

PATTERN RECOGNITION UNTUK MENDETEKSI DAN MENGKLASIFIKASI MASALAH KUALITAS DAYA LISTRIK MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN

Ahmad Burhanuddin Billah¹, M. Jasa Afroni², Effendi S Wirateruna

¹Universitas Islam Malang

^{2,3} Universitas Islam Malang

21801053024@unisma.ac.id, jasa.afroni@unisma.ac.id, efendi.s.wirateruna@unisma.ac.id

Abstract

This paper contains a pattern recognition method for detecting and classifying power quality problems using artificial neural networks. Artificial neural network (ANN) is a processing system that imitates the workings of the human neural system using a computer. ANN can solve certain problems such as classification of learning processes or pattern recognition. One of the branches of ANN is pattern recognition. Pattern recognition using ANN can identify and classify an object or pattern automatically using a computer. A pattern can be identified through its characteristics that are used to distinguish a pattern from other patterns. In order to obtain the characteristics of the analyzed power quality signal, it is necessary to extract the signal with the help of the Hilbert Huang Transform. The characteristics of the extracted power quality signal will be used to train and test pattern recognition using ANN in detecting and classifying the power quality signal class being analyzed. Based on the results of training and testing, it can be concluded that pattern recognition using ANN can effectively detect and classify the analyzed power quality problems

Keywords— Artificial Neural Networks, Pattern Recognition, Power Quality, Detection and Classification.

Abstraks

Makalah ini berisikan metode pattern recognition dalam mendeteksi dan mengklasifikasi masalah kualitas daya listrik menggunakan jaringan saraf tiruan. Jaringan syaraf tiruan (JST) merupakan sistem pemrosesan yang meniru cara kerja dari sistem syaraf manusia menggunakan peralatan bantu berupa komputer. JST dapat memecahkan masalah tertentu seperti klasifikasi proses pembelajaran ataupun pengenalan bentuk pola. Salah satu cabang ilmu JST ialah pattern recognition. Pattern recognition menggunakan JST dapat mengenali dan mengelompokkan suatu objek atau pola secara otomatis menggunakan komputer. Sebuah pola dapat diidentifikasi melalui ciri-cirinya yang digunakan untuk membedakan suatu pola dengan pola lainnya. Guna mendapatkan ciri-ciri dari sinyal kualitas daya yang dianalisis, perlu dilakukan ekstraksi sinyal dengan bantuan Transformasi Hilbert Huang. Ciri-ciri sinyal kualitas daya hasil ekstraksi akan digunakan untuk melatih dan menguji pattern recognition menggunakan JST dalam mendeteksi dan mengklasifikasi ke dalam kelas sinyal kualitas daya yang dianalisis. Berdasarkan hasil pelatihan dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa pattern recognition menggunakan JST dapat secara efektif mendeteksi dan mengklasifikasi masalah kualitas daya yang dianalisis

Kata Kunci— Jaringan Syaraf Tiruan, Pattern Recognition, Kualitas Daya Listrik, Deteksi dan Klasifikasi.

I. PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini, isu terkait kualitas daya listrik sangat menjadi perhatian, dimana peralatan listrik modern saat ini memiliki kepekaan tinggi terhadap gangguan kualitas daya listrik. Alasan mengapa isu kualitas daya listrik harus diberikan perhatian lebih, ialah karena sistem tenaga listrik yang saling berhubungan dalam suatu jaringan interkoneksi, di mana sistem tersebut memberikan suatu konsekuensi bahwa kegagalan dari setiap komponen dapat mengakibatkan kegagalan pada

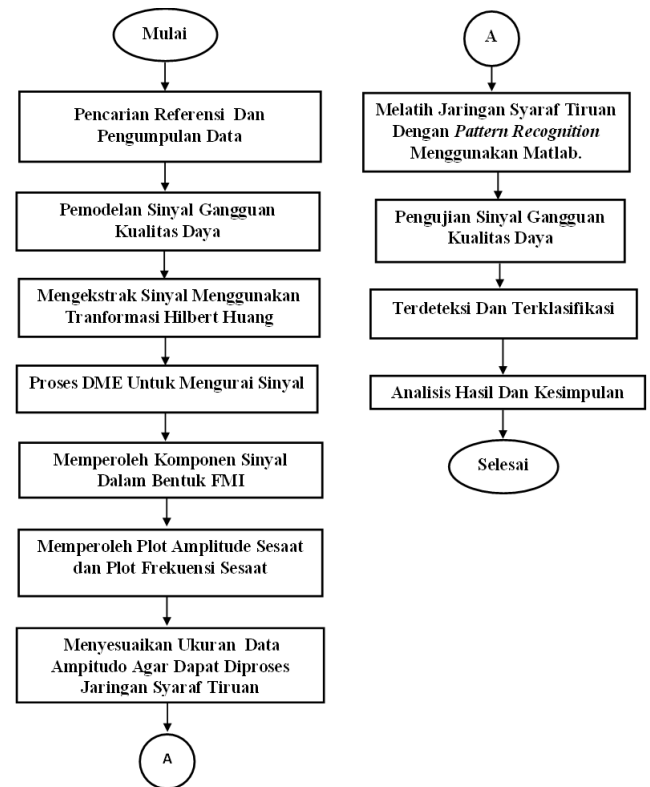
komponen lainnya. Istilah kualitas daya listrik merupakan suatu konsep yang memberikan gambaran tentang baik atau buruknya mutu daya listrik akibat adanya beberapa jenis gangguan yang terjadi pada sistem kelistrikan. Gangguan kualitas daya merupakan masalah daya yang diwujudkan dalam penyimpangan tegangan, arus, atau frekuensi[1]. Gangguan kualitas daya listrik dapat berdampak pada ketidaksempurnaan operasi peralatan listrik, menyebabkan kerusakan peralatan listrik yang berujung pada kerugian ekonomi. Sinyal listrik yang mengandung gangguan kualitas daya ini

dapat menyebabkan kegagalan dan berkurangnya keandalan peralatan listrik. Sekecil apapun gangguan kualitas daya listrik akan berdampak merugikan bagi pembangkit maupun bagi pengguna [2].

