

Prediksi Hasil Produksi Tanaman Tomat di Indonesia Menurut Provinsi Menggunakan Algoritma Fletcher-Reeves

Surya Fajri*, Heru Gunawan, Lokot Ridwan Batubara, Zunaida Sitorus

Universitas Asahan, Kisaran, Indonesia

Email: ^{1,*}bankfajri@gmail.com, ²herugun10@gmail.com, ³lokotridwan36@gmail.com, ⁴z_sitorus@yahoo.com

Penulis Korespondensi: bankfajri@gmail.com

Submitted: 18/12/2022; Accepted: 30/12/2022; Published: 30/12/2022

Abstrak—Tomat sangat penting bagi masyarakat Indonesia karena memiliki nilai ekonomis dan gizi yang tinggi. Selain itu seiring meningkatnya jumlah pertumbuhan penduduk, maka permintaan akan sayuran tomat ini juga ikut meningkat. Berdasarkan hal tersebut maka sangat esensial bila dilakukan penelitian untuk memprediksi perkembangan hasil produksi tanaman tomat di masa yang akan datang. Penelitian pada makalah ini menggunakan dataset produksi tanaman tomat di Indonesia yang tersebar di 34 provinsi dalam kisaran waktu tujuh tahun terakhir, yakni tahun 2015 hingga tahun 2021), yang bersumber dari Badan Pusat Statistik Indonesia dan Dinas Pertanian Kabupaten/Kota tiap Provinsi. Algoritma yang diusulkan pada penelitian ini adalah Algoritma Conjugate Gradient Fletcher-Reeves yang akan di olah dengan bantuan Matlab2011b. Analisis penelitian dengan tiga jaringan model arsitektur, yakni: 5-7-1, 5-13-1 dan 5-17-1. Berdasarkan perbandingan jaringan tiga model arsitektur, didapatkan hasil terbaik model 5-17-1, karena nilai MSE yang paling kecil dibandingkan dua model lain nya, yakni 0,0009915 berbanding 0,0010851 dan 0,0049764, serta tingkat akurasi yang juga tertinggi, yakni sebesar 94% berbanding 91% dan 88%. Oleh karena itu model 5-17-1 ini yang digunakan untuk melakukan prediksi hasil produksi tanaman tomat di Indonesia untuk masa yang akan datang (tahun 2022 dan 2023). Berdasarkan hasil prediksi pada Akhir tahun 2022 dan 2023 ada 18 provinsi yang produksi tanaman tomat berpotensi meningkat walau tidak terlalu signifikan. Kesimpulan nya bahwa prediksi produksi tomat dengan menggunakan algoritma Fletcher-Reeves cukup baik, karena menghasilkan tingkat error yang kecil dan akurasi yang tinggi.

Kata Kunci: Conjugate Gradient; Fletcher-Reeves; Hasil Produksi; Pertanian; Tanaman Tomat

Abstract—Tomatoes are essential for Indonesians because they have high economic and nutritional value. In addition, as population growth increases, the demand for tomatoes also increases. Based on this, it is essential to research to predict the future development of tomato crop production. The research in this paper uses a dataset of tomato plant production in Indonesia, which is spread across 34 provinces in the last seven years, namely from 2015 to 2021), which is sourced from the Indonesian Central Bureau of Statistics and the District/City Agriculture Service of each Province. The algorithm proposed in this study is the Fletcher-Reeves Conjugate Gradient Algorithm which will be processed with the help of Matlab2011b. Research analysis with three network architectural models: 5-7-1, 5-13-1, and 5-17-1. Based on a network comparison of the three architectural models, the best result is the 5-17-1 model because the MSE value is the smallest compared to the other two models, namely 0.0009915 compared to 0.0010851 and 0.0049764, as well as the highest level of accuracy, namely by 94% versus 91% and 88%. Therefore the 5-17-1 model is used to predict the yield of tomato production in Indonesia for the future (2022 and 2023). Based on the prediction results at the end of 2022 and 2023, there are 18 provinces where tomato crop production has the potential to increase, although not too significantly. The prediction of tomato production using the Fletcher-Reeves algorithm is quite good because it produces a small error rate and high accuracy.

Keywords: Conjugate Gradient; Fletcher-Reeves; Production Result; Agriculture; Tomato Plant

1. PENDAHULUAN

Salah satu sub sektor pertanian yang memiliki kontribusi yang cukup tinggi terhadap manusia dan lingkungan adalah subsektor hortikultura. Manfaat produk hortikultura terhadap manusia diantaranya adalah sebagai sumber pangan dan gizi, pendapatan keluarga dan pendapatan negara. Sedangkan bagi lingkungan adalah rasa estetikanya, konversi genetik sekaligus sebagai penyangga kelestarian alam. Hortikultura sebagai salah satu produk subsektor pertanian tanaman pangan dipandang sebagai sumber pertumbuhan baru yang potensial untuk dikembangkan dalam sistem agribisnis karena mempunyai keterkaitan yang kuat baik ke hulu maupun ke hilir. Kegiatan tersebut mencakup seluruh aktifitas sektor pertanian mulai dari penyediaan input produksi sampai dengan pengolahan hasil dan pemasaran. Salah satu komoditas hortikultura dalam negeri yang dikategorikan unggulan berdasarkan nilai ekonomis dan strategis menurut Direktorat Jendral Hortikultura adalah tomat. Tomat memiliki potensi yang sangat tinggi untuk di budidaya kan di Indonesia [1]. Tergantung jenis atau varietasnya, tanaman ini dapat ditanam secara leluasa dari mulai dataran rendah sampai dataran tinggi. Tidak hanya untuk konsumsi langsung, perkembangan pemanfaatan tomat sebagai produk olahan pun semakin meningkat penggunaannya baik untuk bahan baku produk makanan olahan hingga produk kecantikan. Tomat merupakan salah satu jenis tanaman sayuran yang termasuk dalam komoditas tanaman hortikultura yang sangat penting, karena memiliki nilai gizi yang tinggi apabila di konsumsi dan baik bagi kesehatan, selain itu harganya juga cukup ekonomis [2]. Tanaman tomat dikatakan juga sebagai komoditas multiguna yang tidak hanya bermanfaat sebagai buah dan sayuran, tetapi juga bermanfaat sebagai bahan kecantikan dan campuran obat-obatan [3]. Buah tomat memiliki citra rasa yang khas dan disukai hampir seluruh lapisan masyarakat, sehingga tidak mengherankan apabila buah tomat sering digunakan untuk campuran masakan. Para petani di Indonesia banyak membudidayakan tanaman tomat karena banyak nya permintaan baik dari dalam maupun luar negeri, sehingga semakin tinggi produktivitas tomat dan harga penjualan di pasaran juga tinggi, akan semakin membuat keuntungan yang besar. Oleh sebab itu maka budidaya tomat termasuk budidaya pertanian yang memiliki prospek yang cerah,

tidak hanya bagi petani sebagai tambahan penghasilan, tetapi juga sebagai salah satu sumber devisa negara apabila tomat yang di ekspor pemerintah Indonesia semakin tinggi [4]. Berdasarkan hal ini maka pembahasan tentang produksi tomat perlu masuk pada skala prioritas untuk diperhatikan pemerintah.

Sejalan dengan hal itu, maka dilakukan lah penelitian untuk melakukan prediksi hasil produksi tanaman tomat di Indonesia yang tersebar di 34 untuk tahun-tahun selanjutnya, hal ini dilakukan agar pemerintah khususnya dinas pertanian memiliki acuan serta informasi dalam menentukan kebijakan dan membuat langkah-langkah yang tepat untuk senantiasa menjaga produksi tomat agar jangan sampai menurun, bahkan diharapkan dapat meningkat tiap tahun nya. Tetapi untuk melakukan prediksi tidaklah mudah, dibutuhkan data-data, metode serta langkah-langkah yang tepat agar hasil prediksi nanti nya dapat dipertanggung jawabkan [5],[6]. Metode yang diusulkan pada penelitian ini menggunakan *Algoritma Conjugate Gradient Fletcher-Reeves* yang pada proses nya dibantu aplikasi Matlab2011b. Metode ini merupakan salah satu metode Jaringan Saraf Tiruan yang dapat digunakan untuk melakukan prediksi berdasarkan data-data terdahulu yang sudah pernah terjadi [7]–[14]. Diharapkan dari hasil penelitian ini, maka perkembangan produksi tomat untuk tahun-tahun selanjutnya dapat diprediksi jumlah nya, sehingga pemerintah Indonesia khususnya dinas pertanian memiliki informasi yang jelas.

