

Kajian Pertanian Indonesia: Estimasi Perkembangan Ekspor Kopi Menggunakan Algoritma Fletcher-Reeves

Safruddin^{1*}, Elfin Efendi², Lokot Ridwan Batubara³, Deddy Wahyudin Purba⁴, Jaya Tata Hardinata⁵

^{1,2,3,4}Universitas Asahan, Kisaran, Indonesia

⁵Universitas HKBP Pematangsiantar, Pematangsiantar, Indonesia

Email: ^{1*}safruddin67@gmail.com, ²elfinsuher@yahoo.co.id, ³lokotridwan36@gmail.com, ³lokotridwan36@gmail.com, ⁴deddy1983@yahoo.com, ⁵Jayatatahardinata@uhnp.ac.id

Abstract

Research on coffee exports to main destination countries is important because it provides an in-depth understanding of the markets that are the main focus. This allows governments and businesses to allocate resources efficiently and design appropriate marketing strategies. In addition, this research provides a strong basis for the government in formulating coffee export policies. By monitoring the development of coffee exports to main destination countries, Indonesia can be better prepared to face changes in global market demand and take appropriate steps in responding to market dynamics. This research will use the Conjugate Gradient Fletcher-Reeves algorithm, which is one of the algorithms of Artificial Neural Networks. The research was analyzed using 3 architectural models, including: 5-5-1, 5-10-1, and 5-15-1. As a result, the 5-5-1 model was selected as the best model, with the highest accuracy of 94% and the lowest MSE of 0.00500142. Higher than the accuracy of the 5-10-1 model which is only 83% with MSE 0.05058359, and 78% accuracy with MSE 0.01975643 on the 5-15-1 model. Based on the estimation results regarding the development of coffee exports according to main destination countries using the 5-5-1 model, the conclusion that can be drawn is that there will likely be a decline in the level of coffee exports to main destination countries in 2024.

Keywords: Agricultural Studies, Estimates, Coffee Exports, Destination Countries, Resilient Conjugate Gradient

Abstrak

Penelitian tentang ekspor kopi ke negara tujuan utama penting dilakukan karena memberikan pemahaman mendalam tentang pasar-pasar yang menjadi fokus utama. Hal ini memungkinkan pemerintah dan pelaku bisnis untuk mengalokasikan sumber daya dengan efisien dan merancang strategi pemasaran yang tepat. Selain itu, penelitian ini memberikan dasar yang kuat bagi pemerintah dalam merumuskan kebijakan ekspor kopi, dengan memantau perkembangan ekspor kopi ke negara-negara tujuan utama, Indonesia dapat lebih siap menghadapi perubahan dalam permintaan pasar global dan mengambil langkah-langkah yang tepat dalam merespons dinamika pasar. Penelitian ini akan menggunakan algoritma Conjugate Gradient Fletcher-Reeves, yang merupakan salah satu algoritma dari Jaringan Saraf Tiruan. Penelitian dianalisis menggunakan 3 model arsitektur, antara lain: 5-5-1, 5-10-1, dan 5-15-1. Hasilnya model 5-5-1 terpilih sebagai model terbaik, dengan akurasi tertinggi sebesar 94% dan MSE terendah 0,00500142. Lebih tinggi dibandingkan akurasi model 5-10-1 yang hanya 83% dengan MSE 0,05058359, dan akurasi 78% dengan MSE 0,01975643 pada model 5-15-1. Berdasarkan hasil estimasi terkait perkembangan ekspor kopi menurut negara tujuan utama menggunakan model 5-5-1, kesimpulan yang dapat diambil bahwa kemungkinan akan terjadi penurunan tingkat Ekspor Kopi ke negara tujuan utama untuk tahun 2024.

Kata kunci: Kajian Pertanian, Estimasi, Ekspor Kopi, Negara Tujuan, Resilient Conjugate Gradient

1. PENDAHULUAN

Pertanian Indonesia telah lama menjadi tulang punggung ekonomi negara ini [1]. Sebagai salah satu sektor utama yang memberikan kontribusi signifikan terhadap PDB (Produk Domestik Bruto) dan menyediakan pekerjaan bagi sebagian besar populasi [2], pertanian memiliki peran penting dalam menjaga ketahanan pangan dan kesejahteraan masyarakat [3], khususnya pertanian kopi yang secara eksplisit akan dibahas pada penelitian ini. Indonesia telah lama dikenal sebagai salah satu produsen kopi terbesar di dunia dan telah menjadi salah satu komoditas unggulan yang memainkan peran kunci dalam perekonomian pertanian Indonesia [4]. Sejak masa kolonial, kopi telah menjadi komoditas unggulan yang memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian negara ini, dengan kondisi geografis yang mendukung dan tradisi budaya yang kuat dalam budidaya kopi, Indonesia memiliki potensi besar untuk terus mengembangkan sektor pertanian kopi [5]. Kopi sebagai salah satu komoditas ekspor utama Indonesia, memiliki peran strategis dalam meningkatkan pendapatan devisa negara dan meningkatkan kesejahteraan petani di berbagai daerah penghasil [6]. Pertumbuhan ekspor kopi telah menjadi fokus utama dalam strategi pembangunan pertanian, dengan upaya terus-menerus untuk meningkatkan produksi, meningkatkan kualitas, dan mengembangkan pasar ekspor yang lebih luas [7]. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, industri kopi Indonesia menghadapi berbagai tantangan. Fluktuasi harga global, perubahan iklim, dan persaingan pasar yang semakin ketat menjadi faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan ekspor kopi [8]. Oleh karena itu, kajian tentang estimasi perkembangan ekspor kopi menjadi penting untuk memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang tren pasar dan memungkinkan pengambil kebijakan serta pelaku bisnis untuk mengambil langkah-langkah yang tepat dalam menjaga dan meningkatkan daya saing komoditas kopi Indonesia.