Guna meningkatkan kualitas pelayanan listrik, gangguan kualitas daya tersebut harus diidentifikasi dengan benar sebelum melakukan tindakan perbaikan dengan tepat. Untuk mengidentifikasi gangguan kualitas daya, biasanya dilakukan perekaman dan pengumpulan data tegangan dan arus menggunakan alat. Alat ini biasa disebut dengan *power quality* meter atau *power quality analyzer*[3]. Selanjutnya data tersebut dianalisis oleh ahlinya untuk diidentifikasi jenis gangguannya. Tentunya cara seperti ini memerlukan waktu dan membutuhkan orang yang ahli untuk menganalisis data kualitas daya listrik tersebut. Oleh karena itu, perlu adanya pengembangan metode untuk mengidentifikasi gangguan kualitas daya secara otomatis dengan menggunakan teknik-teknik pemrosesan sinyal digital dan sistem cerdas. Diantara isu penting dalam analisis kualitas daya adalah deteksi dan klasifikasi sinyal gangguan secara otomatis dengan cara yang efektif[2].

Semakin berkembangnya teknologi saat ini menyebabkan adanya pertumbuhan dan perluasan lingkup yang membutuhkan kehadiran kecerdasan buatan. Diantaranya, muncul beberapa teknologi yang ditujukan untuk membuat komputer lebih pintar agar dapat meniru kerja manusia sehari-hari[4]. Kecerdasan buatan tidak hanya berkembang di bidang ilmu komputer, namun juga sudah menjalar di berbagai ilmu seperti: pengolahan citra, teori kendali, robotika dan salah satunya adalah pengenalan pola (*pattern recognition*), citra, karakter dan suara menggunakan jaringan saraf tiruan (JST) [5]. Diantara kelebihan jaringan syaraf tiruan (JST) adalah untuk memecahkan masalah tertentu seperti pengenalan bentuk pola ataupun klasifikasi proses pembelajaran[6]. Penerapan jaringan saraf tiruan untuk mengenali karakter ini dapat digunakan untuk membantu mendeteksi dan mengklasifikasi gangguan kualitas daya listrik.

Pattern recognition menggunakan JST dapat mengenali dan mengelompokkan suatu objek atau pola secara otomatis menggunakan komputer. Sebuah pola dapat diidentifikasi melalui ciri-cirinya yang digunakan untuk membedakan suatu pola dengan pola lainnya[7]. Guna mendapatkan ciri-ciri dari sinyal kualitas daya yang dianalisis, perlu dilakukan ekstraksi sinyal dengan bantuan Tranformasi Hilbert Huang. Ciri-ciri sinyal kualitas daya hasil ekstraksi akan digunakan untuk melatih dan menguji *pattern recognition* menggunakan JST dalam mendeteksi dan mengklasifikasi ke dalam kelas sinyal kualitas daya yang dianalisis.



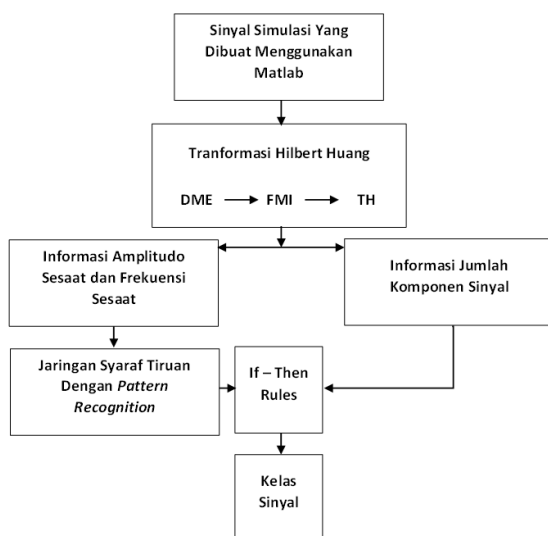
Gambar 1 Diagram Alur Penelitian

II. METODE PENELITIAN

Alur kerja pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1 yang dimulai dari pencarian referensi dari buku, *paper* maupun dari jurnal hasil penelitian sebelumnya. Kemudian, mengumpulkan data-data yang berhubungan dengan penelitian. Selanjutnya membuat rancangan model sinyal gangguan kualitas daya menggunakan matlab. Setelah model sinyal gangguan kualitas daya dibuat, akan diekstrak oleh Tranformasi Hilbert Huang guna memperoleh plot amplitudo sesaat dan plot frekuensi sesaat. Setelah itu ukuran frekuensi atau amplitudo disesuaikan sehingga dapat di proses oleh Jaringan Syaraf Tiruan. Proses selanjutnya yaitu melatih Jaringan Syaraf Tiruan dengan *Pattern Recognition* menggunakan matlab. Kemudian dilakukan pengujian sinyal gangguan pada Jaringan Syaraf Tiruan. Apabila sinyal gangguan dapat terdeteksi dan terklasifikasi akan di analisis hasil dari pengujian tersebut. Dari analisis dapat ditarik kesimpulan hasil pengujian deteksi dan klasifikasi gangguan kualitas daya listrik menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dengan *Pattern Recognition*.

Dalam mendeteksi dan mengklasifikasi sinyal kualitas daya yang dianalisis, digunakan blok diagram sistem pengklasifikasi yang berisikan tahapan-tahapan dalam mendeteksi dan mengklasifikasi sinyal kualitas daya. Gambar pemodelan sistem klasifikasi sinyal ditunjukkan pada Gambar 2 yang diawali dengan pemodelan

sinyal simulasi yang dibuat menggunakan MATLAB. Transformasi Hilbert Huang kemudian mengekstrak sinyal yang akan dianalisis menggunakan proses Dekomposisi Mode Empiris (DME) untuk memperoleh komponen sinyal dalam bentuk Fungsi Mode Intrinsik (FMI) yang mengandung informasi frekuensi dan amplitudo sesaat serta jumlah komponen dari sinyal tersebut. Setelah itu informasi frekuensi dan amplitudo sesaat akan dilatih menggunakan jaringan syaraf tiruan dengan *pattern recognition* yang mana akan mendeteksi dan mengklasifikasi berdasarkan kelas sinyal bersama informasi jumlah komponen sinyal melalui suatu aturan (*if-then rules*).



