

# Sistem Pemantauan *Total Harmonic Distortion* Secara *Real Time* Menggunakan Metode *Feedforward Neural Network*

<sup>1</sup> Santa Setiawati, <sup>2</sup> Faqih Rofii, <sup>3</sup> Diky Siswanto

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Elektro, Universitas Widyagama Malang

Corresponding author: <sup>1</sup>santa.setiawati@gmail.com, <sup>2</sup>faqih@widyagama.ac.id, <sup>3</sup>dsiswanto@widyagama.ac.id

**Abstract** - Development of science and technology, using electronic device in households increasing highly. In this era, many electronic device using semiconductor circuit. For example, electronic device like television, LED display, laptop and charger are using semiconductor circuit. Semiconductor circuit generate frekuensi different with the fundamental frekuensi and distract the fundamental frekuensi at current and voltage. This fenomenal called distortion harmonic. Negative effect of distortion harmonic at electronic device is make shorten life itself. Therefore monitoring and control of harmonic interference is increasingly being developed. In this research explain about design a monitoring tool for distortion harmonic using a current sensor and a voltage sensor both of which will be connected to Arduino as a data acquisition medium. Current and voltage data obtained will be converted from the time domain to the frequency domain by the Fast Fourier Transform (FFT) method. The results of the FFT will be processed into a Total Harmonic Distortion (THD) value by the neural network method.

**Keywords** - *Arduino, current sensor, voltage sensor, Fast Fourier Transform, Neural Network, Total Harmonic Distortion*

**Abstrak** - Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, penggunaan peralatan elektronika pada rumah tangga semakin tinggi. Dalam era ini, Banyak peralatan elektronik yang menggunakan rangkaian semikonduktor. Sebagai contoh peralatan seperti televisi, LED display screen, laptop dan juga charger merupakan sejumlah peralatan yang menggunakan rangkaian semikonduktor. Rangkaian semikonduktor menimbulkan frekuensi berbeda dari frekuensi dasar dan mengganggu frekuensi dasar dalam arus dan tegangan. Fenomena ini disebut distorsi harmonisa. Efek buruk gangguan harmonisa pada peralatan elektronika adalah membuat semakin rendah usia dari alat tersebut. Oleh karena itu pemantauan dan pengendalian dari gangguan harmonisa semakin dikembangkan. Pada artikel ini dipaparkan tentang rancang bangun alat pemantau gangguan harmonisa menggunakan sensor arus dan sensor tegangan yang keduanya tersambung dengan Arduino sebagai media akuisisi data. Data arus dan tegangan yang diperoleh diubah dari domain waktu menjadi domain frekuensi dengan metode *Fast Fourier Transform* (FFT). Data yang sudah menjadi domain frekuensi kemudian diambil magnitudonya. Hasil dari FFT akan diolah menjadi nilai *Total Harmonic Distortion* (THD) dengan metode *neural network*.

**Kata Kunci** - *Arduino, sensor arus, sensor tegangan, Fast Fourier Transform, Neural Network, Total Harmonic Distortion*

## PENDAHULUAN

Penggunaan alat listrik dalam rumah tangga saat ini sangatlah beragam. Sejumlah Peralatan seperti televise LED, laptop, printer dan masih banyak lainnya merupakan peralatan elektronik yang menggunakan rangkaian elektronika daya. Penggunaan rangkaian elektronika daya pada peralatan elektronik dapat menyebabkan munculnya arus atau tegangan dengan besar frekuensinya melebihi frekuensi fundamental. Hal ini disebut sebagai frekuensi harmonik [1]. Beberapa dampak dari gangguan harmonisa adalah peningkatan suhu pada peralatan listrik yang berakibat pada umur pakai peralatan tersebut, adanya *losses* dan derating [2]. Selain itu beban non-linier dapat berdampak pada menurunnya kualitas daya dari suatu sumber listrik akibat adanya gangguan harmonisa [3].

Dengan semakin banyaknya permasalahan akibat gangguan harmonisa, maka pemantauan dan pengendalian dari gangguan harmonisa semakin dikembangkan [4]. Pada penelitian lain dilakukan pemantauan terhadap kualitas daya yang juga mencakup THD secara *online* [5]. Beberapa persamaan digunakan untuk menghitung daya semu, daya nyata, daya reaktif dan mengukur energi listrik. Data berupa angka, bentuk gelombang, vektor diagram dan grafik. Pada penelitian ini perhitungan dari nilai THD arus dan THD tegangan dilakukan menggunakan metode *neural network*.

