

# RANCANG BANGUN ALAT DETEKSI GANGGUAN HARMONISA BERBASIS ARDUINO MENGGUNAKAN METODE FEEDFORWARD NEURAL NETWORK

Faqih Rofii, Diky Siswanto, Gigih Priyandoko<sup>\*)</sup>, Santa Setiawati

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama  
Jl. Taman Borobudur Indah No. 3, Malang 65142, Indonesia

<sup>\*)</sup>E-mail: [gigih@widyagama.ac.id](mailto:gigih@widyagama.ac.id)

## Abstrak

Penggunaan perangkat elektronik yang memanfaatkan material semikonduktor setiap tahun semakin meningkat. sebagai contoh seperti televisi LED, laptop, charger dan lain-lain. Perangkat seperti itu disebut sebagai beban nonlinier. Rangkaian semikonduktor pada peralatan listrik dapat menghasilkan arus dan tegangan yang memiliki perbedaan frekuensi dengan frekuensi fundamental. Fenomena ini dikenal sebagai gangguan harmonik. Efek gangguan harmonik dapat membuat beban menjadi terlalu panas dan dapat mengurangi masa pakai peralatan. Tujuan penelitian ini merancang sistem pemantauan gangguan harmonik pada sistem tenaga listrik berbasis Arduino secara *real time*. Sistem ini menggunakan sensor arus dan sensor tegangan untuk mengambil data arus dan data tegangan pada beban. Kedua data tersebut diubah ke dalam kawasan frekuensi menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT). Besaran hasil FFT digunakan sebagai dasar untuk menghitung nilai gangguan harmonisa menggunakan metode *Feedforward Neural Network* (FNN). Berdasarkan hasil percobaan, semakin banyak lapisan, jumlah neuron per lapisan, dan jumlah *epoch* pada metode FNN, diperoleh tingkat akurasi yang semakin tinggi dalam mendeteksi gangguan harmonisa.

*Kata kunci: harmonisa, fast fourier transform, feedforward neural network, arduino*

## Abstract

*The use of electronic devices that utilize semiconductor materials is increasing every year, for example such as LED televisions, laptops, chargers and others. Such a device is referred to as a nonlinear load. Semiconductor circuits in electrical equipment can produce currents and voltages that have a frequency difference with the fundamental frequency. This phenomenon is known as harmonic disturbance. The effects of harmonic disturbances can overheat the load and reduce the lifetime of the equipment. The purpose of this study is to design a harmonic disturbance monitoring electric power system using an Arduino-based in real time. This system uses a current sensor and a voltage sensor to collect current data and voltage data on the load. Both data are converted into the frequency region using the Fast Fourier Transform (FFT) method. The magnitude of the FFT result is used as the basis for calculating the value of the harmonic disturbance using the Feedforward Neural Network (FNN) method. Based on the experimental results, the more layers, the number of neurons per layer, and the number of epochs in the FNN method, the higher the level of accuracy in detecting harmonic disturbances is obtained.*

*Keywords: harmonics, fast fourier transform, feedforward neural network, arduino*

## 1. Pendahuluan

Penggunaan alat-alat listrik di dalam rumah tangga saat ini sangatlah banyak. Peralatan-peralatan elektronik yang umum digunakan seperti televisi LED, laptop, kipas angin, printer dan masih banyak lainnya merupakan peralatan elektronik yang menggunakan rangkaian komponen elektronika daya. Peralatan elektronika seperti yang disebutkan merupakan beban nonlinier. Beban nonlinier dapat menyebabkan munculnya arus ataupun tegangan dengan besar frekuensi melebihi besarnya frekuensi

fundamental. Hal ini disebut sebagai frekuensi harmonik atau harmonisa [1].

Frekuensi harmonisa yang muncul menyebabkan terjadinya gangguan harmonisa. Beberapa dampak dari gangguan harmonisa adalah peningkatan suhu pada peralatan listrik yang berakibat pada umur pakai dari peralatan menjadi lebih pendek, terjadinya *losses* dan *derating* [2].

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang mendeteksi atau menganalisa *Total Harmonic Distortion* (THD) sistem tenaga listrik. Penelitian mengenai pengaruh beban

nonlinier pada rumah tangga terhadap bacaan kWh meter di perumahan telah dilakukan oleh Cahyani [1]. Dari hasil pengujian dan analisis perhitungan terbukti bahwa besar persentase kesalahan hasil penunjukan alat ukur kWh digital terjadi akibat adanya komponen harmonisa yang ditimbulkan oleh beban nonlinier.

