



Kajian Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Metode Backpropagation Untuk Deteksi Bau

Zahri Hasanati¹, Dwiny Meidelfi²

¹²Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak, Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Padang

¹zahrihasanati@gmail.com*, ²dwinymeidelfi@pnp.ac.id

Abstract

The development of technology that is increasingly rapid and advanced has an impact on the creation of a tool or system capable of working like a human network, one example is a system that works similar to the way the human nose or e-nose works. With the help of this system, it can help make it easier for humans to identify and classify odors that cannot be smelled or detected by the human nose and can also improve accuracy and accuracy in recognizing existing odors. The way it works or the principle of the e-nose in detecting odors is by utilizing various receptors to classify odors and each receptor will give different response results or outputs from the one type of odor tested. The approach taken in making this study is pattern recognition, namely learning from patterns or examples that have been tried before to be recognized by the system in order to get the desired results or according to the target. To be able to make this detection system requires a method that is able to work like a human network, the method that is often used is an Artificial Neural Network. The method often used in making e-nose is Artificial Neural Network. Artificial Neural Network is a way to process information whose work imitates the human biological nervous system similar to the work of the brain. This research was conducted by studying and deepening the research that had been done before. The results of the literature study conducted resulted in the conclusion that the implementation of the Backpropagation Neural Network works well in recognizing and detecting odors. This research is expected to help students, researchers and related parties in designing and building systems using the Backpropagation Neural Network method.

Keywords: odor, artificial neural network, backpropagation, e-nose, detection

Abstrak

Perkembangan teknologi yang semakin pesat dan maju sehingga berdampak terciptanya alat atau sistem yang mampu bekerja seperti jaringan manusia, salah satu contohnya adalah sistem yang bekerja mirip dengan cara kerja hidung manusia atau *e-nose*. Dengan adanya bantuan sistem ini, maka dapat membantu mempermudah manusia dalam mengidentifikasi serta mengklasifikasikan bau yang tidak dapat tercium atau terdeteksi oleh hidung manusia serta dapat juga meningkatkan akurasi dan ketepatan dalam mengenali bau-bau yang ada. Cara kerja atau prinsip dari *e-nose* dalam mendeteksi bau yaitu dengan memanfaatkan berbagai reseptor-reseptor untuk dapat mengklasifikasikan bau dan masing-masing reseptor akan memberikan hasil respon atau *output* yang berbeda-beda dari satu jenis bau yang diuji. Pendekatan yang dilakukan pada pembuatan kajian ini adalah pengenalan pola yaitu belajar dari pola-pola atau contoh yang telah dicoba sebelumnya untuk dapat dikenali oleh sistem agar dapat mendapatkan hasil yang diinginkan atau sesuai target. Untuk dapat membuat sistem deteksi ini dibutuhkan metode yang mampu bekerja seperti jaringan manusia, metodenya yang sering digunakan adalah Jaringan Syaraf Tiruan atau *Neural Network*. Metode yang sering dipakai dalam membuat *e-nose* adalah Jaringan Syaraf Tiruan. Jaringan Syaraf Tiruan adalah cara untuk proses informasi yang kerjanya meniru sistem syaraf biologi manusia mirip dengan kerja otak. Penelitian ini dilakukan dengan mempelajari dan mendalami penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Hasil studi literatur yang dilakukan menghasilkan kesimpulan bahwa implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation bekerja dengan baik dalam mengenali dan mendeteksi bau. Pada penelitian ini diharapkan dapat membantu mahasiswa, peneliti dan pihak-pihak terkait dalam merancang dan membangun sistem yang menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*.

