



## Implementasi Metode Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation Pada Pengenalan Suara Manusia

Mohammad Bagus Dimas Prayugo\*, Hisyam Fahmi

Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Indonesia

Email: namikazedimas2@gmail.com

### ABSTRAK

Pengenalan suara merupakan suatu proses identifikasi suara dengan menggunakan parameter tertentu yang diambil oleh penangkap suara. Perkembangan teknologi memunculkan suatu peristiwa yang membutuhkan model perhitungan pada sistem komputer dalam pengenalan suara yang berguna dalam ilmu pengetahuan. Salah satu sistem komputer adalah Jaringan Saraf Tiruan (JST) *Backpropagation*. Penelitian ini menggunakan metode *Backpropagation* dalam pengenalan suara manusia dengan tujuan untuk mengetahui model arsitektur dan tingkat akurasi yang didapatkan. *Linear Predictive Coding* (LPC) digunakan untuk ekstraksi fitur suara. Fitur suara dalam domain waktu diubah menjadi domain frekuensi menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT). Data suara dibagi menjadi 80% data pelatihan dan 20% data pengujian. Model arsitektur JST yang sesuai dipilih melalui pelatihan dengan menghitung bobot dan bias optimal untuk mengenali pola suara dengan baik. Model arsitektur terbaik yang ditemukan adalah 64-15-1-1. Model diuji menggunakan data pengujian untuk menguji kemampuannya dalam mengenali pola suara. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan *K-Fold Cross Validation* untuk mengukur tingkat akurasi model. Nilai akurasi terhadap data pelatihan adalah 0,95, sedangkan terhadap data pengujian adalah 0,088886. Model arsitektur JST sangat baik dalam mengenali suara pada data pelatihan, namun kurang baik dalam pengujian. Diharapkan metode ini dapat membantu pada proses penelitian terkait pengenalan.

**Kata kunci:** *Backpropagation, Fast Fourier Transform, Jaringan Saraf Tiruan, Linear Predictive Coding, Pengenalan Suara*

### ABSTRACT

Speech recognition is a process of voice identification using specific parameters taken by the sound catcher. The development of technology gave rise to an event that requires a calculation model on a computer system in speech recognition to be useful in science. One of the computer systems is the Backpropagation Artificial Neural Network (JST). This research uses the Backpropagation method in human speech recognition with the aim of knowing the architecture model and the level of accuracy obtained. Linear Predictive Coding (LPC) is used for voice feature extraction. Voice features in the time domain are converted into the frequency domain using Fast Fourier Transform (FFT). The voice data was divided into 80% training data and 20% testing data. A suitable JST architecture model is selected through training by calculating the optimal weights

and biases to recognize the voice patterns well. The best architecture model found was 64-15-1-1. The model was tested using test data to test its ability to recognize voice patterns. Evaluation was done using K-Fold Cross Validation to measure the accuracy of the model. The accuracy value against the training data is 0.95, while against the testing data is 0.088886. The JST architecture model is very good at recognizing voices in training data, but less good in testing. Hopefully, this method can help in the research process related to recognition.

**Keywords:** Backpropagation, Fast Fourier Transform, Neural Network, Linear Predictive Coding, Speech Recognition

---

## PENDAHULUAN

Perkembangan dalam bidang teknologi pada zaman sekarang disebut sebagai inti perkembangan dari hampir seluruh aspek kehidupan. Pesatnya perkembangan teknologi tidak terlepas dari adanya pengaruh dari komputer. Salah satu dari sistem komputer adalah adanya jaringan Saraf Tiruan (JST). Jaringan Saraf Tiruan (JST) merupakan salah satu metode pengolahan data yang terdiri dari kelompok unit pemrosesan kecil yang dimodelkan sesuai jaringan saraf pada manusia [1]. Sistem jaringan saraf tiruan meniru dari cara kerja biologis pada jaringan saraf. Neuron buatan dirancang untuk meniru karakteristik neuron biologis [2].

