

Implementation of Backpropagation Artificial Neural Network on Forecasting Export of Palm Oil in Indonesia

Adinda Dwi Putri, Dina Fitria, Nonong Amalita, Zilrahmi

Departemen Statistika, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

*Corresponding author: dinafitria@fmipa.unp.ac.id

Submitted : 12 Oktober 2023

Revised : 14 November 2023

Accepted : 29 November 2023

ABSTRACT

Export activities are one of the largest revenues in Indonesia with the largest contributor to exports is palm oil. Increasing volume of palm oil exports, will spur economic growth in Indonesia. In this research, palm oil export forecasting in Indonesia is carried out based on the main destination countries: India, China, Pakistan, Netherlands, United States, Spain, Egypt, Bangladesh, Italy and Singapore. The forecasting method used in this research is Artificial Neural Network (ANN) with backpropagation algorithm. This research was conducted with the aim of forming an optimal network architecture and forecasting palm oil exports in Indonesia in 2023 and knowing the level of accuracy of forecasting results using the ANN backpropagation method. The data used is palm oil export data for 2012-2022 obtained from the Central Statistics Agency (BPS) website. From the data used, the optimal architecture model is 10-1-10-9-1 with a MAPE of 12.48%, which means this architecture uses 10 input data, 3 hidden layers with the number of each input neuron (1,10,9), and there is 1 output output. From this research, it is estimated that 87.52% of palm oil export forecasting results using the JST method are close to the actual value.

Keywords: Artificial Neural Network, Backpropagation, Export, Forecasting, Palm Oil.



This is an open access article under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2022 by author and Universitas Negeri Padang.

I. PENDAHULUAN

Ekspor merupakan kegiatan membawa atau mengeluarkan barang dari pasar domestik ke luar negeri dengan tujuan dijual atau dipertukarkan. Menurut Rafiq dkk (2019) kegiatan ekspor menjadi salah satu sumber pendapatan terbesar di Indonesia dan dapat memacu pertumbuhan ekonomi. Menurut Kementerian Pertanian (Kementan) RI salah satu penyumbang ekspor terbesar di Indonesia berasal dari sektor pertanian yaitu sub sektor perkebunan minyak kelapa sawit. Berdasarkan BPS (2022) hasil minyak kelapa sawit Indonesia di ekspor ke 10 negara tujuan utama yaitu India, Tiongkok, Pakistan, Belanda, Amerika Serikat, Spanyol, Mesir, Bangladesh, Italia dan Singapura. Informasi mengenai peramalan volume ekspor minyak kelapa sawit ke depannya sangat dibutuhkan bagi para eksportir sebagai pelaku usaha dalam mengambil keputusan untuk memenuhi permintaan negara tujuan. Selain eksportir, informasi ini juga berguna bagi pemerintah karena dapat memperkirakan pendapatan negara dan kondisi pasar ekspor dunia terkhusus dikomoditi minyak kelapa sawit dan para petani dalam meningkatkan produksi bahan baku minyak kelapa sawit dalam upaya mendukung laju pertumbuhan ekonomi.

Pada metode peramalan yang biasa digunakan masih bergantung kepada pola data dan asumsi yang harus dipenuhi, sedangkan data ekspor minyak kelapa sawit di Indonesia selalu mengalami peningkatan dan penurunan secara tidak stabil. Data tersebut akan sulit dilakukan peramalan menggunakan metode peramalan biasa, karena akan sulit untuk membentuk formulasi modelnya. Menurut Agustin & Prahasto (2012) data seperti ini dapat dilakukan peramalan menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan (JST), karena JST memiliki sifat yang adaptif sehingga dapat menangani data dengan pola yang tidak stabil atau berubah-ubah. Pada proses pembelajarannya JST menyerupai sistem saraf otak manusia, dimana JST memiliki *neuron-neuron* yang dikumpulkan ke dalam lapisan-lapisan tertentu yang akan mentransferkan informasi dari lapisan ke lapisan dengan bobot tertentu (Kusumadewi, 2018: 207-208). Pada JST terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu arsitektur jaringan, algoritma pembelajaran dan fungsi aktivasi.