Estimasi perkembangan ekspor kopi menurut negara tujuan utama memiliki nilai strategis dalam merumuskan kebijakan perdagangan dan pengembangan pasar, dengan memahami tren dan pola dalam ekspor kopi ke berbagai negara, maka Indonesia dapat mengidentifikasi pasar-pasar yang memiliki potensi pertumbuhan yang tinggi dan merancang strategi pemasaran yang lebih terarah. Selain itu, estimasi perkembangan ekspor kopi menurut negara tujuan utama juga penting dalam mengantisipasi perubahan dalam permintaan pasar. Selain itu dengan memonitor perkembangan ekspor kopi ke berbagai negara, Indonesia dapat lebih siap menghadapi perubahan dalam permintaan pasar global dan mengambil langkah-langkah yang tepat dalam meresponsnya. Estimasi perkembangan ekspor kopi menurut negara tujuan utama juga dapat memberikan wawasan yang berharga bagi para pelaku bisnis dalam merencanakan strategi pemasaran dan pengembangan produk, dengan memahami preferensi konsumen di berbagai negara, pelaku bisnis dapat mengembangkan produk-produk kopi yang lebih sesuai dengan pasar dan meningkatkan daya saing mereka di pasar internasional.

Pada penelitian ini, kami akan menggunakan algoritma *Fletcher-Reeves* untuk melakukan estimasi perkembangan ekspor kopi menurut negara tujuan utama. Algoritma ini merupakan salah satu metode optimasi yang telah terbukti efektif

dalam berbagai aplikasi, termasuk dalam analisis data dan prediksi tren [9]. Tujuan penerapan algoritma *Fletcher-Reeves* pada data ekspor kopi Indonesia ini adalah untuk menghasilkan model prediksi yang akurat dan dapat diandalkan untuk memperkirakan jumlah ekspor kopi di masa yang akan datang, dengan memanfaatkan data historis ekspor kopi dan informasi tentang tren pasar global, kami akan mengembangkan model yang dapat memprediksi jumlah ekspor kopi ke berbagai negara tujuan utama dalam periode waktu yang ditentukan.

Penelitian terdahulu terkait topik penelitian ini antara lain: Penelitian untuk melakukan prediksi harga nilai ekspor berdasarkan golongan *Standard International Trade Classification (SITC)* mata uang US Dolar dengan menggunakan algoritma *Algoritma Fletcher-Reeves*. Data penelitian diambil dari website Badan Pusat Statistik tahun 2010-2020. Penelitian ini dianalisis dengan menggunakan model 5-20-1, 5-25-1 dan 5-30-1. Hasilnya bahwa model jaringan 5-25-1 merupakan model yang terbaik dengan nilai performance atau Mean Square Error terkecil sebesar 0,00287273 [10]. Penelitian selanjutnya dilakukan menggunakan metode jaringan saraf tiruan *Radial Basis Function* dan dibandingkan dengan algoritma *Backpropagation* untuk melakukan prediksi ekspor dan impor komoditas pertanian kelapa sawit dan kopi. Arsitektur jaringan yang digunakan adalah 12 input, 10 hidden layer dan 1 output dan dengan nilai spread 1,8 dengan perhitungan MSE data komoditas ekspor kelapa sawit *error* yang didapatkan 0,0120487 dan kopi 0,0346186. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa tingkat akurasi error dengan menggunakan metode JST *Radial Basis Function* lebih baik dibandingkan algoritma *Backpropagation* [11]. Penelitian berikutnya dilakukan untuk memprediksi ekspor kopi menurut negara tujuan utama menggunakan optimasi fungsi pembelajaran jaringan saraf tiruan dalam meningkatkan akurasi, antara lain *Gradient Descent* dengan *Adaptive Learning Rate (traingda)*, *Gradient Descent* dengan *Momentum (traingdm)*, dan *Gradient Descent* dengan *Momentum* dan *Adaptive Learning Rate (traingdx)* dengan menggunakan beberapa *hidden layer* yakni 15, 30 dan 45. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa optimasi fungsi pembelajaran *Gradient Descent* dengan *Adaptive Learning Rate (traingda)* dapat diterapkan untuk prediksi ekspor kopi menurut negara tujuan utama, karena proses iterasi yang dilakukan untuk pencapaian konvergensi dalam meningkatkan akurasi berkinerja baik [12]. Penelitian selanjutnya dilakukan untuk melakukan peramalan Volume Ekspor Kopi ke India dari Indonesia dengan metode *Least Square*. Teknik analisis data yang digunakan adalah metode statistik deskriptif dan peramalan *time series*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekspor kopi Indonesia ke pasar India memiliki tren yang positif dalam lima tahun terakhir dan dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti harga kopi, produksi kopi, dan nilai tukar rupiah terhadap rupee India [13].

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukan penelitian ini dengan tujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang perkembangan ekspor kopi Indonesia menurut negara tujuan utama. Penggunaan pendekatan analisis data yang kami gunakan, diharapkan dapat mengidentifikasi pola-pola tren yang mendasari dalam data ekspor kopi dan membuat prediksi yang dapat dipercaya tentang perkembangan ekspor kopi di masa depan. Selain itu, penelitian

ini juga bertujuan untuk memberikan kontribusi bagi pengembangan metodologi analisis data dalam konteks pertanian. Kami berharap dengan pemanfaatan algoritma *Fletcher-Reeves* ini, dapat menggali potensi baru dalam memahami dinamika sektor pertanian dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan wawasan yang berharga bagi pemerintah, lembaga riset, dan pelaku bisnis dalam merumuskan kebijakan dan strategi perdagangan kopi Indonesia. Berdasarkan pemahaman yang lebih baik tentang tren pasar dan faktor-faktor yang mempengaruhi, mereka dapat mengambil langkah-langkah yang tepat untuk meningkatkan daya saing dan mengoptimalkan potensi ekspor kopi Indonesia. Sehingga, penelitian ini memiliki implikasi praktis yang baik dalam pengembangan pertanian Indonesia dan memperkuat posisi Indonesia dalam pasar kopi global, dengan menggabungkan kemajuan teknologi dan metodologi analisis data yang tepat, kami yakin bahwa penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dalam memajukan sektor pertanian Indonesia dan mendukung pembangunan ekonomi yang berkelanjutan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Data Penelitian

Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan teknik web scraping, yakni proses pengambilan data dari sebuah website. Dataset yang digunakan pada penelitian ini adalah data kuantitatif Ekspor Kopi Menurut Negara Tujuan Utama (Ton) 12 tahun terakhir (Tahun 2011-2022), yang diperoleh dari website Badan Pusat Statistik Indonesia dan diolah dari dokumen kepabeanaan ditjen bea dan cukai (PEB dan PIB). Data penelitian yang digunakan tersaji pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data Ekspor Kopi Menurut Negara Tujuan Utama (Ton)

Negara	Tahun					
	2011	...	2019	2020	2021	2022
Jepang	58.878,9	...	25.587,8	23.471,4	27.297,0	18.813,4
Singapura	6.240,4	...	8.717,1	5.212,9	5.377,0	6.571,6
Malaysia	26.382,1	...	34.662,2	36.103,8	29.059,1	26.085,4
India	12.162,4	...	12.578,5	19.998,0	22.109,6	43.596,9
Mesir	10.013,9	...	34.285,0	32.536,7	48.521,3	37.428,4
Maroko	10.013,0	...	9.663,9	9.603,7	12.164,1	9.230,4
Aljazair	7.298,4	...	4.872,6	5.919,6	3.918,1	13.142,5
Amerika Serikat	48.094,7	...	58.666,2	54.473,7	57.694,0	55.810,1
Inggris	14.868,4	...	18.923,5	21.349,5	12.259,5	20.778,0
Jerman	26.461,0	...	18.451,4	21.320,8	13.334,8	36.976,4
Italia	27.344,4	...	35.452,2	27.237,5	24.590,0	24.006,2
Rumania	1.497,0	...	1.140,0	585,6	509,4	340,0
Georgia	6.893,0	...	12.229,6	12.748,0	13.398,0	15.902,6
Belgia	19.165,6	...	16.259,6	14.758,1	14.434,0	22.179,8
Belanda	1.008,0	...	1.604,2	1.490,8	2.243,5	3.597,8
Denmark	194,1	...	38,2	75,5	41,3	19,3
Perancis	4.090,7	...	2.945,3	4.376,4	5.993,4	874,7
Lainnya	65.456,6	...	59.689,2	84.293,9	91.566,5	98.427,3

Source: Badan Pusat Statistik Indonesia [14]

2.2. Algoritma 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* [15]. 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 transfernya memiliki fungsi turunan. Back-propagation digunakan untuk menghitung turunan kinerja (*performance*) sehubungan dengan bobot variabel dan bias X [16]. Setiap variabel disesuaikan dengan hal berikut:

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

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:

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

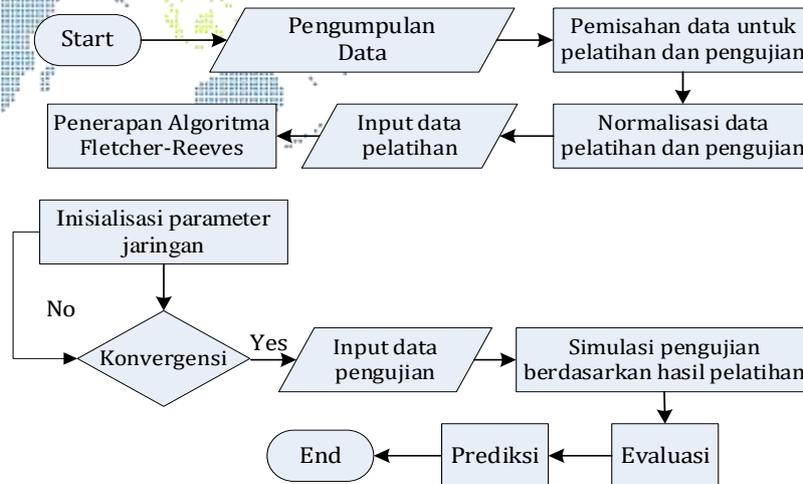
dimana gX adalah gradien. Parameter Z dapat dihitung dengan beberapa cara berbeda, untuk variasi gradien konjugasi *Fletcher-Reeves* dihitung menurut:

$$Z = \frac{norm_{new_sqr}}{norm_sqr}; \quad (3)$$

dimana *norm_sqr* adalah aturan kuadrat dari gradien sebelumnya dan *norm_new_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, dan Kinerja Gradien berada di bawah *min_grad*.

2.3. Diagram Penelitian

Diagram penelitian ini berfungsi sebagai representasi visual yang menggambarkan tahapan-tahapan dalam proses estimasi perkembangan ekspor kopi Indonesia berdasarkan negara tujuan utama menggunakan Algoritma *Fletcher-Reeves*, mencakup pengumpulan dan pengolahan data ekspor kopi, penerapan algoritma, iterasi untuk menyesuaikan parameter, validasi model prediksi dengan data historis, serta interpretasi hasil untuk mendukung pengambilan keputusan.



Gambar 1. Diagram Penelitian

Penjelasan:

Hal pertama yang dilakukan pada tahapan penelitian adalah dengan mengumpulkan dataset penelitian (Berdasarkan tabel 1). Langkah berikutnya memisahkan dataset penelitian menjadi 2 bagian, yakni untuk data pelatihan dan pengujian. Tahapan berikutnya melakukan normalisasi data pelatihan dan pengujian dengan menggunakan rumus persamaan (4) [17]-[22].

$$x' = \frac{0,8 (x - b)}{(a - b)} + 0,1 \tag{4}$$

Keterangan :

x' merupakan data yang akan di diubah, x merupakan data yang akan di normalisasi, a merupakan nilai paling kecil dari dataset, b merupakan nilai terbesar dari dataset, dan nilai 0.1 dan 0.8 merupakan nilai default untuk melakukan normalisasi data.