Teknik pada jaringan saraf tiruan banyak digunakan dalam berbagai macam bidang terutama pada sistem pengenalan pola, suara, dan sebagainya. Manusia dapat mengenali identitas seseorang, baik dari gerakan, wajah maupun dari suara dengan mudah. Suara merupakan salah satu objek yang digunakan untuk mengidentifikasi kepribadian seseorang [3]. Salah satu pengaplikasian pada bidang teknologi yakni pengenalan pola. Hal tersebut berkaitan dengan dengan bidang computer vision atau visi komputer, di mana mencoba untuk meniru kemampuan mata serta sistem otak manusia untuk membentuk dan melakukan interpretasi terhadap citra [4]. Dikarenakan pola jenis suara yang cukup lengkap dan unik, sehingga proses identifikasi sinyal suara dibantu perhitungan yang dapat mengekstraksi ciri atau fitur suara. Digunakan metode jaringan saraf tiruan untuk membantu dalam mengidentifikasi gambar pola, salah satunya gambar sinyal suara yang diubah menjadi bentuk grafik.

Berbagai macam sistem pengenalan suara saat ini dikembangkan oleh tiap negara di dunia dengan bermacam-macam Bahasa [5]. Hal ini membuat sistem pengenalan suara dapat diterapkan pada berbagai macam bidang, seperti keamanan berbasis suara dan pembelajaran berbasis suara. Pada sistem keamanan berbasis suara dinilai lebih aman dan efektif. Hal ini dikarenakan suara memiliki ciri khas masing-masing sehingga berbeda dengan suara orang yang lain sehingga lebih sulit untuk diretas. Begitu pula dengan sistem pembelajaran berbasis suara, sehingga memudahkan aktivitas seseorang dengan memberikan perintah melalui suara seperti Google Assistant.

Pada penelitian ini menggunakan metode jaringan saraf tiruan *backpropagation* di mana memiliki nilai akurasi yang cukup tinggi [6]. Pada penelitian ini digunakan *software MATLAB* dalam proses penelitian dan menggunakan *fast fourier transform*. Penggunaan *fast fourier transform* bertujuan untuk transformasi dari sinyal dalam domain waktu menjadi sinyal dalam domain frekuensi.

## METODE

Pada bagian ini akan membahas materi dan metode yang digunakan dalam penelitian ini terkait dengan pengenalan suara manusia. Penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur mengenai jaringan saraf tiruan *backpropagation* dan metode lain yang berkaitan dengan pengenalan suara manusia. Berikut acuan teori yang digunakan dalam penelitian ini untuk menjawab permasalahan yang ada.

### Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan Saraf Tiruan (JST) adalah metode pemisahan dan pengelompokan data yang mempunyai sistem kerja seperti jaringan saraf pada manusia. Jaringan saraf tiruan merupakan bentuk representasi buatan otak manusia dalam menggambarkan proses pembelajaran otak manusia [7]. Konsep dasar jaringan saraf tiruan menerapkan model matematik yang diterapkan seperti kinerja neuron pada saraf otak [8]. Terdapat 3 bagian lapisan pada jaringan saraf tiruan, yakni *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer* [9].

Penentuan hasil suatu neuron diperlukan fungsi aktivasi. Fungsi aktivasi jaringan saraf tiruan yang biasa digunakan pada proses perhitungan yakni fungsi *sigmoid* [10].

$$f(u) = \frac{1}{1 + e^{-u}} \quad (1)$$

### Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation*

*Backpropagation* merupakan salah satu metode sistematis dalam melatih banyak lapisan jaringan saraf tiruan [4]. Model *backpropagation* tersusun atas *multi layer* yang terdiri dari *input layer*, setidaknya satu *hidden layer* dan *output layer*. Tiap *layer* terdapat neuron atau unit pemrosesan data dalam menjalankan fungsi masing-masing. Terdapat langkah-langkah yang dilakukan pada *backpropagation*:

- Inisialisasi bobot dan bias
- *Feedforward*

$$z_{inj} = v_{0j} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \quad (2)$$

Dimana  $z_{inj}$  adalah sinyal keluaran *hidden layer*,  $x_i$  adalah sinyal *input*,  $v_{0j}$  adalah bias *input layer*,  $v_{ij}$  adalah bobot *input layer*.