Kata kunci: bau, jaringan syaraf tiruan, *backpropagation*, hidung elektronik, deteksi

1. Pendahuluan

Bau memiliki 2 makna yaitu hal yang ditangkap oleh penciuman kita dan sesuatu yang berkaitan dengan berbagai jenis senyawa kimia. Makna bau ini juga bisa merujuk ke konotasi negatif dan konotasi positif. Bau ini berkonotasi negatif ketika berkaitan dengan hal-hal yang bersifat mengganggu, kotor, tidak diinginkan seperti bau

busuk, aneh, kotor, amis dll. Ketika bau berkonotasi positif yaitu ketika berkaitan dengan hal yang bersifat positif seperti bau harum, enak dan wangi.[1]

Perkembangan teknologi yang semakin pesat dan tumbuh semakin maju memungkinkan terciptanya alat atau sistem yang mampu bekerja seperti manusia, salah satu contohnya adalah sistem yang bekerja mirip dengan

cara kerja hidung manusia atau *e-nose*. Dengan adanya sistem ini, maka dapat membantu dalam mengklasifikasikan bau yang tidak dapat tercium oleh hidung manusia serta dapat meningkatkan akurasi dalam mengenali bau-bau yang ada. Cara kerja atau prinsip dari *e-nose* dalam mendeteksi bau yaitu dengan memanfaatkan berbagai reseptor-reseptor untuk dapat mengklasifikasikan bau dan masing-masing reseptor akan memberikan hasil respon yang berbeda-beda dari satu jenis bau yang diuji [2].

Pada saat sekarang ini *e-nose* dimanfaatkan dalam berbagai bidang, seperti makanan, minuman, kesehatan dan elektronik konsumen. Metode yang sering dipakai dalam membuat *e-nose* adalah Jaringan Syaraf Tiruan. Jaringan Syaraf Tiruan adalah sebuah cara untuk proses informasi yang kerjanya meniru sistem syaraf biologi manusia mirip dengan kerja otak. Pendekatan yang dilakukan adalah pengenalan pola yaitu belajar dari pola atau contoh yang telah dicoba sebelumnya untuk dapat dikenal oleh sistem agar mendapatkan hasil yang diinginkan.

Konsep Dasar Jaringan Syaraf Tiruan adalah neuron akan memproses pola informasi input dan output akan dikirim oleh Jaringan Syaraf Tiruan. Setelah itu neuron-neuron terkumpul di dalam lapisan-lapisan sehingga disebut neuron layers. Ada 3 lapisan penyusun Jaringan Syaraf Tiruan, yaitu [3] :Lapisan Input, unit-unit input adalah unit yang berada pada lapisan ini yang bertugas menerima pola-pola yang mendeskripsikan suatu permasalahan yang dikirim dari luar. Lapisan input [4] fungsinya adalah menyimpan nilai input dan tidak berubah pada fase latih, nilai berubah ketika diberikan nilai input baru. Kedua adalah Lapisan Tersembunyi, unit-unit tersembunyi adalah unit yang berada pada lapisan ini yang outputnya tidak dapat langsung diamati. Lapisan Tersembunyi atau hidden layer [4] menjalankan semua proses fase pelatihan dan pengenalan. Terakhir yaitu Lapisan Output, unit-unit output adalah unit yang berada pada lapisan ini. Pada lapisan ini nantinya akan dihasilkan solusi atau output dari suatu permasalahan yang diinputkan tadi.

Menurut Chrisal, Triyogutama dan Danang [5] yang melakukan penelitian yang berjudul Rancang Bangun E-Nose untuk mendeteksi Tingkat Kebusukan Ikan Air Tawar, mereka melakukan penelitian dengan mendeteksi aroma-aroma dengan memanfaatkan larik sensor dengan memakai metode PCA (Principal Component Analysis), tetapi hasil penelitiannya tidak dapat mengelompokkan atau mengklasifikasikan jenis sampel yang diuji. Penelitian yang dilakukan oleh Budi dan Arief [6] dengan judul Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Pada Sistem E-Nose dengan menggunakan 3 buah sampel yaitu bakso, tahu dan mie dengan uji responnya terhadap 2 kondisi yaitu tanpa formalin dan dengan formalin dengan sensor polimer, hasilnya menunjukkan keakuratan sebanyak 75% adanya kandungan formalin didalamnya. Penelitian lainnya juga dilakukan oleh Ikhsan, Danang dan Kuwat [7] dengan

penelitian yang berjudul Klasifikasi Kakao Berbasis E-Nose dengan metode Neuro Fuzzy, hasilnya penelitiannya adalah e-nose dengan perangkat lunak belum dapat dihubungkan langsung akibatnya pengambilan data dan pengelompokkan data harus terpisah.

Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Ahmad [8] yang berjudul Desain Electronic Nose Untuk Pengenalan Jenis Kopi Lokal Berbasis Sensor Gas Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Mundur, ia menggunakan 3 sampel uji yaitu kopi Temanggung, kopi Lampung dan kopi hijau, hasilnya terjadi kegagalan pada deteksi kopi Temanggung dikarenakan saran jeda waktu harus lebih dari 40 detik, karena untuk uji sampel pada seluruh kopi hanya berkisar 10-20 detik. Penelitian lain yang juga menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan / Artificial Neural Network (ANN) dilakukan oleh Maria dan Kunto [9] dengan judul Desain Sistem Pengenalan dan Klasifikasi Kopi Bubuk Bermerek Dengan Menggunakan Electronic Nose Berbasis Artificial Neural Network yang mana hasilnya mampu dijadikan sebagai acuan untuk mengklasifikasikan kopi. Penelitian yang sama tentang pengklasifikasian jenis bubuk kopi dengan metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation yang dilakukan Desti [10] hasil penelitiannya adalah untuk udara netral, kopi arabika dan kopi robusta adalah 100%, 40% dan 100%. Penelitian Yohanes [11] dengan judul Pengenalan Angka Tulisan Tangan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan, ia menggunakan metode JST ini lalu mengembangkannya ke dalam bahasa pemrograman Python yang hasilnya dapat mengenali 96% contoh gambar yang diujikan.

Sehingga dapat dikatakan bahwa Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* mampu menjadi metode yang digunakan dalam mengidentifikasi bau serta aroma dengan baik dibandingkan dengan metode lainnya.

Penelitian ini dilakukan untuk dapat mempelajari dan mendalami dengan baik mengenai implementasi Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* dalam mendeteksi bau yang telah dilakukan oleh pihak-pihak sebelumnya. Pada penelitian ini diharapkan dapat membantu mahasiswa, peneliti dan pihak-pihak lainnya dalam mengembangkan sistem dengan menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan ini.

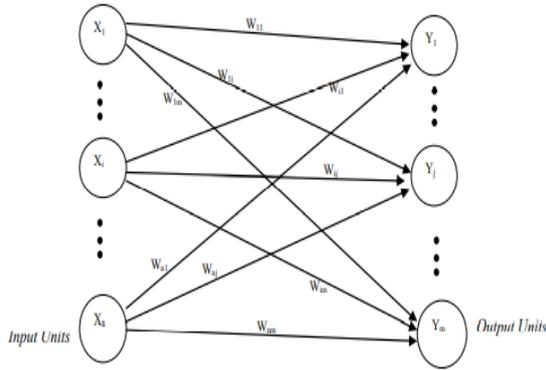
2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu berfokus di metode Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*.

2.1. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

a. Jaringan Layer Tunggal

Pada gambar 1 dibawah semua input-input dihubungkan dengan semua output-output yang ada.



Gambar 1 Jaringan Layer Tunggal [4]

Keterangan:

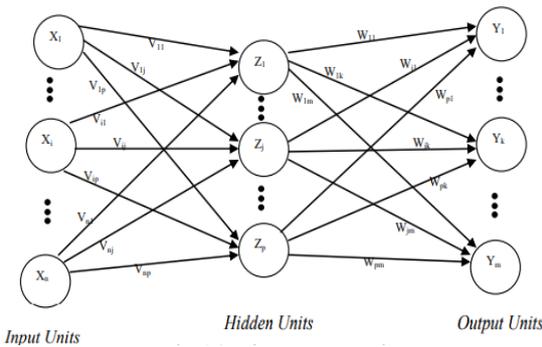
x_1, x_2, x_n = Nilai masukan ke- 1 sampai n

y_1, y_2, y_n = Nilai keluaran dari nilai input suatu fungsi aktivasi

w_j = bobot

Pada gambar 1 diatas dapat dilihat bahwa pada layer tunggal dengan n buah input atau masukan (x_1, x_2, x_n) dan m buah output atau keluaran. Pada gambar semua inputan dihubungkan ke semua output, tetapi tidak ada input yang terhubung ke input lainnya begitu juga output.

