

OPTIMALISASI PENDISTRIBUSIAN MINYAK KELAPA SAWIT (CPO) MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN DENGAN METODE *BACKPROPAGATION*

Chairunisah¹⁾, Dewie Hartati Harahap²⁾
^{1,2)} Jurusan Matematika Universitas Negeri Medan
¹⁾nisaharis08@unimed.ac.id
²⁾Dewiehartati03@gmail.com

ABSTRAK

PT. Rimba Mujur Mahkota adalah sebuah perusahaan korporasi modern yang memiliki standar internasional berkecimpung dibidang industri kelapa sawit. PT. Rimba Mujur Mahkota memiliki masalah biaya pendistribusian dikarenakan sulitnya dalam menentukan jumlah kendaraan yang digunakan untuk pengiriman yang dapat menguras biaya distribusi. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan biaya distribusi yang dikeluarkan PT. Rimba Mujur Mahkota menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dengan Metode Backpropagation. Untuk mengoptimalkan biaya distribusi, data yang telah didapatkan kemudian diolah dengan menentukan variabel keputusan, fungsi kendala, dan fungsi tujuan, diperoleh biaya distribusi optimal ialah Rp. 44.093.216 dari biaya distribusi sebelumnya Rp. 56.130.000 sehingga dapat menghemat biaya sebesar Rp. 12.235.572 untuk akurasi tertinggi sebesar 97.80% pada data 75%:25%, neuron hidden 6, learning rate (α) sebesar 0.5 dan jumlah epoch 5000 serta pengujian Mean Square Error (MSE) yaitu 0.0002.

Kata kunci: Backpropagation, Minyak Kelapa Sawit/Crude Palm Oil (CPO), Jaringan Syaraf Tiruan, Mean Square Error, Pendistribusian Optimal.

ABSTRACT

PT. Rimba Mujur Mahkota is a modern corporate company that has international standards working in the palm oil industry. PT. Rimba Mujur Mahkota has a distribution cost problem due to the difficulty in determining the number of vehicles used for delivery which can drain distribution costs. This study aims to optimize distribution costs incurred by PT. Rimba Mujur Mahkota uses an Artificial Neural Network with Backpropagation Method. To optimize distribution costs, the data that has been obtained are then processed by determining the decision variables, constraint functions, and objective functions, the optimal distribution costs are Rp. 44,093,216 from the previous distribution cost of Rp. 56,130,000 so that it can save costs of Rp. 12,235,572 for the highest accuracy of 97.80% on data 75%:25%, 6 hidden neurons, learning rate (α) of 0.5 and the number of epochs of 5000 and the Mean Square Error (MSE) test of 0.0002.

Keywords: Backpropagation, Crude Palm Oil (CPO), Artificial Neural Networks, Mean Square Error, Optimal Distribution.

PENDAHULUAN

Minyak sawit adalah hasil produksi yang banyak dikonsumsi di seluruh dunia. Dimana minyak kelapa sawit bahannya mudah untuk diproduksi serta cocok digunakan untuk variasi makanan, kosmetik, produk kebersihan, serta sebagai sumber biofuel maupun biodiesel. Hasil produksi minyak sawit umumnya didominasi di Indonesia dan Malaysia. Dua negara ini menghasilkan 85-90% dari total hasil produksi minyak sawit yang ada di dunia, dimana Indonesia merupakan produsen serta eksportir minyak sawit terbesar di dunia.

Distribusi merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menyalurkan hasil produksi berupa barang maupun jasa dari produsen ke konsumen, bertujuan untuk mempermudah penggunaannya sesuai yang diperlukan. Adapun faktor yang mempengaruhi dalam kelancaran dari suatu proses distribusi ialah sistem pendistribusi, penentuan jarak (rute) distribusi, serta alat transportasi dari pendistribusi. Dalam hal proses distribusi memiliki berbagai hambatan, seperti biaya pendistribusian yang kurang optimal, rute pendistribusian dan kapasitas yang kurang tepat [1].