Gambar 2 Blok Diagram Klasifikasi Sinyal

1. Pemodelan Sinyal Kualitas Daya

Pada penelitian ini, dilakukan pemodelan sinyal kualitas daya dengan menggunakan MATLAB guna memperoleh sinyal kualitas daya. Maksud dari pemodelan ini ialah skenario untuk membuat sinyal yang bentuknya mendekati sinyal yang memiliki masalah kualitas daya. Sinyal-sinyal yang dimodelkan dan diuji pada penelitian ini yaitu *voltage sag*, *voltage swell*, harmonisa, *sag* dengan harmonisa, *swell* dengan harmonisa dan sinyal tegangan tanpa gangguan kualitas daya (sinyal normal).

Pada proses pemodelan sinyal ini, terdapat 2 pemodelan yaitu pemodelan sinyal untuk data latih dan pemodelan sinyal untuk data uji. Pemodelan sinyal untuk data latih hanya akan dilakukan pada sinyal *sag*, sinyal *swell*, dan sinyal normal. Sedangkan pemodelan sinyal untuk data uji, akan dilakukan pada keenam sinyal yang dianalisis. Pemodelan sinyal uji, dimodelkan berbeda dengan sinyal untuk data latih, yaitu dengan cara memberikan *noise* pada setiap sinyal. *Noise* yang digunakan pada penelitian ini adalah *noise* AWGN. AWGN merupakan singkatan dari *Additive White Gaussian Noise*. Definisi dari *white gaussian noise*

adalah sebuah sinyal acak yang dikarakteristikan oleh keluaran dari sebuah detektor linier (energi terbatas). AWGN ini adalah *noise* alami, yang selalu ada di setiap perangkat dan pasti terjadi dalam jaringan nirkabel. *Additive* artinya *noise* ini dijumlahkan dengan sinyal, *white* artinya *noise* tidak bergantung pada frekuensi sistem operasi dan memiliki rapat daya yang konstan, dan Gaussian berarti mengikuti distribusi Gaussian atau kadang juga disebut distribusi normal[8]. Dalam aplikasi MATLAB, fungsi AWGN menggunakan SNR (*Signal Noise Ratio*) sebagai rasio *noise*. *Signal Noise Ratio* merupakan perbandingan (*ratio*) antara kekuatan sinyal (*signal strength*) dengan kekuatan derau (*noise level*)[9]. Sinyal-sinyal tersebut dimodelkan dengan memiliki frekuensi 50 Hz sebagai frekuensi fundamental dengan standar IEEE 1159-1995[10].

2. Ekstraksi Sinyal

Transformasi Hilbert Huang (THH) akan mengekstraksi sinyal dengan cara menguraikan sinyal menggunakan proses Dekomposisi Mode Empiris (DME) untuk memperoleh komponen sinyal dalam bentuk Fungsi Mode Intrinsik (FMI) yang mengandung informasi frekuensi dan amplitudo dari komponen tersebut. Sinyal yang dimodelkan dan diekstraksi oleh THH yaitu *voltage sag*, *voltage swell*, harmonisa, *sag* dengan harmonisa, *swell* dengan harmonisa dan sinyal normal. Sinyal hasil ekstraksi dengan THH akan disimpan dalam suatu *database*. *Database* tersebut akan digunakan sebagai *input* dari Jaringan Saraf Tiruan.

3. Penyesuaian Data

Apabila *input* dari JST merupakan *raw data* (data murni yang belum diolah), terdapat risiko berupa neuron mencapai titik saturasinya. Jika neuron telah mencapai titik saturasinya, perubahan nilai *input* akan menghasilkan perubahan nilai yang kecil pada *output* sebagai akibatnya. Untuk menghindari risiko yang telah disebutkan, perlu dilakukan penyesuaian data.

Database hasil dari ekstraksi berupa data yang berjumlah 6000 data. Dari hasil ekstraksi akan dipilih sebuah karakter/*feature* yang nantinya akan digunakan melatih Jaringan Saraf Tiruan supaya dapat melakukan klasifikasi terhadap sinyal tersebut. Karakter/*feature* yang dipilih dalam penelitian ini adalah amplitudo sesaat, frekuensi sesaat dan jumlah komponen penyusun sinyal.

Selanjutnya perlu dilakukan penyesuaian data dengan cara pengambilan sampel (*downsample*) matriks dari 6000 data menjadi 101 data. Penyesuaian ini dilakukan agar data pada *database* lebih mudah saat diproses oleh jaringan saraf tiruan. Dari 101 data inilah yang nantinya akan dijadikan sebagai *input* dari jaringan saraf tiruan.

Agar dapat mendeteksi dan mengklasifikasi, jaringan saraf tiruan memerlukan data latih dan

data uji. Data latih dibuat pada sinyal *sag*, *swell* dan normal yang dimodelkan dengan dilakukan modifikasi pemodelan dan ekstraksi sinyal dengan masing-masing sinyal sebanyak 45 modifikasi sinyal. Sehingga didapatkan 135 model sinyal dari pemodelan dan ekstraksi sinyal. Pada 135 model sinyal, setiap 1 model sinyal berisikan 101 data pemodelan sinyal yang akan digunakan sebagai data latih pada pengolahan dengan jaringan saraf tiruan. Kemudian data uji yang dibuat pada sinyal *sag*, *swell* dan normal dimodelkan dengan melakukan modifikasi pemodelan dan ekstraksi sinyal yang berbeda dengan data latih. Modifikasi dilakukan dengan cara menambahkan *noise* pada sinyal.