Beberapa penelitian-penelitian yang sudah pernah dilakukan terkait topik ini diantaranya: penelitian untuk memprediksi produksi tomat menggunakan metode *Moving Average* yang merupakan salah satu algoritma dari teknik data mining. Hasil tingkat *error* dalam melakukan prediksi pada penelitian ini diperoleh sebesar 23,40% dengan menggunakan pengujian metode MAPE [15]. Berikut nya penelitian yang dilakukan untuk memprediksi hasil panen tanaman sayuran di Indonesia dengan menerapkan algoritma *Back-propagation*. Penelitian tersebut menggunakan data Tanaman sayuran yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik tahun 2017-2019. Model arsitektur terbaik pada penelitian ini adalah 2-1-1 dengan tingkat akurasi 75,0% dan *epoch* sebesar 1392 iterasi dalam waktu 00:07 detik. Penelitian ini menghasilkan prediksi dalam rentang waktu 2 tahun kedepan terhitung dari tahun 2020 dan 2021. Berdasarkan hasil prediksi yang diperoleh, jumlah hasil panen mengalami peningkatan di setiap tahunnya [16]. Selanjutnya penelitian untuk memprediksi potensi produksi Bawang Merah di Indonesia menggunakan algoritma Resilient. Penelitian ini menggunakan empat model jaringan, yakni: 6-5-1, 6-10-1, 6-17-1 dan 6-29-1. Berdasarkan analisis diperoleh hasil bahwa model 6-17-1 merupakan model terbaik, karena memiliki nilai *Mean Square Error* (MSE) pengujian yang lebih rendah dibandingkan tiga model yang lain, yaitu sebesar 0,0337792 dan tingkat akurasi yang cukup baik sebesar 79% dengan tingkat *error* yang digunakan 0,04. Berdasarkan hasil prediksi, potensi produksi hasil bawang merah Indonesia pada Akhir tahun 2022 cenderung menurun dibandingkan tahun 2021 [17]. Selanjutnya penelitian dengan memanfaatkan algoritma *Fletcher-Reeves* untuk menentukan model prediksi harga nilai ekspor menurut golongan *Standard International Trade Classification* (SITC). Model prediksi yang akan dianalisis menggunakan algoritma Fletcher-Reeves diantaranya: 5-20-1, 5-25-1 dan 5-30-1, dengan fungsi aktivasi *tansig* dan *logsig*. Berdasarkan analisis yang dilakukan melalui perhitungan excel dari proses pelatihan dan pengujian menggunakan aplikasi Matlab-2011b, diperoleh hasil bahwa model jaringan 5-25-1 merupakan model yang terbaik dengan nilai *performance* atau *Mean Square Error* sebesar 0,00287273 di bandingan empat model yang lainnya [18]. Dan banyak lagi penelitian-penelitian lain nya [19]–[27]. Penelitian-penelitian terkait inilah yang melatar belakangi dilakukannya penelitian ini.

Tujuan dari penelitian ini secara umum agar dapat memberikan kontribusi bagi pemerintah Indonesia khususnya dinas pertanian sebagai acuan, referensi dan informasi mengenai potensi tingkat produksi tanaman tomat Indonesia di tahun-tahun berikutnya. Tujuan lain nya, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi bagi keilmuan, yakni dengan memanfaatkannya sebagai alternatif yang lebih baik untuk menyelesaikan masalah prediksi serta untuk pengembangan keilmuan lebih lanjut.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

Metode Penelitian menggunakan algoritma *Conjugate Gradient Fletcher-Reeves*. Teknik ini dapat melakukan prediksi berdasarkan data yang telah berlalu (*times series*). Algoritma ini merupakan fungsi pelatihan jaringan yang memperbarui nilai bobot dan bias sesuai dengan *backpropagation* gradien konjugasi dengan pembaruan Fletcher-Reeves [28]. Penggunaan jaringan pada algoritma ini menggunakan *traincgf* dengan *newff*, *newcf*, atau *newelm*. Teknik ini dapat melatih jaringan apa pun selama bobot, input bersih, dan fungsi transfer nya memiliki fungsi turunan. *Back-propagation* digunakan untuk menghitung turunan kinerja (*performance*) sehubungan dengan bobot variabel dan bias X [29]. Setiap variabel disesuaikan dengan hal berikut:

$$X = X + a \cdot dX; \quad (1)$$

dimana dX adalah arah pencarian. Parameter a dipilih untuk meminimalkan kinerja sepanjang arah pencarian. Fungsi pencarian baris *searchFcn* digunakan untuk menemukan titik minimum. Arah pencarian pertama bernilai negatif berdasarkan *performance* gradien. Pada iterasi berikutnya, arah pencarian dihitung dari gradien baru dan arah pencarian sebelumnya, menurut rumus:

$$dX = -gX + dX_{old} \cdot Z; \quad (2)$$

dimana gX adalah gradien. Parameter Z dapat dihitung dengan beberapa cara berbeda. Untuk variasi gradien konjugasi Fletcher-Reeves dihitung menurut

$$Z = \text{normnew_sqr}/\text{norm_sqr}; \quad (3)$$

di mana norm_sqr adalah aturan kuadrat dari gradien sebelumnya dan normnew_sqr adalah aturan kuadrat dari gradien saat ini. Pelatihan berhenti ketika salah satu dari kondisi ini terjadi:

- Jumlah epoch maksimum (pengulangan) tercapai.
- Jumlah waktu maksimum terlampaui.
- Kinerja minimal saat mencapai Goal.
- Kinerja Gradien berada di bawah min_grad .

2.2 Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan dataset Hasil Produksi Tanaman Tomat di 34 provinsi yang ada di Indonesia yang bersumber dari website Badan Pusat Statistik Indonesia dan Dinas Pertanian Kabupaten/Kota tiap Provinsi [30]. Dataset disajikan pada tabel 1 berikut.

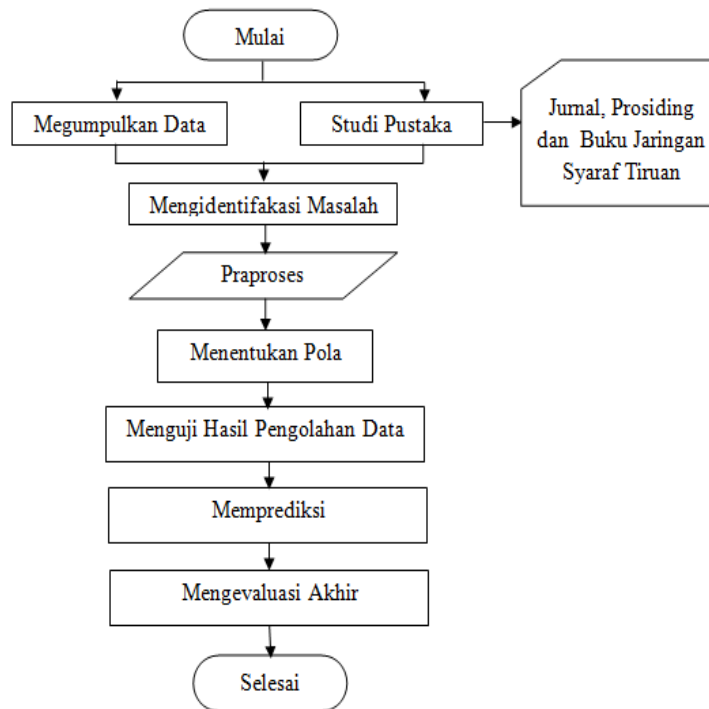
Tabel 1. Hasil Produksi Tanaman Tomat (Ton) di Indonesia