PT. Rimba Mujur Mahkota merupakan perusahaan korporasi modern yang berada di Batang Natal, Nunukan, Muara Batang Gadis, Kec.Natal, Kab.Mandailing Natal, Sumatera Utara. yang memiliki standar internasional dan berkecimpung dibidang agrikultur serta industri kelapa sawit. Dalam hal minimum total biaya pendistribusian dari beberapa lokasi pendistribusi merupakan masalah bagi PT. Rimba Mujur Mahkota. Permasalahan tersebut terletak disulitnya dalam menentukan jumlah kendaraan yang digunakan dalam pengiriman produk dimana dapat menguras biaya distribusi yang besar. Berdasarkan kasus ini, PT. Rimba Mujur Mahkota memiliki tujuan yang akan dicapai lebih dari satu. Usaha pencapaian beragam tujuan tentunya dibutuhkan suatu metode menghasilkan optimalisasi yaitu dengan menggunakan jaringan saraf tiruan dengan metode *backpropagation*.

Jaringan syaraf tiruan merupakan suatu sistem pemrosesan informasi yang memiliki sifat menyerupai jaringan syaraf manusia [2].

Menurut teori Haykin [3]: "Jaringan syaraf tiruan merupakan proses distribusi secara paralel terdiri dari unit pemrosesan sederhana, dimana masing-masing unit

memiliki kecenderungan menyimpan pengetahuan yang dialami dan dapat digunakan kembali”.

Adapun kelebihan yang dimiliki JST ialah kemampuan dapat menghasilkan respon yang bisa diterima oleh pola *input* serupa (tetapi tidak identik) dengan pola sebelumnya. Jaringan syaraf tiruan memiliki metode yang cocok untuk diterapkan dalam kasus pada optimalisasi yaitu menggunakan metode *backpropagation*.

TINJAUAN PUSTAKA

Artificial Neural Network (jaringan syaraf tiruan) merupakan struktur yang dikembangkan berdasarkan proses sistem jaringan syaraf biologi dalam otak. Jaringan syaraf tiruan adalah penjabaran dari fungsi otak manusia untuk menjalankan proses perhitungan secara parallel [4].

Metode pelatihan *backpropagation* merupakan salah satu algoritma dengan *multi layer perceptron* dimana pertama kali dirumuskan oleh Werbos kemudian dipopulerkan oleh Rumelhart dan McClelland untuk dipakai pada *Neural Network*. Tahap pelatihan ini merupakan langkah bagaimana suatu jaringan saraf itu

berlatih, yaitu dengan cara melakukan perubahan penimbang [5].

Algoritma pelatihan *backpropagation* terdiri atas Inisialisasi bobot, proses *feedforward* dan *backpropagation*, *Stopping Condition*. Algoritmanya yaitu sebagai berikut [6]:

1. Inisialisasi bobot

Untuk menginisialisasi bobot ada dua cara yang digunakan ialah inisialisasi random dan inisialisasi menggunakan Nguyen-Widrow.

Proses *feed forward* dan *backpropagation* Algoritma proses *feed forward* adalah sebagai berikut.

$$z_{inj} = v_{oj} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \quad (2.1)$$

Keterangan: z_{inj} = sinyal masuk lapisan tersembunyi

x_i = *input* pada lapisan tersembunyi

v_{oj} = bias pada lapisan tersembunyi

v_{ij} = bobot pada lapisan tersembunyi

$$Z_j = f(z_{inj})$$

$$f(z_{inj}) = \frac{1}{1 + e^{-z_{inj}}} \quad (2.2)$$

Keterangan: Z_j = keluaran pada lintasan unit j

Z_{net_j} = total sinyal pada lapisan j

$$y_{ink} = w_{ok} + \sum_{j=1}^n Z_j w_{ij}$$

$$(2.3)$$

Keterangan: y_{ink} = sinyal masukan
keluaran

w_{ok} = bobot bias ke *output layer*

z_j = hasil fungsi aktivasi *hidden layer*

w_{jk} = bobot *hidden layer*

2. Menghitung nilai aktivasi setiap unit *output* sebagai *output* jaringan.

$$Y_k = f(y_{ink})$$

$$f(z_{ink}) = \frac{1}{1+e^{-y_{ink}}} \quad (2.3)$$

Algoritma proses *backpropagation* adalah sebagai berikut:

1. Menghitung informasi *error*:

$$\delta_k = (t_k - y_k)y_k'(1 - y_k) \quad (2.4)$$

Keterangan: δ_k = faktor koreksi
error lapisan keluaran

t_k = data target

y_k = hasil keluaran

2. Menghitung besarnya koreksi bobot unit *output*:

$$\Delta W_{jk} = \alpha * \delta_k * z_j \quad (2.5)$$

3. Menghitung besarnya koreksi bias *output*:

$$\Delta W_{ok} = \alpha \delta_k \quad (2.6)$$

a. Menghitung semua koreksi
error:

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k W_{jk} \quad (2.7)$$

b. Menghitung nilai aktivasi koreksi *error*:

$$\delta_j = \delta_{in_j} * z_j * (1 - z_j) \quad (2.8)$$

c. Menghitung koreksi bobot unit *hidden*:

$$v_{ij} = \alpha * \delta_j * x_i \quad (2.9)$$

d. Menghitung koreksi *error* bias unit *hidden*:

$$\Delta V_{oj} = \alpha * \delta_j \quad (2.10)$$

$$W_{jk} = W_{jk} + \Delta W_{jk}$$

$$W_{ok} = W_{ok} + \Delta W_{ok}$$

(2.11)

a. *Stopping Condition*

$$E = 0.5 \sum_{k=0}^k (T_k - Y_k)^2 \quad (2.19)$$

Data dinormalisasi dalam interval [0, 1] karena data yang digunakan bernilai positif. Selain itu juga terkait fungsi aktivasi yang diberikan yaitu *sigmoid biner*.

$$X' = \frac{0.8(x - \alpha)}{b - \alpha} + 0.1$$

Keterangan:

0.8 = Ketetapan

Mean Square Error (MSE)

$$MSE = \frac{\sum e_i^2}{n} = \frac{\sum (x_i - f_i)^2}{n}$$

$$MAPE = ((X_i - Target)/X_i)100\%$$

$$Akurasi = 100\% - MAPE$$

Normalisasi adalah perubahan data menjadi bentuk normal, dilakukan pada data yang bernilai sangat besar maupun sangat kecil.

$$X^* = \frac{X - \min(X)}{\max(X) - \min(X)}$$

METODE PENELITIAN

Adapun langkah-langkah (prosedur) yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data.

Adapun data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

- Kapasitas gudang dan kapasitas kendaraan.
- Permintaan produk yang diteliti.
- Lokasi pendistribusian produk.
- Biaya pendistribusian produk ke setiap lokasi distribusi.

2. Pengolahan Data

Data-data yang telah didapatkan kemudian diolah dengan menentukan variabel keputusan, fungsi kendala, dan fungsi tujuan yang ada dalam bentuk jaringan syaraf tiruan. Pengolahan data untuk penerapan dan tingkat akuratan

dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan metode *backpropagation* yaitu:

- Menentukan pola masukan dan target.
 - Data tersebut terlebih dahulu dinormalisasikan.
 - Membagi data menjadi 2 (dua) bagian, yaitu data latih dan data uji dengan masing-masing proporsinya yaitu 75% data sampel untuk data *training* dan 25% data sampel untuk data *testing*.
 - Tahapan pelatihan pola dengan algoritma *backpropagation*.
 - Pengujian jaringan syaraf tiruan dilakukan dengan dua tahap yaitu: Tahapan yang hanya menggunakan metode *feedforward*. Tahapan pengujian metode *backpropagation* menggunakan model arsitektur dan parameter pelatihan yang telah terbentuk.
 - Pelatihan dan pengujian berhenti apabila dicapai iterasi maksimum atau dicapainya *MSE (Mean Square Error)* yang diinginkan.
- ### 3. Menarik kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Biaya distribusi optimal PT. Rimba Mujur Mahkota dengan JST

