

## PREDIKSI FREKUENSI BILAH SARON MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN *BACKPROPAGATION* MATLAB

Sri Endang Wahyuni<sup>1\*</sup>, Delia Achadina Putri<sup>2</sup>, dan Puji Suhamanto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>FTIK, Universitas Indraprasta PGRI

\*Email: fisikagerak.unindra@gmail.com.

### Abstrak

Alat musik tradisional saron gamelan Jawa dapat dikaitkan dengan konsep fisika yaitu materi gelombang bunyi. Bunyi pada alat musik saron gamelan Jawa dihasilkan oleh bilah-bilah perunggu yang bergetar akibat dipukul menggunakan panakol kayu. Pembuatan gamelan Jawa secara tradisional dilakukan berdasarkan perasaan dalam penyetaraan nada yaitu perasaan enak atau tidak enak bunyi yang didengar. Dengan cara ini, keselarasan dapat berubah seiring dengan perasaan pengrajin, sehingga diperlukan metode yang lebih objektif dalam menentukan frekuensi bunyi yang dihasilkan. Frekuensi merupakan salah satu ciri khas bunyi yang dapat diukur dalam satuan Hertz (Hz). Tujuan Penelitian adalah memprediksi frekuensi bunyi yang dihasilkan dari ketukan 15 bilah saron menggunakan jaringan saraf tiruan - *backpropagation*. Pada penelitian Data frekuensi tersebut kemudian dianalisis menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dengan algoritma *backpropagation*, yang mampu mengenali pola dan memprediksi frekuensi bilah gamelan saron secara random. Implementasi *JST-backpropagation* dalam penelitian ini dilakukan menggunakan Matlab untuk mengoptimalkan prediksi frekuensi bilah gamelan secara lebih akurat dan objektif. Berdasarkan Hasil pelatihan dan pengujian didapatkan arsitektur jaringan terbaik juga terdapat pada **50-10-1, fungsi aktivasi Logsig-Purelin dan fungsi percepatan TrainGDA** yang memiliki keberhasilan akurasi sebesar 99% -100% pada 15 bilah dengan rentang frekuensi 684 – 2647 Hz frekuensi 684 – 2647 Hz. Tingkat keberhasilan dalam memprediksi pola frekuensi saron ditunjukkan dengan MSE (nilai error) semakin kecil dari 0,001 menjadi 0,000893 yang artinya hasil prediksi yang didapatkan mendekati data aslinya. Berdasarkan hasil perbandingan data asli vs data *JST-backpropagation* semua bilah saron mempunyai tingkat kemiripan sebesar 99-100%. Sehingga dapat dikatakan *JST-backpropagation* mampu mengenali pola frekuensi saron dengan baik.

**Kata-kata kunci:** Prediksi, Jaringan Syaraf Tiruan, *Backpropagation*.

### Abstract

*The traditional musical instrument saron, which is part of the gamelan orchestra in Java, can be associated with the concept of sound waves and materials. The saron produces sound through bronze blades that vibrate when struck with a wooden panakol. Javanese gamelan is traditionally made based on the craftsmen's feelings about the tonal alignment. This alignment can change with the craftsmen's feelings, so a more objective method is needed to determine the frequency of the sound produced. Frequency is one of the measurable characteristics of sound, expressed in units of hertz (Hz). This study aims to predict the frequency of sound produced by the beat of 15 saron blades using artificial neural networks and the backpropagation algorithm. The frequency data is analyzed using a JST artificial neural network with the backpropagation*

*algorithm, which recognizes patterns and predicts the frequency of randomly selected gamelan saron blades. This study implemented JST-backpropagation using Matlab to optimize the prediction of gamelan blade frequency more accurately and objectively. Based on the training and testing results, the optimal network architecture was found to be 50-10-1 with a Logsig-Purelin activation function and a TrainGDA acceleration function, achieving a success rate of 99%-100% for 15 slats within a frequency range of 684-2647 Hz.*