Arsitektur JST berdasarkan jumlah lapisannya dikelompokkan menjadi dua yaitu jaringan lapisan tunggal (*singel layer*) dan jaringan lapisan jamak (*multi layer*). Menurut Maulidin & Assafat (2014) jaringan lapisan jamak dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih rumit daripada jaringan lapisan tunggal dengan menambah satu atau

lebih lapisan yang disebut dengan lapisan tersembunyi. Selain itu, pada JST terdapat algoritma pembelajaran seperti *perceptron*, *adaline*, *madaline* dan *backpropagation*. Menurut Siregar dkk (2020) algoritma yang sering digunakan dalam melakukan peramalan dengan tingkat akurasi yang tinggi adalah *Backpropagation*. Algoritma *Backpropagation* dapat memberikan *output* dengan *error minimum* dalam proses pembelajarannya dengan cara melakukan pelatihan berulang untuk mendapatkan arsitektur dan bobot terbaik. Menurut Siang (2005: 99) fungsi aktivasi yang sering digunakan dalam *backpropagation* salah satunya adalah fungsi sigmoid biner. Fungsi sigmoid biner menghasilkan nilai *output* yang terletak pada *range* 0 hingga 1, fungsi ini digunakan untuk mengaktifkan *neuron* dan dasar dalam pembaharuan bobot.

Penggunaan metode JST *backpropagation* dalam peramalan telah banyak dilakukan, salah satunya yaitu penelitian Rafiqa, dkk (2019) dalam meramalkan ekspor batu bara menurut negara tujuan. Hasil pada penelitian tersebut diperoleh arsitektur terbaik adalah 12-6-1 dengan nilai MSE (*Mean Square Error*) sebesar 0.0032. Hal tersebut menyatakan bahwa dengan menggunakan metode JST *backpropagation* menghasilkan peramalan yang sangat baik dengan tingkat akurasi yang tinggi. Oleh karena itu, pada artikel ini akan dilakukan peramalan pada ekspor minyak kelapa sawit di Indonesia berdasarkan negara tujuan utama menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) dengan algoritma *backpropagation*.

II. METODE PENELITIAN

A. Sumber dan Teknik Analisis Data

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian terapan. Data pada penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari website BPS (<https://bit.ly/46HgyTh>) yaitu volume ekspor minyak kelapa sawit di Indonesia berdasarkan negara tujuan utama yaitu India, Tiongkok, Pakistan, Belanda, Amerika Serikat, Spanyol, Mesir, Bangladesh, Italia dan Singapura tahun 2012-2022.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis JST dengan algoritma *backpropagation*:

1. Normalisasi Data

Normalisasi dilakukan untuk mengubah skala data sehingga bisa terletak pada rentang tertentu yang membuat proses pengolahan menjadi lebih mudah dengan rentang nilai 0 hingga 1. Persamaan yang digunakan dalam proses normalisasi (Permana & Salisah, 2022):

$$x'_i = \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (1)$$

Keterangan :

- x'_i : nilai normalisasi ke-i
- x_i : nilai atribut ke-i
- $\min(x)$: nilai minimum dari sebuah atribut
- $\max(x)$: nilai maksimum dari sebuah atribut

2. Inisialisasi bobot.

Pada tahap ini bobot awal yang digunakan diperoleh dengan membangkitkan nilai random dalam rentang nilai yang kecil seperti [-4,4], [-1,1], [0,1] dan sebagainya sesuai dengan keinginan peneliti. Selain inisialisasi bobot tentukan juga parameter yang akan digunakan seperti menentukan *learning rate* untuk memepercepat proses pelatihan dan set *epoch* (siklus pelatihan pembelajaran yang menentukan berapa kali algoritma bekerja melewati dataset) atau target *error* (nilai ambang) sebagai kondisi berhenti.

3. Fase maju (*feedforward*).

Pada fase ini, setiap sinyal *input* dihitung maju dari lapisan *input* ke lapisan tersembunyi lalu menuju lapisan *output* menggunakan fungsi aktivasi yang telah ditetapkan. Pada penelitian ini fungsi aktivasi yang digunakan adalah fungsi sigmoid biner.

Unit *input* x_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) mengirim sinyal ke semua unit di lapisan tersembunyi dan mengaktifkannya menggunakan fungsi aktivasi sehingga menghasilkan z_j ($j = 1, 2, 3, \dots, p$).

$$z_j = f(z_{in_j}) = \frac{1}{1 + e^{-z_{in_j}}}$$

Dimana :

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

Keterangan:

- z_j : nilai *neuron* pada lapisan tersembunyi ke-j dari *input layer*
- v_{0j} : bobot bias *neuron input* pada *neuron* lapisan tersembunyi ke-j
- v_{ij} : bobot penghubung unit ke-i *input layer* dengan unit ke-j lapisan tersembunyi
- n : jumlah *neuron input*