Selanjutnya data pelatihan yang sudah di normalisasi dimasukkan kedalam aplikasi Matlab 2011b untuk di proses, dilanjutkan dengan membuat jaringan saraf multi layer (input data pelatihan). Selanjutnya penerapan machine learning dengan algoritma *Fletcher-Reeves*. Pembuatan jaringan saraf multi layer ini menggunakan fungsi *tansig* dan *logsig*. Tahapan selanjutnya adalah dilakukan inisialisasi parameter jaringan berdasarkan fungsi pelatihan yang digunakan (*traincgf*). Kemudian memasukkan perintah untuk dilakukan proses pelatihan dan melihat hasil saat *performance* ditemukan. Apabila hasil pelatihan mencapai konvergensi, maka akan dilanjutkan memasukkan data pengujian yang sudah di normalisasi. Tetapi jika hasil pelatihan belum mencapai konvergensi, maka kembali ke tahap inisialisasi parameter jaringan. Tahapan berikutnya dilanjutkan dengan simulasi data uji berdasarkan hasil pelatihan. Apabila semua sudah dilakukan, tahapan selanjutnya adalah melakukan evaluasi untuk melihat model arsitektur terbaik berdasarkan tingkat akurasi terbaik. Tahapan akhir melakukan prediksi data ekspor kopi menurut negara tujuan utama untuk tahun 2023 dan tahun 2024, karena data terakhir hanya sampai tahun 2022.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Normalisasi

Data pelatihan menggunakan data tahun 2011-2015 sebagai input dan data tahun 2016 sebagai target (*output*). Sedangkan untuk data pengujian menggunakan data tahun 2017-2021 sebagai input dan data tahun 2022 sebagai target (*output*). Langkah selanjutnya melakukan normalisasi menggunakan rumus persamaan (4) yang sudah dibahas sebelumnya. Hasil normalisasi dapat dilihat pada tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 2. Normalisasi Data *Training*

2011	2012	2013	2014	2015	Target (2016)
0,4477	0,4036	0,3472	0,3432	0,3432	0,3083
0,1358	0,1531	0,1503	0,1446	0,1534	0,1409
0,2552	0,2952	0,3393	0,2715	0,3261	0,3302
0,1709	0,2167	0,2072	0,1844	0,2132	0,1674
0,1582	0,2031	0,2028	0,1918	0,2224	0,2241
0,1582	0,1656	0,1751	0,1606	0,1644	0,1564
0,1421	0,1610	0,2426	0,1616	0,1991	0,1574
0,3838	0,5116	0,4908	0,4444	0,4869	0,4977
0,1870	0,1955	0,2220	0,1839	0,2236	0,2076
0,2556	0,4009	0,4569	0,3239	0,3813	0,3514
0,2609	0,2712	0,3249	0,2751	0,3539	0,3110
0,1077	0,1069	0,1019	0,1012	0,1018	0,1005
0,1397	0,1530	0,1701	0,1597	0,1709	0,1653
0,2124	0,1903	0,2223	0,1838	0,1317	0,1709
0,1048	0,1050	0,1073	0,1089	0,1192	0,1368
0,1000	0,1002	0,1004	0,1009	0,1004	0,1003
0,1231	0,1512	0,1713	0,1360	0,1760	0,1442
0,4867	0,6440	0,9000	0,5717	0,8721	0,5522

Tabel 3. Normalisasi Data *Testing*

2017	2018	2019	2020	2021	Target (2022)
0,2899	0,2954	0,2647	0,2511	0,2757	0,2211
0,1461	0,1502	0,1560	0,1335	0,1345	0,1422
0,3665	0,3403	0,3231	0,3324	0,2870	0,2679
0,1533	0,1143	0,1809	0,2287	0,2423	0,3807
0,2547	0,2887	0,3207	0,3094	0,4124	0,3410
0,1712	0,1712	0,1621	0,1617	0,1782	0,1593
0,2224	0,1321	0,1313	0,1380	0,1251	0,1845
0,5072	0,4354	0,4778	0,4507	0,4715	0,4594
0,2412	0,1485	0,2218	0,2374	0,1788	0,2337
0,3880	0,1841	0,2187	0,2372	0,1858	0,3380
0,3453	0,2798	0,3282	0,2753	0,2583	0,2545
0,1077	0,1068	0,1072	0,1036	0,1032	0,1021
0,1753	0,1691	0,1786	0,1820	0,1862	0,2023
0,1846	0,1399	0,2046	0,1949	0,1928	0,2427
0,1187	0,1104	0,1102	0,1095	0,1143	0,1230
0,1002	0,1003	0,1001	0,1004	0,1001	0,1000
0,1154	0,1016	0,1188	0,1281	0,1385	0,1055
0,9000	0,3166	0,4843	0,6428	0,6897	0,7339

3.2. Arsitektur Model Penelitian

Tidak ada pedoman yang tetap dalam algoritma Jaringan Saraf Tiruan mengenai cara menentukan model arsitektur yang tepat. Semua harus mencoba dan mencoba, berarti terus mencoba model sampai menemukan atau mendapatkan model terbaik. Pada penelitian ini, ada lima model arsitektur jaringan akan dianalisis, yaitu 5-5-1, 5-10-1, dan 5-15-1. Setiap model ini akan dilatih dan diuji menggunakan Matlab2011b.