b. Jaringan Layer Jamak



Gambar 2 Jaringan Layer Jamak [4]

Keterangan:

x_1, x_2, x_n = Nilai masukan ke- 1 sampai n

z_1, z_2, z_p = Nilai dari unit tersembunyi atau *hidden layer*

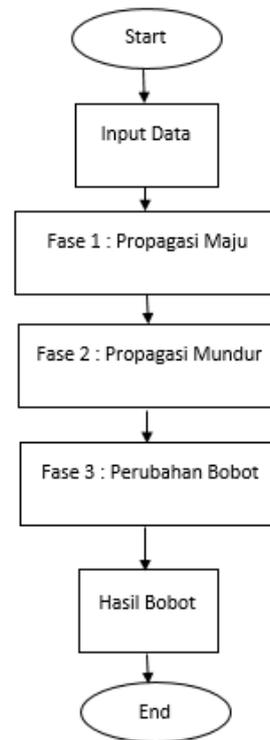
y_1, y_2, y_m = Nilai keluaran dari nilai input suatu fungsi aktivasi

v_{ij}, w_j = bobot

Pada gambar 2 diatas dapat dilihat layer dengan n buah input atau masukan x_1, x_2, \dots, x_n , layer tersembunyi atau hidden units z_1, z_2, \dots, z_p dengan jumlah p buah dan layer y_1, y_2, \dots, y_m output dengan m buah. Pada Jaringan Layer Jamak ini semua input akan terhubung ke *hidden units*, lalu dari *hidden units* akan dihubungkan lagi ke unit keluaran atau output. Walaupun proses pelatihan yang dilakukan pada layer ini lebih lama tetapi hasil penyelesaian masalahnya lebih baik daripada *layer tunggal*.

2.2 Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation

Jaringan Syaraf Tiruan atau JST merupakan sistem yang memproses informasi yang punya ciri serta karakteristik mirip dengan jaringan syaraf yang ada pada tubuh manusia. Metode *Backpropagation* melakukan latihan atau *training* jaringan untuk bisa memperoleh hasil yang seimbang antara kemampuan jaringan saat pelatihan dalam mengenali pola dengan kemampuan jaringan dalam merespon dengan benar pola *input* atau masukan yang mirip tetapi tidak sama dengan pola yang dipakai pada saat melakukan pelatihan atau *training*. *Backpropagation* memiliki 3 buah lapisan yaitu lapisan masukan atau *input*, lapisan keluaran atau *output* dan lapisan tersembunyi atau *hidden layer*. [10]



Gambar 3 Flowchart Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation [9]

Pada Gambar 1 diatas menjelaskan bahwa Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* memiliki 3 fase [9] yaitu,

- a. Propogasi Maju
Pola input yang dihitung dimulai dari input layer sampai output layer, untuk penghitungannya secara maju.
- b. Propogasi Mundur
Propogasi mundur dilakukan dengan sesuatu yang berkaitan atau berhubungan langsung dengan unit yang berada di output layer. Propogasi dilakukan dikarenakan adanya selisih output dengan target yang kita inginkan.
- c. Propogasi Bobot
Perubahan yang dilakukan pada bobot agar kesalahan atau error dapat dikurangi atau diturunkan. Fase-fase diatas akan terus dilakukan secara berulang-ulang sampai kondisi terpenuhi.