Pada artikel ini akan dipaparkan hasil penelitian tentang sistem pemantauan *total harmonic distortion* secara *real time* menggunakan metode *feedforward neural network*.

## METODE PENELITIAN

### Metode

Penelitian sistem pemantauan *total harmonic distortion* secara *real time* menggunakan metode *feedforward neural network* dimulai pada bulan Agustus 2019 sampai dengan Juli 2020. Tempat penelitian tersebut dilakukan di kota Malang.

Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahap dalam perencanaan dan pembuatan sistem yang meliputi perancangan perangkat lunak, perancangan tampilan, perancangan perangkat keras.

Perancangan perangkat lunak meliputi pengambilan data arus dan tegangan melalui Arduino, mengubah *sampling* data dari domain waktu menjadi domain frekuensi, *learning* untuk

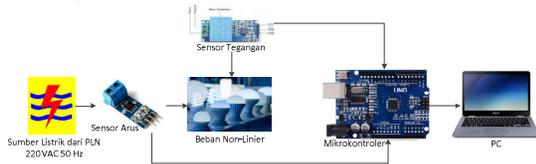
neural network dan melakukan prediksi nilai THD menggunakan neural network.

Perancangan tampilan akan menampilkan persentase THD arus dan tegangan dalam bentuk grafik (trend).

Perancangan perangkat keras diperlukan untuk dapat melakukan pemantauan terhadap gangguan harmonisa. Alat utama yang diperlukan yaitu Arduino, sensor arus, dan sensor tegangan.

**Gambar dan Tabel**

Pada penelitian ini dibutuhkan beberapa komponen elektronika dan device penunjang agar sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Berikut adalah blok diagram dari sistem yang dibuat:

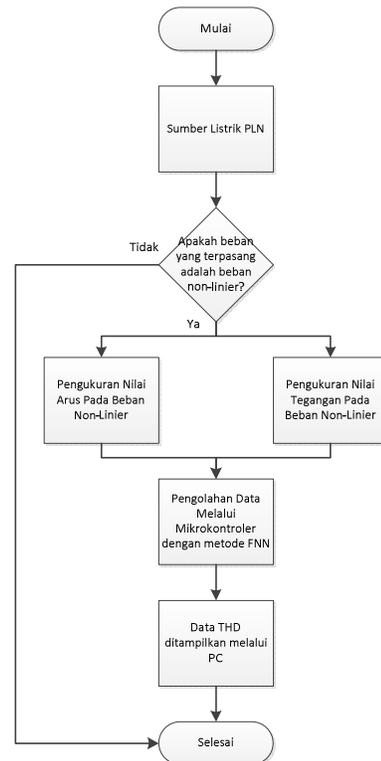


Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Keterangan dan penjelasan dari blok diagram:

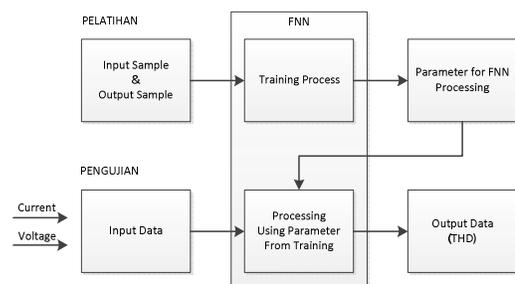
- PC merupakan perangkat yang berfungsi sebagai media untuk menampilkan data dari sistem pemantauan.
- Mikrokontroler merupakan perangkat yang menjadi pusat kendali dari sistem pemantauan THD.
- Beban non-linier merupakan parameter yang menyebabkan terjadinya gangguan harmonisa yang akan dipantau.
- Sensor tegangan merupakan perangkat yang digunakan untuk mendeteksi nilai tegangan dari beban non-linier yang tersambung dalam sistem.
- Sensor arus merupakan perangkat yang digunakan untuk mendeteksi nilai arus dari beban non-linier yang tersambung dalam sistem.
- Sumber listrik PLN merupakan sumber daya yang akan dilewatkan pada sistem.

Berdasarkan blok diagram yang telah disebutkan sebelumnya, tahapan proses penelitian ini dapat digambarkan melalui digram alir berikut:



Gambar 2. Diagram Alir Sistem

Sistem pemantauan pada penelitian ini menggunakan neural network sebagai metode untuk memprediksi nilai gangguan harmonisa suatu beban. Pengaplikasian neural network pada suatu system memerlukan pelatihan atau learning. Pelatihan ini dimaksudkan untuk memperoleh nilai parameter FNN yang paling optimal. Proses pelatihan FNN akan dilakukan dengan menggunakan software Python.