Tabel 4. Hasil Data *Training* dan *Testing* dengan Model 5-5-1

X	Hasil Data <i>Training</i>				Hasil Data <i>Testing</i>				
	Tr1	Op1	Er1	SSE1	Tr2	Op2	Er2	SSE2	Hs
1	0,3083	0,3081	0,0002	0,00000005	0,2211	0,2282	-0,0071	0,00005105	1
2	0,1409	0,1433	-0,0024	0,00000569	0,1422	0,1092	0,0330	0,00108927	1
3	0,3302	0,3314	-0,0012	0,00000136	0,2679	0,3187	-0,0508	0,00258116	1
4	0,1674	0,1767	-0,0093	0,00008591	0,3807	0,3486	0,0321	0,00102968	1
5	0,2241	0,2143	0,0098	0,00009664	0,3410	0,2868	0,0542	0,00293293	1
6	0,1564	0,1578	-0,0014	0,00000183	0,1593	0,1758	-0,0165	0,00027127	1
7	0,1574	0,1593	-0,0019	0,00000352	0,1845	0,1585	0,0260	0,00067746	1
8	0,4977	0,4965	0,0012	0,00000142	0,4594	0,5259	-0,0665	0,00442820	1
9	0,2076	0,2061	0,0015	0,00000230	0,2337	0,4137	-0,1800	0,03239666	1
10	0,3514	0,3511	0,0003	0,00000012	0,3380	0,4396	-0,1016	0,01031339	1
11	0,3110	0,3103	0,0007	0,00000050	0,2545	0,2509	0,0036	0,00001298	1
12	0,1005	0,1003	0,0002	0,00000005	0,1021	0,1018	0,0003	0,00000007	1
13	0,1653	0,1761	-0,0108	0,00011724	0,2023	0,2171	-0,0148	0,00021886	1
14	0,1709	0,1683	0,0026	0,00000656	0,2427	0,2753	-0,0326	0,00106026	1
15	0,1368	0,1256	0,0112	0,00012466	0,1230	0,1154	0,0076	0,00005852	1
16	0,1003	0,1050	-0,0047	0,00002187	0,1000	0,1041	-0,0041	0,00001681	1
17	0,1442	0,1389	0,0053	0,00002835	0,1055	0,1739	-0,0684	0,00467723	1
18	0,5522	0,5537	-0,0015	0,00000239	0,7339	0,5659	0,1680	0,02820981	0
			Jumlah SSE	0,00050045			Jumlah SSE	0,09002559	94%
			MSE	0,00002780			MSE	0,00500142	

Tabel 5. Hasil Data *Training* dan *Testing* pada Model 5-10-1

X	Hasil Data <i>Training</i>				Hasil Data <i>Testing</i>				
	Tr1	Op1	Er1	SSE1	Tr2	Op2	Er2	SSE2	Hs
1	0,3083	0,3072	0,0011	0,00000127	0,2211	0,5043	-0,2832	0,08022770	1
2	0,1409	0,1382	0,0027	0,00000737	0,1422	0,1071	0,0351	0,00123230	1
3	0,3302	0,3265	0,0037	0,00001395	0,2679	0,5135	-0,2456	0,06032187	1
4	0,1674	0,1765	-0,0091	0,00008224	0,3807	0,4928	-0,1121	0,01256898	1
5	0,2241	0,2173	0,0068	0,00004666	0,3410	0,2803	0,0607	0,00367921	0
6	0,1564	0,1508	0,0056	0,00003191	0,1593	0,1817	-0,0224	0,00050043	1
7	0,1574	0,1592	-0,0018	0,00000316	0,1845	0,2987	-0,1142	0,01303522	1
8	0,4977	0,4979	-0,0002	0,00000004	0,4594	0,2438	0,2156	0,04646406	0
9	0,2076	0,2063	0,0013	0,00000173	0,2337	0,4185	-0,1848	0,03414761	1
10	0,3514	0,3509	0,0005	0,00000030	0,3380	0,8119	-0,4739	0,22453845	1
11	0,3110	0,3122	-0,0012	0,00000142	0,2545	0,4958	-0,2413	0,05822448	1
12	0,1005	0,0991	0,0014	0,00000202	0,1021	0,1010	0,0011	0,00000114	1
13	0,1653	0,1756	-0,0103	0,00010666	0,2023	0,2202	-0,0179	0,00032019	1
14	0,1709	0,1691	0,0018	0,00000310	0,2427	0,2895	-0,0468	0,00218664	1
15	0,1368	0,1294	0,0074	0,00005425	0,1230	0,1160	0,0070	0,00004970	1
16	0,1003	0,1050	-0,0047	0,00002187	0,1000	0,1040	-0,0040	0,00001600	1
17	0,1442	0,1463	-0,0021	0,00000431	0,1055	0,1935	-0,0880	0,00774229	1
18	0,5522	0,5524	-0,0002	0,00000006	0,7339	0,1295	0,6044	0,36524829	0
			Jumlah SSE	0,00038230			Jumlah SSE	0,91050455	83%
			MSE	0,00002124			MSE	0,05058359	

Tabel 6. Hasil Data *Training* dan *Testing* pada Model 5-15-1

X	Hasil Data <i>Training</i>				Hasil Data <i>Testing</i>				
	Tr1	Op1	Er1	SSE1	Tr2	Op2	Er2	SSE2	Hs
1	0,3083	0,3072	0,0011	0,00000127	0,2211	0,2911	-0,0700	0,00490629	1
2	0,1409	0,1381	0,0028	0,00000793	0,1422	0,1116	0,0306	0,00093661	1
3	0,3302	0,3273	0,0029	0,00000861	0,2679	0,3340	-0,0661	0,00436989	1
4	0,1674	0,1756	-0,0082	0,00006672	0,3807	0,5801	-0,1994	0,03976492	1
5	0,2241	0,2204	0,0037	0,00001392	0,3410	0,3130	0,0280	0,00078157	1
6	0,1564	0,1537	0,0027	0,00000755	0,1593	0,1638	-0,0045	0,00001998	1
7	0,1574	0,1584	-0,0010	0,00000095	0,1845	0,1039	0,0806	0,00650089	0
8	0,4977	0,4998	-0,0021	0,00000445	0,4594	0,3813	0,0781	0,00609262	0
9	0,2076	0,2069	0,0007	0,00000051	0,2337	0,4457	-0,2120	0,04494007	1
10	0,3514	0,3522	-0,0008	0,00000057	0,3380	0,1557	0,1823	0,03324974	0
11	0,3110	0,3126	-0,0016	0,00000253	0,2545	0,3031	-0,0486	0,00236172	1
12	0,1005	0,1009	-0,0004	0,00000014	0,1021	0,1027	-0,0006	0,00000040	1
13	0,1653	0,1731	-0,0078	0,00006127	0,2023	0,2183	-0,0160	0,00025580	1
14	0,1709	0,1704	0,0005	0,00000021	0,2427	0,2812	-0,0385	0,00147929	1
15	0,1368	0,1281	0,0087	0,00007509	0,1230	0,1165	0,0065	0,00004290	1
16	0,1003	0,1047	-0,0044	0,00001915	0,1000	0,1041	-0,0041	0,00001681	1
17	0,1442	0,1452	-0,0010	0,00000095	0,1055	0,1762	-0,0707	0,00499711	1
18	0,5522	0,5518	0,0004	0,00000013	0,7339	0,2812	0,4527	0,20489904	0
			Jumlah SSE	0,00027198			Jumlah SSE	0,35561566	78%
			MSE	0,00001511			MSE	0,01975643	