$$Z_j = f(z_{inj}) \quad (3)$$

Dimana  $Z_j$  adalah hasil keluaran *hidden layer* dengan fungsi aktivasi.

$$y_{ink} = w_{0k} + \sum_{j=1}^n w_{jk} Z_j \quad (4)$$

Dimana  $y_{ink}$  adalah sinyal keluaran *output layer*,  $w_{0k}$  adalah bobot bias *output layer*,  $Z_j$  adalah hasil fungsi aktivasi *hidden layer*,  $w_{jk}$  adalah bobot *output layer*.

$$Y_k = f(y_{ink}) \quad (5)$$

Dimana  $Y_k$  adalah hasil *output layer* dengan fungsi aktivasi.

- *Backpropagation*

Menghitung faktor koreksi *error output layer*.

$$\delta_k = (t_k - Y_k)Y_k(1 - Y_k) \quad (6)$$

Dimana  $t_k$  adalah target dan  $Y_k$  adalah hasil *output training*.

Menghitung perubahan bobot *output layer*.

$$\Delta W_{jk} = \alpha \delta_k Z_j \quad (7)$$

Dimana  $\alpha$  adalah *learning rate*,  $\delta_k$  adalah faktor koreksi *error output layer*, dan  $Z_j$  adalah hasil *hidden layer* dengan fungsi aktivasi.

Menghitung perubahan bias *output layer*.

$$\Delta W_{0k} = \alpha \delta_k \quad (8)$$

Menghitung faktor koreksi *input hidden layer*.

$$\delta_{in_j} = \delta_k w_{jk} \quad (9)$$

Menghitung faktor koreksi *error hidden unit*.

$$\delta_j = \delta_{in_j} Z_j (1 - Z_j) \quad (10)$$

Menghitung koreksi bobot *hidden layer*.

$$\Delta v_{ij} = \alpha \delta_j x_j \quad (11)$$

Dimana  $x_j$  adalah nilai *input*.

Menghitung koreksi bias *hidden layer*.

$$\Delta v_{0j} = \alpha \delta_j \quad (12)$$

- Perhitungan bobot dan bias baru

Menghitung bobot baru *input layer* ke *hidden layer*.

$$v_{ij}(\text{baru}) = v_{ij}(\text{lama}) + \Delta v_{ij} \quad (13)$$

Menghitung bias baru *input layer* ke *hidden layer*.

$$v_{0j}(\text{baru}) = v_{0j}(\text{lama}) + \Delta v_{0j} \quad (14)$$

Menghitung bobot baru *hidden layer* ke *output layer*.

$$w_{jk}(\text{baru}) = w_{jk}(\text{lama}) + \Delta w_{jk} \quad (15)$$

Menghitung bias baru *hidden layer* ke *output layer*.

$$w_{0k}(\text{baru}) = w_{0k}(\text{lama}) + \Delta w_{0k} \quad (16)$$

### **Linear Predictive Coding (LPC)**

*Linear Predictive Coding* (LPC) merupakan teknik analisis sinyal percakapan di mana memberikan kualitas dan ekstraksi fitur yang baik dan efisien dalam perhitungan [11]. Analisis dalam LPC dilakukan dengan memperkirakan *formant*, melalui *inverse filtering* kemudian mencari estimasi residu atau intensitas serta sisa frekuensi sinyal suara. karena suara bervariasi seiring waktu, maka estimasi tersebut dilakukan pada setiap *frame* sinyal [12]. Terdapat beberapa Langkah yang digunakan dalam LPC:

- *Preemphasis*

$$\tilde{s}(n) = s(n) - \tilde{\alpha} \cdot s(n-1) \quad (17)$$

Dimana  $\tilde{s}(n)$  adalah fungsi *preemphasis*,  $s(n)$  adalah data sinyal ke-n,  $\tilde{\alpha}$  adalah koefisien konstan pada *frame* analisis suara.

