

IDENTIFIKASI PENURUNAN KWALITAS DAYA PADA PENYULANG MENGGUNAKAN KOMBINASI TRANSFORMASI WAVELET DAN NEURAL NETWORK

I Gede Dyana Arjana

Staf Pengajar Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email: dyanaarjana@ee.unud.ac.id

Kampus Bukit Jimbaran Bali, 80361

Intisari

Penggunaan peralatan listrik modern, terutama peralatan elektronika modern membangkitkan gelombang atau sinyal distorsi. Sinyal tegangan cacat tersebut langsung masuk ke sistem tenaga listrik. Sinyal ini terlebih dahulu diuraikan menggunakan transformasi wavelet. Hasil transformasi berupa pola signal dalam bentuk koefisien ini digunakan dalam proses learning jaringan syaraf tiruan pada proses pembelajaran metoda neural network untuk mendapatkan target output. Hasil dari proses ini digunakan sebagai acuan untuk mengidentifikasi gangguan yang masuk ke jaringan.

Kata kunci : Kualitas daya, transformasi wavelet, jaringan syaraf tiruan.

1. PENDAHULUAN

Penyulang Tuban merupakan penyulang khusus memasok energi listrik ke Bandara Ngurah Rai Bali. Pada operasinya penyulang Tuban termasuk Sistem Distribusi Spindel. Seiring dengan peningkatan pelayanan terhadap pengguna jasa fasilitas bandara baik berupa kenyamanan penumpang dan peningkatan pelayanan lalu lintas udara dari dan ke bandara membutuhkan kontinuitas dan kualitas yang stabil. Kontinuitas dan kualitas daya yang disalurkan melalui saluran udara sering mengalami gangguan. Dengan bantuan peralatan komputer dan Artificial Intelligent gangguan tersebut dapat diidentifikasi.

Pada sistem tenaga listrik, sering terjadi gangguan, gangguan harus secara cepat di deteksi. Gangguan yang terjadi dapat digolongkan dua kategori yaitu: yang bersifat transien, serta gangguan yang bersifat dinamik. Gangguan yang bersumber dari bermacam-macam peralatan sangat mengganggu kestabilan sistem. Penelitian yang mendeteksi dan mengklasifikasi jenis-jenis gangguan seperti: *voltage sag*, *swell*, *transient*, *fluktuasi frekuensi* telah dilakukan. Usaha peningkatan kualitas daya listrik melalui penelitian menggunakan beberapa metode konvensional dan modern telah dikembangkan metode *Artificial Intelligence* (AI) mulai mengarah untuk peningkatan PQ, dengan penggabungan beberapa metode dalam mendapatkan sinyal yang *ditraining* sehingga mendapatkan proses deteksi yang diinginkan. Sinyal-sinyal yang ditangkap menggunakan metode transformasi wavelet, hasilnya dalam bentuk koefisien pada digital sinyal prosesing. Saat ini, banyak mempelajari peningkatan PQ yang diaplikasikan dalam dunia industri menggunakan kontrol

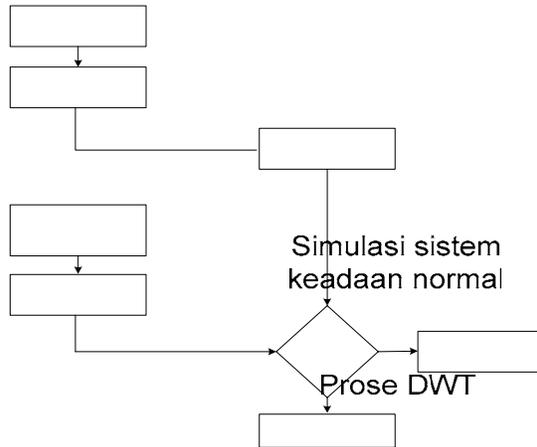
digital, dari kasus-kasus yang terjadi diselesaikan menggunakan teori-teori pada referensi. Kemudian studi-studi yang membahas manajemen tentang PQ menggunakan AI juga telah diaplikasikan. Peningkatan penelitian yang makin spesifik yang membahas *interruption* dan *voltage sag*. Transformasi wavelet digunakan menginformasikan sinyal sensor menggunakan dasar frekuensi, sinyal gangguan pada sistem tenaga listrik terdiri dari frekuensi utama, frekuensi tinggi, dan lain-lain. Oleh sebab itu, transformasi wavelet sebagai media untuk mendapatkan informasi yang disebabkan oleh gangguan untuk dikenali dan diklasifikasi].