Teruskan kirim sinyal dari lapisan tersembunyi z_j ke semua unit di lapisan *output* dan mengaktifkan nilainya menggunakan fungsi aktivasi sehingga diperoleh y_k ($k = 1, 2, 3, \dots, m$).

$$y_k = \frac{1}{1 + e^{-y_{in_k}}}$$

Dimana :

$$y_{in_k} = w_{0k} + \sum_{j=1}^p z_j w_{jk}$$

Keterangan:

- y_k : nilai *output* ke-k pada *output layer* dari *neuron* lapisan tersembunyi
- w_{0k} : bobot bias *neuron* lapisan tersembunyi pada *neuron output* ke-k
- w_{jk} : bobot penghubung antara unit ke-j lapisan tersembunyi dengan unit ke-k *output layer*
- p : jumlah *neuron* lapisan tersembunyi.

4. Fase mundur (*backpropagation*)

Pada fase ini akan dihitung kesalahan (selisih antara target yang diinginkan dengan hasil keluaran jaringan).

Tiap unit *output* menerima target pola yang berhubungan dengan pola target t_k lalu *error* lapisan *output* (δ_k).

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{in_k})$$

Keterangan :

- δ_k : *error/kesalahan*
- t_k : nilai aktual periode ke-t
- $f'(y_{in_k})$: turunan fungsi aktivasi sigmoid biner

Kirim δ_k dan kemudian hitung koreksi bobot Δw_{jk} dan koreksi bias Δw_{0k}

$$\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k z_j$$

$$\Delta w_{0k} = \alpha \delta_k$$

Keterangan:

- Δw_{jk} : perubahan bobot pghubung antara unit ke-j lapisan tersembunyi dengan unit ke-k *output layer*
- Δw_{0k} : perubahan bobot bias
- α : *learning rate*

Tiap unit tersembunyi menjumlahkan delta *input* atau *error* lapisan tersembunyi (δ_j).

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{jk}$$

Kalikan nilai diatas dengan turunan dari fungsi aktivasinya untuk dapat menghitung *error* lapisan tersembunyi.

$$\delta_j = \delta_{in_j} f'(z_{in_j})$$

Keterangan:

- δ_{in_j} : penjumlahan delta *input*
- δ_j : *error/kesalahan* pada *neuron* lapisan tersembunyi ke-j

Kemudian δ_j digunakan untuk menghitung koreksi bobot Δv_{ij} dan koreksi bias Δv_{0j}

$$\Delta v_{ij} = \alpha \delta_j x_i$$

$$\Delta v_{0j} = \alpha \delta_j$$

Keterangan:

- Δv_{ij} : perubahan bobot penghubung antara unit ke-i *input layer* dengan unit ke-j lapisan tersembunyi
- Δv_{0j} : perubahan bobot bias *neuron input* pada *neuron* lapisan tersembunyi ke-j

5. Fase perubahan bobot dan bias

Tiap unit *output* dilakukan perubahan atau pengupdatean bobot dan bias

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

Keterangan:

$w_{jk}(\text{baru})$: bobot penghubung baru antara unit ke-j lapisan tersembunyi dengan unit ke-k *output layer*

$w_{jk}(\text{lama})$: bobot penghubung lama antara unit ke-j lapisan tersembunyi dengan unit ke-k *output layer*

Tiap unit tersembunyi dilakukan perubahan atau pengupdatean bobot dan bias.

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

Keterangan:

$v_{ij}(\text{baru})$: bobot penghubung baru antara unit ke-i *input layer* dengan unit ke-j lapisan tersembunyi

$v_{ij}(\text{lama})$: bobot penghubung lama antara unit ke-i *input layer* dengan unit ke-j lapisan tersembunyi

Tes kondisi berhenti, jika kondisi penghentian belum terpenuhi lakukan langkah 2-5.

6. Denormalisasi

Denormalisasi merupakan suatu proses mengembalikan hasil output ke dalam bentuk data aslinya. Persamaan denormalisasi yang digunakan sebagai berikut:

$$x_i = x'_i(\max(x) - \min(x)) + \min(x) \quad (2)$$

Keterangan :

x_i : nilai atribut ke-i

x'_i : nilai normalisasi ke-i

$\min(x)$: nilai minimum dari sebuah atribut

$\max(x)$: nilai maksimum dari sebuah atribut

7. Ukuran akurasi

Pada banyak situasi peramalan, ketepatan metode peramalan dipandang sebagai kriteria dalam penolakan untuk memilih suatu metode peramalan. Menurut Suminto (1999: 57-61) MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) merupakan ukuran ketepatan relative yang digunakan untuk menghitung rata-rata kesalahan persentase absolut dari suatu peramalan yang dapat ditulis sebagai berikut:

$$MAPE = \sum_{t=1}^n |PE_t| / n \quad (3)$$

Dimana:

$$PE_t = \left(\frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right) (100)$$