No	Provinsi	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	Aceh	21.093	25.647	26.136	19.682	20.821	20.781	11.706
2	Sumatera Utara	114.652	99.884	97.358	103.650	118.583	162.744	203.162
3	Sumatera Barat	88.669	93.487	101.292	131.819	146.829	113.491	97.271
4	Riau	127	204	293	241	117	158	151
5	Jambi	8.408	9.255	24.450	11.621	12.348	19.652	23.890
6	Sumatera Selatan	7.140	11.355	13.559	14.050	12.487	10.620	8.836
7	Bengkulu	21.084	22.459	18.545	18.284	18.485	23.033	30.868
8	Lampung	24.491	23.638	25.432	19.604	18.669	19.096	15.934
9	Kep. Bangka Belitung	410	555	704	685	473	536	1.147
10	Kepulauan Riau	52	4	2	6	285	235	425
11	DKI Jakarta	0	0	0	0	0	0	0
12	Jawa Barat	296.217	278.394	295.321	268.448	284.948	299.267	292.309
13	Jawa Tengah	62.405	61.587	71.772	90.404	81.710	79.832	77.297
14	DI Yogyakarta	1.243	1.134	871	821	1.372	1.531	949
15	Jawa Timur	59.180	60.719	66.758	65.585	74.558	83.920	93.121
16	Banten	1.052	1.680	1.017	784	830	1.894	1.190
17	Bali	16.716	24.806	24.520	25.602	15.171	13.811	12.172
18	Nusa Tenggara Barat	25.700	25.218	22.970	20.871	29.215	28.609	28.514
19	Nusa Tenggara Timur	4.442	4.876	6.716	5.466	9.950	9.907	10.605
20	Kalimantan Barat	2.006	3.766	1.805	1.128	2.088	1.857	4.108
21	Kalimantan Tengah	1.933	1.867	1.909	1.831	2.410	4.352	3.505
22	Kalimantan Selatan	4.915	4.782	9.153	7.813	7.399	7.409	5.067
23	Kalimantan Timur	8.049	5.291	6.429	7.151	7.430	8.210	9.101
24	Kalimantan Utara	2.666	3.724	2.754	2.843	2.688	2.367	6.008
25	Sulawesi Utara	25.118	24.258	30.276	53.075	42.392	57.331	66.711
26	Sulawesi Tengah	12.439	18.134	22.490	16.163	16.516	26.706	17.634
27	Sulawesi Selatan	47.598	49.291	64.917	67.373	58.513	60.435	63.373
28	Sulawesi Tenggara	5.399	6.796	3.464	3.792	5.608	4.720	4.800
29	Gorontalo	1.165	1.235	2.574	3.148	3.543	2.721	2.808
30	Sulawesi Barat	777	1.914	1.924	1.378	1.662	760	1.483
31	Maluku	2.810	2.458	2.761	3.549	3.324	4.110	4.024
32	Maluku Utara	5.222	3.984	1.834	877	7.548	6.785	5.449
33	Papua Barat	631	2.501	525	826	2.511	1.311	2.214
34	Papua	3.992	8.339	12.314	8.220	9.850	6.804	8.569
	Jumlah	877.801	883.242	962.845	976.790	1.020.333	1.084.995	1.114.401

Ada 34 provinsi yang terdata di BPS (Tabel 1). Data terlebih dahulu melalui proses *cleaning* (pembersihan), sehingga provinsi DKI Jakarta tidak ikut di proses dan diperhitungkan pada penelitian ini, karena tidak memiliki nilai produksi tomat pada tiap tahun nya, agar nantinya tidak mengganggu proses pelatihan dan pengujian data.

2.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Penjelasan:

- a. Mengumpulkan Data
Pada tahap ini, data-data diperoleh dari Dinas Pertanian Kabupaten/Kota tiap Provinsi dan diambil dari website badan Pusat Statistik Indonesia.
- b. Studi Pustaka
Studi pustaka merupakan langkah awal dalam penelitian ini, studi pustaka ini dilakukan untuk melengkapi pengetahuan dasar dan teori-teori yang digunakan dalam penelitian ini yang diambil dari buku-buku atau artikel jurnal.
- c. Mengidentifikasi Masalah
Pada tahap identifikasi masalah ini, dilakukan setelah semua data-data terpenuhi kemudian didapatkan *dataset* yang sesuai untuk dilakukan proses pada tahap konversi data yang didapat sesuai dengan bobot yang ditentukan.
- d. Pra-proses
Tahapan yang dikerjakan adalah dengan melakukan perubahan terhadap beberapa tipe data pada atribut *dataset* dengan tujuan untuk mempermudah pemahaman terhadap isi *record*, juga melakukan seleksi dengan memperhatikan konsistensi data, *missing value* dan *redundant* pada data.
- e. Menentukan Model
Hasil dari tahap ini adalah beberapa model jaringan saraf tiruan dengan algoritma *Fletcher-Reeves* untuk menentukan model/pola arsitektur.
- f. Menguji Hasil Pengolahan Data
Setelah proses penentuan model selesai, maka dilakukan tahapan uji coba terhadap hasil pengolahan data dengan menggunakan *Software Matlab R2011b*
- g. Memprediksi
Prediksi dilakukan berdasarkan (menggunakan) model terbaik yang telah di analisis sebelumnya.
- h. Mengevaluasi Akhir
Evaluasi akhir dilakukan untuk mengetahui apakah hasil pengolahan data sesuai dengan yang diharapkan dan apakah tidak terlalu timpang dengan data-data di tahun sebelumnya.

2.4 Normalisasi

Sebelum dilakukan normalisasi, data berdasarkan tabel 1 harus di bagi menjadi 2 (dua) bagian terlebih dahulu (data latih dan data uji). Setelah itu kemudian dilakukan normalisasi dengan menggunakan persamaan (1) [31]–[37].

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

Dimana x' merupakan hasil normalisasi, x merupakan data yang akan dinormalisasi, a merupakan data terkecil dari dataset, b merupakan data terbesar dari dataset, dan $0.8/0.1$ merupakan nilai default untuk normalisasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Data Normalisasi

Berdasarkan perhitungan normalisasi dengan menggunakan persamaan (1) maka diperoleh hasil normalisasi data latih sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Normalisasi Data Latih

Provinsi	2015	2016	2017	2018	2019	Target (2020)
1	0,1564	0,1686	0,1699	0,1526	0,1557	0,1555
2	0,4065	0,3670	0,3603	0,3771	0,4170	0,5350
3	0,3370	0,3499	0,3708	0,4524	0,4925	0,4034
4	0,1003	0,1005	0,1008	0,1006	0,1003	0,1004
5	0,1225	0,1247	0,1654	0,1311	0,1330	0,1525
6	0,1191	0,1303	0,1362	0,1376	0,1334	0,1284
7	0,1564	0,1600	0,1496	0,1489	0,1494	0,1616
8	0,1655	0,1632	0,1680	0,1524	0,1499	0,1510
9	0,1011	0,1015	0,1019	0,1018	0,1013	0,1014
10	0,1001	0,1000	0,1000	0,1000	0,1008	0,1006
11	0,8918	0,8442	0,8895	0,8176	0,8617	0,9000
12	0,2668	0,2646	0,2919	0,3417	0,3184	0,3134
13	0,1033	0,1030	0,1023	0,1022	0,1037	0,1041
14	0,2582	0,2623	0,2785	0,2753	0,2993	0,3243
15	0,1028	0,1045	0,1027	0,1021	0,1022	0,1051
16	0,1447	0,1663	0,1655	0,1684	0,1406	0,1369
17	0,1687	0,1674	0,1614	0,1558	0,1781	0,1765
18	0,1119	0,1130	0,1179	0,1146	0,1266	0,1265
19	0,1054	0,1101	0,1048	0,1030	0,1056	0,1050
20	0,1052	0,1050	0,1051	0,1049	0,1064	0,1116
21	0,1131	0,1128	0,1245	0,1209	0,1198	0,1198
22	0,1215	0,1141	0,1172	0,1191	0,1199	0,1219
23	0,1071	0,1099	0,1074	0,1076	0,1072	0,1063
24	0,1671	0,1648	0,1809	0,2419	0,2133	0,2533
25	0,1332	0,1485	0,1601	0,1432	0,1441	0,1714
26	0,2272	0,2318	0,2735	0,2801	0,2564	0,2616
27	0,1144	0,1182	0,1093	0,1101	0,1150	0,1126
28	0,1031	0,1033	0,1069	0,1084	0,1095	0,1073
29	0,1021	0,1051	0,1051	0,1037	0,1044	0,1020
30	0,1075	0,1066	0,1074	0,1095	0,1089	0,1110
31	0,1140	0,1106	0,1049	0,1023	0,1202	0,1181
32	0,1017	0,1067	0,1014	0,1022	0,1067	0,1035
33	0,1107	0,1223	0,1329	0,1220	0,1263	0,1182