Selain itu penelitian tentang gangguan harmonisa yang terjadi pada beban nonlinier dapat berdampak pada menurunnya kualitas daya sumber tenaga listrik telah dilakukan oleh Suryajaya [3]. Hasil penelitian itu menyebutkan bahwa salah satu penyumbang harmonisa terbesar adalah penyearah dengan kapasitor sebagai pengurang riak. Rangkaian penyearah dapat ditemukan pada peralatan-peralatan elektronik seperti lampu hemat energi, komputer, laptop, televisi, dan lain sebagainya. Salah satu dampak negatif yang dihasilkan oleh harmonisa adalah umur penggunaan kabel yang semakin pendek [4][5].

Dengan semakin berkembangnya teknologi yang ada saat ini memungkinkan suatu sistem pemantau memiliki kemampuan untuk memantau secara *real time*. Pemantauan secara *real time* berarti data yang diterima oleh sistem merupakan data dari aktual ketika sistem sedang berjalan. Banyak penelitian yang saat ini dilakukan secara *real time*. Beberapa diantaranya adalah pemantauan kualitas daya dan klasifikasi gangguan pada sistem daya satu fasa secara *real time* [6]. Pemantauan kualitas daya dan klasifikasi dari jenis gangguan seperti *sag*, *swell*, *overvoltage*, *undervoltage* dan lain-lain [7][8].

Saat ini metode *Feedforward Neural Network* (FNN) telah banyak diterapkan untuk klasifikasi, prediksi, pengenalan pola atau urutan pola [9]. Beberapa penelitian sebelumnya memanfaatkan metode FNN untuk klasifikasi jenis gangguan listrik [10] dan juga untuk memprediksi beban listrik pada sistem tenaga listrik [11]. FNN merupakan model yang memiliki kemampuan pendekatan yang baik dan bersifat universal, memiliki nilai prediksi yang mendekati nilai aktual, dan memiliki kemampuan untuk mendeteksi permasalahan yang bersifat sangat kompleks [12].

Pada penelitian ini akan dilakukan pemantauan nilai THD secara *real-time* menggunakan metode FNN yang memakai perangkat berbasis arduino. Diharapkan dengan penelitian ini dapat menghasilkan sistem yang murah tetapi dapat memantau THD secara aktual.

## 2. Teori Dasar

### 2.1. Beban Nonlinear

Pada sistem tenaga listrik terdapat dua macam beban, yaitu beban linier dan beban nonlinier. Beban nonlinier adalah beban yang impedansinya tidak konstan pada setiap periode tegangan masukan. Sehingga arus yang dihasilkan tidak berbanding lurus dengan tegangan yang diberikan. Beban

nonlinier merupakan peralatan elektronik yang mengandung banyak komponen semikonduktor, dan dalam proses kerjanya berlaku sebagai saklar pada setiap siklus gelombang dari sumber tegangan. Beban nonlinier inilah yang menghasilkan harmonisa [1].

Gelombang yang mengandung harmonisa merupakan penjumlahan gelombang sinusoidal dengan frekuensi kelipatan bilangan bulat dari frekuensi dasar gelombang tersebut [13]. Contoh peralatan elektronika yang dapat menimbulkan harmonisa adalah *power supply*, televisi, kulkas, laptop, *printer*, *scanner*, UPS, komputer, monitor, *oven microwave*, dan lain-lain. Efek harmonisa adalah rugi-rugi histerisis berupa panas yang meningkat pada setiap peralatan, suhu kerja peralatan yang meningkat, dan tingkat kualitas daya sumber tegangan yang menurun [14].

### 2.2. Total Harmonic Distortion (THD)

*Total harmonic distortion* (THD) adalah rasio antara nilai rms dari seluruh komponen harmonik (arus dan tegangan) dan nilai rms dari fundamental. Untuk dapat mendeteksi harmonisa telah banyak dilakukan dengan berbagai macam cara, diantaranya menggunakan teknik sederhana dan perhitungan yang praktis yang disebut metode *Fast Fourier Transform* (FFT). Persamaan matematik untuk THD tegangan dan arus dapat dituliskan sebagai berikut,

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \quad (1)$$

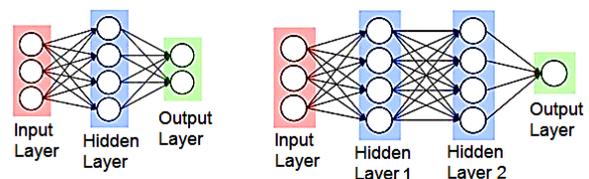
$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \quad (2)$$

dimana:

- $V_1$  : adalah tegangan fundamental
- $V_n$  : adalah tegangan pada harmonisa ke-n
- $I_1$  : adalah arus fundamental
- $I_n$  : adalah arus pada harmonisa ke-n.