2.3. Metode Pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan

Ada beberapa cara melakukan pelatihan (training) atau pembelajaran pada Jaringan Syaraf Tiruan yaitu,

a. Pembelajaran Terawasi (Supervised Learning)

Pola-pola yang masuk kedalam Jaringan Syaraf Tiruan sudah diketahui outputnya. Perbedaan atau selisih antara outputnya yang diketahui dengan output yang diinginkan dinamakan dengan error atau kesalahan. Selisih ini digunakan untuk mengubah atau memperbaiki bobot agar Jaringan Syaraf Tiruan bisa mendapatkan output yang paling dekat dengan pola target yang sudah diketahui pada Jaringan Syaraf Tiruan.

b. Pembelajaran Tak Terawasi

Output tidak diperlukan untuk metode ini, sehingga pada proses pembelajaran tidak dapat diperkirakan hasil output yang diharapkan. Nilai bobot diberi range sesuai dengan input yang dimasukkan. Metode ini cocok untuk pengelompokan pola.

c. Pembelajaran Hibrida (Hybrid Learning)

Gabungan metode pembelajaran terawasi dengan metode pembelajaran tak terawasi.

2.4. Tahapan Algoritma Backpropagation

Algoritma Backpropagation dalam melakukan proses pembelajaran pada Jaringan Syaraf Tiruan, secara umum terdiri dari alur maju (forward) dan alur mundur (backward). Dapat dilihat dari persamaan (1) sampai (11) [6]

1. Alur Maju (Forward)

Tahapannya :

- a. Melakukan normalisasi masukan atau input serta nilai desire ooutput (range 0 – 1).
- b. Nilai weight diberikan secara acak atau random dengan nilai -1 sampai +1.
- c. Pemberian inisialisasi nilai bias = 1
- d. Melakukan pencarian untuk nilai sum dan sigmoid untuk lapisan tersembunyi dan lapisan output.

a. Lapisan Tersembunyi / Hidden Layer

Nilai sum:

$$Z_j = \sum_{i=0}^N X_i \cdot V_{ij} \quad (1)$$

Keterangan
 N = Jumlah synapse lapisan tersembunyi
 Nilai sigmoid:

$$Z'_j = \frac{1}{1 + e^{-Z_j + bias}} \dots \dots \dots (2)$$

b. Lapisan Output

Nilai sum:

$$Z_k = \sum_{i=0}^M Z'_j \cdot W_{jk} \quad (3)$$

Keterangan
 M = Jumlah synapse lapisan output

Nilai sigmoid:

$$Y'_k = \frac{1}{1 + e^{-Y_k + bias}} \dots \dots \dots (4)$$

2. Alur Mundur (Backward)

Tahapannya :

a. Hitung output kesalahan atau error (∂_k)

Output error = output lapisan output – desire output

$$Err_k(MSE) = \frac{1}{2} (d_k - Y'_k)^2 \quad (5)$$

$$\partial_k \frac{dErr_k}{dY_k} = d_k - Y'_k \quad (6)$$

b. Hitung hidden error (∂_0)

$$\partial_0 \frac{dErr_k}{dZ_j} = \frac{dErr_k}{dY_k} \cdot \frac{dY_k}{dZ_j} \cdot \frac{dZ'_j}{dZ_j}$$

$$Err_j \frac{dErr_k}{dY_k} = \frac{dY_k}{dZ_j} = \sum_{k=1}^L \partial_k \cdot W_{jk}$$

$$W_{jk} = W_{jk} + \Delta W_{jk} \quad (7)$$

c. Update weight untuk weight pada lapisan tersembunyi – lapisan output

$$\Delta W_{jk} = \eta \cdot \frac{dErr_k}{dW_{jk}} = \eta \cdot \frac{dErr_k}{dY_k} \cdot \frac{dY_k}{dW_{jk}} = \eta \cdot \partial_k \cdot Z_j$$

$$W_{jk} = W_{jk} + \Delta W_{jk} \dots \dots \dots (8)$$

d. Update nilai bias pada lapisan output

$$\Delta bias_k = \eta \frac{dErr_k}{dbias_k} = \eta \frac{dErr_k}{dbias_k} \cdot \eta \frac{dY_k}{dbias_k} = \eta \cdot \partial_k \cdot 1$$

$$bias_k = bias_k + \Delta bias_k \quad (9)$$

e. Update weight untuk weight input – lapisan tersembunyi atau hidden

$$\Delta V_{ij} = \eta \frac{dErr_j}{dV_{ij}} = \eta \frac{dErr_j}{dZ'_j} \cdot \frac{dZ'_j}{dV_{ij}} = \eta \cdot \partial_0 \cdot X_i$$