Langkah-langkah perumusan:

- Menentukan Variabel Keputusan

2. Membentuk Fungsi Tujuan

Setelah menentukan prioritas dan urutannya, fungsi tujuan yang terbentuk adalah:

$$Z = X_1(y_1^- + y_1^+) + X_2(y_2^- + y_2^+) + X_3(y_3^- + y_3^+) + X_4(y_4^- + y_4^+) +$$

$$X_5(y_5^- + y_5^+) + X_6(y_6^- + y_6^+) + X_7(y_7^- + y_7^+) \quad (4.1)$$

Keterangan:

$X_1 = 1$, kapasitas gudang sesuai tingkat persediaan

$X_2 = 2$, jumlah kendaraan untuk distribusi barang ke PT. Pacific Indopalm Industri

$X_3 = 3$, jumlah kendaraan untuk distribusi barang ke PT. Inti Benua Perkasatama

$X_4 = 4$, jumlah kendaraan untuk distribusi barang ke PT. Pacific Palmindo Industri

$X_5 = 5$, jumlah kendaraan untuk distribusi barang ke PT. Wilmar Nabati Indonesia

$X_6 = 6$, jumlah kendaraan untuk distribusi barang ke PT. Sari Dumai Sejati

$X_7 = 7$, meminimumkan biaya distribusi

y_1^- = persediaan produk yang ditetapkan diatas target

y_1^+ = persediaan produk yang ditetapkan dibawah target

y_2^- = jumlah kendaraan untuk distribusi produk PT. Pacific Indopalm Industri diatas target

y_2^+ = jumlah kendaraan untuk distribusi produk PT. Pacific Indopalm Industri dibawah target

y_3^- = jumlah kendaraan untuk distribusi produk PT. Inti Benua Perkasatama diatas target

y_3^+ = jumlah kendaraan untuk distribusi produk PT. Inti Benua Perkasatama dibawah target

y_4^- = jumlah kendaraan untuk distribusi produk PT. PT. Pacific Palmindo Industri diatas target

y_4^+ = jumlah kendaraan untuk distribusi produk PT. Pacific Palmindo Industri dibawah target

y_5^- = jumlah kendaraan untuk distribusi produk PT. Wilmar Nabati Indonesia diatas target

y_5^+ = jumlah kendaraan untuk distribusi produk PT. Wilmar Nabati Indonesia dibawah target

y_6^- = jumlah kendaraan untuk distribusi produk PT. Sari Dumai Sejati diatas target

y_6^+ = jumlah kendaraan untuk distribusi produk PT. Sari Dumai Sejati dibawah target

y_7^- = jumlah rupiah dimana target biaya distribusi kurang dari biaya distribusi yang ditetapkan PT. Rimba Mujur Mahkota

y_7^+ = jumlah rupiah dimana target biaya distribusi melebihi biaya distribusi yang ditetapkan PT. Rimba Mujur Mahkota

3. Menyatakan Sistem Kendala
Sasaran ataupun target yang akan dicapai oleh PT. Rimba Mujur Mahkota.

Perhitungan Biaya Distribusi Optimal

a) Kendala Tujuan

Berdasarkan dari persamaan (4.8) maka untuk biaya optimum kendaraan berkapasitas 10 ton (Mobil Dump Truck Fuso), dengan menggunakan nilai dari X_2, X_3, X_4, X_5 , dan X_6 pada Tabel 4.7 adalah Rp. 44.093,216 maka akan di peroleh dari $X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6$ + jumlah permintaan dibulan April + y_1^+ yang dimana hasil dari persamaan (4.8) kemudian dikurangi dengan hasil table 4.7 (Rp. 44.093.216). Maka akan menghasilkan nilai $y_7^- =$ Rp. 12.235.572 dimana berarti biaya distribusi yang dapat dihemat sebesar Rp. 12.235.572.