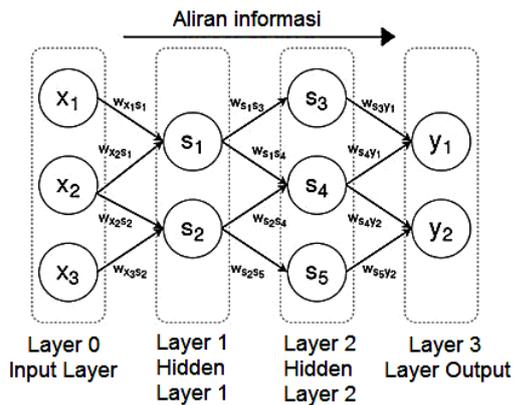
### 2.3. Feedforward Neural Network

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan metode pemodelan untuk penyelesaian masalah yang terinspirasi oleh kerja neuron dalam otak manusia. Setiap neuron dalam otak manusia saling terhubung untuk mengalirkan informasi. Arsitektur dari JST terdiri dari layar input (*input layer*), layar tersembunyi (*hidden layer*) dan layar output (*output layer*) seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur JST

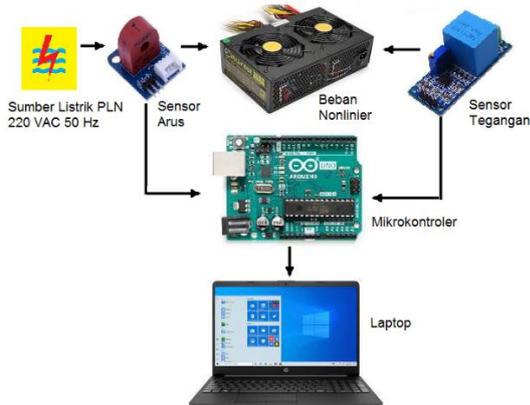
Jumlah layer tersembunyi dapat lebih dari satu. Lingkaran-lingkaran pada masing-masing layer disebut sebagai *node*. *Feedforward Neural Network* (FNN) merupakan struktur JST yang koneksi antar unitnya tidak membentuk siklus. Informasi hanya berjalan dari awal jaringan (tidak ada loop), dimulai dari input *node* kemudian menuju ke layer tersembunyi dan akhirnya menuju ke output *node* seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur FNN

### 3. Metode

Pada penelitian ini telah dilakukan beberapa tahap dalam perencanaan dan pembuatan sistem yang meliputi perancangan perangkat lunak, perancangan tampilan, perancangan perangkat keras. Selain itu juga dibutuhkan beberapa komponen elektronika dan device penunjang agar sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Blok diagram dari sistem *hardware* yang dibuat seperti pada Gambar 3. Tahapan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.