$$V_{ij} = V_{ij} + \Delta V_{ij} \dots \quad (10)$$

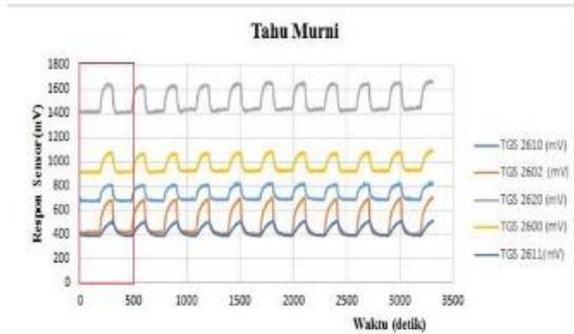
f. Update bias pada lapisan tersembunyi / hidden layer

$$\Delta bias_j = \eta \frac{dErr_j}{dbias_j} = \eta \frac{dErr_j}{dZ'_j} \cdot \frac{dZ'_j}{dbias_j} = \eta \cdot \partial_0 \cdot 1$$

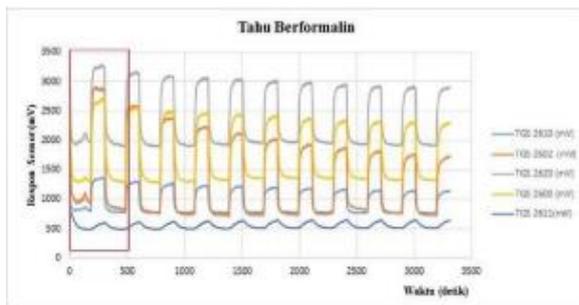
$$bias_j = bias_j + \Delta bias_j \dots \dots \dots (11)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian yang dilakukan [12] dalam deteksi bau tahu berformalin atau tidak dibutuhkan data yang dihasilkan dari *e-nose* dari sinyal inilah nantinya akan diperoleh informasi aspek yg berbeda-beda dari output sensor *e-nose*nya.



Gambar 4 Grafik Sampel Tahu Murni [12]



Gambar 5 Grafik Respon Tahu Berformalin [12]

Data yang dihasilkan dari grafik diatas nantinya akan melakukan ekstraksi ciri dengan metode *differensial*. Pada tahap ini ekstraksi ciri setiap puncak yg dihasilkan dihitung, data inilah yang akan digunakan untuk pelatihan atau *training* dan sebagai data latih pada saat uji sistem, untuk *output*nya adalah pengidentifikasian tahu berformalin atau tidak berformalin. Dari hasil uji sampel data yang berjumlah 80 didapatkan hasil tahu murni menunjukkan tupel positif, maksudnya mempunyai data uji berjumlah 40 diklasifikasikan dengan benar sebagai *true positives*. Untuk *true negatives* adalah tupel negatif dari data uji tahu berformalin dengan data sebanyak 40 diklasifikasikan dengan benar sebagai *true negatives*. Intinya dapat dikatakan bahwa hasil uji sesuai dengan target yang direncanakan. Dari hasil penelitian ini dapat dikatakan bahwa jaringan telah mampu mengenali data yang diberikan dengan akuransi yang mencapai 100% yang mana Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation memiliki keseimbangan dalam kemampuannya dalam mengenali selama proses pelatihan dengan memberikan respon yang benar dari pola input yang mirip tetapi polanya tidak sama yang digunakan selama pelatihan.

TANPA KOPI											
Percobaanke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	100%
Hasil	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
ARABIKA											
Percobaanke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	40%
Hasil	x	x	√	x	√	√	x	√	x	x	
ROBUSTA											
Percobaanke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	100%
Hasil	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	

Gambar 6 Hasil Identifikasi Sampel Uji [10]

Penelitian mengidentifikasi jenis bubuk kopi menggunakan metode *Backpropagation* didapatkan hasil dengan metode ini dapat mengidentifikasi jenis bubuk kopi dengan baik dengan tingkat kesuksesan di udara netral (tanpa kopi), kopo arabika dan kopi robusta masing-masing 100%, 40% dan 100% [10]. Penelitian yang sama dalam mengidentifikasi kopi bubuk bermerek [9] dengan tingkat kesuksesan 73.3%.

Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* dapat melakukan identifikasi kandungan dari 5 minyak goreng dengan baik yang mana terdapat 10 input layar, 18 *hidden* layar pertama, 4 *hidden* layar kedua dan 1 layar output dengan tingkat keberhasilan 100% [13].



Gambar 7 Tampilan GUI Jaringan Syaraf Tiruan [13]

Pada gambar 7 diatas dapat dilihat bahwa hasil pengujiannya mendapatkan hasil yang baik dan implementasi metode JST dapat mengkalsifikasikan jenis kandungan minyak goreng.

4. Kesimpulan

Dari kajian diatas dapat dilihat bahwa Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* mampu mengidentifikasi bau dengan baik dengan hasil pada saat pelatihan mirip tetapi tidak sama dengan hasil output pada saat uji. Saran untuk kedepannya adalah dalam mendeteksi bau dengan menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* untuk pengambilan sampel data *training* dan mendapatkan hasil output data uji dapat dilakukan secara bersama-sama.

Daftar Rujukan

- [1] A. S. Yuwono, "Kuantifikasi Bau dan Polusi Bau di Indonesia (Odour Quantification and Odour Pollution in Indonesia) Kuantifikasi Bau dan Polusi Bau di Indonesia (Odour Quantification and Odour Pollution in Indonesia) Arief Sabdo Yuwono," no. June, 2016.
- [2] O. A. Putra and M. H. Hersyah, "IDENTIFIKASI AROMA TEH DENGAN E-NOSE MENGGUNAKAN," no. November, 2016.
- [3] Y. A. Lesnussa, L. J. Sinay, and M. R. Idah, "Aplikasi Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation untuk Penyebaran Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kota Ambon," vol. 13, no. 2, pp. 63–72, 2017.
- [4] R. W. Purnamasari, "BACKPROPAGATION SEBAGAI SISTEM DETEKSI PENYAKIT TUBERCULOSIS (TBC)," 2013.
- [5] D. L. Chrisal Aji Lintang, Triyogatama Wahyu Widodo, "Rancang Bangun Electronic Nose untuk Mendeteksi Tingkat Kebusukan Ikan Air Tawar 1," vol. 6, no. 2, pp. 129–140, 2016.
- [6] A. S. Budi Gunawan, "Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Pada Sistem E-Nose," pp. 317–325, 2017.
- [7] I. N. Rahmani, D. Lelono, and K. Triyana, "Klasifikasi Kakao Berbasis e-nose dengan Metode Neuro Fuzzy," vol. 8, no. 1, 2018.
- [8] A. F. Hudhori, "DESAIN ELECTRONIC NOSE UNTUK PENGENALAN JENIS KOPI LOKAL BERBASIS SENSOR GAS MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN PERAMBATAN MUNDUR."
- [9] M. Ulfa *et al.*, "Desain Sistem Pengenalan dan Klasifikasi Kopi Bubuk Bermerek Dengan Menggunakan Electronic Nose Berbasis Artificial Neural Network," vol. 1, no. 2, pp. 51–60, 2019.
- [10] D. Rabersyah, "IDENTIFIKASI JENIS BUBUK KOPI MENGGUNAKAN ELECTRONIC NOSE," no. 3, 2016.
- [11] Y. B. Widodo, U. Mohammad, H. Thamrin, G. Discent, P. Balik, and S. G. Descent, "Pengenalan angka tulisan tangan menggunakan jaringan syaraf buatan," vol. 5, no. 1, pp. 51–54, 2019.
- [12] W. Astuti, D. Lenono, and F. Faizah, "Identifikasi Tahu Berformalin dengan Electronic Nose Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.*, vol. 6, no. 2, p. 211, 2016.
- [13] N. ULYA, "IDENTIFIKASI KANDUNGAN MINYAK GORENG MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN DENGAN METODE BACKPROPAGATION," 2019.