4. Melatih Jaringan Saraf Tiruan

Pada Jaringan Saraf Tiruan, proses pelatihan dilakukan menggunakan sekumpulan data latih yang memuat parameter karakter/ ciri-ciri yang digunakan untuk membedakan antara objek satu dengan objek lainnya (pengenalan pola). Data latih tersebut dirambatkan maju menuju target latih melalui arsitektur jaringan saraf tiruan yang sebelumnya telah didesain. Penelitian ini menggunakan arsitektur jaringan saraf tiruan umpan maju (*Feedforward Network*) dengan jaringan banyak lapisan (*multilayer net*). Jaringan umpan maju terdiri dari serangkaian lapisan. Lapisan pertama memiliki koneksi dari *input* jaringan. Setiap lapisan berikutnya memiliki koneksi dari lapisan sebelumnya. Lapisan terakhir menghasilkan *output* jaringan. Jaringan *feedforward* dapat digunakan untuk segala jenis pemetaan input ke output. Sedangkan pada sinyal harmonisa, sinyal *sag* dengan harmonisa, dan sinyal *swell* dengan harmonisa hanya dimodelkan sebagai sinyal uji. Setiap sinyal uji dimodelkan dengan modifikasi penambahan *noise* pada sinyal.

135 model sinyal yang masing-masing berisikan 101 data dari pemodelan dan ekstraksi sinyal digunakan sebagai *input* jaringan saraf tiruan akan dilatih untuk dapat mengenali pola dari setiap sinyal sehingga saat dilakukan pengujian, jaringan saraf tiruan dapat mengklasifikasikan jenis sinyal. Dimana *output* jaringan saraf tiruan akan menjadi 6 jenis sinyal kualitas daya.

5. Pengujian Jaringan Saraf Tiruan

Setelah dilakukan pelatihan sinyal menggunakan jaringan saraf tiruan, selanjutnya dilakukan pengujian terhadap sinyal uji. Data sinyal uji didapatkan dengan cara pemodelan dan ekstraksi sinyal terlebih dahulu, namun perlu dimodifikasi dan dibedakan dengan data sinyal untuk pelatihan. Modifikasi dilakukan dengan cara menambahkan *noise* pada sinyal.

Pada proses pengujian, data uji dirambatkan maju sehingga diperoleh data keluaran yang kemudian dibandingkan dengan data latih dan diperoleh tingkat akurasi proses pengujian yaitu akurasi kecocokan pola. Pada proses pengujian ini

akan diberikan suatu aturan (*if-then rules*) seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Pada Tabel 1 data uji dideteksi oleh jaringan saraf tiruan berdasarkan hasil latihan pada data latih yang menghasilkan 3 sinyal yaitu *sag*, *swell*, dan normal. Jumlah komponen frekuensi pada *Sag*, *swell*, dan normal terdeteksi berjumlah satu. Namun jika jumlah komponen frekuensi terdeteksi berjumlah lebih dari satu, maka sinyal terdeteksi adanya distorsi harmonisa. Dengan aturan ini pengenalan pola (*Pattern Recognition*) dapat mengklasifikasi data uji sebagai kelas sinyal yang serupa dengan salah satu dari 6 sinyal kualitas daya yang dimodelkan.

Tabel 1 Suatu Aturan (*If-Then Rules*) Untuk Klasifikasi

If		Then
Jaringan Saraf Tiruan	Jumlah komponen frekuensi	Kelas Sinyal
Sag	1	Sag
Swell	1	Swell
Normal	1	Normal
Sag	>1	Sag+Harmonisa
Swell	>1	Swell+Harmonisa
Normal	>1	Harmonisa

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pemodelan Sinyal Gangguan Kualitas Daya

Pada penelitian ini, dilakukan pemodelan sinyal kualitas daya dengan menggunakan MATLAB. Sinyal yang dimodelkan dan diuji pada penelitian ini yaitu tegangan *sag*, tegangan *swell*, sinyal tegangan tanpa gangguan kualitas daya (sinyal normal), tegangan *sag* dengan harmonisa, tegangan *swell* dengan harmonisa, dan harmonisa. Pada tegangan *sag*, tegangan *swell*, sinyal tegangan tanpa gangguan kualitas daya (sinyal normal). Pada proses pemodelan sinyal ini, terdapat 2 pemodelan yaitu pemodelan sinyal untuk data latih dan pemodelan sinyal untuk data uji.

Pemodelan sinyal untuk data latih hanya akan dilakukan pada sinyal *sag*, sinyal *swell*, dan sinyal normal. Masing-masing sinyal yang dimodelkan untuk data latih akan dimodifikasi dengan 45 variasi model sinyal berbeda, yang mana akan didapatkan 135 variasi sinyal yang berbeda. Sehingga saat proses pelatihan, pengenalan pola karakter/*feature* setiap sinyal dapat tersimpan dan dikenali.

Sedangkan pemodelan sinyal untuk data uji, akan dilakukan pada keenam sinyal yang dianalisis. Pemodelan sinyal uji, dimodelkan berbeda dengan sinyal untuk data latih, yaitu dengan cara memberikan *noise* pada setiap sinyal. *Noise* yang digunakan pada penelitian ini adalah *noise* AWGN dengan rasio SNR yang berbeda - beda. Sinyal uji

dimodelkan dengan jumlah masing-masing sinyal 50 variasi. Sehingga data uji berjumlah 300 sinyal yang berbeda. Dengan ditambahkan *noise* dapat menyebabkan saat ekstraksi sinyal menggunakan Transformasi Hilbert Huang, terdapat perubahan jumlah komponen frekuensi yang berbeda. Sehingga kemampuan *pattern recognition* dalam mendeteksi dan mengklasifikasi sinyal kualitas daya dapat diamati.

Hasil dan pembahasan berisi hasil-hasil temuan penelitian dan pembahasannya secara ilmiah. Tuliskan temuan-temuan ilmiah yang diperoleh dari hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan tetapi harus ditunjang oleh data-data yang memadai.

Sinyal – sinyal ini dimodelkan dengan frekuensi sampling 10000 Hz dan frekuensi 50 Hz sebagai frekuensi dasar. Dengan rentang waktu 0 - 0,6 detik. Sinyal diberi label dengan nomor 1 sampai 6, seperti pada tabel 2.