Dari hasil penyelesaian diatas kebutuhan penyaluran selama satu bulan dengan jumlah persediaan sebesar 7.620.336 kg dimana kapasitas gudang di PT. Rimba Mujur Mahkota sebesar 13.000.000 kg, maka didapatkan $y_1^+ =$ 5.379.664 kg atau

kelebihan kapasitas gudang sebesar 5.379.664 kg.

Berdasarkan dari jumlah kendaraan optimal maka diperoleh biaya distribusi optimal sebesar Rp.44.093.216 dimana biaya distribusi sebelumnya Rp.56.130.000, maka biaya distribusi dapat dihemat sebesar Rp. 12.235.572.

Proses Pengujian

1. Dengan menjumlahkan semua sinyal yang masuk dengan menggunakan persamaan (2.6) sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Zet_{net_1} &= 4,004 + 0,398(-1,871) \\ &\quad + 0,398(1,054) \\ &\quad + 0,398(-1,503) + 0,398(-2,340) \\ &\quad + 0,398(1,759) \\ &= 4,004 - 0,744 + 0,419 - 0,598 - 0,931 + \\ &\quad 0,302 \\ &= 2,452 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Zet_{net_2} &= -2,540 + 0,391(1,722) \\ &\quad + 0,391(1,054) \\ &\quad + 0,391(1,521) \\ &\quad + 0,391(-0,254) + 0,391(2,206) \\ &= -2,540 + 0,673 + 0,412 + 0,594 - 0,099 \\ &\quad + 0,862 \\ &= -0,098 \text{ sampai dengan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Zet_{net_6} &= 4,030 + 0,356(0,601) \\ &\quad + 0,356(-2,190) \\ &\quad + 0,356(2,528) \end{aligned}$$

$$+0,356(1,352) + 0,356(1,532) = 4,030$$

$$+ 0,213 - 0,779 + 0,899 + 0,481 + 0,545$$

$$= 5,389$$

2. Kemudian hitung semua keluaran pada lapisan unit j (lapisan tersembunyi) dengan persamaan (2.7) berikut.

$$Z1 = f(2,452) \frac{1}{1 + e^{-0,3848}} = 1,458$$

$$Z2 = f(-0,098) \frac{1}{1 + e^{-0,4785}} = 0,060$$

$$Z3 = f(-4,433) \frac{1}{1 + e^{-0,7947}} = 3,049$$

$$Z4 = f(2,739) \frac{1}{1 + e^{-0,8537}} = 1,920$$

$$Z5 = f(-5,248) \frac{1}{1 + e^{-0,2226}} = 2,912$$

$$Z6 = f(5,389) \frac{1}{1 + e^{-0,7464}} = 3,659$$

3. Setelah itu jumlahkan semua sinyal yang masuk ke unit dengan persamaan persamaan (2,8):

$$y_{net} = -0,239 + 0,640(1,458) + 0,386(0,060) + -0,371(3,049)$$

$$+ 0,871(1,920) + -0,941(2,912) + -0,122(3,659)$$

$$y_{net} = -1,928$$

- Untuk menghitung nilai keluaran dengan fungsi aktivasi *linear* dengan persamaan (2.2) berikut.

$$y_k = f(y_{net_k})$$

$$Y = -1,928$$

4. Kemudian setelah nilai hasil keluaran selanjutnya masuk pada tahap *denormalisasi*.

$$\text{Denormalisasi} = (Y)(Max - Min) + Min$$

Diketahui:

$$\text{Nilai keluaran} = 1,928$$

$$\text{Nilai Max} = 6.442.913$$

$$\text{Nilai Min} = 200,823$$

$$\text{Denormalisasi} = (1,928(6.442.913 - 200,823)) + 200,823$$

$$= 12.034.749 + 200,823$$

$$= \text{Rp. } 12.235.572$$

5. Setelah *denormalisasi* diperoleh, selanjutnya yaitu masuk pada tahapan perhitungan nilai *MSE* dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$MSE = \frac{\sum e_i^2}{n} = \frac{\sum (x_i - f_i)^2}{n}$$