**Keywords :** Prediction, Artificial Neural Network, Backpropagation.

## I. PENDAHULUAN

Gamelan merupakan alat musik tradisional asli Indonesia yang mempunyai peranan penting dalam kehidupan tradisional masyarakat Jawa mulai sarana hiburan, pendidikan, sampai dengan upacara-upacara keagamaan, Gamelan didominasi oleh instrumen yang terbuat dari logam salah satunya adalah saron (Sanjaya, 2022). Salah satu alat musik tradisional dari Jawa tengah yaitu gamelan saron terdiri dari 7 dan 14 bilah yang terbuat dari perunggu. Cara memainkan saron yaitu dengan dipukul menggunakan pemukul khusus yang disebut dengan panakol saron (Cahyanti, Kurniawan, Kristanto, & Kurniawan, 2024). Pemahaman mengenai konsep fisika dapat dikaji dari fenomena alam maupun kebudayaan masyarakat. Salah satu konsep fisika yang berkaitan dengan kearifan lokal adalah gelombang bunyi. Gelombang bunyi merupakan gelombang longitudinal yakni gelombang yang merambat searah arah getaran yang terjadi akibat perapatan dan perenggangan dalam medium gas, cair dan padat (Habiburrohmah & Fauzi, 2021). Pembuatan gamelan Jawa secara tradisional dilakukan berdasarkan perasaan dalam penyelarasan nada yaitu perasaan enak atau tidak enaknyanya bunyi yang didengar, Dengan cara ini, keselarasan dapat berubah seiring dengan perasaan pengrajin, selain itu akan berbeda pula antara pengrajin satu dengan pengrajin lainnya (Aisah, Abdullatif, & Hartono, 2022) sehingga diperlukan metode yang lebih objektif dalam menentukan frekuensi bunyi yang dihasilkan.

Bunyi pada alat musik gamelan saron dihasilkan oleh bilah-bilah yang bergetar. Sumber bunyi dari alat musik saron dapat diidentifikasi berdasarkan aspek gelombang bunyi seperti frekuensi dan cepat rambat. Bunyi yang kita kenal, berada pada frekuensi pendengaran yaitu antara 20 Hz sampai 20.000 Hz (Yasid, Yushardi, & Handayani, 2016). Mengenali frekuensi bunyi dapat menggunakan bantuan *software* Audacity. Audacity merupakan sebuah aplikasi yang digunakan untuk mengoreksi berkas suara tertentu (Fiqry & Agustinasari, 2019). Diantara banyaknya fungsi penggunaan audacity yaitu untuk mengukur frekuensi, nada dan level bunyi suara. Selanjutnya dilakukan transformasi sinyal suara dalam domain waktu menjadi sinyal dalam domain frekuensi menggunakan FFT (*Fast Fourier Transform*) pada matlab, artinya proses perekaman suara disimpan dalam bentuk digital berupa gelombang *spectrum* suara yang berbasis frekuensi sehingga lebih mudah dalam menganalisa *spectrum* frekuensi suara yang telah direkam (Sipasulta, Arie.S.M. Lumenta ST, & Sherwin R.U.A. Sompie, 2014).

Dari hasil analisis menggunakan FFT akan diperoleh data frekuensi yang akan analisis menggunakan jaringan saraf tiruan menggunakan metode backpropagation. Pemanfaatan *JST-backpropagation* pada Matlab untuk memprediksi frekuensi pada bilah-bilah gamelan saron. Jaringan saraf tiruan merupakan suatu kecerdasan buatan yang memiliki karakteristik seperti jaringan syaraf biologi terdiri dari beberapa neuron dan berfungsi sebagai sistem pemroses informasi (Suahati, Nurrahman, & Rukmana, 2022), menyelesaikan suatu permasalahan dengan cara pembelajaran (learning) (Maharani, 2009). Secara umum 2 proses pada JST-

backpropagation yaitu proses training dan testing. Algoritma pelatihan yang populer adalah Perambatan Mundur (*backpropagation*) (Badieah, Gernowo, & Surarso, 2016). Algoritma *backpropagation* adalah salah satu cabang kecerdasan buatan yang digunakan untuk mengidentifikasi pola data *history* dengan melakukan metode pelatihan (Fadilah, Yusuf, & Huda, 2020). Metode *backpropagation* banyak digunakan untuk menyelesaikan suatu permasalahan yang berkaitan dengan prediksi, identifikasi dan pengenalan pola (Rahul, Gunawan, Anggraini, Sumarno, & Kirana, 2020). Backpropagation melakukan pembelajaran terbimbing (*supervised learning*) yang digunakan pada jaringan *multi-layer* yang terdiri dari beberapa *hidden-layer* yang bertujuan untuk meminimalkan error terhadap jaringan yang menghasilkan keluaran (*output*) (Widarma, 2022).