Tabel 2 Sinyal yang dimodelkan

No	Sinyal
1.	Tegangan Turun (<i>Sag</i>)
2.	Tegangan Naik (<i>Swell</i>)
3.	Sinyal Normal
4.	<i>Sag</i> dengan Harmonisa
5.	<i>Swell</i> dengan Harmonisa
6.	Harmonisa

a. Hasil Pemodelan Sinyal untuk Data Latih

Hasil pemodelan sinyal *sag* untuk data latih dimodelkan dengan frekuensi sampling 10000 Hz. Dengan rentang waktu 0 - 0,6 detik dan menggunakan frekuensi dasar 50 Hz. Karena *sag* merupakan gangguan dengan penurunan nilai tegangan, dalam pemodelan sinyal ini, akan dilakukan perubahan pada y_b dan t . Dimana y_b dirancang sebagai penurunan level tegangan, sehingga terjadi gangguan kualitas daya *sag*, dan t dirancang sebagai waktu terjadinya gangguan kualitas daya. Sinyal *sag* untuk data latih dimodelkan dengan persamaan (1) :

$$\begin{aligned} y_a &= 1 \times \cos(2 \times \pi \times 50 \times t_a) \\ y_b &= r \times \cos(2 \times \pi \times 50 \times t_b) \\ y_c &= 1 \times \cos(2 \times \pi \times 50 \times t_c) \end{aligned} \quad (1)[2]$$

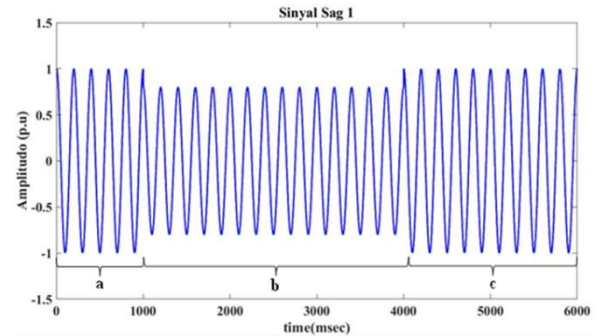
Dengan waktu t_a, t_b, t_c didapatkan dari :

$t_a = 0 - d$ detik, $t_b = d - u$ detik, $t_c = u - 0,6$ detik

keterangan persamaan (1) :

- pemodelan dilakukan dengan skenario perulangan (*for loop*)
- r merupakan rasio penurunan nilai tegangan pada sumbu y . r diskensariokan dengan nilai 0.8 – 0.9 dengan penambahan 0.05 pada setiap sinyal *sag*.
- y_a merupakan amplitudo selama waktu t_a
- y_b merupakan amplitudo selama waktu t_b
- y_c merupakan amplitudo selama waktu t_c

- d merupakan rasio waktu awal terjadinya penurunan tegangan. d diskensariokan dengan nilai 0.1 – 0.3 dengan penambahan 0.05.
- u merupakan rasio waktu akhir terjadinya penurunan tegangan atau waktu tegangan normal kembali. u diskensariokan dengan nilai 0.4 – 0.5 dengan penambahan 0.05.



Gambar 3 Sinyal Tegangan Turun (*Sag*) 1

Dengan skenario yang telah dibuat, maka menghasilkan sinyal *sag* untuk data latih dengan variasi berbeda yang berjumlah 45 variasi sinyal. Salah satu hasil sinyal dari pemodelan sinyal *sag* ditunjukkan pada Gambar 3. Sumbu X merupakan durasi dari sinyal tersebut dalam satuan milidetik dan sumbu Y merupakan amplitudo dari sinyal tersebut dalam satuan p.u (per unit). Pada garis a menunjukkan amplitudo 1 p.u dengan waktu 1000 milidetik (0,1 detik). Pada garis b menunjukkan amplitudo 0,8 p.u dan *sag* terjadi dengan penurunan level tegangan sebesar 0,2 p.u selama 3000 milidetik (0,3 detik). Pada garis c menunjukkan amplitudo 1 p.u dengan waktu 2000 milidetik (0,2 detik). Hal yang sama juga dilakukan pada pemodelan sinyal *swell* dan sinyal normal untuk data latih. Namun menggunakan persamaan yang berbeda.

b. Hasil Pemodelan Sinyal untuk Data Uji

Hasil pemodelan sinyal *sag* untuk data uji dimodelkan dengan frekuensi sampling 10000 Hz. Dengan rentang waktu 0 - 0,6 detik dan menggunakan frekuensi dasar 50 Hz. Karena *sag* merupakan gangguan dengan penurunan nilai tegangan, dalam pemodelan sinyal ini, akan dilakukan perubahan pada y_b dan t . Dimana y_b dirancang sebagai penurunan level tegangan, sehingga terjadi gangguan kualitas daya *sag*, dan t dirancang sebagai waktu terjadinya gangguan kualitas daya. Pada sinyal *sag* untuk data uji, y (amplitudo) akan diberikan *noise*, sehingga sinyal uji dan sinyal latih berbeda. Sinyal *sag* untuk data uji dimodelkan dengan persamaan (2) :

$$\begin{aligned} y_a &= 1 \times \cos(2 \times \pi \times 50 \times t_a) \\ y_b &= r \times \cos(2 \times \pi \times 50 \times t_b) \\ y_c &= 1 \times \cos(2 \times \pi \times 50 \times t_c) \end{aligned} \quad (2)[2]$$

$y = [y_a \ y_b \ y_c]$
 $y_n = \text{awgn}(y, \text{snr})$

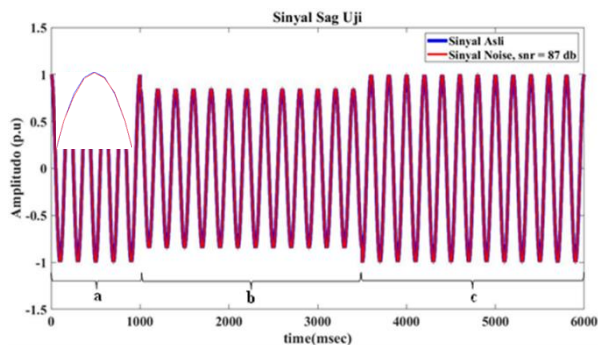
dengan waktu t_a, t_b, t_c didapatkan dari :
 $t_a = 0 - d$ detik