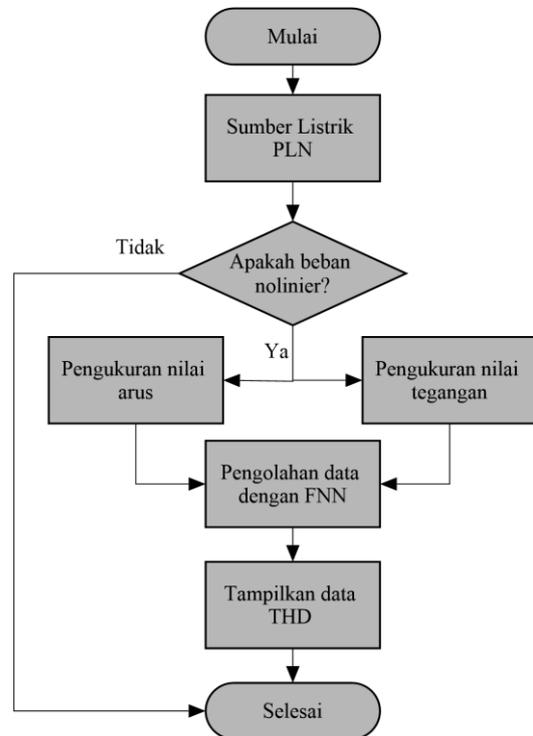


Gambar 3. Blok Diagram Sistem Hardware

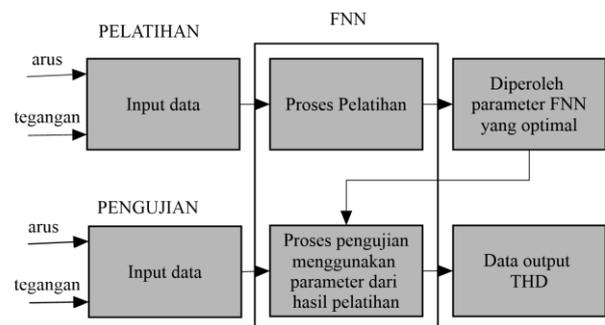
Penjelasan blok diagram pada Gambar 3 adalah:

- Laptop merupakan perangkat yang berfungsi sebagai media untuk menampilkan data dari sistem pemantauan.

- Mikrokontroler merupakan perangkat yang menjadi pusat kendali dari sistem pemantauan THD untuk tegangan dan arus.
- Beban nonlinier merupakan parameter yang menyebabkan terjadinya gangguan harmonisa yang akan dipantau.
- Sensor tegangan merupakan perangkat yang digunakan untuk mendeteksi nilai tegangan beban nonlinier yang tersambung pada sistem.
- Sensor arus merupakan perangkat yang digunakan untuk mendeteksi nilai arus beban nonlinier yang tersambung pada sistem. Sensor arus dan sensor tegangan bekerja pada waktu yang sama untuk mengukur arus dan tegangan pada beban yang sama.
- Sumber listrik PLN 220 VAC 50 Hz merupakan sumber daya yang akan dilewatkan pada sistem.



Gambar 4. Diagram Alir Sistem



Gambar 5. Proses pada FNN

Pencuplikan adalah proses pengambilan data analog secara periodik pada rentang waktu tertentu. Penentuan frekuensi sampling untuk proses pencuplikan pada sistem menggunakan persamaan berikut [9],

$$F_s = n \cdot f \quad (1)$$

dimana

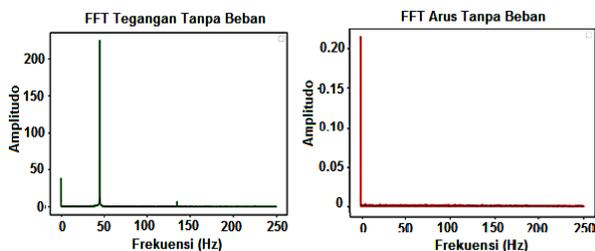
- $F_s$  = frekuensi sampling (Hz)
- $n$  = jumlah banyak data yang diinginkan
- $f$  = frekuensi sinyal sinus sistem tenaga listrik (Hz)

Penggunaan FNN pada suatu sistem memerlukan data pelatihan dan data pengujian. Secara umum proses pelatihan dan data pengujian pada FNN dapat dilihat pada Gambar 5. Proses pelatihan dimaksudkan untuk memperoleh nilai parameter FNN yang paling optimal. Proses pelatihan dan pengujian metode FNN dilakukan dengan menggunakan software Python.

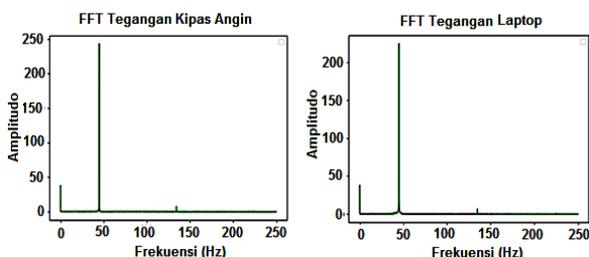
## 4. Hasil dan Analisis

### 4.1. Pengujian Sumber Tegangan Tanpa Beban dan Berbeban

Pada bagian ini dilakukan pengujian terhadap sistem FFT yang telah dibuat dalam bentuk FFT tegangan dan FFT arus pada saat sumber listrik PLN tidak diberi beban seperti pada Gambar 6. FFT tegangan dan FFT arus setelah sumber listrik diberi beban kipas angin dan laptop dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 6. FFT Tegangan dan FFT Arus Sumber Listrik Tanpa Beban