Sedangkan untuk hasil normalisasi data uji menggunakan rumus persamaan (1) dapat di lihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Normalisasi Data Uji

Provinsi	2015	2016	2017	2018	2019	Target (2020)
1	0,1686	0,1699	0,1526	0,1557	0,1555	0,1313
2	0,3670	0,3603	0,3771	0,4170	0,5350	0,6431
3	0,3499	0,3708	0,4524	0,4925	0,4034	0,3600
4	0,1005	0,1008	0,1006	0,1003	0,1004	0,1004
5	0,1247	0,1654	0,1311	0,1330	0,1525	0,1639
6	0,1303	0,1362	0,1376	0,1334	0,1284	0,1236
7	0,1600	0,1496	0,1489	0,1494	0,1616	0,1825
8	0,1632	0,1680	0,1524	0,1499	0,1510	0,1426
9	0,1015	0,1019	0,1018	0,1013	0,1014	0,1031
10	0,1000	0,1000	0,1000	0,1008	0,1006	0,1011
11	0,8442	0,8895	0,8176	0,8617	0,9000	0,8814
12	0,2646	0,2919	0,3417	0,3184	0,3134	0,3066
13	0,1030	0,1023	0,1022	0,1037	0,1041	0,1025
14	0,2623	0,2785	0,2753	0,2993	0,3243	0,3489

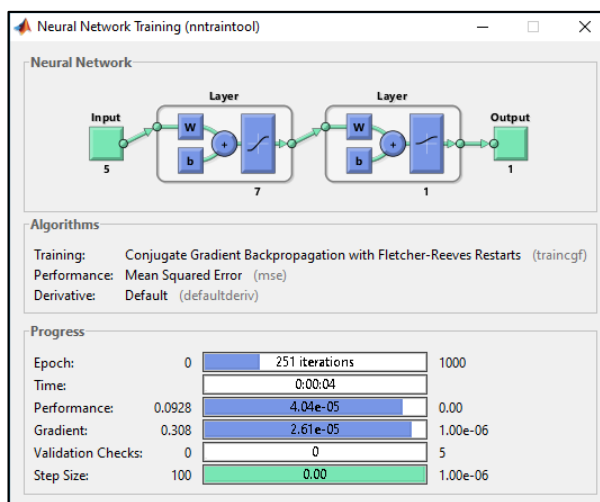
15	0,1045	0,1027	0,1021	0,1022	0,1051	0,1032
16	0,1663	0,1655	0,1684	0,1406	0,1369	0,1325
17	0,1674	0,1614	0,1558	0,1781	0,1765	0,1762
18	0,1130	0,1179	0,1146	0,1266	0,1265	0,1283
19	0,1101	0,1048	0,1030	0,1056	0,1050	0,1110
20	0,1050	0,1051	0,1049	0,1064	0,1116	0,1094
21	0,1128	0,1245	0,1209	0,1198	0,1198	0,1135
22	0,1141	0,1172	0,1191	0,1199	0,1219	0,1243
23	0,1099	0,1074	0,1076	0,1072	0,1063	0,1161
24	0,1648	0,1809	0,2419	0,2133	0,2533	0,2783
25	0,1485	0,1601	0,1432	0,1441	0,1714	0,1471
26	0,2318	0,2735	0,2801	0,2564	0,2616	0,2694
27	0,1182	0,1093	0,1101	0,1150	0,1126	0,1128
28	0,1033	0,1069	0,1084	0,1095	0,1073	0,1075
29	0,1051	0,1051	0,1037	0,1044	0,1020	0,1040
30	0,1066	0,1074	0,1095	0,1089	0,1110	0,1108
31	0,1106	0,1049	0,1023	0,1202	0,1181	0,1146
32	0,1067	0,1014	0,1022	0,1067	0,1035	0,1059
33	0,1223	0,1329	0,1220	0,1263	0,1182	0,1229

Pengolahan data berdasarkan tabel 2 dan 3 dibantu dengan tools matlab 2011b dalam menentukan model arsitektur terbaik dengan algoritma Fletcher-Reeves. Ada 3 (tiga) model yang digunakan untuk analisis, yakni: 5-7-1, 5-13-1, dan 5-17-1. Penentuan model jaringan arsitektur terbaik dengan algoritma Fletcher-Reeves adalah menentukan minimum kesalahan dari proses pelatihan dan pengujian yang dilakukan. Tingkat minimum kesalahan yang digunakan sebesar 0,03 atau lebih kecil dibandingkan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya [18].

3.2 Pelatihan dan Pengujian

a. Model Arsitektur 5-7-1

Pelatihan model arsitektur 5-7-1 dengan menggunakan Matlab2011b dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Pelatihan Model 5-7-1 dengan Menggunakan Matlab2011b

Gambar 2 adalah hasil pelatihan model arsitektur 5-7-1 yang diperoleh dengan menggunakan Matlab. Berdasarkan gambar tersebut, konvergensi terjadi pada iterasi ke 251. Hasil pelatihan dan pengujian dari model 5-7-1 dengan menggunakan Matlab2011b ini akan dimasukkan ke *Microsoft Excel* untuk mempermudah perhitungan dan proses analisis, yang dapat dilihat pada tabel 4 berikut.

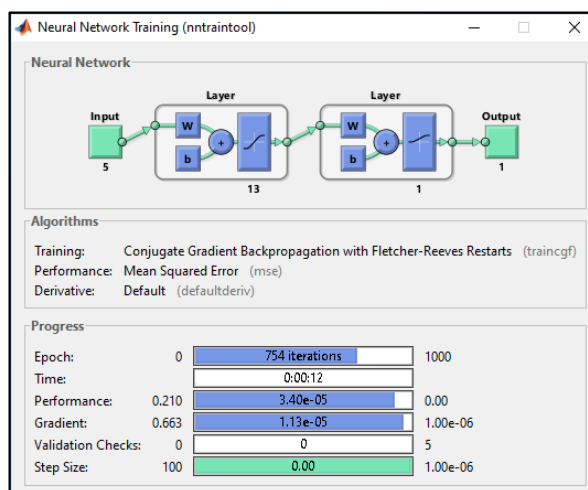
Tabel 4. Model Arsitektur 5-7-1

Data Pelatihan					Data Pengujian					
Provinsi	Target	Output	Error	SSE	Provinsi	Target	Output	Error	SSE	Hasil
1	0,1555	0,1574	-0,0019	0,0000034	1	0,1313	0,1514	-0,0201	0,0004045	1
2	0,5350	0,5356	-0,0006	0,0000003	2	0,6431	0,5004	0,1427	0,0203606	0
3	0,4034	0,4036	-0,0002	0,0000000	3	0,3600	0,2656	0,0944	0,0089153	0
4	0,1004	0,1008	-0,0004	0,0000001	4	0,1004	0,1007	-0,0003	0,0000001	1
5	0,1525	0,1471	0,0054	0,0000295	5	0,1639	0,1435	0,0204	0,0004144	1
6	0,1284	0,1396	-0,0112	0,0001258	6	0,1236	0,1291	-0,0055	0,0000301	1