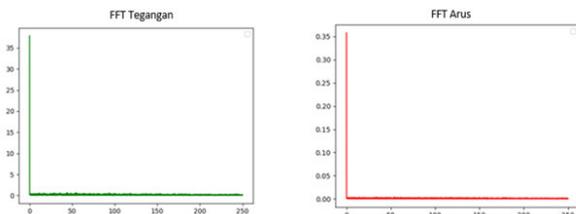
Gambar 3. Gambaran umum FNN

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bagian ini dilakukan pengujian terhadap sistem FFT yang telah dibuat. Pengujian dilakukan dalam 4 tahap yaitu pengujian tanpa sumber tegangan, pengujian dengan sumber

tegangan tanpa beban, pengujian dengan noise dan pengujian dengan beban.

FFT tanpa sumber tegangan

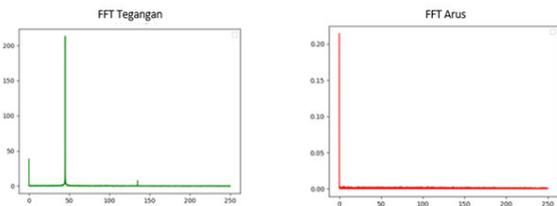


Gambar 4. FFT tanpa sumber tegangan

Ketika tidak ada sumber tegangan maka tidak ada frekuensi yang terdeteksi. FFT merupakan metode yang digunakan untuk mengubah sinyal dari domain waktu menjadi domain frekuensi. Sehingga ketika tidak ada sumber tegangan, maka frekuensi bernilai 0 akan menampilkan magnitude yang paling tinggi setelah dilakukan proses FFT. Nilai tersebut terlihat pada sensor tegangan dan sensor arus.

FFT dengan sumber tegangan tanpa beban

Pengujian ini dilakukan dengan menyambungkan alat ukur ke sumber tegangan 220VAC namun alat ukur tidak disambungkan ke beban apapun.



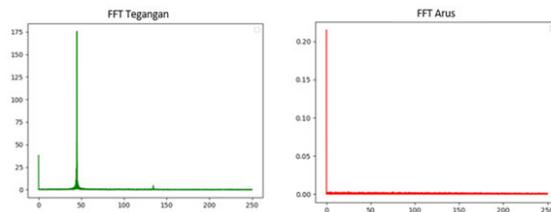
Gambar 5. FFT dengan sumber tegangan tanpa beban

Ketika alat ukur diberi sumber tegangan pada grafik FFT menunjukkan perbedaan grafik antara tegangan dan arus. Pada sensor tegangan menunjukkan adanya magnitude fundamental pada frekuensi dikisaran 50Hz.

Pada sensor arus tidak terdapat frekuensi fundamental dikisaran 50Hz dikarenakan tidak adanya beban. Nilai tertinggi ditampilkan pada frekuensi 0 dikarenakan tidak adanya gelombang arus yang melalui sensor arus.

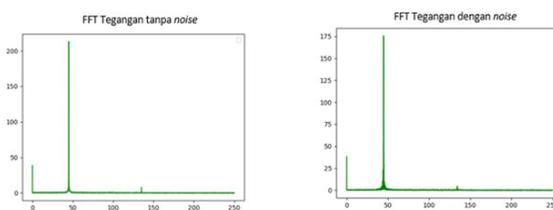
FFT dengan noise

Percobaan mengunkan noise dilakukan secara manual dengan cara menyala-matikan sumber tegangan.



Gambar 6. FFT dengan noise

Tegangan masih tetap terbaca, sehingga data FFT yang ditampilkan dari sensor tegangan masih menunjukkan frekuensi fundamental dikisaran 50Hz. Namun dengan adanya noise terjadi penebalan pada grafik FFT disetiap frekuensi, yang berarti terjadi kenaikan magnitude pada setiap frekuensi.

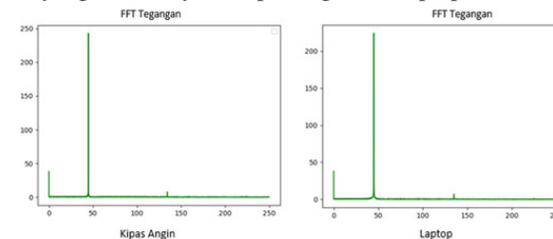


Gambar 4. Perbandingan FFT tegangan tanpa noise dan dengan noise

Pada data tanpa noise dan dengan noise keduanya menunjukkan frekuensi fundamental dikisaran 50Hz. Adapun harmonisa pada kedua kondisi tidak menunjukkan adanya perbedaan harmonisa. Sehingga kesimpulannya harmonisa dapat dimunculkan apabila noise berasal dari peralatan yang memiliki frekuensi khas, seperti peralatan semi konduktor atau beban induktif dengan frekuensi tertentu.

