 2023. Dengan menggunakan aplikasi/software *Matlab 2011b* dan *Microsoft Excel*, perhitungan dilakukan menggunakan model arsitektur terbaik yaitu 4-15-1.

Kabupaten Kota	Jumlah										
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Sumatera Utara	13,590,250	13,766,851	13,937,797	14,102,911	14,262,147	14,415,391	14,562,549	14,703,532	14,936,148	15,115,206	15,154,699
Nias	137,846	139,862	140,613	141,403	142,110	142,840	143,319	143,983	147,794	149,249	166,083
Mandailing Natal	421,579	426,382	430,894	435,303	439,505	443,490	447,287	451,028	478,062	484,874	475,945
Tapanuli Selatan	271,053	273,132	275,098	276,889	278,587	280,283	281,931	283,389	303,685	307,312	307,788
Tapanuli Tengah	335,593	342,902	350,017	356,918	363,705	370,171	376,667	382,917	369,300	374,734	377,696
Tapanuli Utara	288,427	290,864	293,399	295,613	297,806	299,881	301,789	303,688	315,222	318,424	319,125
Toba Samosir	177,429	178,568	179,704	180,694	181,790	182,673	183,712	184,493	208,754	212,133	218,986
Labuhan Batu	444,732	453,630	462,191	470,511	478,593	486,480	494,178	501,596	499,982	508,024	504,286
Asahan	692,731	699,720	706,283	712,684	718,718	724,379	729,795	735,026	777,626	787,681	780,138
Simalungun	838,295	844,033	849,405	854,489	859,228	863,693	867,922	871,678	1,003,727	1,021,615	1,012,535
Dairi	276,005	277,575	279,090	280,610	281,876	283,203	284,304	285,481	311,665	315,460	313,456
Karo	375,402	382,622	389,591	396,598	403,207	409,675	415,878	421,997	409,077	414,429	415,484
Deli Serdang	1,940,183	1,984,598	2,029,308	2,072,521	2,114,627	2,155,625	2,195,709	2,234,320	1,941,374	1,953,986	1,976,129
Langkat	997,039	1,005,965	1,013,385	1,021,208	1,028,309	1,035,411	1,041,775	1,048,100	1,034,519	1,039,926	1,050,323
Nias Selatan	301,643	305,010	308,281	311,319	314,395	317,207	319,902	322,520	366,163	373,674	366,360
Humbang Hasundutan	178,972	181,026	182,991	184,915	186,694	188,480	190,186	191,776	199,719	202,299	213,318
Pakpak Bharat	43,593	44,520	45,516	46,392	47,183	48,119	48,935	49,688	53,315	54,609	82,950
Samosir	122,449	123,065	123,789	124,496	125,099	125,816	126,188	126,710	137,696	139,337	156,636
Serdang Bedagai	603,872	606,367	608,691	610,906	612,924	614,618	616,396	617,772	662,076	667,998	655,438
Batu Bara	391,862	396,479	400,803	404,988	409,091	412,992	416,493	420,103	413,171	416,367	415,484
Padang Lawas Utara	241,881	247,286	252,589	257,807	262,895	267,771	272,713	277,423	263,551	267,275	277,558
Padang Lawas	245,692	251,927	258,003	263,784	269,799	275,515	281,239	286,627	263,719	267,275	279,447
Labuhanbatu Selatan	300,412	307,171	313,884	320,381	326,825	332,922	338,982	344,819	316,798	320,324	328,572
Labuanbatu Utara	343,820	347,465	351,097	354,485	357,691	360,926	363,816	366,603	385,869	390,954	387,143
Nias Utara	131,463	132,735	133,897	135,013	136,090	137,002	137,967	138,800	148,790	150,780	166,083
Nias Barat	80,385	79,876	80,419	80,785	81,279	81,663	82,154	82,425	90,585	91,346	115,069
Sibolga	85,807	86,166	86,519	86,789	87,090	87,317	87,626	87,791	89,932	90,366	115,069
Tanjungbalai	162,454	164,675	167,012	169,084	171,187	173,302	175,223	177,005	177,640	179,748	194,424
Pematangsiantar	242,813	245,104	247,411	249,505	251,513	253,500	255,317	257,110	270,768	274,056	277,558
Tebing Tinggi	152,584	154,804	156,815	158,902	160,686	162,581	164,402	166,100	174,969	177,785	190,645
Medan	2,170,677	2,191,140	2,210,624	223	2,247,425	2,264,145	2,279,894	2,295,003	2,460,858	2,494,512	2,510,829
Binjai	258,019	261,490	264,687	267,901	270,926	273,892	276,597	279,302	295,361	300,009	302,120
Padangsidempuan	203,146	206,496	209,796	212,917	216,013	218,892	221,827	224,483	227,674	231,062	239,770
Gunungsitoli	132,392	134,196	135,995	137,693	139,281	140,927	142,426	143,776	136,707	137,583	158,526