7	0,1616	0,1472	0,0144	0,0002064	7	0,1825	0,1669	0,0156	0,0002437	1		
8	0,1510	0,1505	0,0005	0,0000003	8	0,1426	0,1459	-0,0033	0,0000110	1		
9	0,1014	0,1018	-0,0004	0,0000001	9	0,1031	0,1016	0,0015	0,0000021	1		
10	0,1006	0,1012	-0,0006	0,0000003	10	0,1011	0,1012	-0,0001	0,0000000	1		
11	0,9000	0,8997	0,0003	0,0000001	11	0,8814	0,8223	0,0591	0,0034928	0		
12	0,3134	0,3114	0,0020	0,0000040	12	0,3066	0,2937	0,0129	0,0001671	1		
13	0,1041	0,1035	0,0006	0,0000003	13	0,1025	0,1045	-0,0020	0,0000039	1		
14	0,3243	0,3185	0,0058	0,0000340	14	0,3489	0,3381	0,0108	0,0001172	1		
15	0,1051	0,1017	0,0034	0,0000113	15	0,1032	0,1048	-0,0016	0,0000026	1		
16	0,1369	0,1432	-0,0063	0,0000395	16	0,1325	0,1312	0,0013	0,0000018	1		
17	0,1765	0,1849	-0,0084	0,0000710	17	0,1762	0,1889	-0,0127	0,0001608	1		
18	0,1265	0,1293	-0,0028	0,0000080	18	0,1283	0,1292	-0,0009	0,0000007	1		
19	0,1050	0,1033	0,0017	0,0000028	19	0,1110	0,1042	0,0068	0,0000459	1		
20	0,1116	0,1064	0,0052	0,0000273	20	0,1094	0,1119	-0,0025	0,0000064	1		
21	0,1198	0,1250	-0,0052	0,0000270	21	0,1135	0,1191	-0,0056	0,0000309	1		
22	0,1219	0,1211	0,0008	0,0000007	22	0,1243	0,1237	0,0006	0,0000004	1		
23	0,1063	0,1064	-0,0001	0,0000000	23	0,1161	0,1060	0,0101	0,0001011	1		
24	0,2533	0,2512	0,0021	0,0000042	24	0,2783	0,2998	-0,0215	0,0004611	1		
25	0,1714	0,1502	0,0212	0,0004488	25	0,1471	0,1739	-0,0268	0,0007164	1		
26	0,2616	0,2710	-0,0094	0,0000893	26	0,2694	0,2718	-0,0024	0,0000057	1		
27	0,1126	0,1112	0,0014	0,0000020	27	0,1128	0,1130	-0,0002	0,0000000	1		
28	0,1073	0,1116	-0,0043	0,0000188	28	0,1075	0,1087	-0,0012	0,0000014	1		
29	0,1020	0,1046	-0,0026	0,0000066	29	0,1040	0,1018	0,0022	0,0000047	1		
30	0,1110	0,1096	0,0014	0,0000019	30	0,1108	0,1119	-0,0011	0,0000013	1		
31	0,1181	0,1165	0,0016	0,0000027	31	0,1146	0,1207	-0,0061	0,0000377	1		
32	0,1035	0,1050	-0,0015	0,0000023	32	0,1059	0,1045	0,0014	0,0000020	1		
33	0,1182	0,1312	-0,0130	0,0001694	33	0,1229	0,1148	0,0081	0,0000656	1		
				Jumlah SSE	0,0013384					Jumlah SSE	0,0358096	91%
				MSE	0,0000406					MSE	0,0010851	

b. Model Arsitektur 5-13-1

Pelatihan model arsitektur 5-13-1 dengan menggunakan Matlab2011b dapat dilihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Pelatihan Model 5-13-1 dengan Menggunakan Matlab2011b

Gambar 3 adalah hasil pelatihan model arsitektur 5-13-1, diperoleh dengan menggunakan Matlab2011b. Pada gambar tersebut, konvergensi terjadi pada iterasi ke 754. Hasil pelatihan dan pengujian dari model 5-13-1 dengan menggunakan Matlab2011b ini akan dimasukkan ke *Microsoft Excel* untuk mempermudah perhitungan dan proses analisis, yang dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

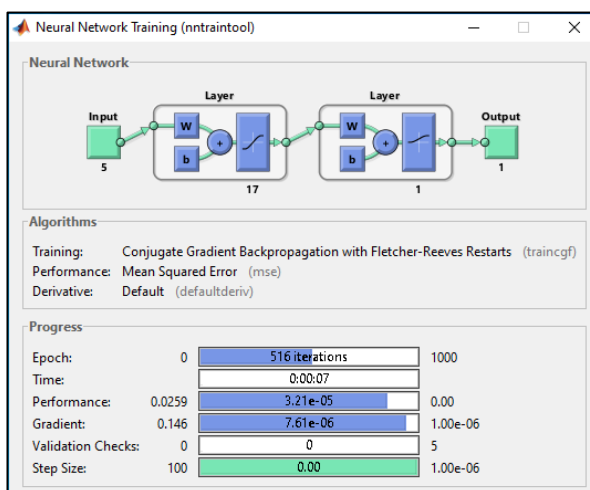
Tabel 5. Model Arsitektur 5-13-1

Data Pelatihan					Data Pengujian					
Provinsi	Target	Output	Error	SSE	Provinsi	Target	Output	Error	SSE	Hasil
1	0,1555	0,1577	-0,0022	0,0000046	1	0,1313	0,1536	-0,0223	0,0004979	1
2	0,5350	0,5349	0,0001	0,0000000	2	0,6431	0,5408	0,1023	0,0104634	0
3	0,4034	0,4035	-0,0001	0,0000000	3	0,3600	0,1435	0,2165	0,0468814	0

4	0,1004	0,1019	-0,0015	0,0000022	4	0,1004	0,1017	-0,0013	0,0000017	1		
5	0,1525	0,1517	0,0008	0,0000007	5	0,1639	0,1270	0,0369	0,0013585	0		
6	0,1284	0,1353	-0,0069	0,0000478	6	0,1236	0,1297	-0,0061	0,0000370	1		
7	0,1616	0,1480	0,0136	0,0001841	7	0,1825	0,1685	0,0140	0,0001963	1		
8	0,1510	0,1579	-0,0069	0,0000470	8	0,1426	0,1474	-0,0048	0,0000231	1		
9	0,1014	0,1028	-0,0014	0,0000019	9	0,1031	0,1026	0,0005	0,0000002	1		
10	0,1006	0,1020	-0,0014	0,0000019	10	0,1011	0,1020	-0,0009	0,0000008	1		
11	0,9000	0,9000	0,0000	0,0000000	11	0,8814	0,9140	-0,0326	0,0010628	1		
12	0,3134	0,3135	0,1017	0,1022000	12	0,3066	0,2116	0,1022	0,1023000	0		
13	0,1041	0,1042	-0,0001	0,0000000	13	0,1025	0,1049	-0,0024	0,0000056	1		
14	0,3243	0,3237	0,0006	0,0000004	14	0,3489	0,3639	-0,0150	0,0002242	1		
15	0,1051	0,1025	0,0026	0,0000065	15	0,1032	0,1054	-0,0022	0,0000049	1		
16	0,1369	0,1429	-0,0060	0,0000358	16	0,1325	0,1414	-0,0089	0,0000786	1		
17	0,1765	0,1836	-0,0071	0,0000508	17	0,1762	0,1887	-0,0125	0,0001558	1		
18	0,1265	0,1256	0,0009	0,0000008	18	0,1283	0,1237	0,0046	0,0000216	1		
19	0,1050	0,1033	0,0017	0,0000028	19	0,1110	0,1061	0,0049	0,0000238	1		
20	0,1116	0,1068	0,0048	0,0000233	20	0,1094	0,1104	-0,0010	0,0000011	1		
21	0,1198	0,1251	-0,0053	0,0000281	21	0,1135	0,1163	-0,0028	0,0000076	1		
22	0,1219	0,1224	-0,0005	0,0000002	22	0,1243	0,1216	0,0027	0,0000074	1		
23	0,1063	0,1065	-0,0002	0,0000000	23	0,1161	0,1078	0,0083	0,0000682	1		
24	0,2533	0,2524	0,0009	0,0000007	24	0,2783	0,2711	0,0072	0,0000522	1		
25	0,1714	0,1480	0,0234	0,0005469	25	0,1471	0,1633	-0,0162	0,0002613	1		
26	0,2616	0,2623	-0,0007	0,0000006	26	0,2694	0,2497	0,0197	0,0003883	1		
27	0,1126	0,1100	0,0026	0,0000068	27	0,1128	0,1151	-0,0023	0,0000052	1		
28	0,1073	0,1108	-0,0035	0,0000125	28	0,1075	0,1083	-0,0008	0,0000006	1		
29	0,1020	0,1047	-0,0027	0,0000071	29	0,1040	0,1033	0,0007	0,0000004	1		
30	0,1110	0,1098	0,0012	0,0000014	30	0,1108	0,1115	-0,0007	0,0000006	1		
31	0,1181	0,1143	0,0038	0,0000147	31	0,1146	0,1174	-0,0028	0,0000081	1		
32	0,1035	0,1036	-0,0001	0,0000000	32	0,1059	0,1062	-0,0003	0,0000001	1		
33	0,1182	0,1279	-0,0097	0,0000944	33	0,1229	0,1139	0,0090	0,0000810	1		
				Jumlah SSE	0,1033241					Jumlah SSE	0,1642196	88%
				MSE	0,0031310					MSE	0,0049764	

c. Model Arsitektur 5-17-1

Pelatihan model arsitektur 5-17-1 dengan menggunakan Matlab2011b dapat dilihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Pelatihan Model 5-17-1 dengan Menggunakan Matlab2011b

Gambar 4 adalah hasil pelatihan model arsitektur 5-17-1, diperoleh dengan menggunakan Matlab2011b. Pada gambar tersebut, konvergensi terjadi pada iterasi ke 516. Hasil pelatihan dan pengujian dari model 5-17-1 dengan menggunakan Matlab2011b ini akan dimasukkan ke *Microsoft Excel* untuk mempermudah perhitungan dan proses analisis, yang dapat dilihat pada tabel 6 berikut.