Keterangan:

X merupakan Data ekspor kopi menurut negara tujuan utama. Tr1 dan Tr2 merupakan Target *Training* dan Target *Testing*. Op1 dan Op2 merupakan Output (Keluaran) *Training* dan *Testing*. Er1 dan Er2 merupakan *Error* (Kesalahan) *Training* dan *Testing*. SSE1 dan SSE2 merupakan *Sum Square Error*. Jumlah SSE merupakan Total *Sum Square Error*. MSE merupakan Mean *Square Error*. Hs merupakan Hasil Akurasi. Berdasarkan hasil data *training* dan hasil data *testing* pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6, dapat dijelaskan bahwa: Tr1 dan Tr2 diperoleh dari normalisasi berdasarkan persamaan (2), menggunakan *Microsoft Excel*. Op1 dan Op2 diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan *Matlab2011b*. E1 dan E2 diperoleh dari perhitungan Target - *Output*. Nilai SSE1 dan SSE2 diperoleh dari perhitungan *Error* dipangkatkan 2. Nilai Jumlah SSE didapatkan dari Total seluruh nilai SSE. Nilai MSE diperoleh dari jumlah SSE dibagi dengan 18 (jumlah dataset). Nilai Hs 1 (satu) diperoleh jika nilai *Error* <=0,06. Selain itu akan bernilai 0 (nol). 0,06 merupakan target *Error* yang digunakan pada penelitian ini.

3.3. Pemilihan Model Terbaik

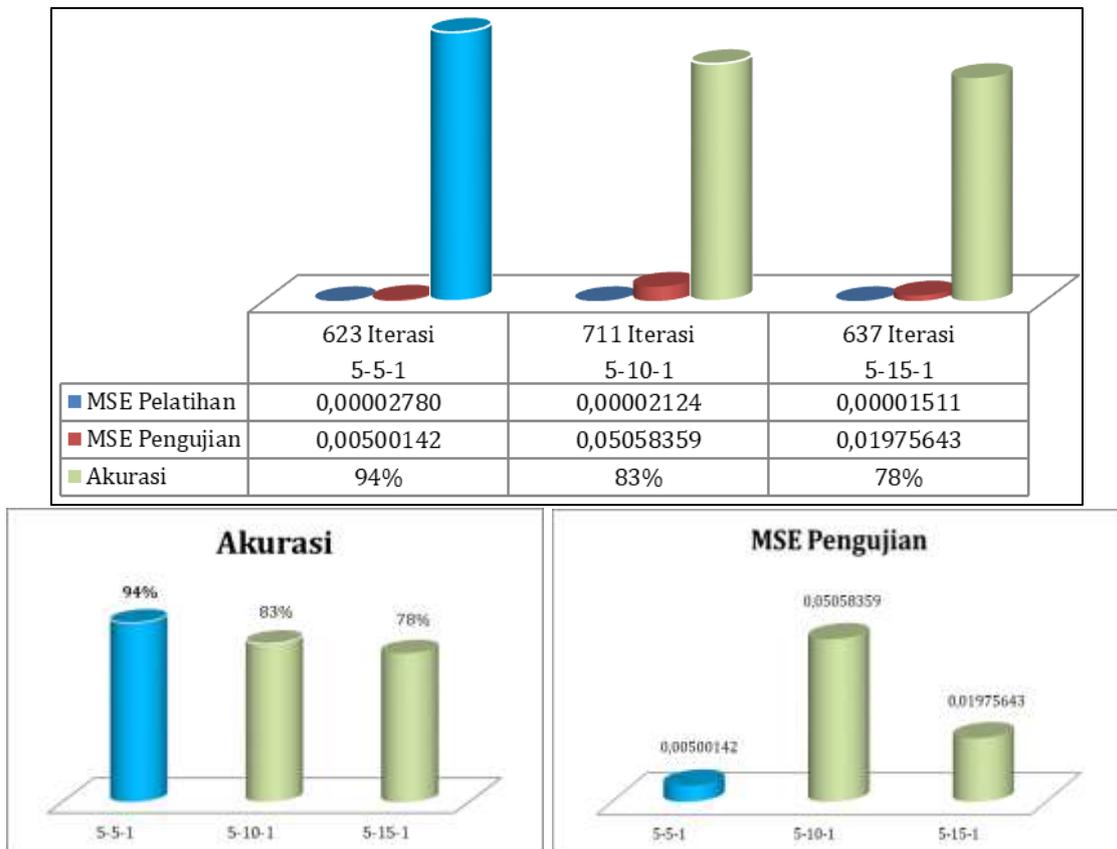
Berdasarkan penyajian hasil pelatihan dan pengujian pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6 yang merupakan hasil perhitungan dari masing-masing model yang digunakan pada penelitian ini, maka selanjutnya dapat ditentukan model terbaik dari masing-masing model yang digunakan. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Model Arsitektur