$t_b = d - u$ detik

$t_c = u - 0,6$ detik

keterangan :

- pemodelan dilakukan dengan skenario perulangan (*for loop*)
- r merupakan rasio penurunan nilai tegangan pada sumbu y . r diskenariokan dengan nilai 0.8 – 0.9 dengan penambahan 0.03 pada setiap sinyal *sag*.
- y_a merupakan amplitudo selama waktu t_a
- y_b merupakan amplitudo selama waktu t_b
- y_c merupakan amplitudo selama waktu t_c
- y merupakan amplitudo gabungan dari y_a , y_b , y_c .
- y_n merupakan y (amplitudo) dengan *noise* awgn.
- snr merupakan rasio *noise* dengan rentang antara 70 – 100 dB.
- d merupakan rasio waktu awal terjadinya penurunan tegangan. d diskenariokan dengan nilai 0.1 – 0.25 dengan penambahan 0.05.
- u merupakan rasio waktu akhir terjadinya penurunan tegangan atau waktu tegangan normal kembali. u diskenariokan dengan nilai 0.35 – 0.5 dengan penambahan 0.05.



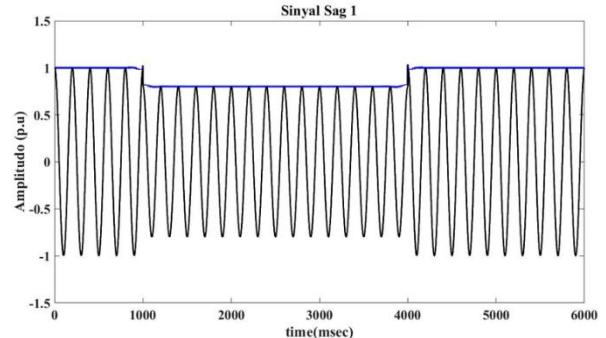
Gambar 5 Sinyal Tegangan Turun (Sag) Uji 1

Dengan skenario yang dibuat, akan menghasilkan sinyal *sag* untuk data uji dengan variasi berbeda yang berjumlah 50 variasi sinyal. Gambar 6 merupakan salah satu hasil sinyal dari pemodelan sinyal *sag* uji.

Sumbu X merupakan durasi dari sinyal tersebut dalam satuan mili detik dan sumbu Y merupakan amplitudo dari sinyal tersebut dalam satuan p.u (per unit). Pada garis a menunjukkan amplitudo 1 p.u dengan waktu 1000 mili detik (0,1 detik). Pada garis b menunjukkan amplitudo 0,8 p.u dan *sag* terjadi dengan penurunan level tegangan sebesar 0,2 p.u selama 2500 mili detik (0,25 detik). Pada garis c menunjukkan amplitudo 1 p.u dengan waktu 2500 mili detik (0,25 detik). Pada Gambar 6 menunjukkan adanya *noise* pada sinyal *sag* uji yang menjadi pembeda dengan sinyal *sag* untuk pelatihan. Hal yang sama juga dilakukan pada pemodelan sinyal *swell*, sinyal normal, sinyal *sag* dengan harmonisa, sinyal *swell* dengan harmonisa dan sinyal harmonisa untuk data uji. Namun menggunakan persamaan yang berbeda.

2. Hasil Ekstraksi Tranformasi Hilbert Huang

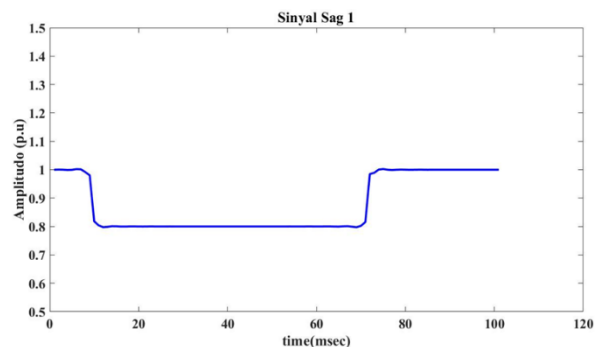
Sinyal-sinyal hasil dari pemodelan sinyal, akan diekstraksi oleh Tranformasi Hilbert Huang (THH) dengan cara menguraikan sinyal menggunakan proses Dekomposisi Mode Empiris (DME) untuk memperoleh komponen sinyal dalam bentuk Fungsi Mode Intrinsik (FMI). Kemudian Tranformasi Hilbert akan diterapkan pada FMI sehingga akan diperoleh informasi amplitudo sesaat, frekuensi sesaat dan jumlah komponen dari sinyal. Dari informasi komponen yang diperoleh nantinya akan diproses oleh jaringan saraf tiruan *pattern recognition* untuk dikenali karakteristik/*feature*nya. Data komponen yang diperoleh perlu disesuaikan agar data lebih mudah saat diproses oleh jaringan saraf tiruan.



Gambar 4 Hasil Tranformasi Hilbert Pada Sag 1

Dengan menerapkan Tranformasi Hilbert ke FMI, informasi amplitudo sesaat diperoleh dan diplot di atas FMI. Gambar 5 menunjukkan hasil ekstraksi pada sinyal *sag*. Gambar 5 Hasil Tranformasi Hilbert pada *sag* 1, menunjukkan data berjumlah 6000. Informasi amplitudo pada sinyal *sag* dipilih sebagai karakteristik untuk dilatih dan dikenali oleh jaringan saraf tiruan *pattern recognition* serta sebagai karakteristik untuk dilakukan pencocokan pola dan pengujian.

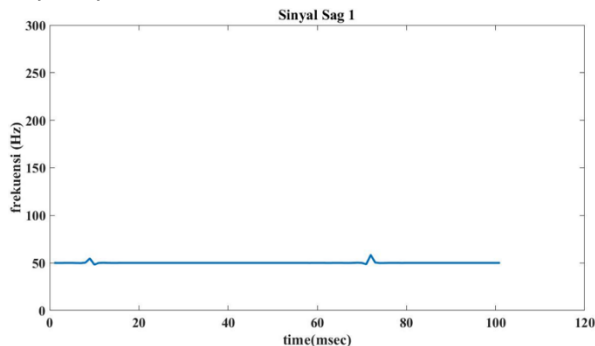
Selanjutnya dilakukan penyesuaian data amplitudo dengan cara pengambilan sampel (*downsample*) dari 6000 data menjadi 101 data seperti pada Gambar 6. Dari 101 data inilah yang nantinya akan dijadikan sebagai *input* dari jaringan



Gambar 6 Hasil Penyesuaian Data Amplitudo Sinyal Sag 1

saraf tiruan untuk mengenali pola setiap sinyal agar dapat diklasifikasi sesuai kelas sinyal.