- *Frame Blocking*

Menentukan banyaknya *frame* pada suara.

$$\text{frame} = \frac{Fs - N}{M} + 1 \quad (18)$$

Dimana  $Fs$  adalah *sample rate* masukan suara,  $M$  adalah pergeseran *frame*,  $N$  adalah panjang *frame*.

Menentukan indeks awal dan akhir tiap *frame*.

$$\text{indeks awal} = (i-1)M + 1 \quad (19)$$

$$\text{indeks akhir} = (i-1)M + N \quad (20)$$

- *Windowing*

$$w(n)_i = L_i \left( 0,54 - 0,46 \cdot \cos \left( \frac{2\pi n}{N-1} \right) \right), 0 \leq n \leq N-1 \quad (21)$$

Dimana  $w(n)$  adalah fungsi *windowing*,  $N$  adalah panjang *frame*,  $L_i$  adalah sinyal masukan ke-i.

- Analisa Autokorelasi

$$r_t(m) = \sum_{n=1}^{N-1-m} x_t(n) \cdot x_t(n+m) \quad (22)$$

Dimana  $r_t(m)$  adalah koefisien autokorelasi dengan *lag-m* pada *frame* ke- $t$ ,  $m$  adalah nilai lag, dengan  $m = 0, 1, 2, \dots, p$ , dan  $x_t(n)$  adalah sinyal masukan ke- $n$  pada *frame* ke- $t$ .

- Analisa LPC

Analisa LPC dilakukan untuk mengubah hasil autokorelasi menjadi parameter LPC. Metode yang sering digunakan yakni menggunakan metode *Levinson-Durbin*.

### **Fast Fourier Transform (FFT)**

*Fast Fourier Transform (FFT)* merupakan teknik komputasi matematis di mana dipakai untuk transformasi sinyal dalam domain waktu menjadi sinyal dalam domain frekuensi. FFT membagi sinyal menjadi frekuensi yang berbeda-beda dengan fungsi eksponensial yang kompleks [13]. Perhitungan FFT cenderung efisien dan cepat dikarenakan perbedaan sampel suara dengan sampel suara lainnya terlihat lebih jelas.

$$F(u) = \sum_{x=0}^{x=N-1} f(x) \exp \left[ -\frac{2j\pi ux}{N} \right] \quad (23)$$

Dimana  $F(u)$  adalah koefisien frekuensi pada frekuensi diskrit  $u$ ,  $N$  adalah panjang sinyal,  $f(x)$  adalah sampel sinyal pada indeks waktu  $x$ ,  $j$  adalah satuan imajiner.

### **Mean Squared Error (MSE)**

*Mean Squared Error (MSE)* merupakan salah satu metode perhitungan yang digunakan dalam evaluasi dari hasil prediksi. Setiap *error* atau sisa dikuadratkan [14]. MSE mengatur *error* yang besar karena *error* tersebut dikuadratkan.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_k - y_k)^2 \quad (24)$$

Dimana  $y_k$  adalah hasil *output training*,  $t_k$  adalah target, dan  $N$  adalah banyaknya data.

### **K-Fold Cross Validation**

*Cross Validation (CV)* merupakan teknik yang digunakan untuk melakukan validasi keakuratan sebuah model yang dibuat berdasarkan data tertentu [15]. Data yang digunakan pada CV terdiri dari data *training* dan data *testing*. CV membagi sebanyak  $k$  bagian atau *fold* secara acak. Banyaknya percobaan yang dilakukan sesuai dengan banyaknya partisi. Hasil akurasi tiap percobaan diambil rata-rata akurasi untuk mengetahui hasil pengujian terkait model pada Tabel 1.

Tabel 1 Interpretasi Nilai Akurasi

Akurasi	Keterangan
< 0,25	Kurang Baik
0,25 – 0,5	Cukup Baik
0,5 – 0,75	Baik
> 0,75	Sangat Baik

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan sebanyak 225 rekaman suara dari 15 partisipan dengan 15 rekaman untuk tiap partisipan. Kata yang diucapkan dalam rekaman yakni "HAI" dengan durasi rata-rata 2 detik. Rekaman disimpan dalam format WAV. Data suara dibagi menjadi data latih sebesar 80% dan data uji sebesar 20%.