## II. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan metode JST (jaringan saraf tiruan) - *Backpropagation* matlab berdasarkan pada pola data yang ada pada masa lalu (Data Historis). Pada penelitian ini saron yang digunakan terdiri dari 15 bilah dengan penempatan antara bilah nada yang paling tinggi ke bilah nada yang paling rendah dan juga perlu dilihat juga antara saron yang memiliki oktaf rendah ataupun oktaf yang tinggi. Adapun beberapa tahap penelitian, yaitu tahap persiapan data, pemilihan arsitektur jaringan dan pemrosesan dengan JST-*backpropagation*

Pada **tahap pertama** persiapan data yaitu dilakukan pengambilan data, dimana peneliti akan merekam suara gamelan saron yang dipukul tepat di tengah-tengah bilah memakai mikrofon dibantu dengan software Audacity sebanyak 100 kali pengulangan.



**Gambar 1.** Proses pengambilan data penelitian

Selanjutnya, file hasil rekaman disimpan dalam format .wav lalu sinyal bunyi yang dalam bentuk domain waktu diubah menjadi domain frekuensi dengan menggunakan Fast Fourier Transform (FFT). FFT dapat menghasilkan data frekuensi, amplitudo serta intensitas bunyi. Setelah diperoleh sinyal dengan domain frekuensi lalu mencari frekuensi yang dominan sehingga nantinya, frekuensi yang dominan menjadi nilai input dari jaringan syaraf tiruan. Sebelum diproses JST-*backpropagation* data yang akan digunakan perlu dinormalisasi terlebih dahulu sebelum proses pengolahan data. Proses ini disebut data preprocessing yang bertujuan untuk menyesuaikan data yang digunakan ke dalam standar metode yang digunakan. Pada jaringan syaraf tiruan, data preprocessing dilakukan dengan metode normalisasi data menggunakan fungsi aktivasi sigmoid, data diubah ke dalam interval 0.1 - 0.9, selain itu normalisasi data berfungsi untuk mereduksi perhitungan komputasi yang terlalu besar. Persamaan yang digunakan dalam normalisasi data adalah persamaan (1) berikut ini:

$$X' = \frac{0.8(X - a)}{b - a} + 0.1 \quad (1)$$

Keterangan: a = Data bernilai minimum b = Data bernilai maksimum x = Data yang menjadi input x' = Hasil normalisasi data (Suahati, Nurrahman, & Rukmana, 2022)

Kemudian **tahap kedua** yaitu perancangan arsitektur jaringan yang akan digunakan pada proses pelatihan *JST-backpropagation*. Perancangan arsitektur jaringan dimulai dengan menentukan *layer* yang akan digunakan; yaitu: *input*, *output*, dan *hidden layer*. *Input layer* berisi data yang sudah diberi label dan *output layer* berisi data keluaran yang diharapkan, *input* dan *output* ini nantinya menjadi bahan pembelajaran bagi jaringan syaraf tiruan pada proses pelatihan untuk dikenali bentuk polanya. Berikut kombinasi parameter pada tabel 1 :

**Tabel. 1.** Kombinasi parameter pada pelatihan jaringan

Arsitektur jaringan No.	Input, Hidden, output	Fungsi Aktivasi	Fungsi Percepatan
1	50-10-1	logsig-pureline	TrainGDA
2	50-16-1	logsig-pureline	TrainGDA
3	50-10-1	Tansig-Pureline	TrainGDA
4	50-16-1	Tansig-Pureline	TrainGDA