No	Arsitektur	Proses <i>Training</i>			Proses <i>Testing</i>	
		<i>Epoch</i>	MSE	Fungsi	MSE	Akurasi
1	5-5-1	623	0,00002780	<i>tansig, logsig</i>	0,00500142	94%

No	Arsitektur	Proses Training			Proses Testing	
		Epoch	MSE	Fungsi	MSE	Akurasi
2	5-10-1	711	0,00002124		0,05058359	83%
3	5-15-1	637	0,00001511		0,01975643	78%

Tabel 7 merupakan perbandingan dari masing-masing model arsitektur yang digunakan pada penelitian ini. Secara garis besar model arsitektur 5-5-1 merupakan model arsitektur terbaik, karena memiliki tingkat akurasi tertinggi, yakni 94%, selain itu nilai rata-rata kesalahannya (MSE) juga lebih kecil dibandingkan model yang lain.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Akurasi

Gambar 2 merupakan grafik dari hasil model arsitektur yang digunakan. Berdasarkan 3 (tiga) model yang digunakan pada penelitian ini berbeda hasilnya, antara lain 94%, 83%, dan 78%. Model 5-5-1 merupakan model terbaik dengan akurasi 94% (tertinggi dibandingkan model yang lain).

3.4. Estimasi Ekspor Kopi Menurut Negara Tujuan Utama

Estimasi diperoleh dan diproses berdasarkan model arsitektur terbaik, yakni model 5-5-1 dengan menggunakan rumus persamaan (3) [23]–[25]. Rumus estimasi ini merupakan pengembalian nilai dari rumus persamaan (2) yang telah dibahas sebelumnya.

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

Penjelasan :

X merupakan target estimasi, a merupakan data nilai terkecil, b merupakan data nilai terbesar, 0.1 dan 0.8 merupakan nilai default untuk proses estimasi.

Tabel 8. Perbandingan Ekspor Tanaman Kopi dan Hasil Estimasi

No	Provinsi	Ekspor Sebelumnya (Ton)		Estimasi	
		2021	2022	2023	2024
1	Jepang	27.297,0	18.813,4	14915,8	11895,3
2	Singapura	5.377,0	6.571,6	5075,0	4584,1
3	Malaysia	29.059,1	26.085,4	20549,7	16513,4
4	India	22.109,6	43.596,9	34523,6	27567,8
5	Mesir	48.521,3	37.428,4	29800,0	23737,2
6	Maroko	12.164,1	9.230,4	8236,4	5916,0
7	Aljazair	3.918,1	13.142,5	10598,2	8317,5
8	Amerika Serikat	57.694,0	55.810,1	44253,7	35190,2
9	Inggris	12.259,5	20.778,0	16441,1	13237,0
10	Jerman	13.334,8	36.976,4	29640,1	23523,3
11	Italia	24.590,0	24.006,2	19073,5	15346,8
12	Rumania	509,4	340,0	757,4	481,2
13	Georgia	13.398,0	15.902,6	11410,0	10086,9
14	Belgia	14.434,0	22.179,8	17818,8	14034,2
15	Belanda	2.243,5	3.597,8	1126,4	1842,3
16	Denmark	41,3	19,3	228,4	228,4
17	Perancis	5.993,4	874,7	1151,0	1006,2
18	Lainnya	91.566,5	98.427,3	78007,6	61868,5
Jumlah		384.510,6	433.780,8	343.606,8	275.376,3

Berdasarkan Tabel 8 dapat dilihat perbandingan antara ekspor kopi menurut negara tujuan utama tahun-tahun sebelumnya, yakni tahun 2021-2022 dan berdasarkan hasil prediksi tahun 2023-2024. Terlihat bahwa perkembangan ekspor kopi menurut negara tujuan utama diperkirakan akan menurun.

4. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan algoritma *Fletcher-Reeves* dalam estimasi perkembangan ekspor kopi Indonesia menurut negara tujuan utama telah memberikan hasil yang bermanfaat. Melalui analisis data, kami berhasil menghasilkan model prediksi yang dapat memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang tren pasar kopi global dan preferensi konsumen di berbagai negara. Hasil estimasi ini dapat menjadi landasan yang kuat dalam merumuskan kebijakan perdagangan dan pengembangan pasar kopi Indonesia yang lebih efektif dan efisien. Pentingnya memahami tren pasar dan memperkirakan permintaan dari negara-negara tujuan utama ekspor menjadi semakin nyata dalam menghadapi tantangan dan peluang dalam pasar global, dengan demikian penelitian ini memberikan informasi yang diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam memajukan sektor pertanian Indonesia dan memperkuat posisi Indonesia dalam pasar ekspor kopi global.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Noviar, A. Saputra, F. Syahril, and S. Badli, 'Tantangan Pengembangan Pertanian Wilayah Pedesaan (Studi Kasus Desa Leuken)', *Jurnal Pengabdian Agro and Marine Industry*, vol. 3, no. 1, pp. 16–27, 2023, [Online]. Available: <http://jurnal.utu.ac.id/agromarine/article/view/7614%0Ahttp://jurnal.utu.ac.id/agromarine/article/download/7614/3812>
- [2] D. A. R. S. Tasyim, G. M. V. Kawung, and H. F. D. Siwu, 'Pengaruh Jumlah Unit Usaha Umkm Dan PDRB Terhadap Penyerapan Tenaga Kerja Di Sulawesi Utara', *Jurnal EMBA : Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis dan Akuntansi*, vol. 9, no. 3, pp. 391–400, 2021, doi: 10.35794/emba.v9i3.34740.
- [3] A. P. H.K, I. W. Yasa, F. Setyawan, Y. Adiwibowo, and F. P. Manggala, 'Dampak Alih Fungsi Lahan Sawah Dilindungi (LSD) terhadap Ketahanan Pangan Pedesaan di Kabupaten Jember', *Journal Inicio Legis*, vol. 4, no. 2, pp. 167–181, 2023, doi: 10.21107/il.v4i2.23103.
- [4] A. N. Ananda, T. S. Azzahra, W. Susanti, and R. Wikansari, 'Analisis Daya Saing Ekspor Kopi Indonesia Pada Pasar Internasional', *Bulan Januari*, vol. 7, no. 1, pp. 128–135, 2023, doi: 10.52166/agroteknologi.v7i1.5281.
- [5] S. Widiastutie, C. S. D. Kusuma, A. Pradhanawati, and M. A. Sardjono, 'Diplomasi Kopi Indonesia di Kancah Dunia', *Indonesian Perspective*, vol. 7, no. 2, pp. 180–204, 2022, doi: 10.14710/ip.v7i2.50778.
- [6] N. R. Umbara, A. Yuwana, W. Heriyanto, V. K. Ladesi, and S. Sahara, 'Proses Ekspor Biji Kopi Robusta Indonesia Pt Swakarya Kreatif Asia Ke Amerika Serikat Beserta Penerapan Manajemen Risiko Nya', *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 9, no. 15, pp. 460–469, 2023, doi: 10.5281/zenodo.8216225.
- [7] M. Ibnu, 'Peningkatan (Upgrading) Rantai Nilai Sektor Pertanian Indonesia: Kajian Teori dan Hasil-hasil Empiris', *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, vol. 19, no. 1, pp. 39–53, 2023, doi: 10.20956/jsep.v19i1.21586.
- [8] F. Agustiansyah, D. Destiana, and F. N. Apriliani, 'Penerapan Strategi Marketing Dalam Upaya Perdagangan Kopi Di Pasar Internasional', *Jurnal Pijar: Studi Manajemen dan Bisnis*, vol. 1, no. 3, pp. 315–326, 2023.
- [9] F. D. N. Fitri, A. Pandu Kusuma, and S. Nur Budiman, 'Implementasi Algoritma Backpropagation Untuk Memprediksi Penjualan Keripik (Studi Kasus : Rumah Industri Keripik Age Enak)', *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 6, no. 2, pp. 782–789, 2022, doi: 10.36040/jati.v6i2.5737.
- [10] 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, doi: 10.47065/bits.v3i4.1449.
- [11] L. K. Ramadhani, 'Prediksi Ekspor & Impor Komoditas Pertanian Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Radial Basis Function', *Joined Journal: Journal of Informatics Education*, vol. 5, no. 1, pp. 36–44, 2022, doi: 10.31331/joined.v5i1.2131.
- [12] I. I. Ridho, A. A. G. B. Ariana, and A. P. Windarto, 'Optimasi Fungsi Pembelajaran Jaringan Saraf Tiruan dalam Meningkatkan Akurasi pada Prediksi Ekspor Kopi Menurut Negara Tujuan Utama', *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, vol. 4, no. 4, p. 1951–1958, 2023, doi: 10.47065/bits.v4i4.3240.
- [13] A. Fauzi, Wiguna, A. Mahmud, and E. Sulaeman, 'Analisis Forecasting Volume Ekspor Kopi dari Indonesia ke India dengan Metode Time Series', *Jurnal Pendidikan Tambusai*, vol. 7, no. 2, pp. 7461–7467, 2023, doi: 10.31004/jptam.v7i2.7411.

-
- [14] BPS, 'Ekspor Kopi Menurut Negara Tujuan Utama, 2000-2022', *Badan Pusat Statistik*, 2023. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/1/MTAxNCMx/ekspor-kopi-menurut-negara-tujuan-utama--2000-2022.html> (accessed Jan. 23, 2024).
- [15] 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, doi: 10.1088/1742-6596/930/1/012018.
- [16] MathWorks, 'traincgf', *The MathWorks, Inc*, 1994. <https://www.mathworks.com/help/deeplearning/ref/traincgf.html> (accessed Apr. 23, 2020).
- [17] 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. 012033, pp. 1-6, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1255/1/012033.
- [18] I. M. Muhamad, S. A. Wardana, A. Wanto, and A. P. Windarto, 'Algoritma Machine Learning untuk penentuan Model Prediksi Produksi Telur Ayam Petelur di Sumatera', vol. 1, no. 4, pp. 126-134, 2022.
- [19] E. Siregar, H. Mawengkang, E. B. Nababan, and A. Wanto, 'Analysis of Backpropagation Method with Sigmoid Bipolar and Linear Function in Prediction of Population Growth', *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1255, no. 012023, pp. 1-6, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1255/1/012023.
- [20] R. Sinaga, M. M. Sitomorang, D. Setiawan, A. Wanto, and A. P. Windarto, 'Akurasi Algoritma Fletcher-Reeves untuk Prediksi Ekspor Karet Remah Berdasarkan Negara Tujuan Utama', *Journal of Informatics Management and Information Technology*, vol. 2, no. 3, pp. 91-99, 2022, doi: 10.47065/jimat.v2i3.170.
- [21] 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.
- [22] M. Mahendra, R. C. Telaumbanua, A. Wanto, and A. P. Windarto, 'Akurasi Prediksi Ekspor Tanaman Obat, Aromatik dan Rempah-Rempah Menggunakan Machine Learning', *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer*, vol. 2, no. 6, pp. 207-215, 2022.
- [23] 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, doi: 10.15575/join.
- [24] S. Aisyah, Z. Zulkifli, and P. A. Cakranegara, 'Penerapan Algoritma Bayesian Regulation untuk Estimasi Posisi Cadangan Devisa Indonesia', *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, vol. 3, no. 4, pp. 205-211, 2022, doi: 10.47065/josyc.v3i4.2170.
- [25] Safruddin, E. Efendi, R. M. Ch, and A. Wanto, 'Pemanfaatan Algoritma BFGS Quasi-Newton untuk Melihat Potensi Perkembangan Luas Tanaman Kopi di Pulau Sumatera', *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. 7, no. 1, pp. 473-483, 2023, doi: 10.30865/mib.v7i1.5524.