### *Preprocessing Data*

*Filter* dilakukan terhadap suara untuk menghilangkan *noise*. Proses *filter* menggunakan *Band Pass Filter* pada program MATLAB. Hasil *filter* suara kemudian dilakukan ekstraksi fitur dengan *Linear Predictive Coding* (LPC). Kemudian, hasil ekstraksi fitur suara dilakukan transformasi sinyal dari domain waktu menjadi domain frekuensi menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT). Sebelum proses pelatihan dan pengujian JST, data FFT dinormalisasi terlebih dahulu dengan rentang -1 sampai 1.

### Proses Training Data

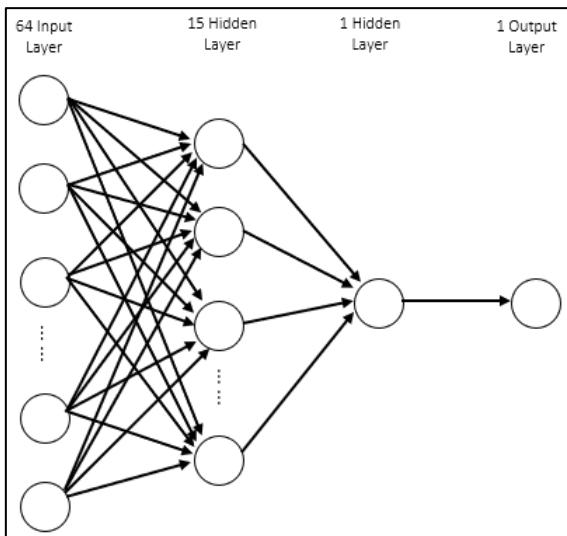
Proses *training* data dilakukan untuk melatih dan mendapatkan model jaringan saraf tiruan yang digunakan untuk mengidentifikasi sinyal suara manusia. Penelitian ini menggunakan parameter yang digunakan berupa nilai *error* = 0,01, *learning rate* ( $\alpha$ ) = 0,01, fungsi aktivasi yang digunakan gabungan dari *sigmoid* dan *purelin* atau identitas, pelatihan *hidden layer* yang digunakan sebanyak 2, 3, 4, dan 5, jumlah neuron yang digunakan sebanyak 10 dan 15, *epoch* maksimal yang digunakan 3000.

Proses *training* data dilakukan hingga seluruh *epoch* terpenuhi. Pencarian model arsitektur jaringan dilakukan dengan parameter *hidden layer* dan jumlah neuron yang berbeda. Didapatkan hasil pelatihan JST pada Tabel 2.

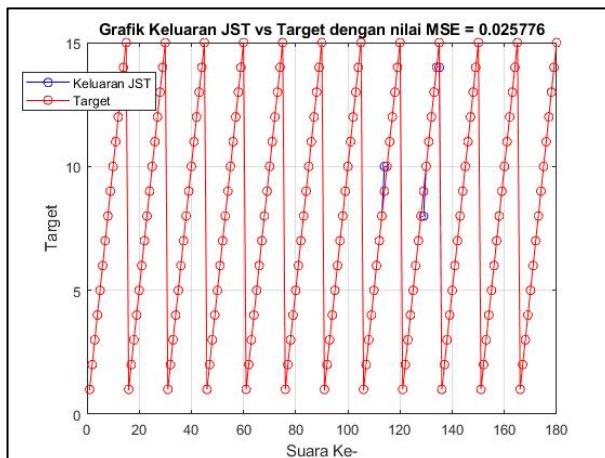
Tabel 2 Percobaan Pelatihan JST

<i>Hidden Layer</i>	Neuron	<i>epoch</i>	Waktu (detik)	MSE
2	10;1	3000	13	0,71392
	15;1	3000	15	0,025776
3	10;10;1	3000	13	0,05553
	15;15;1	3000	20	0,10211
4	10;10;10;1	3000	54	0,27732
	15;15;15;1	3000	23	0,24138
5	10;10;10;10;1	3000	34	1,4221
	15;15;15;15;1	3000	15	0,14197