Terdapat 4 arsitektur jaringan yang dihasilkan dari kombinasi beberapa parameter yang telah ditentukan dapat dilihat pada Tabel 1. Seluruh arsitektur jaringan tersebut akan melalui proses pelatihan untuk menemukan arsitektur jaringan terbaik yang akan digunakan. Jumlah input layer yaitu 50 data, jumlah hidden layer yang digunakan adalah 10 dan 16, jumlah output layer 1. Parameter lain yang perlu ditentukan adalah fungsi aktivasi, fungsi percepatan, *Learning Rate* (LR) sebesar 0.01 Target *error* atau MSE (*Mean Square Error*) sebesar 0.0001 dan batas iterasi yang ditentukan (*epoch*) sebesar 1000. Fungsi aktivasi, yaitu fungsi yang digunakan untuk menentukan keluaran suatu neuron, apakah sinyal dari inputneuron akan diteruskan ke neuron lain atau tidak (Agustin & Prahasto, 2012). Selain fungsi aktivasi terdapat pula fungsi percepatan yang bertujuan untuk mempercepat proses pelatihan (Suahati, Nurrahman, & Rukmana, 2022). MSE adalah target kesalahan atau error yang diinginkan 0,0001, semakin kecil atau mendekati 0 maka semakin baik, yang artinya hasil prediksi yang didapatkan mendekati data aktual nya (Agustin & Prahasto, 2012). Learning rate adalah laju pembelajaran suatu jaringan yaitu 0,01, semakin besar nilainya maka semakin cepat proses pelatihan, namun apabila learning rate terlalu besar maka proses pelatihan menjadi tidak stabil. Iterasi atau *epoch* yang sama untuk seluruh kombinasi sebesar 1000 epoch, semakin banyak jumlah iterasi makan semakin lama proses pelatihan berlangsung. Proses iterasi akan berhenti jika nilai MSE telah mencapai target atau jumlah iterasi (*epoch*) telah mencapai batas maksimum yang telah ditentukan.

Selanjutnya pemrosesan dengan *JST-backpropagation* terbagi menjadi 2 proses yaitu pelatihan (*learning*) dan pengujian (*testing*). Hasil normalisasi 100 data frekuensi didapat saat pengambilan data dibagi menjadi 2 bagian sebagai data latih dan data uji dengan perbandingan 50 : 50. Selanjutnya Pada **tahap ketiga** pelatihan pada data ke 1 sampai data ke 50 dilakukan agar JST dapat belajar untuk mengenali pola frekuensi bunyi dan menentukan target latih data ke 51 untuk perbandingan data latih asli denga hasil *JST-backpropagation*. Setelah tahap pelatihan dengan *JST-backpropagation* selanjutnya masuk ke **tahap keempat** yaitu pengujian pada data ke 50 sampai data ke 99 untuk mengetahui keberhasilan dari *JST-backpropagation* dalam mengenali dan mengidentifikasi dengan membandingkan data asli ketukan ke 100 dengan data target ke 100 hasil *JST-backpropagation*.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses pelatihan, jaringan syaraf tiruan akan mempelajari pola data historis sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. Arsitektur jaringan terbaik akan dipilih berdasarkan nilai MSE yang memenuhi target serta tidak melebihi jumlah iterasi (*epoch*) yang telah ditentukan. Arsitektur jaringan terbaik akan digunakan pada tahapan selanjutnya yaitu tahap pengujian. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah jaringan syaraf tiruan sudah dapat mengenali pola dengan baik. Jaringan akan diuji menggunakan data yang diambil secara acak pada proses pelatihan. Hasil pengujian akan menunjukkan nilai *error* dari perbandingan antara hasil prediksi jaringan syaraf tiruan dengan data target aktual yang didapat dari data historis. Tahapan pelatihan dan pengujian jaringan dilakukan menggunakan *software matlab*.