Keterangan:

MAPE : rata-rata absolut persentase kesalahan

$|PE_t|$: nilai absolut persentase kesalahan

y_t : nilai pengamatan ke-t

\hat{y}_t : nilai dugaan ke-t

n : banyak data

Hasil prediksi dapat dikatakan sangat akurat jika nilai mape yang diperoleh <10%, prediksi dikatakan baik jika nilai mape berada diantara 10-20%, dan hasil prediksi dikatakan layak jika nilai mape yang didapatkan berada diantara 20-50% sedangkan nilai mape yang didapatkan >50% maka hasil prediksi belum akurat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

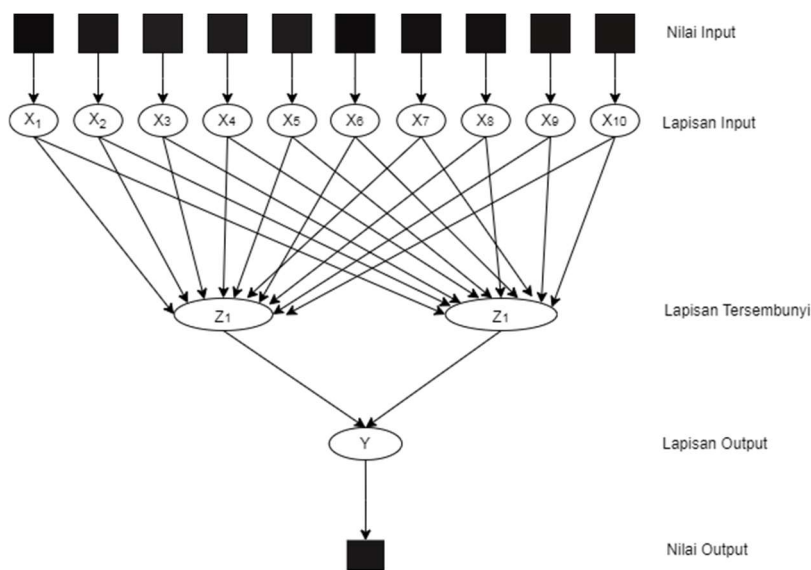
Data ekspor minyak kelapa sawit yang digunakan yaitu dari tahun 2012 sampai dengan tahun 2022, dengan data input tahun 2012-2021 dan tahun 2022 sebagai target. Untuk melakukan analisis JST dilakukan proses normalisasi untuk dapat membantu performa jaringan. Proses normalisasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1). Hasil normalisasi ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Ekspor Minyak Kelapa Sawit Normalisasi

Negara	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	Target
India	0.72	0.78	0.67	0.78	0.74	1.00	0.87	0.62	0.62	0.42	0.68
Tiongkok	0.42	0.35	0.36	0.56	0.42	0.49	0.57	0.79	0.60	0.64	0.52
Pakistan	0.10	0.14	0.24	0.31	0.28	0.29	0.33	0.30	0.33	0.36	0.38

Negara	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	Target
Belanda	0.19	0.21	0.17	0.17	0.14	0.17	0.15	0.12	0.09	0.07	0.07
Amerika Serikat	0.00	0.06	0.06	0.09	0.12	0.15	0.15	0.16	0.15	0.22	0.24
Spanyol	0.03	0.08	0.12	0.13	0.15	0.18	0.15	0.14	0.15	0.13	0.08
Mesir	0.06	0.10	0.14	0.15	0.13	0.16	0.12	0.14	0.13	0.13	0.09
Bangladesh	0.09	0.08	0.14	0.15	0.12	0.16	0.19	0.18	0.13	0.17	0.17
Italia	0.08	0.13	0.18	0.16	0.12	0.14	0.11	0.10	0.12	0.08	0.07
Singapura	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.05	0.07	0.04	0.00	0.01

JST pada data ekspor minyak kelapa sawit ini sepenuhnya dikerjakan dengan algoritma backpropagation dengan bantuan software Rstudio dengan fungsi *neuralnet()*. Hasil yang dikeluarkan dari proses pelatihannya memberikan tingkat akurasi dari pola jaringan dan banyak perulangan yang dilakukan. Pada pelatihan ini digunakan JST dengan arsitektur jaringan lapisan jamak (*multilayer*) dengan algoritma *backpropagation* yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur *Multilayer Net*

Gambar 1 menunjukkan pada arsitektur *multilayer* terdapat lapisan *input*, lapisan tersembunyi (*hidden layer*), dan lapisan *output*. Berdasarkan arsitektur yang digunakan dalam pelatihan ini terdiri dari:

1. Lapisan *input* : 10 unit
2. Lapisan tersembunyi : 1 atau lebih lapisan tersembunyi (ditentukan oleh pengguna)
3. Lapisan *output* : 1 unit.