Berdasarkan Tabel 2 didapatkan model pelatihan terbaik dengan 2 *hidden layer* dan 15;1 neuron. *Error MSE* yang didapatkan sebesar 0,025776. Waktu pelatihan yang didapatkan yakni 15 detik dengan 3000 *epoch*. Berdasarkan Gambar 2, terdapat 172 data sesuai dengan target yang ditentukan sehingga didapatkan nilai akurasi pada data pelatihan sebesar 0,95. Model arsitektur jaringan saraf tiruan yang didapatkan kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui kinerja dari model arsitektur jaringan dalam mengenali suara manusia.



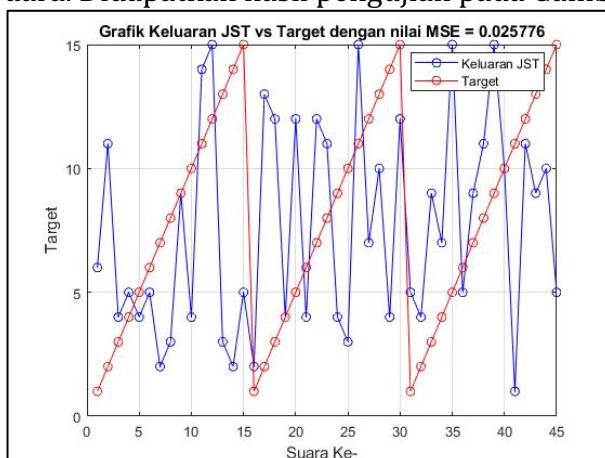
Gambar 1 Model Arsitektur JST 64-15-1-1



Gambar 2 *Output Training JST*

### Proses Testing Data

Proses testing data menggunakan data uji, di mana data suara tersebut belum pernah dilakukan pelatihan. Data uji yang digunakan yakni 45 data suara merupakan 20% dari keseluruhan data suara. Didapatkan hasil pengujian pada Gambar 3.



Gambar 3 *Output Testing JST*

## Evaluasi

Proses evaluasi dilakukan terkait hasil pada proses pelatihan dan pengujian model JST menggunakan *K-Fold Cross Validation*. Data dibagi menjadi 5 *fold* sehingga didapatkan 45 subset data ( $S$ ) pengacakan dengan  $K = 5$ . Persentase pembagian data latih dan data uji sebesar 80%-20% tiap *fold* pada Tabel 3.

Tabel 3 Pembagian *Training* dan *Testing*

<b>Fold</b>	<b>Training</b>	<b>Testing</b>
F1	S1, S2, S3, S4	S5
F2	S1, S2, S3, S5	S4
F3	S1, S2, S4, S5	S3
F4	S1, S3, S4, S5	S2
F5	S2, S3, S4, S5	S1

Didapatkan hasil proses *cross validation* dengan nilai akurasi pada tiap *fold* pada Tabel 4. Berdasarkan akurasi tiap *fold* diambil rata-rata keseluruhan untuk mendapatkan kesimpulan. Didapatkan nilai akurasi rata-rata sebesar 0,088886. Berdasarkan nilai akurasi tersebut menunjukkan bahwa model arsitektur JST memiliki tingkat akurasi yang kecil dalam proses pengenalan. Kecilnya tingkat akurasi tersebut disebabkan beberapa faktor sehingga perlu ditingkatkan untuk mencapai proses performa yang lebih baik.

Tabel 4 Hasil Proses *Cross Validation*

<b>Fold</b>	<b>Akurasi</b>
F1	0,11111
F2	0,04444
F3	0,02222
F4	0,13333
F5	0,13333
<b>Rata-rata</b>	<b>0,088886</b>