Begitu juga pada informasi frekuensi sesaat akan dilakukan penyesuaian data agar data lebih mudah saat diproses oleh jaringan saraf tiruan seperti pada Gambar 7.



Gambar 8 Hasil Penyesuaian Data Frekuensi Sinyal Sag 1

Gambar 7 menunjukkan frekuensi sinyal *sag* 1 memiliki nilai 50 Hz. Dengan demikian jumlah komponen pada sinyal *sag* ke-1 yaitu amplitudo berjumlah 1 dan frekuensi berjumlah 1.

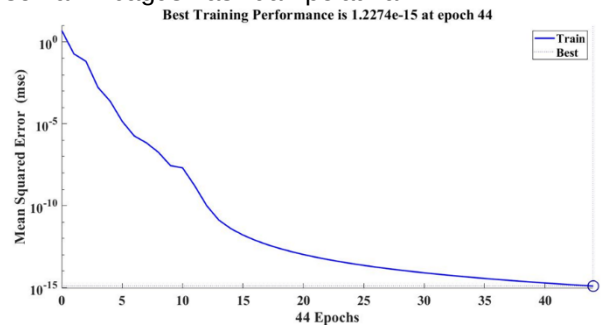
Pada variasi sinyal lainnya, untuk data latih maupun data uji akan dilakukan proses yang sama yaitu dengan cara menerapkan Transformasi Hilbert ke setiap FMI, sehingga diperoleh informasi amplitudo sesaat dan frekuensi sesaat, kemudian dilakukan penyesuaian data dengan cara mengambil sampel (*downsample*) data dari 6000 data menjadi 101 data dan kemudian data diplot. Maka akan diperoleh data amplitudo dan data frekuensi sinyal dengan variasi-variasi lainnya.

3. Hasil Pelatihan Jaringan Saraf Tiruan

Pada penelitian ini, dilakukan pemodelan sinyal kualitas daya dengan menggunakan MATLAB. Sinyal kualitas daya yang dimodelkan dan dilatih guna dapat dikenali pada penelitian ini yaitu sinyal tegangan turun (*sag*), sinyal tegangan naik (*swell*) dan sinyal tanpa gangguan kualitas daya (sinyal normal). Untuk setiap sinyal kualitas daya sebagai data latih, akan dimodelkan dengan 45 variasi sinyal yang berbeda. Data latih ini yang akan digunakan untuk pelatihan pada jaringan saraf tiruan. Setelah melakukan beberapa kali percobaan pelatihan jaringan saraf tiruan, pada penelitian ini menggunakan jaringan saraf umpan maju (*feedforwardnet*) yang disiapkan untuk pengenalan pola dengan 60 neuron tersembunyi. Jaringan umpan maju terdiri dari serangkaian lapisan. Lapisan pertama memiliki koneksi dari *input* jaringan. Setiap lapisan berikutnya memiliki koneksi dari lapisan sebelumnya. Lapisan terakhir menghasilkan keluaran jaringan. Jaringan *feedforward* dapat digunakan untuk segala jenis pemetaan *input* ke *output*.

Performa hasil pelatihan jaringan saraf tiruan ditunjukkan pada Gambar 10 dengan

performa training terbaik tercapai pada iterasi (epochs) 44 dan *mean squared error* (MSE) sebesar $1.2274e^{-15}$ pada 44 epochs. MSE adalah fungsi untuk mengukur kinerja jaringan sesuai dengan rata-rata kesalahan kuadrat. Dengan menggunakan 40 neuron tersembunyi, pelatihan pada jaringan saraf tiruan menghasilkan *error* yang kecil dalam mengenali sinyal-sinyal dengan gangguan kualitas daya tersebut. Semakin kecil *error* dalam mengenali sebuah data pelatihan semakin bagus hasil dari pelatihan.



Gambar 7 Performa Hasil Pelatihan Jaringan Saraf Tiruan

4. Hasil Pengujian Jaringan Saraf Tiruan

Pada proses pengujian, data uji dirambatkan maju sehingga diperoleh data keluaran yang kemudian dibandingkan dengan data latih dan diperoleh tingkat akurasi proses pengujian yaitu akurasi kecocokan pola. Pada proses pengujian, masing-masing sinyal kualitas daya menggunakan 50 sinyal uji. Sinyal uji ini dimodelkan berbeda dengan sinyal latih dengan cara memberikan *noise* acak pada setiap sinyal uji. Sehingga proses pengujian sinyal uji terhadap hasil pelatihan dapat diamati dan dapat menyimpulkan hasil penelitian ini. Temuan ilmiah yang dimaksud di sini adalah bukan data-data hasil penelitian yang diperoleh.