Gambar 3. Hasil Prediksi Jumlah Penduduk Provinsi Sumatera Utara Tahun 2023

5 Kesimpulan

Penulis menyimpulkan bahwa Algoritma Backpropagation dapat digunakan untuk melakukan prediksi jumlah penduduk provinsi Sumatera Utara karena algoritma ini memiliki kemampuan untuk mengoptimalkan model neural network dengan meminimalkan kesalahan prediksi berdasarkan data pelatihan yang ada. Algoritma Backpropagation menyesuaikan parameter-parameter dalam jaringan saraf secara iteratif sehingga dapat mempelajari pola dan hubungan kompleks antara berbagai faktor yang mempengaruhi jumlah penduduk Sumatera Utara, sehingga dapat digunakan untuk prediksi yang lebih akurat. Dari hasil pelatihan dan pengujian jaringan syaraf tiruan dengan algoritma backpropagation, model arsitektur terbaik adalah 4-15-1 yang memiliki nilai *Mean Squared Error* (MSE) sebesar 0,00000034 dengan tingkat akurasi 100%.



Referensi

- [1] M. A. P. Hutabarat, Handrizal, and Jalaluddin, “Penerapan Algoritma Backpropagation Dalam Memprediksi Jumlah Penduduk di Kecamatan Pematang Bandar Berdasarkan Nagori / Kelurahan,” *J. Inf. Syst. Res.*, vol. 1, no. 2, pp. 63–69, 2020.
- [2] A. Lasarudin and R. Maku, “Prediksi Pertumbuhan Jumlah Penduduk Menggunakan Algoritma Neural Network,” *J. Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 2, p. 37, 2022, doi: 10.31314/juik.v2i2.1715.
- [3] S. F. Manurung, A. Andriansya, J. Permana, and R. Pangestu, “Pemanfaatan Algoritma JST untuk Menentukan Model Prediksi Umur Harapan Hidup Saat Lahir,” 2022.
- [4] A. Wanto, “Analisis Prediksi Indeks Harga Konsumen Berdasarkan Kelompok Kesehatan Dengan Menggunakan Metode Backpropagation,” vol. 2, pp. 37–44, 2019.
- [5] P. Nugroho, “Prediksi Nasabah Bank Menggunakan Algoritma Backpropagation,” vol. 3, no. 3, pp. 89–94, 2021.
- [6] M. Julham, S. Sumarno, F. Anggraini, A. Wanto, and S. Solikhun, “Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan dalam Memprediksi Tingkat Kriminal di Kabupaten Simalungun Menggunakan Algoritma Backpropagation,” vol. 1, no. 1, pp. 64–73, 2022.
- [7] D. V. Hutabarat, M. Fauzan, A. P. Windarto, and F. Rizki, “Penerapan Algoritma Backpropagation dalam Memprediksi Hasil Panen Tanaman Sayuran,” vol. 2, no. 1, pp. 21–29, 2021.
- [8] D. P. Resda, J. H. Purba, A. Sitanggang, and M. Fani, “Aplikasi Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan untuk Memprediksi Tingkat Pengangguran di Kota Batam dengan Menggunakan Algoritma Pembelajaran Backpropagation,” vol. 15, no. 1, pp. 91–96, 2023.
- [9] P. Seminar *et al.*, “Implementasi Algoritma Backpropagation dalam Memprediksi Jumlah Mahasiswa Baru pada AMIK- STIKOM Tunas Bangsa Pematangsiantar,” no. September, pp. 795–803, 2019.
- [10] V. V. Utari, A. Wanto, I. Gunawan, and Z. M. Nasution, “Prediksi Hasil Produksi Kelapa Sawit PTPN IV Bahjambi Menggunakan Algoritma Backpropagation,” vol. 2, no. 3, pp. 271–279, 2021.
- [11] F. Halawa, “Penerapan Algoritma Genetika Dan Backpropagation Neural Network Untuk Memprediksi Jumlah Penduduk Kota Medan,” vol. 7, no. 3, pp. 203–207, 2020.
- [12] I. Asih, R. Simbolon, F. Yatussa, A. Wanto, and I. Pendahuluan, “Penerapan Algoritma Backpropagation dalam Memprediksi Persentase Penduduk Buta Huruf di Indonesia,” vol. 4, no. 2, 2018.
- [13] I. Riadi, “Penerapan JST Backpropagation untuk Prediksi Siswa Penerima Bantuan,” vol. 6, no. April, pp. 952–959, 2022, doi: 10.30865/mib.v6i2.3870.
- [14] F. Jefansa, “Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan dalam Meramalkan Produksi Kopi Berdasarkan Provinsi,” *J. Infomedia*, vol. 7, no. 1, p. 1, 2022, doi: 10.30811/jim.v7i1.2873.
- [15] I. I. Ridho *et al.*, “Penerapan Artificial Neural Network dengan Metode Backpropagation Dalam Memprediksi Harga Saham (Kasus: PT. Bank BCA, Tbk),” *J. Ris. Sist. Inf. Dan Tek. Inform.*, vol. 8, pp. 295–303, 2023, [Online]. Available: <https://tunasbangsa.ac.id/ejurnal/index.php/jurasik>