FFT dengan beban

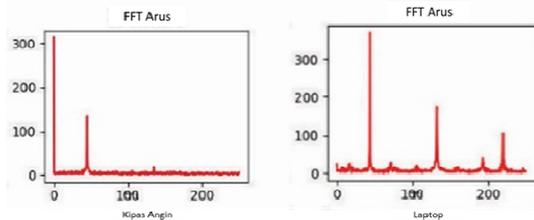
Pada bagian ini dilakukan percobaan dengan dua jenis beban yang berbeda yaitu kipas angin dan laptop.



Gambar 7. Perbandingan FFT tegangan beban kipas angin dan beban laptop

FFT dengan beban kipas angin dan laptop diperoleh frekuensi fundamental yang sama yaitu pada kisaran 50Hz dengan harmonisa pada kisaran 130Hz. Apabila kedua data dibandingkan dengan data tanpa beban, hasil FFT menunjukkan

kesamaan hasil. Sehingga tegangan tidak terlalu mengalami gangguan. Dapat disimpulkan bahwa beban tidak terlalu berpengaruh pada perubahan tegangan. Perubahan tegangan dapat diakibatkan oleh gangguan yang terjadi pada sumber tegangan.



Gambar 8. Perbandingan FFT arus beban kipas angin dan beban laptop

Pada beban kipas angin diperoleh satu magnitudo yang menunjukkan adanya harmonisa pada frekuensi kisaran 130 Hz. Sedangkan pada beban laptop diperoleh enam magnitudo yang menunjukkan adanya harmonisa pada frekuensi dikisaran 70Hz, 100Hz, 130Hz, 160Hz, 190Hz dan 220Hz. Berdasarkan data tersebut, gangguan pada arus dapat dengan mudah diperoleh. Hal ini berhubungan dengan cara beban menarik arus. Pada beban kipas angin, tidak ada perubahan arus yang signifikan sehingga pada beban yang tidak mengandung sistem semi konduktor tidak akan menambah harmonisa [1]. Sedangkan pada beban laptop, power supply menggunakan sistem switching sehingga ada frekuensi yang bekerja untuk menarik arus yang berubah-ubah.

Pegujian akurasi *learning* pada *neural network*

Dalam jaringan saraf tiruan, proses pembelajaran yang berulang-ulang bertujuan untuk mencapai nilai konvergensi nilai bobot[6]. Pada percobaan ini dilakukan dengan cara mengubah nilai parameter epoch pada proses learning. Epoch merupakan jumlah pengulangan data satu kali putaran (dataset) yang dilakukan pada saat learning. Setiap algoritma memiliki nilai epoch yang sesuai dan tidak dapat diketahui. Maka perlu dilakukan pada pengujian ini. Dengan melakukan perbandingan perubahan perubahan jumlah epoch dari epoch 10, epoch 30, epoch 50 dan epoch 100.

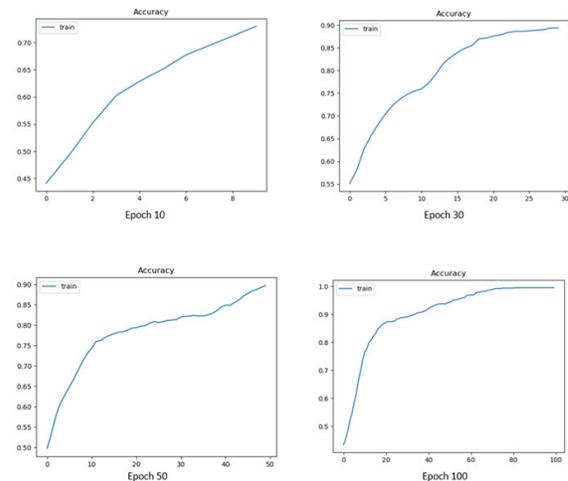
Tabel 1. menyajikan hasil pengujian akurasi Neural Network Learning yang telah dilakukan:

Tabel 1. Hasil Percobaan Epoch

Epoch 10			Epoch 30		
Prediksi	THD	Akurasi	Prediksi	THD	Akurasi
0.018434	0.033327	55%	0.02606	0.044219	59%
0.064549	0.115432	56%	0.024121	0.038189	63%
0.016861	0.028359	59%	0.026287	0.040498	65%
0.020024	0.028495	70%	0.030476	0.046677	65%
0.01787	0.025269	71%	0.030525	0.044666	68%