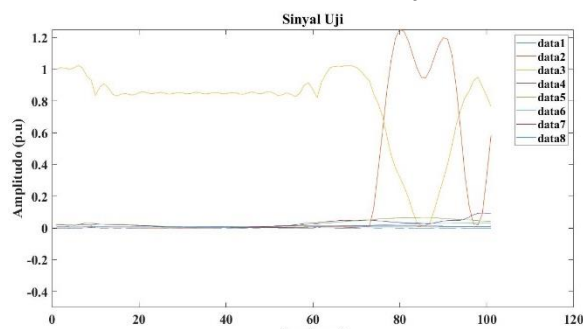
Tabel 3 Hasil Klasifikasi Sinyal Uji Terhadap Sinyal Latih

Kelas Sinyal	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Kelas 5	Kelas 6	Akurasi (%)
Kelas 1	49	0	0	1	0	0	98
Kelas 2	0	49	0	0	1	0	98
Kelas 3	0	0	50	0	0	0	100
Kelas 4	0	0	0	48	2	0	96
Kelas 5	0	0	0	0	49	1	98
Kelas 6	0	0	0	2	0	48	96
Rata-rata Akurasi							97,68

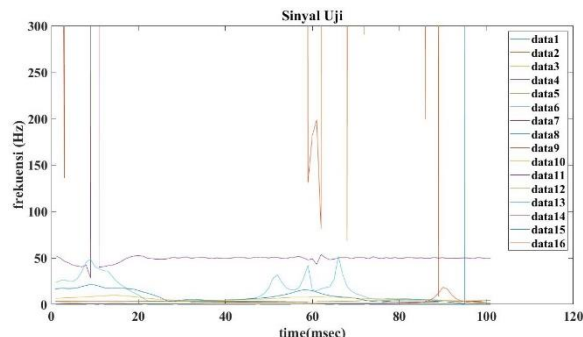
Tabel 3 menunjukkan hasil klasifikasi sinyal uji terhadap sinyal hasil pelatihan jaringan saraf tiruan.

Terlihat bahwa tingkat akurasi dari metode yang digunakan dalam mendeteksi dan mengklasifikasi jenis gangguan kualitas daya listrik terbilang efektif. rata-rata akurasi dari metode *pattern recognition* untuk mendeteksi dan mengklasifikasi masalah kualitas daya listrik menggunakan jaringan syaraf tiruan ini adalah sebesar 97.68%.

Sinyal yang terklasifikasi dengan akurat memiliki *noise* kecil sehingga pola tetap dan jumlah komponen penyusun tidak lebih dari 1, dengan begitu sinyal uji dapat terklasifikasi sesuai kelas sinyal. Sinyal yang terklasifikasi tidak akurat, memiliki *noise* besar sehingga pola berubah dan jumlah komponen penyusun bertambah hingga berjumlah lebih dari 1 seperti ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10, dengan begitu sinyal uji tidak terklasifikasi sesuai kelas sinyal.



Gambar 9 Perubahan Pola pada Amplitudo Sinyal Uji dengan Noise besar



Gambar 10 Perubahan Pola pada frekuensi Sinyal Uji dengan Noise besar

IV. KESIMPULAN

Secara keseluruhan penelitian ini telah berhasil mencapai tujuan yang ingin di capai yaitu *pattern recognition* untuk mendeteksi dan mengklasifikasi masalah kualitas daya listrik menggunakan jaringan syaraf tiruan. Dengan hasil yang diperoleh penelitian ini mendapatkan kesimpulan sebagai berikut :

a. Dengan bantuan Transformasi Hilbert Huang sebagai pengekstraksi sinyal, sinyal yang dimodelkan menggunakan Matlab diuraikan menjadi komponen-komponen penyusunnya dalam bentuk FMI yang mengandung informasi frekuensi dan amplitudo sesaat dari sinyal.

b. Performa hasil pelatihan jaringan saraf tiruan menunjukkan performa training terbaik tercapai pada iterasi (epochs) 44 dan *mean squared error* (MSE) sebesar $1.2274e^{-15}$ pada 44 epochs. Semakin kecil *error* dalam mengenali sebuah data pelatihan semakin bagus hasil dari pelatihan.

c. Hasil pengujian sinyal uji terhadap sinyal hasil pelatihan jaringan saraf tiruan menunjukkan bahwa rata-rata akurasi dari metode *pattern recognition* untuk mendeteksi dan mengklasifikasi kualitas daya listrik menggunakan jaringan syaraf tiruan ini adalah sebesar 97.68%. Dengan hasil ini membuktikan bahwa metode ini cukup baik digunakan untuk mendeteksi dan mengklasifikasi masalah kualitas daya listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. C. , Dugan, Mark F. Mc Granaghan, Surya Santoso, and H. Wayner Beaty., *Electrical Power Systems Quality, Second Edition*.
- [2] M. Jasa and O. Melfazen, "Deteksi dan Klasifikasi Sinyal Listrik Non-Stasioner yang Mengandung Masalah Kualitas Daya Menggunakan Transformasi Hilbert Huang," *JE-Unisla Program Studi Elektro*, vol. 2, no. 2, 2017.
- [3] A. Wenda, A. Faizal, J. Teknik Elektro, F. Sains dan Teknologi, U. H. Sultan Syarif Kasim Riau Jl Soebrantas No, and S. Baru, "Pengembangan Aplikasi Web Cerdas pada Mobile Phone Untuk Mengidentifikasi Gangguan Kualitas Daya Listrik Kampus UIN Suska Riau Menggunakan S-Transform dan Dendogram Support Vector Machine."
- [4] Ersya Triansyah and Youllia Indrawaty N, "IMPLEMENTASI METODE PATTERN RECOGNITION UNTUK PENGENALAN UCAPAN HURUF HIJAIYYAH".
- [5] S. Kom. M. K. Hendri, "Character Recognition Dengan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan," *Jurnal TIMES*, vol. III, no. 2, pp. 1–5, 2014.
- [6] F. Budi Setiawan, F. Amalia Kurnianingsih, S. Riyadi, and L. Heru Pratomo, "Pattern Recognition untuk Deteksi Posisi pada AGV Berbasis Raspberry Pi (Pattern Recognition for AGV's Position Detection Based on Raspberry Pi)," 2021.
- [7] N. Syafitri, S. Kom, and M. Cs, "Pengenalan Pola Untuk Deteksi Uang Koin".
- [8] Roni Fernando S – Engineering Assistant 2018, "noise-sistem-komunikasi-jenis-jenis-dan-pengaruhnya," 2018.
- [9] S. M. ; L. B. H. ; T. Wenshun. KUO, *Real-time digital signal processing: fundamentals, implementations and applications*. John Wiley & Sons,. 2013.
- [10] D. Committee of the IEEE Power and E. Society, "IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality Developed by the Transmission and Distribution Committee IEEE Power and Energy Society," 2019. [Online]. Available: <http://www.ieee.org/web/aboutus/whatis/policies/p9-26.html>.