Untuk memperoleh arsitektur optimal maka dilakukan beberapa pengujian dengan dengan perubahan jumlah lapisan tersembunyi. Setelah dilakukan fase pelatihan jaringan diperoleh hasil pelatihan dari jaringan saraf tiruan dengan algoritma *backpropagation* yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pelatihan Jaringan Dengan Algoritma *Backpropagation*

No	Arsitektur Jaringan					MAPE (%)
	Input	Hidden 1	Hidden 2	Hidden 3	Output	
1	10	1	10	1	1	14.27
2	10	1	10	2	1	13.83
3	10	1	10	3	1	13.02
4	10	1	10	4	1	13.08

No	Arsitektur Jaringan					MAPE (%)
	Input	Hidden 1	Hidden 2	Hidden 3	Output	
5	10	1	10	5	1	13.14
6	10	1	10	6	1	12.78
7	10	1	10	7	1	12.57
8	10	1	10	8	1	12.54
9	10	1	10	9	1	12.48
10	10	1	10	10	1	12.65

Arsitektur optimal yang terpilih adalah arsitektur dengan tingkat kesalahan atau nilai MAPE terkecil. Dari beberapa uji coba yang dilakukan diperoleh arsitektur optimal yaitu 10-1-10-9-1 dengan tingkat kesalahan/error sebesar 12.48% atau 0.1248. Arsitektur tersebut dipilih menjadi arsitektur optimal/terbaik dalam pelatihan ini karena nilai MAPE paling kecil dari arsitektur yang lainnya dan nilai MAPE yang diperoleh kecil dari 20% yang mana artinya hasil prediksi yang didapatkan baik digunakan untuk meramalkan ekspor minyak kelapa sawit.

Pada arsitektur yang telah terbentuk yaitu 10-1-10-9-1 dapat dinyatakan bahwa dalam penelitian data ekspor minyak kelapa sawit di Indonesia berdasarkan negara tujuan utama terdapat 10 unit *neuron* lapisan *input*, 3 lapisan tersembunyi (1 unit *neuron* pada lapisan tersembunyi pertama, 10 unit *neuron* pada lapisan tersembunyi kedua dan 9 unit *neuron* pada lapisan tersembunyi ketiga), dan 1 unit *neuron* lapisan *output*. Arsitektur tersebut dapat kita gunakan untuk melakukan peramalan pada periode berikutnya, yaitu ekspor minyak kelapa sawit di Indonesia tahun 2023 yang ditunjukkan pada Tabel 3 dengan menggunakan perhitungan pada langkah fase maju.

Tabel 3. Ekspor Minyak Kelapa Sawit Di Indonesia Berdasarkan Negara Tujuan Utama

Negara	Tahun 2022 (Ribuan ton)	Hasil Peramalan (Tahun 2023)
India	4996.30	5143.02
Tiongkok	3836.80	5409.26
Pakistan	2805.00	3203.87
Belanda	529.40	471.12
Amerika Serikat	1789.60	1883.57
Spanyol	626.50	226.75
Mesir	678.20	313.06
Bangladesh	1322.40	1519.04
Italia	595.70	327.39
Singapura	107.60	280.58

Hasil peramalan ekspor minyak kelapa sawit di Indonesia berdasarkan negara tujuan utama tahun 2023 yang ditunjukkan pada Tabel 3 mengalami kenaikan dan penurunan dari tahun sebelumnya di beberapa negara tujuannya. Ekspor minyak kelapa sawit di Indonesia mengalami kenaikan di beberapa negara tujuan utama seperti India dengan jumlah peningkatan sebesar 146.73 ribu ton, Tiongkok 1572.47 ribu ton, Pakistan 398.87 ribu ton, Amerika Serikat 93.98 ribu ton, Bangladesh 196.65 ribu ton dan Singapura 172.99 ribu ton. Sedangkan permintaan ekspor minyak kelapa sawit mengalami penurunan dari tahun sebelumnya di beberapa negara tujuan utama seperti Belanda dengan jumlah penurunan sebesar 58.28 ribu ton, Spanyol 399.75 ribu ton, Mesir 365.14 ribu ton, dan Italia 268.30 ribu ton.