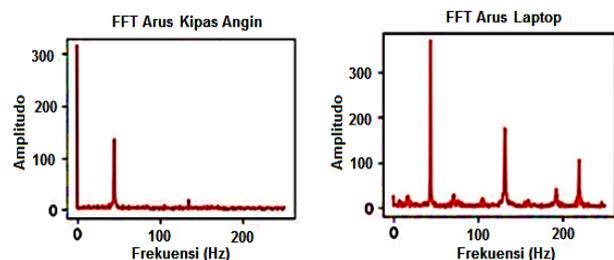


Gambar 7. FFT Tegangan Dengan Beban Kipas Angin dan Laptop

FFT tegangan dengan beban kipas angin dan laptop seperti pada Gambar 7, diperoleh frekuensi fundamental yang sama pada nilai kisaran 50Hz dengan terdapat harmonisa

pada frekuensi pada kisaran 130Hz. Apabila data tersebut dibandingkan dengan data sumber tegangan tanpa beban pada Gambar 6, hasil FFT menunjukkan hasil yang sama. Dapat disimpulkan bahwa beban tidak terlalu berpengaruh pada perubahan FFT tegangan.

FFT arus pada beban kipas angin diperoleh satu *magnitude* yang menunjukkan adanya harmonisa pada kisaran 130 Hz. FFT arus pada beban laptop pada Gambar 8, diperoleh enam *magnitude* yang menunjukkan adanya harmonisa pada frekuensi di kisaran 70Hz, 100Hz, 130Hz, 160Hz, 190Hz dan 220Hz. Berdasarkan data tersebut, telah terjadi gangguan distorsi terjadi pada arus listrik. Pada beban kipas angin, tidak ada perubahan arus yang signifikan. Pada beban berupa laptop, terdapat *power supply* laptop yang menggunakan sistem *switching*, yang menyebabkan terjadinya distorsi harmonisa pada arus listrik.



Gambar 8. FFT Arus Dengan Beban Kipas Angin dan Laptop

### 4.2. Pengujian Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan

Frekuensi gelombang sinus sumber listrik dari PLN sebesar 50 Hz. Frekuensi sampling pada perancangan sistem ini sebesar 12 KHz, sehingga diperoleh sebanyak 250 data dari setiap sensor tegangan dan sensor arus. Data pelatihan menggunakan 70% dari jumlah data yang telah diperoleh, dan untuk pengujian memakai 30% data yang tersisa. Data yang didapatkan sensor tegangan dan sensor arus diproses menjadi satu file data untuk pembelajaran dan pengujian FNN. Data dari sensor tegangan dan sensor arus dibagi menjadi 5 data input FNN, yaitu nilai tertinggi, nilai terendah, nilai rata-rata, frekuensi terakhir, akar kuadrat dari tegangan. Pada metode FNN, dilakukan proses pembelajaran yang berulang-ulang yang bertujuan untuk mencapai nilai konvergensi nilai bobot [15]. Output FNN adalah hasil nilai prediksi distorsi harmonisa. Input dari sensor tegangan dan sensor arus pada input *layer* digunakan sebagai input setiap neuron yang terdapat dalam *hidden layer*. Jumlah *hidden layer* pada penelitian ini digunakan sebanyak 1 *layer*, 2 *layer*, dan 3 *layer*. Masing-masing *layer* memiliki neuron sebanyak 1000, 1000 dan 500. Hasil perbandingan prediksi nilai THDv menggunakan metode FNN dan perhitungan secara manual dapat dilihat pada Tabel 1-3. Berdasarkan tabel tersebut bahwa semakin banyak jumlah *hidden layer*, semakin tinggi tingkat akurasi prediksi THD dibandingkan dengan perhitungan THD secara manual. Semakin banyak neuron pada setiap *hidden*

layer, semakin tinggi juga tingkat akurasi prediksi THD jika dibandingkan dengan perhitungan THD secara manual.

Pada percobaan ini juga dilakukan prediksi THDi dengan cara mengubah nilai parameter *epoch* pada proses pelatihan. *Epoch* merupakan jumlah pengulangan data satu kali putaran (dataset) yang dilakukan pada saat pelatihan. Setiap algoritma memiliki nilai *epoch* yang sesuai dan tidak dapat diketahui. Maka perlu dilakukan pada pengujian ini [8]. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan perubahan jumlah *epoch* sebanyak 10, 50 dan 100, dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4-6.