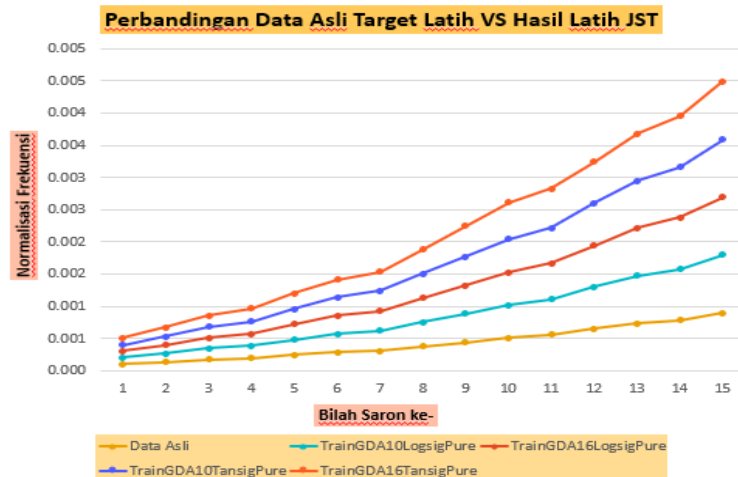
#### a. Hasil Pelatihan Data

Pada tabel 2 membahas tentang prediksi pengenalan pola bilah ketukan ke 51 data latih asli latih vs hasil latih JST-*backpropagation* ketukan ke 51 dengan kombinasi arsitektur jaringan dan parameter. Pada Arsitektur jaringan 50-10-1 dengan fungsi aktivasi Logsig-pureline dan fungsi percepatan TrainGDA memiliki rata-rata MSE bernilai 0,001, epochs atau iterasi sebanyak 965 kali, dan kecepatan kerja 2 detik, perbandingan nilai normalisasi dan frekuensi data latih asli vs data latih JST-*backpropagation* terdapat 15 bilah (1-15) dengan rentang kemiripan sebesar 99% -100%. Pada Arsitektur jaringan 50-16-1 dengan fungsi aktivasi Logsig-pureline dan fungsi percepatan TrainGDA dengan rata-rata MSE bernilai 0,001, epochs atau iterasi sebanyak 1000 kali, dan kecepatan kerja 2 detik, perbandingan nilai normalisasi dan frekuensi data asli vs data latih JST-*backpropagation* terdapat 11 bilah (1,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15) dengan kemiripan sebesar 100%.

**Tabel. 2.** Hasil prediksi pengenalan pola bilah ketukan ke 51 data latih asli vs data latih JST-*backpropagation*

PELATIHAN	Arsitektur jaringan No.	Input, Hidden, output	Fungsi Aktivasi	Fungsi Percepatan	Epoch (kali)	Waktu (s)	MSE	Similarity (%)	Banyak Bilah
	1	50-10-1	logsig-pureline	TrainGDA	965	2	0,001	100%	15
	2	50-16-1	logsig-pureline	TrainGDA	1000	2	0,001	100%	11
	3	50-10-1	Tansig-Pureline	TrainGDA	1000	2	0,005	100%	14
	4	50-16-1	Tansig-Pureline	TrainGDA	182	0	0,009	100%	12

Pada Arsitektur jaringan 50-10-1 dengan fungsi aktivasi Tansig-pureline dan fungsi percepatan TrainGDA memiliki rata-rata MSE bernilai kerja 0,005, epochs atau iterasi sebanyak 1000 kali, dan kecepatan 2 detik, perbandingan nilai normalisasi dan frekuensi data asli vs data latih JST-*backpropagation* terdapat 14 bilah (2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15) dengan rentang kemiripan sebesar 96% -100%. Pada Arsitektur jaringan 50-16-1 dengan fungsi aktivasi Tansig-pureline dan fungsi percepatan TrainGDA dengan rata-rata MSE bernilai 0,009 epochs atau iterasi sebanyak 182 kali, dan kecepatan kerja 0 detik, perbandingan nilai normalisasi dan frekuensi data asli vs data latih JST-*backpropagation* terdapat 12 bilah (1,2,3,4,5,8,9,10,11,13,14,15) dengan rentang kemiripan sebesar 99% -100%.



**Gambar 2.** Grafik perbandingan data asli target latih vs hasil latih JST-*backpropagation*

Berdasarkan grafik diatas Hasil pelatihan pada pengenalan pola bilah ketukan ke 51 arsitektur JST-*backpropagation* terbaik dalam mengenal pola terdapat pada arsitektur jaringan 50-10-1 dengan fungsi aktivasi Logsig-Purelin dan fungsi percepatan TrainGDA dengan hidden layer 10 memiliki akurasi sebesar 98% -100% pada 15 bilah dan rata-rata MSE bernilai 0,001 dan epoch 965 iterasi.