IV. KESIMPULAN

Jaringan Saraf Tiruan (JST) dengan algoritma *Backpropagation* dapat diterapkan untuk melakukan peramalan. Berdasarkan beberapa arsitektur yang telah diuji selama proses pelatihan untuk data ekspor minyak kelapa sawit di Indonesia berdasarkan negara tujuan utama diperoleh arsitektur 10-1-10-9-1 sebagai arsitektur optimal dengan hasil akurasi sebesar 87.52%. Arsitektur 10-1-10-9-1 memiliki arti pada arsitektur jaringan yang terbentuk terdapat 10 *neuron* pada lapisan *input*, 3 lapisan tersembunyi (1 *neuron* pada lapisan tersembunyi pertama, 10 *neuron* pada lapisan tersembunyi kedua, 9 *neuron* pada lapisan tersembunyi ketiga), dan 1 lapisan *output*. Arsitektur tersebut dapat digunakan untuk meramalkan ekspor minyak kelapa sawit di Indonesia berdasarkan negara tujuan utama kedepannya. Hasil peramalan ekspor kelapa sawit di Indonesia tahun 2023 mengalami kenaikan dari tahun

sebelumnya di enam negara dari 10 negara tujuan utama yaitu India, Tiongkok, Pakistan, Amerika Serikat, Bangladesh dan Singapura. Sedangkan empat negara tujuan utama lainnya mengalami penurunan permintaan ekspor minyak kelapa sawit di Indonesia seperti Belanda, Spanyol, Mesir, dan Italia.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, M., & Prahasto, T. (2012). Penggunaan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation Untuk Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru Pada Jurusan Teknik Komputer Di Politeknik Negeri Semarang. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 02, 89-97.
- Amrizal, V., & Aini, Q. (2013). *Buku Kecerdasan Buatan*. Jakarta Barat: Halaman Moeka Publishing.
- Badan Pusat Statistik. Ekspor Minyak Kelapa Sawit Menurut Negara Tujuan Utama, 2012-2021. Website : <https://www.bps.go.id/>
- Dewi, R., Andani, S. R., & Solikhun. (2019). Model Jaringan Syaraf Tiruan Memprediksi Ekspor Batu Bara Menurut Negara Tujuan Utama Dalam Mendorong Laju Pertumbuhan Ekonomi. *Kumpulan jurnaL Ilmu Komputer (KLIK)*, 6(2), 184-196.
- Kusumadewi, S. (2018). *Artificial Intellingece (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: GRAHA ILMU.
- Maulidin, M. S., & Assaffat, L. (Desember, 2014). Jaringan Syaraf Tiruan Sebagai Metode Peramalan Beban Listrik Harian Di Pt. Pismatex Pekalongan. *Media ElektriKa*, 7(2), 36-44.
- Permana, I., & Salisah, F. N. (2022). The Effect of Data Normalization on the Performance of the Classification. *IJRSE: Indonesian Journal of Informatic Research and Software Engineering*, 2(1), 67-72.
- Siang, JJ. 2005. *Jaringan Saraf Tiruan & Program Menggunakan Matlab*. Andi : Yogyakarta.
- Siregar, M. R., Azhari, A. P., Hartama, D., & Windarto, A. P. (2022). Peramalan Nilai Penjualan Gas Elpiji 3 Kg di Sumatera Utara dengan bantuan Analisis Metode Jaringan Saraf Tiruan. *Bulletin of Artificial Intelligence*, 1(2), 52-58.
- Sofian, I. M., & Apriani, Y. (2017). Metode Peramalan Jaringan Saraf Tiruan Menggunakan Algoritma Backpropagation (Studi Kasus Peramalan Curah Hujan Kota Palembang). *Jurnal MIPA*, 40 (2), 87-91.
- Sumari, A. D., Musthafa, M. B., Ngatmari, & Putra, D. R. (2020). Perbandingan Kinerja Metode-Metode Prediksi pada Transaksi Dompot Digital di Masa Pandemi. *JURNAL RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 4(4), ISSN Media Elektronik: 2580-0760, 642 - 647.
- Suminto, Ir Hari. 1999. *Peramalan*. Binarupa Aksara : Jakarta.