**Tabel 1. Prediksi THDv Menggunakan JST 1 Hidden Layer dengan Jumlah Neuron 1000**

Beban	Tegangan	Arus	Prediksi THDv	Perhitungan THDv	Akurasi THDv
Lampu LED	219	0.106	0.05101	0.03399	67%
Charger HP	216	0.062	0.07570	0.04050	54%
Charger Laptop	218	0.340	0.03270	0.03782	84%
Printer	212	3.800	0.01968	0.03333	31%

**Tabel 2. Prediksi THDv Menggunakan JST 2 Hidden Layer dengan Jumlah Neuron 1000 dan 1000**

Beban	Tegangan	Arus	Prediksi THDv	Perhitungan THDv	Akurasi THDv
Lampu LED	219	0.106	0.02953	0.03399	87%
Charger HP	216	0.062	0.04985	0.04050	77%
Charger Laptop	218	0.340	0.03573	0.03782	94%
Printer	212	3.800	0.03568	0.03333	93%

**Tabel 3. Prediksi THDv Menggunakan JST 3 Hidden Layer dengan Jumlah Neuron 1000, 1000 dan 500**

Beban	Tegangan	Arus	Prediksi THDv	Perhitungan THDv	Akurasi THDv
Lampu LED	219	0.106	0.03421	0.03399	99%
Charger HP	216	0.062	0.04043	0.04050	100%
Charger Laptop	218	0.340	0.03663	0.03782	97%
Printer	212	3.800	0.03420	0.03333	97%

**Tabel 4. Prediksi THDi Menggunakan JST 10 Epoch**

Nama beban	Tegangan	Arus	Prediksi THDi	Perhitungan THDi	Akurasi THDi
Lampu LED	219	0.106	1.49057	0.31169	21%
Charger HP	216	0.062	3.09725	1.39239	45%
Charger Laptop	218	0.339	1.64699	0.79743	48%
Printer	212	3.800	1.14132	0.57337	50%

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4-6, dapat diketahui bahwa nilai prediksi THDi menggunakan metode FNN dengan 10 *epoch* dibanding dengan hasil perhitungan manual diperoleh tingkat akurasi rata-rata sebesar 41%, pada prediksi menggunakan FNN dengan 50 *epoch* diperoleh akurasi rata-rata sebesar 90,25% dan pada prediksi menggunakan FNN dengan 50 *epoch* diperoleh akurasi rata-rata sebesar 98.5%. Semakin tinggi *epoch*,

akurasi yang diperoleh semakin baik. Hal ini karena jumlah iterasi yang semakin tinggi menghasilkan pembelajaran yang lebih baik. Namun hal ini juga dipengaruhi oleh bentuk data, apabila data masukan tidak tepat, maka semakin tinggi *epoch* nilai akurasi tetap tidak berubah karena mengalami saturasi.

**Tabel 5. Prediksi THDi Menggunakan JST 50 Epoch**

Nama beban	Tegangan	Arus	Prediksi THDi	Perhitungan THDi	Akurasi THDi
Lampu LED	219	0.106	0.29983	0.31169	96%
Charger HP	216	0.062	1.41119	1.39239	99%
Charger Laptop	218	0.339	0.62386	0.79743	72%
Printer	212	3.800	0.61134	0.57337	94%

**Tabel 6. Prediksi THDi Menggunakan JST 100 Epoch**

Nama beban	Tegangan	Arus	Prediksi THDi	Perhitungan THDi	Akurasi THDi
Lampu LED	219	0.106	0.30870	0.31169	99%
Charger HP	216	0.062	1.40214	1.39239	99%
Charger Laptop	218	0.339	0.77449	0.79743	97%
Printer	212	3.800	0.57548	0.57337	99%

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di atas dapat disimpulkan, bahwa gangguan harmonisa pada beban nonlinier yang mengandung bahan semikonduktor menghasilkan harmonisa yang lebih tinggi, jika dibandingkan dengan beban yang tidak bersifat semikonduktor. Metode FNN dapat digunakan untuk melakukan prediksi nilai *Total Harmonic Distortion* arus dan tegangan pada sistem tenaga listrik secara *real time* menggunakan peralatan berbasis Arduino. Hasil yang diperoleh akan menghasilkan akurasi yang semakin tinggi apabila jumlah *layer*, jumlah neuron setiap *layer*, dan jumlah *epoch* pada FNN semakin banyak.