### b. Hasil Pengujian Data

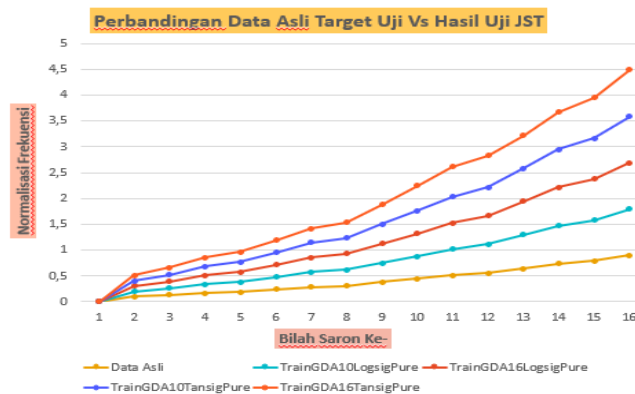
Pada Arsitektur jaringan 50-10-1 dengan fungsi aktivasi Logsig-pureline dan fungsi percepatan TrainGDA memiliki rata-rata MSE bernilai 0,000893 dan perbandingan nilai normalisasi dan frekuensi data asli vs data latih JST-*backpropagation* terdapat 15 bilah (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15) dengan rentang kemiripan sebesar 99% -100%. Pada Arsitektur jaringan 50-16-1 dengan fungsi aktivasi Logsig-pureline dan fungsi percepatan TrainGDA memiliki dengan rata-rata MSE bernilai 0,000243 dan perbandingan nilai normalisasi dan frekuensi data asli vs data uji JST-*backpropagation* terdapat 12 bilah (1,2,5,6,7,8,9,10,12,13,14,15) dengan rentang kemiripan sebesar 98% -100%.

**Tabel. 3.** Hasil prediksi pengenalan pola bilah ketukan ke 100 data uji asli vs hasil data uji JST-*backpropagation*

PENGUJIAN	Arsitektur jaringan No.	Input, Hidden, output	Fungsi Aktivasi	Fungsi Percepatan	MSE	Similarity (%)	Banyak Bilah
	1	50-10-1	logsig-pureline	TrainGDA	0,000893	100%	15
	2	50-16-1	logsig-pureline	TrainGDA	0,000243	100%	12
	3	50-10-1	Tansig-Pureline	TrainGDA	0,0023	100%	14
	4	50-16-1	Tansig-Pureline	TrainGDA	0,00895	100%	8

Pada Arsitektur jaringan 50-10-1 dengan fungsi aktivasi Tansig-pureline dan fungsi percepatan TrainGDA memiliki rata-rata MSE bernilai 0,0023 dan perbandingan nilai normalisasi dan frekuensi data asli vs data uji JST-*backpropagation* terdapat 14 bilah (2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15) dengan rentang kemiripan sebesar 99% -100%. Pada Arsitektur jaringan 50-16-1 dengan fungsi aktivasi Tansig-pureline dan fungsi percepatan TrainGDA dengan rata-rata MSE (nilai error) sebesar 0,0095 dari perbandingan data asli target uji vs hasil uji JST-*backpropagation*. dan perbandingan nilai normalisasi dan frekuensi data asli vs

data uji JST-*backpropagation* terdapat 8 bilah (1,3,4,8,12,13,14,15) dengan kemiripan sebesar 100%.



**Gambar 3.** Grafik perbandingan data asli target uji vs hasil uji JST-BACKPROPAGATION

Hasil pengujian pada pengenalan pola 15 bilah ketukan ke 100 menunjukkan arsitektur jaringan JST-*backpropagation* terbaik juga terdapat pada 50-10-1, fungsi aktivasi Logsig-Purelin dan fungsi percepatan TrainGDA yang memiliki keberhasilan akurasi sebesar 99% - 102% pada 15 bilah dengan rentang frekuensi 684 – 2647 Hz dengan rata-rata dan MSE (nilai error) sebesar 0,000893 dari perbandingan data asli target uji vs hasil uji JST-*backpropagation*. Setelah dilakukan pelatihan dan pengujian didapatkan perbandingan MSE yang semakin kecil dari 0,001 menjadi 0,000893. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Hauriza, Muladi, & Wirawan, 2021). semakin kecil atau mendekati 0 maka semakin baik, yang artinya hasil prediksi yang didapatkan mendekati data aslinya.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Implementasi JST-*backpropagation* dalam penelitian ini dilakukan menggunakan Matlab untuk mengoptimalkan prediksi frekuensi bilah gamelan secara lebih akurat dan objektif. Berdasarkan Hasil pelatihan dan pengujian didapatkan arsitektur jaringan terbaik juga terdapat pada 50-10-1, fungsi aktivasi Logsig-Purelin dan fungsi percepatan TrainGDA yang memiliki keberhasilan akurasi sebesar 99% -100% pada 15 bilah dengan rentang frekuensi 684 – 2647 Hz frekuensi 684 – 2647 Hz. Tingkat keberhasilan dalam memprediksi pola frekuensi saron ditunjukkan dengan MSE (nilai error) semakin kecil dari 0,001 menjadi 0,000893 yang artinya hasil prediksi yang didapatkan mendekati data aslinya. Berdasarkan hasil perbandingan data asli vs data JST-*backpropagation* semua bilah saron mempunyai tingkat kemiripan sebesar 99-100%. Sehingga dapat dikatakan JST-*backpropagation* mampu mengenali pola frekuensi saron dengan baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, M., & Prahasto, T. (2012). Penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Untuk Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru Pada Jurusan Teknik Komputer. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 89-96.
- Aisah, S. S., Abdullatif, F., & Hartono. (2022). Identifikasi frekuensi bunyi gambang laras slendro gamelan Jawa menggunakan jaringan syaraf tiruan pada Matlab. *Jurnal Teras Fisika*, 273-282.