Epoch 50			Epoch 100		
Prediksi	THD	Akurasi	Prediksi	THD	Akurasi
0.02589	0.033273	78%	0.031064	0.033032	94%
0.026485	0.033787	78%	0.028299	0.029737	95%
0.028466	0.036089	79%	0.035073	0.036089	97%
0.036622	0.044666	82%	0.037434	0.037818	99%
0.036908	0.033032	88%	0.040185	0.040498	99%

Berdasarkan tabel hasil pengujian, dapat diketahui dataset prediksi dibanding dengan hasil perhitungan menggunakan epoch 10 menghasilkan tingkat akurasi rata-rata sebesar 62%, epoch 30 menghasilkan tingkat akurasi sebesar rata-rata sebesar 64%, epoch 50 diangka 81% dan epoch 100 diangka 97%.

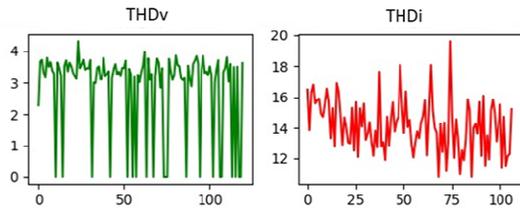


Gambar 9. Perubahan parameter *learning*

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

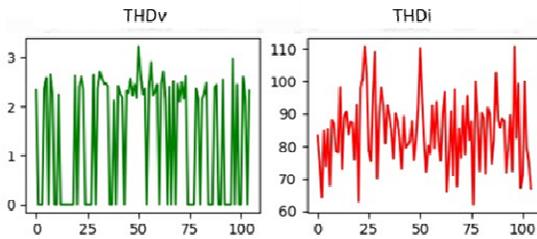
Pengujian keseluruhan sistem

Pada bagian ini dilakukan pengujian terhadap keseluruhan sistem yang telah dibuat. Pengujian dilakukan setelah Neural Network learning dan diperoleh tingkat akurasi yang cukup tinggi. Hasil dari Neural Network learning diimplementasikan ke program Neural Network untuk memperoleh hasil prediksi nilai THD dari beban yang disambungkan ke alat ukur. Pada percobaan ini dilakukan dengan dua jenis beban yaitu kipas angin dan laptop.



Gambar 10. Grafik THDv dan THDi pada beban kipas angin

Dari gambar di atas diperoleh prediksi nilai THDv untuk beban kipas angin sebesar 3,461% dan untuk THDi sebesar 16,659%. Sedangkan perhitungan menggunakan rumus [1], untuk beban kipas angin memiliki nilai THDv sebesar 3,598% dan THDi sebesar 15,911%.



Gambar 11. Grafik THDv dan THDi pada beban laptop

Dari gambar di atas diperoleh prediksi nilai THDv untuk beban laptop sebesar 3,414% dan untuk THDi sebesar 40,091%. Sedangkan perhitungan menggunakan rumus [1], untuk laptop memiliki nilai THDv sebesar 3,206% dan THDi sebesar 47,911%.

#### KESIMPULAN

Setelah dilakukan beberapa tahap pengujian pada keseluruhan sistem maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Gangguan harmonisa pada tegangan terjadi dan akan bertambah apabila terdapat gangguan pada sumber tegangan, bukan dari beban.

2. Gangguan harmonisa pada arus terjadi dan akan bertambah apabila terdapat gangguan dari sumber tegangan dan beban.

3. Gangguan harmonisa pada beban yang bersifat semikonduktor lebih tinggi dibandingkan dengan beban yang tidak bersifat seikonduktor.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Soemarwanto, "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, Firdaus, and Feranita, "Analisis Dampak Total Harmonic Distortion Terhadap Losses Dan Derating Pada Transformator Distribusi Di Fakultas Teknik Universitas Riau | Dhavitra | Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains." <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/6386/6085> (accessed Mar. 31, 2019).
- [3] A. SURYAJAYA, "Pengaruh Total Harmonic Distortion (THD) Pada Suatu Sistem," PhD Thesis, Prodi Teknik Elektro Unika Soegijapranata, 2011.
- [4] J. K. Phipps, J. P. Nelson, and P. K. Sen, "Power quality and harmonic distortion on distribution systems," *IEEE transactions on industry applications*, vol. 30, no. 2, pp. 476–484, 1994.
- [5] I. Ismujiyanto and I. Isdawimah, "DESAIN SISTEM MONITORING KUALITAS DAYA LISTRIK SECARA ONLINE," *Jurnal Poli-Teknologi*, vol. 14, no. 2, 2016.
- [17] 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.