Tabel 6. Pelatihan dan Pengujian dengan Model Arsitektur 6-17-1

Data Pelatihan (Training)					Data Pengujian (Testing)					
Data	Target	Output	Error	SSE	Data	Target	Output	Error	SSE	Hasil

1	0,1555	0,1580	-0,0025	0,0000060	1	0,1313	0,1547	-0,0234	0,0005482	1		
2	0,5350	0,5348	0,0002	0,0000001	2	0,6431	0,5507	0,0924	0,0085360	0		
3	0,4034	0,4034	0,0000	0,0000000	3	0,3600	0,2218	0,1382	0,0191051	0		
4	0,1004	0,1008	-0,0004	0,0000001	4	0,1004	0,1007	-0,0003	0,0000001	1		
5	0,1525	0,1471	0,0054	0,0000295	5	0,1639	0,1426	0,0213	0,0004519	1		
6	0,1284	0,1389	-0,0105	0,0001106	6	0,1236	0,1309	-0,0073	0,0000531	1		
7	0,1616	0,1498	0,0118	0,0001385	7	0,1825	0,1673	0,0152	0,0002314	1		
8	0,1510	0,1530	-0,0020	0,0000038	8	0,1426	0,1494	-0,0068	0,0000464	1		
9	0,1014	0,1018	-0,0004	0,0000001	9	0,1031	0,1017	0,0014	0,0000019	1		
10	0,1006	0,1009	-0,0003	0,0000001	10	0,1011	0,1010	0,0001	0,0000000	1		
11	0,9000	0,9000	0,0000	0,0000000	11	0,8814	0,8852	-0,0038	0,0000144	1		
12	0,3134	0,3137	-0,0003	0,0000001	12	0,3066	0,2995	0,0071	0,0000508	1		
13	0,1041	0,1035	0,0006	0,0000003	13	0,1025	0,1043	-0,0018	0,0000031	1		
14	0,3243	0,3238	0,0005	0,0000003	14	0,3489	0,3533	-0,0044	0,0000191	1		
15	0,1051	0,1021	0,0030	0,0000087	15	0,1032	0,1047	-0,0015	0,0000023	1		
16	0,1369	0,1431	-0,0062	0,0000383	16	0,1325	0,1375	-0,0050	0,0000247	1		
17	0,1765	0,1842	-0,0077	0,0000597	17	0,1762	0,1867	-0,0105	0,0001099	1		
18	0,1265	0,1267	-0,0002	0,0000000	18	0,1283	0,1277	0,0006	0,0000004	1		
19	0,1050	0,1040	0,0010	0,0000009	19	0,1110	0,1055	0,0055	0,0000300	1		
20	0,1116	0,1064	0,0052	0,0000273	20	0,1094	0,1107	-0,0013	0,0000018	1		
21	0,1198	0,1243	-0,0045	0,0000202	21	0,1135	0,1194	-0,0059	0,0000343	1		
22	0,1219	0,1220	-0,0001	0,0000000	22	0,1243	0,1231	0,0012	0,0000015	1		
23	0,1063	0,1070	-0,0007	0,0000005	23	0,1161	0,1071	0,0090	0,0000802	1		
24	0,2533	0,2511	0,0022	0,0000046	24	0,2783	0,3289	-0,0506	0,0025576	1		
25	0,1714	0,1503	0,0211	0,0004446	25	0,1471	0,1724	-0,0253	0,0006384	1		
26	0,2616	0,2633	-0,0017	0,0000031	26	0,2694	0,2585	0,0109	0,0001189	1		
27	0,1126	0,1123	0,0003	0,0000001	27	0,1128	0,1145	-0,0017	0,0000028	1		
28	0,1073	0,1104	-0,0031	0,0000098	28	0,1075	0,1084	-0,0009	0,0000008	1		
29	0,1020	0,1044	-0,0024	0,0000056	29	0,1040	0,1027	0,0013	0,0000016	1		
30	0,1110	0,1097	0,0013	0,0000016	30	0,1108	0,1114	-0,0006	0,0000004	1		
31	0,1181	0,1155	0,0026	0,0000069	31	0,1146	0,1193	-0,0047	0,0000225	1		
32	0,1035	0,1045	-0,0010	0,0000010	32	0,1059	0,1051	0,0008	0,0000007	1		
33	0,1182	0,1298	-0,0116	0,0001349	33	0,1229	0,1174	0,0055	0,0000303	1		
				Jumlah SSE	0,0010576					Jumlah SSE	0,0327203	94%
				MSE	0,0000320					MSE	0,0009915	

Penjelasan:

Data = Jumlah Provinsi di Indonesia yang digunakan sebagai data penelitian

Target = Hasil dari normalisasi target pelatihan dan normalisasi target pengujian.

Output = Hasil dari Matlab2011b dengan rumus [a, Pf, Af, e, Perf] = sim (net, P, [], [], T),

Error = Diperoleh dari nilai Target-Output

SSE = Diperoleh dari nilai dari nilai error ^ 2

Jumlah SSE = Nilai keseluruhan SSE

Hasil = Jika nilai kesalahan <= 0,04 maka hasilnya benar (1), sebaliknya salah (0).

91% = Diperoleh dari nilai dari jumlah hasil yang benar / 33 x 100

MSE = Diperoleh dari total (SSE) / 33 (jumlah data)

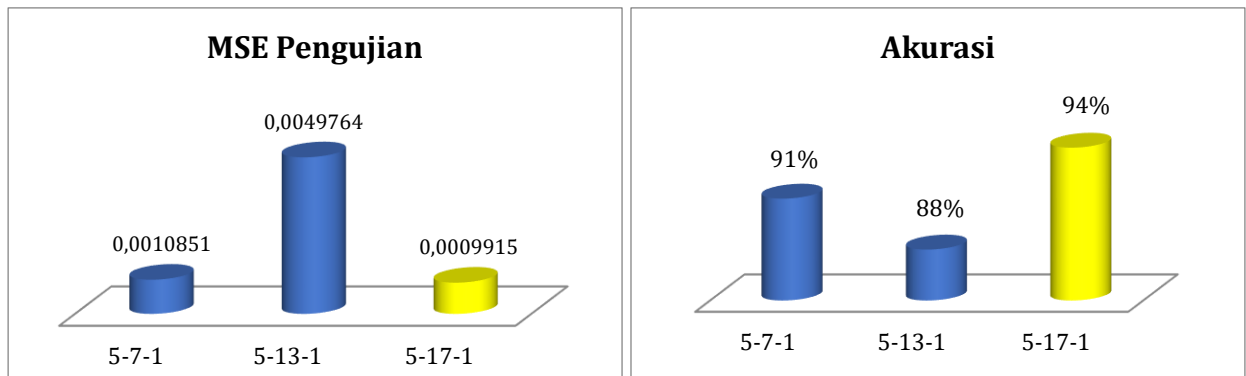
Margin error = Jumlah akurasi maksimum 100% dikurangi akurasi yang dihasilkan (79%), menghasilkan 11%.