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan model optimal arsitektur JST 64-15-1-1, dengan 64 data *input*, dua *hidden layer* dengan jumlah neuron 15;1 dengan fungsi aktivasi *sigmoid* dan *purelin*, dan satu *output layer*. Didapatkan akurasi model JST terhadap data latih sebesar 0,95 dan terhadap data uji sebesar 0,088886. Berdasarkan nilai akurasi tersebut dapat disimpulkan bahwasannya model JST berjalan sangat baik terhadap data latih dan kurang baik terhadap data uji.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Solikhun, M. Safii, and A. Trisno, "Jaringan Saraf Tiruan Untuk Memprediksi Tingkat Pemahaman Siswa Terhadap Matapelajaran Dengan Menggunakan Algoritma Backpropagation," *J-SAKTI (Jurnal Sains Komput. dan Inform.)*, vol. 1, no. 1, pp. 24–36, 2017, doi: 10.30645/j-sakti.v1i1.26.
- [2] R. Yolanda, J. TM, and Iqbal, "Penggunaan Jaringan Saraf Tiruan dalam Pengenalan Pola Huruf Hijaiyah Tulisan Tangan," *J. TIKA Fak. Ilmu Komput. Univ. Al Muslim*, vol. 3, no. 3, pp. 1–9, 2018.
- [3] R. Y. Sipasulta, A. S. M. Lumenta, and S. R. U. A. Sompie, "Simulasi Sistem Pengacak Sinyal Dengan Metode FFT ( Fast Fourier Transform )," *Tek. Elektro dan Komput.*,

- pp. 1–9, 2014.
- [4] S. H. D. Loppies, "Implementasi Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation Untuk Deteksi Wajah Dalam Citra Digital," *Musamus J. Technol. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2018, doi: 10.35724/mjti.v1i1.991.
  - [5] I. Agustina, Fauziah, and A. Gunaryati, "Biometrik Pola Suara dengan Jaringan Saraf Tiruan," *J. Tek. Inform.*, vol. 9, no. 2, pp. 140–147, 2016.
  - [6] S. Effendy, "Pengenalan Citra Wajah dengan Menggunakan Transformasi Wavelet Diskrit dan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation," *ComTech*, vol. 1, no. 2, pp. 691–700, 2010.
  - [7] T. A. C. Adinugraha, "Prediksi Jumlah Pendapatan Asli Daerah Kabupaten Boyolali dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation," Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, 2016.
  - [8] L. H. Harum, "Implementasi Metode Extreme Learning Machine (ELM) Untuk Memprediksi Penjualan Roti (Studi Kasus: Harum Bakery)," Universitas Brawijaya, 2018.
  - [9] M. Agustin and T. Prahasto, "Penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Untuk Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru Pada Jurusan Teknik Komputer di Politeknik Negeri Sriwijaya," *J. Sist. Inform. Bisnis*, vol. 02, pp. 89–97, 2012.
  - [10] J. J. Siang, *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemograman Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: ANDI OFFSET, 2005.
  - [11] I. S. Dinuriyati, "Klasifikasi Pengenalan Suara Kicau Burung Menggunakan Metode Linear Predictive Coding (LPC) dan Nearest Neighbor," Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, 2019.
  - [12] Faradiba, "Pengenalan Pola Sinyal Suara Manusia Menggunakan Metode Back Propagation Neural Network," *J. EduMatSains*, vol. 2, no. 1, pp. 1–15, 2017.
  - [13] D. T. Kusuma, "Fast Fourier Transform (FFT) Dalam Transformasi Sinyal Frekuensi Suara Sebagai Upaya Perolehan Average Energy (AE) Musik," *PETIRJ. Pengkaj. dan Penerapan Tek. Inform.*, vol. 14, no. 1, pp. 28–35, 2021, doi: 10.33322/petir.v14i1.1022.
  - [14] A. Ramadhanty, I. Cholissodin, and C. Dewi, "Prediksi Jumlah Permintaan Koran Menggunakan Metode Extreme Learning Machine," *repository.ub.ac.id*, pp. 1–7, 2017.
  - [15] I. A. M. Supartini, I. K. G. Sukarsa, and I. G. A. M. Srinadi, "Analisis Diskriminan Pada Klasifikasi Desa Di Kabupaten Tabanan Menggunakan Metode K-Fold Cross Validation," *E-Jurnal Mat.*, vol. 6, no. 2, p. 106, 2017, doi: 10.24843/mtk.2017.v06.i02.p154.