#### Referensi

- [1]. A. Cahyani, "Studi Analisis Pengaruh Harmonisa Beban Nonlinier Rumah Tangga Terhadap Hasil Penunjukan Kwh Meter Digital 1 Fasa," *Jurnal Mahasiswa TEUB*, vol. 2, no. 1, 2014.
- [2]. R. Dhavitra, F. Firdaus, and F. Feranita, "Analisis Dampak Total Harmonic Distortion Terhadap Losses Dan Derating Pada Transformator Distribusi di Fakultas Teknik Universitas Riau," *Jom FTEKNIK*, vol. 2, no. 1, pp. 1–16, 2014.
- [3]. A. Suryajaya, "Pengaruh Total Harmonic Distortion (THD) Pada Suatu Sistem," *Skripsi, Program Studi Teknik Elektro Unika Soegijapranata*, 2011.
- [4]. I. Ismujiyanto and I. Isdawimah, "Desain Sistem Monitoring Kualitas Daya Listrik Secara Online," *Jurnal Poli-Teknologi*, vol. 14, no. 2, 2015.
- [5]. H. Sugiarto, "Mereduksi Harmonisa Arus Dan Rugi Daya Akibat Beban Nonlinier Dengan Memanage Penggunaan Beban Listrik Rumah Tangga," *ELKHA: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 7, no. 1.

- [6]. A. E. Tama, A. Priyadi, and M. H. Purnomo, "Desain Sistem Pendeteksian dan Monitoring Harmonisa Arus Secara Online Menggunakan Transformasi S Berbasis LabVIEW," *Proceeding Seminar Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Periode Semester Genap 2011-2012, ITS*, pp. 1–6, 2012.
- [7]. D. Kumar, P. Ghosh, and P. S. Bhowmik, "A Comparative Analysis of Harmonics Distortion and Transient Monitor in LABVIEW," in *2019 IEEE 1st International Conference on Energy, Systems and Information Processing (ICESIP)*, 2019, pp. 1–6.
- [8]. A. Ubrani, S. Pathak, B. Kenia, M. Gaikwad, and I. A. Siddavatam, "IoT Based Real-Time Harmonic Monitoring System for Distributed Generation," in *2018 3rd International Conference for Convergence in Technology (I2CT)*, 2018, pp. 1–6.
- [9]. E. Wahjono *et al.*, "Pendeteksian Harmonisa Arus Berbasis Feed Forward Neural Network Secara Real Time," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. 16, no. 1, 2020.
- [10]. N. Nadhiroh and A. D. Aji, "Real-time Monitoring of Power Quality for Web Based Electrical Power Panel using LabVIEW," in *2019 International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICECOS)*, 2019, pp. 217–221.
- [11]. E. M. Kuyumani, A. N. Hasan, and T. Shongwe, "Harmonic Current and Voltage Monitoring using Artificial Neural Network," in *2020 International Conference on Artificial Intelligence, Big Data, Computing and Data Communication Systems (icABCD)*, 2020, pp. 1–5.
- [12]. L. Assaffat, "Prediksi THD Tegangan Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Support Vector Machine Dengan Fungsi Kernel Gaussian RBF," in *Prosiding Seminar Nasional Publikasi Hasil-Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, Universitas Muhammadiyah Semarang, 2017, vol. 1, no. 1, pp. 214–220.
- [13]. M. A. Stošović, D. Stevanović, and M. Dimitrijević, "Monitoring and Classification of Nonlinear Loads Based on Artificial Neural Networks," in *2017 13th International Conference on Advanced Technologies, Systems and Services in Telecommunications (TELSIKS)*, 2017, pp. 443–446.
- [14]. C. F. Nascimento, A. A. Oliveira Jr, A. Goedel, and A. B. Dietrich, "Harmonic Distortion Monitoring for Nonlinear Loads Using Neural-Network-Method," *Applied Soft Computing*, vol. 13, no. 1, pp. 475–482, 2013.
- [15]. E. Yuliani, A. N. Aini, and C. U. Khasanah, "Perbandingan Jumlah Epoch Dan Steps Per Epoch Pada Convolutional Neural Network Untuk Meningkatkan Akurasi Dalam Klasifikasi Gambar," *Jurnal Informa*, vol. 5, no. 3, pp. 23–27, 2019.