3.3 Penentuan Model Arsitektur Terbaik

Berdasarkan analisis dari masing-masing model arsitektur (5-7-1, 5-13-1, dan 5-17-1) yang diproses Matlab 2011b dan dimasukkan kedalam *Microsoft Excel*, maka diperoleh model terbaik 5-17-1, karena memiliki nilai *Mean Square Error* (MSE) pengujian yang lebih rendah dibandingkan model yang lain, yakni sebesar 0,0009915 berbanding 0,0010851 (Model 5-13-1) dan 0,0049764 (Model 5-13-1). Tingkat akurasi juga lebih tinggi, yakni sebesar 94% berbanding 91% (Model 5-13-1) dan 88% (Model 5-13-1). Perbandingan dari 3 (tiga) model yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada tabel 7 berikut.

Tabel 7. Perbandingan Model Arsitektur

Model Arsitektur	Epoch	MSE Pelatihan	MSE Pengujian	Akurasi
5-7-1	251 Iterasi	0,0000406	0,0010851	91%
5-13-1	754 Iterasi	0,0031310	0,0049764	88%
6-17-1	516 Iterasi	0,0000320	0,0009915	94%



Gambar 5. Perbandingan MSE Pengujian dan Akurasi

Gambar 5 lebih memperjelas keunggulan dari model arsitektur 5-17-1 (warna kuning) dibanding model 5-7-1 dan 5-13-1, baik tingkat kesalahan (MSE Pengujian) yang lebih rendah dan tingkat akurasi yang lebih tinggi.

3.4 Hasil Prediksi

Prediksi diperoleh berdasarkan model terbaik 5-17-1 dengan menggunakan rumus persamaan (2) [38]–[41].

$$\text{Estimasi} = \frac{(x-0,1)(b-a)}{0,8} + a \tag{2}$$

Penjelasan :

X = Target yang akan di estimasi, a = Data terendah, b = Data tertinggi, 0.1 dan 0.8 = Nilai default untuk melakukan prediksi.

Tabel 8. Hasil Prediksi Potensi Produksi Tanaman Tomat di Indonesia

No	Provinsi	Data Sebelumnya		Data Prediksi	
		2020	2021	2022	2023
1	Aceh	20.781	11.706	15.635	17.348
2	Sumatera Utara	162.744	203.162	198.563	189.775
3	Sumatera Barat	113.491	97.271	95.029	91.296
4	Riau	158	151	1.101	2.096
5	Jambi	19.652	23.890	19.470	19.125
6	Sumatera Selatan	10.620	8.836	10.924	10.664
7	Bengkulu	23.033	30.868	22.501	23.783
8	Lampung	19.096	15.934	14.649	17.348
9	Kep. Bangka Belitung	536	1.147	1.429	2.487
10	Kepulauan Riau	235	425	1.101	2.167
11	Jawa Barat	299.267	292.309	285.516	272.433
12	Jawa Tengah	79.832	77.297	75.710	74.871
13	DI Yogyakarta	1.531	949	2.087	3.020
14	Jawa Timur	83.920	93.121	91.012	88.452
15	Banten	1.894	1.190	2.233	3.198
16	Bali	13.811	12.172	12.203	12.726
17	Nusa Tenggara Barat	28.609	28.514	28.527	27.516
18	Nusa Tenggara Timur	9.907	10.605	9.098	9.917
19	Kalimantan Barat	1.857	4.108	2.415	3.767
20	Kalimantan Tengah	4.352	3.505	4.022	4.940
21	Kalimantan Selatan	7.409	5.067	7.747	7.607
22	Kalimantan Timur	8.210	9.101	8.003	8.709
23	Kalimantan Utara	2.367	6.008	3.073	4.514
24	Sulawesi Utara	57.331	66.711	65.339	62.072
25	Sulawesi Tengah	26.706	17.634	24.291	22.183
26	Sulawesi Selatan	60.435	63.373	61.614	57.166
27	Sulawesi Tenggara	4.720	4.800	5.045	5.758
28	Gorontalo	2.721	2.808	3.438	4.265
29	Sulawesi Barat	760	1.483	1.867	2.843
30	Maluku	4.110	4.024	4.278	5.118
31	Maluku Utara	6.785	5.449	5.921	6.647
32	Papua Barat	1.311	2.214	2.050	3.163

33	Papua	6.804	8.569	6.871	8.246
	Jumlah	1.084.995	1.114.401	1.092.760	1.075.217

Berdasarkan tabel 8 dapat dilihat perbedaan antara data hasil produksi tomat sebelumnya di tahun 2020 dan 2021 dengan data produksi tomat yang merupakan hasil prediksi untuk tahun 2022 dan 2023. Secara keseluruhan berdasarkan hasil prediksi diperkirakan akan terjadi penurunan hasil panen tomat di tahun 2022 dan 2023, walaupun jumlahnya tidak terlalu signifikan.

4. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diperoleh berdasarkan penelitian ini bahwa algoritma Fletcher-Reeves dengan model 5-17-1 mampu melakukan prediksi tentang produksi tomat di Indonesia yang tersebar di 33 Provinsi dengan cukup baik, karena akurasi yang dihasilkan cukup tinggi yakni sebesar 94% dan tingkat kesalahan prediksi yang kecil. Sedangkan berdasarkan prediksi yang telah dilakukan, terlihat bahwa potensi produksi Tomat di Indonesia pada Akhir tahun 2022 dan 2023 diprediksi akan menurun dibandingkan tahun 2021 walau jumlahnya tidak terlalu besar. Kesimpulan lainnya, bahwa nilai input dan *hidden layer* serta model yang digunakan ternyata sangat berpengaruh terhadap hasil prediksi.