Diketahui:

$$X_2 = 0,81$$

$$F_2 = 1,928$$

$$N = 1$$

$$MSE = (1,928 - 0,816)^2 / 1$$

$$MSE = 2,224$$

6. Setelah itu hitung nilai akurasi dari proses pengujian dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$MAPE = ((X_i - Target) / X_i) 100\%$$

$$Akurasi = 100\% - MAPE$$

Diketahui:

$$X_2 = 12.235.572$$

$$Target = 5.498.920$$
$$MAPE = \frac{(12.235.572 - 5.498.920)}{12.235.572}$$

* 100%

$$MAPE = 6.736.652/12.235.572$$
$$* 100\%$$

$$MAPE = 5,455\%$$

$$Akurasi = 100\% - MAPE$$

$$Akurasi = 100\% - 5,455\%$$

$Akurasi = 94,545\%$ Jadi untuk hasil dari pengujian optimalisasi pendistribusian minyak kelapa sawit yang memiliki penghematan biaya adalah Rp 12.235.572 dengan distribusi optimal ialah Rp. 44.093.216 dimana biaya distribusi sebelumnya Rp. 56.130.000 Perhitungan manual tersebut diatas menggunakan 1000 *epoch*, 30 data latih, dan 1 data uji.

KESIMPULAN

1. Untuk biaya distribusi optimum yaitu: Pada kendaraan berkapasitas 10-ton (Mobil Dump Truck Fuso) biaya distribusi optimal ialah Rp. 44.093.216 dimana biaya distribusi sebelumnya Rp. 56.130.000 sehingga dapat menghemat biaya sebesar Rp. 12.235.572.

2. Hasil dari *backpropagation* yaitu baik dalam optimalisasi pendistribusian minyak kelapa sawit atau Crude Palm Oil (CPO) dengan parameter yang digunakan pada pengujian ialah dengan jumlah *neuron hidden* (5), (6), (7) dan *learning rate* (0.1), (0.2), (0.3), (0.4), dan (0.5) yaitu dengan jumlah *epoch* 1000, 2000, 3000, 4000, dan 5000. Dimana memiliki perbandingan data latih 75% data uji 25%. Pada penelitian ini menghasilkan tingkat akurasi terbaik yaitu 97.80% serta pada presentasi pembagian data 75% data latih 25% data uji dengan jumlah *neuron hidden* 7, *learning rate* 0.5 serta jumlah *epoch* 5000, untuk pengujian MSE menggunakan pembagian data 75% data latih dan 25% data uji memperoleh jarak MSE terbaik sebesar 0.0002 dengan jumlah *neuron hidden* 6, *learning rate* 0.5 dan jumlah *epoch* 5000.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Imam, H., (2015): Analisis Pengaruh Produk, Harga, Distribusi, dan Promosi Terhadap Keputusan Pembelian Serta Implikasinya pada Keputusan Pelanggan, Jurnal Ekonomi,

- Bisnis dan Entrepreneurship,
9(2), 80–101.
- [2] Hermawan, A., (2006): Jaringan Syaraf Tiruan, Teori, dan Aplikasi, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [3] Haykin, S., (2009): *Nueral Networks and Learning Machines*, Pearson, United State of America.
- [4] Lesnussa, Y.A dan Latuconsina, S., (2015): Sistem Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* untuk Prediksi Prestasi Siswa SMA, Jurusan Matematika, Fakultas MIPA., Univeritas Pattimura.
- [5] Sudarsono, A., (2016): JST Untuk Memprediksi Laju Pertumbuhan Penduduk Menggunakan Metode *Backpropagation*, Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dehasen Bengkulu.
- [6] Puspitaningrum, D., (2006): Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan, Andi, Yogyakarta.