- Badieah, Gernowo, R., & Surarso, B. (2016). Metode Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Prediksi Performa Mahasiswa Pada Pembelajaran Berbasis Problem Based Learning (PBL). *Jurnal Sistem Informasi Bisnis 01(2016)*, 46-58.
- Cahyanti, A. H., & Kurniawan, I. (2024). KAJIAN ETNOMATEMATIKA PADA ALAT MUSIK SARON DI DAERAH YOGYAKARTA. *Jurnal Ilmiah Matematika Realistik (JI-MR)*, 150-155: Vol. 5, No. 1, Juni 2024, E-ISSN: 2723-6153.
- Fadilah, M. N., Yusuf, A., & Huda, N. (2020). PREDIKSI BEBAN LISTRIK DI KOTA BANJARBARU MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN BACKPROPAGATION. *Jurnal Matematika Murni dan Terapan "epsilon"*, 81-92.
- Fiqry, R., & Agustinasari. (2019). Penggunaan Audacity pada Pengukuran Nada Lantunan Kalero untuk Menelusuri Karakter Sosial Dou Donggo Masa Lampau. *Seminar Nasional Taman Siswa Bima Tahun 2019* (pp. 136-141). Bima: Taman Siswa Bima.
- Habiburrohmah, A. W., & Fauzi. (2021). RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR KECEPATAN SUARA PADA ZAT PADAT MENGGUNAKAN SENSOR PIEZOELECTRIC UNTUK PRAKTIKUM FISIKA DASAR TOPIK CEPAT RAMBAT BUNYI. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran Fisika Indonesia*, hal 35-39, Volume 3 No. 2: .
- Maharani, W. (2009). Klasifikasi Data Menggunakan JST Backpropagation Momentum dengan Adaptive Learning Rate. *Seminar Nasional Informatika 2009* (pp. 25-31). Yogyakarta: UPN Veteran Yogyakarta.
- Rahul, M., Gunawan, I., Anggraini, F., Sumarno, & Kirana, I. O. (2020). Analisa JST Untuk Memprediksi Pembuatan SIM Menggunakan Metode Algoritma Backpropagation. *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, 124-128.
- Sanjaya, A. K. (2022). PEMANFAATAN SARON SANGA LARAS SLENDRO GAMELAN JAWA SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN FISIKA SMA MATERI GELOMBANG BUNYI. *Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA*, 183 - 193.
- Sipasulta, R. Y., Arie.S.M. Lumenta ST, M., & Sherwin R.U.A. Sompie, S. M. (2014). Simulasi Sistem Pengacak Sinyal Dengan Metode FFT (Fast Fourier Transform). *E-journal Teknik Elektro dan Komputer*, 1-9.
- Suahati, A. F., Nurrahman, A. A., & Rukmana, O. (2022). Penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan – Backpropagation dalam Memprediksi Jumlah Mahasiswa Baru. *Jurnal Media Teknik & Sistem Industri*, hal. 21 – 29; Vol. 6 (no. 1) (2022), e-issn: 2581-0561 .
- Widarma, A. (2022). JARINGAN SYARAF TIRUAN BACKPROPAGATION UNTUK ANALISIS JUMLAH PENDUDUK MENURUT JENIS KELAMIN PADA KABUPATEN ASAHAN. *Prosiding Seminar Nasional Multidisiplin Ilmu Universitas Asahan ke-5 Tahun 2022* (pp. 337-347). Sumatera Utara: Universitas Asahan.
- Yasid, A., Yushardi, & Handayani, R. D. (2016). PENGARUH FREKUENSI GELOMBANG BUNYI TERHADAP PERILAKU LALAT RUMAH (*Musca domestica*). *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 190 - 196, Vol. 5 No. 2, September 2016.