REFERENCES

- [1] P. O. Nurak and Y. Y. Da Rato, "Prospek Pengembangan Usahatani Tomat (*Solanum Lycopersicum L.*) di Kebun Fakultas Pertanian Universitas Nusa Nipa Maumere," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 8, no. 1, pp. 480–491, 2021.
- [2] Chitra Anggriani Salingkat, A. Noviyanty, and Syamsiar, "Pengaruh Jenis Bahan Pengemas, Suhu dan Lama Penyimpanan terhadap Karakteristik Mutu Buah Tomat," *Agroland: Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian*, vol. 27, no. 3, pp. 274–286, 2020.
- [3] S. A. Assagaf, "Pengaruh Pemberian Mulsa Alang-Alang dan Pupuk NPK Phonska Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum*)," *Jurnal Biosainstek*, vol. 2, no. 1, pp. 40–46, 2020.
- [4] D. Septiadi and A. I. Mundiya, "Karakteristik dan Analisis Finansial Usaha Tani Tomat di Kabupaten Lombok Timur," *Agroteksos*, vol. 31, no. 3, pp. 180–188, 2021.
- [5] M. Situmorang, A. Wanto, and Z. M. Nasution, "Architectural Model of Backpropagation ANN for Prediction of Population-Based on Sub-Districts in Pematangsiantar City," *International Journal of Information System & Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 98–106, 2019.
- [6] J. R. Saragih, D. Hartama, and A. Wanto, "Prediksi Produksi Susu Segar Di Indonesia Menggunakan Algoritma Backpropagation," *Jurnal Ilmiah Informatika*, vol. 08, no. 01, pp. 58–65, 2020.
- [7] Y. Andriani, H. Silitonga, and A. Wanto, "Analisis Jaringan Syaraf Tiruan untuk prediksi volume ekspor dan impor migas di Indonesia," *Register: Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi*, vol. 4, no. 1, pp. 30–40, 2018.
- [8] S. P. Siregar, A. Wanto, and Z. M. Nasution, "Analisis Akurasi Arsitektur JST Berdasarkan Jumlah Penduduk Pada Kabupaten / Kota di Sumatera Utara," in *Seminar Nasional Sains & Teknologi Informasi (SENSASI)*, 2018, pp. 526–536.
- [9] A. Wanto, "Prediksi Angka Partisipasi Sekolah dengan Fungsi Pelatihan Gradient Descent With Momentum & Adaptive LR," *Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika (ALGORITMA)*, vol. 3, no. 1, pp. 9–20, 2019.
- [10] N. Nasution, A. Zamsuri, L. Lisnawita, and A. Wanto, "Polak-Ribiere updates analysis with binary and linear function in determining coffee exports in Indonesia," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 420, no. 012089, pp. 1–9, 2018.
- [11] A. Wanto, "Penerapan Jaringan Saraf Tiruan Dalam Memprediksi Jumlah Kemiskinan Pada Kabupaten/Kota Di Provinsi Riau," *Kumpulan Jurnal Ilmu Komputer (KLIK)*, vol. 05, no. 01, pp. 61–74, 2018.
- [12] A. Wanto, "Optimasi Prediksi Dengan Algoritma Backpropagation Dan Conjugate Gradient Beale-Powell Restarts," *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 3, no. 3, pp. 370–380, Jan. 2017.
- [13] I. A. R. Simbolon, F. Yatussa'ada, and A. Wanto, "Penerapan Algoritma Backpropagation dalam Memprediksi Persentase Penduduk Buta Huruf di Indonesia," *Jurnal Informatika Upgris*, vol. 4, no. 2, pp. 163–169, 2018.
- [14] A. Wanto, "Prediksi Produktivitas Jagung Indonesia Tahun 2019-2020 Sebagai Upaya Antisipasi Impor Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation," *SINTECH (Science and Information Technology)*, vol. 1, no. 1, pp. 53–62, 2019.
- [15] A. Rahmat and K. Haba, "Penerapan Metode Moving Average dalam Memprediksi Produksi Tomat," vol. 5, no. 1, pp. 33–36, 2021.
- [16] D. Hutabarat, Solikhun, M. Fauzan, A. P. Windarto, and F. Rizki, "Penerapan Algoritma Backpropagation dalam Memprediksi Hasil Panen Tanaman Sayuran," *BIOS: Jurnal Teknologi Informasi dan Rekayasa Komputer*, vol. 2, no. 1, pp. 21–29, 2021.
- [17] Nurhayati, M. B. Sibuea, D. Kusbiantoro, M. Silaban, and A. Wanto, "Implementasi Algoritma Resilient untuk Prediksi Potensi Produksi Bawang Merah di Indonesia," *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, vol. 4, no. 2, pp. 1051–1060, 2022.
- [18] N. L. W. S. R. Ginantra, A. D. GS, S. Andini, and A. Wanto, "Pemanfaatan Algoritma Fletcher-Reeves untuk Penentuan Model Prediksi Harga Nilai Ekspor Menurut Golongan SITC," *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, vol. 3, no. 4, pp. 679–685, 2022.
- [19] P. Parulian *et al.*, "Analysis of Sequential Order Incremental Methods in Predicting the Number of Victims Affected by Disasters," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1255, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [20] A. Wanto *et al.*, "Forecasting the Export and Import Volume of Crude Oil, Oil Products and Gas Using ANN," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1255, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [21] E. Hartato, D. Sitorus, and A. Wanto, "Analisis Jaringan Saraf Tiruan Untuk Prediksi Luas Panen Biofarmaka di Indonesia," *Jurnal semantik*, vol. 4, no. 1, pp. 49–56, 2018.



- [22] T. Afriliansyah *et al.*, “Implementation of Bayesian Regulation Algorithm for Estimation of Production Index Level Micro and Small Industry,” *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1255, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [23] A. Wanto *et al.*, “Epoch Analysis and Accuracy 3 ANN Algorithm using Consumer Price Index Data in Indonesia,” in *Proceedings of the 3rd International Conference of Computer, Environment, Agriculture, Social Science, Health Science, Engineering and Technology (ICEST)*, 2021, no. 1, pp. 35–41.
- [24] N. L. W. S. R. Ginantra *et al.*, “Performance One-step secant Training Method for Forecasting Cases,” *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1933, no. 1, pp. 1–8, 2021.
- [25] J. Wahyuni, Y. W. Paranthi, and A. Wanto, “Analisis Jaringan Saraf Dalam Estimasi Tingkat Pengangguran Terbuka Penduduk Sumatera Utara,” *Jurnal Infomedia*, vol. 3, no. 1, pp. 18–24, 2018.
- [26] I. S. Purba and A. Wanto, “Prediksi Jumlah Nilai Impor Sumatera Utara Menurut Negara Asal Menggunakan Algoritma Backpropagation,” *Jurnal Teknologi Informasi Techno*, vol. 17, no. 3, pp. 302–311, 2018.
- [27] I. S. Purba *et al.*, “Accuracy Level of Backpropagation Algorithm to Predict Livestock Population of Simalungun Regency in Indonesia,” *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1255, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [28] A. Wanto, M. Zarlis, Sawaluddin, and D. Hartama, “Analysis of Artificial Neural Network Backpropagation Using Conjugate Gradient Fletcher Reeves in the Predicting Process,” *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 930, no. 1, pp. 1–7, 2017.
- [29] MathWorks, “traincgf,” *The MathWorks, Inc.*, 1994. [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/help/deeplearning/ref/traincgf.html>. [Accessed: 03-Nov-2022].
- [30] BPS, “Produksi Tanaman Sayuran,” *Badan Pusat Statistik Indonesia*, 2022. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/indicator/55/61/1/produksi-tanaman-sayuran.html>. [Accessed: 14-Aug-2022].
- [31] R. E. Pranata, S. P. Sinaga, and A. Wanto, “Estimasi Wisatawan Mancanegara Yang Datang ke Sumatera Utara Menggunakan Jaringan Saraf,” *Jurnal semanTIK*, vol. 4, no. 1, pp. 97–102, 2018.
- [32] A. A. Fardhani, D. Insani, N. Simanjuntak, and A. Wanto, “Prediksi Harga Eceran Beras Di Pasar Tradisional Di 33 Kota Di Indonesia Menggunakan Algoritma Backpropagation,” *Jurnal Infomedia*, vol. 3, no. 1, pp. 25–30, 2018.
- [33] A. Wanto, M. Zarlis, Sawaluddin, and D. Hartama, “Analysis of Artificial Neural Network Backpropagation Using Conjugate Gradient Fletcher Reeves in the Predicting Process,” in *Journal of Physics: Conference Series*, 2017, vol. 930, no. 1, pp. 1–7.
- [34] M. A. P. Hutabarat, M. Julham, and A. Wanto, “Penerapan Algoritma Backpropagation Dalam Memprediksi Produksi Tanaman Padi Sawah Menurut Kabupaten/Kota di Sumatera Utara,” *Jurnal semanTIK*, vol. 4, no. 1, pp. 77–86, 2018.
- [35] S. Setti and A. Wanto, “Analysis of Backpropagation Algorithm in Predicting the Most Number of Internet Users in the World,” *JOIN (Jurnal Online Informatika)*, vol. 3, no. 2, pp. 110–115, 2018.
- [36] B. Febriadi, Z. Zamzami, Y. Yuneфри, and A. Wanto, “Bipolar function in backpropagation algorithm in predicting Indonesia’s coal exports by major destination countries,” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 420, no. 1, p. 012087, 2018.
- [37] B. K. Sihotang and A. Wanto, “Analisis Jaringan Syaraf Tiruan Dalam Memprediksi Jumlah Tamu Pada Hotel Non Bintang,” *Jurnal Teknologi Informasi Techno*, vol. 17, no. 4, pp. 333–346, 2018.
- [38] 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,” *BRAHMANA: Jurnal Penerapan Kecerdasan Buatan*, vol. 1, no. 1, pp. 64–73, 2019.
- [39] N. Z. Purba, A. Wanto, and I. O. Kirana, “Implementation of ANN for Prediction of Unemployment Rate Based on Urban Village in 3 Sub-Districts of Pematangsiantar,” *International Journal of Information System & Technology (IJISTECH)*, vol. 3, no. 1, pp. 107–116, 2019.
- [40] I. C. Saragih, D. Hartama, and A. Wanto, “Prediksi Perkembangan Jumlah Pelanggan Listrik Menurut Pelanggan Area Menggunakan Algoritma Backpropagation,” *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, vol. 2, no. 1, pp. 48–54, 2020.
- [41] M. Syafiq, D. Hartama, I. O. Kirana, I. Gunawan, and A. Wanto, “Prediksi Jumlah Penjualan Produk di PT Ramayana Pematangsiantar Menggunakan Metode JST Backpropagation,” *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, vol. 7, no. 1, p. 175, 2020.