Mengaplikasikan wavelet dan Neural Network untuk menyelesaikan masalah gangguan pada sistem tenaga listrik. Kemampuan NN dalam beradaptasi atau proses pembelajaran untuk mengenal pola dan kemampuan mengingat dapat menyelesaikan masalah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deteksi Sinyal pada Sistem Tenaga Listrik

Pada penelitian digunakan yaitu: transformasi wavelet sebagai proses pendeteksi sinyal yang digunakan untuk menangkap sinyal. Capture dilakukan dua kondisi, kondisi pertama keadaan normal dan kedua kondisi gangguan. Seperti yang ditunjukkan gambar 1. Kemudian proses identifikasi dilakukan melalui dua hal yaitu; sistem keadaan normal dan keadaan terganggu dimonitor oleh Neural Network



Gambar 1. Alur Deteksi Sinyal Gangguan

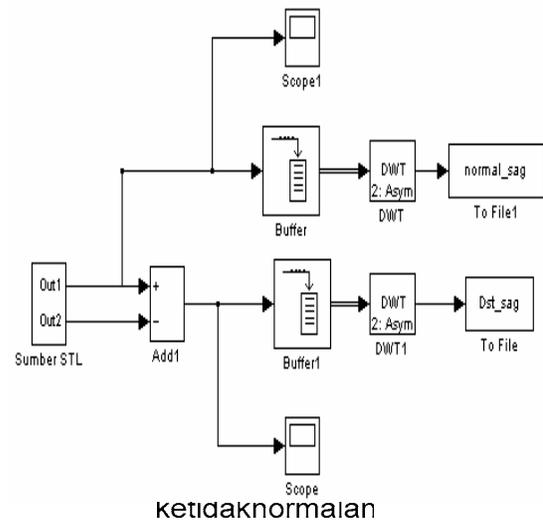
Untuk mendeteksi gangguan yang masuk ke jaringan, pertama sinyal-sinyal tersebut terlebih dahulu ditransformasikan dengan menggunakan DWT, hasil dari proses berupa pola-pola sinyal dipakai sebagai input NN. Pola input ini digunakan sebagai acuan analisa pada proses pembelajaran sebagai syarat tiruan. Proses ini akan berakhir sampai mendapatkan target output dari jaringan. Apabila ada baru yang masuk ke jaringan, maka sinyal terlebih dahulu ditransformasikan dan dianalisa kemudian untuk mengidentifikasi sinyal baru tersebut, jaringan akan membandingkan dengan pola detektor yang didapat dari proses pembelajaran. dari sistem yang dimonitoring. Setelah proses seleksi dilaksanakan maka akan diidentifikasi apakah sinyal yang masuk berupa sinyal normal atau siny yang terganggu.

2.2 Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik.

Untuk mensimulasikan sistem tenaga listrik dan gangguan yang timbul digunakan pemodelan menggunakan simulink Matlab. Untuk mendapatkan data pengukuran yang dianalisis diambil merupakan data simulasi gangguan dari sistem. Data yang diambil adalah sinyal normal dan sinyal gangguan

2.3 Pemodelan Transformasi Wavelet

Pada simulasi digunakan masukan deteksi adalah sinyal tegangan yang terganggu pada sistem, sinyal ini diolah menggunakan descrete transform wavelet seperti Gb. 2.2 menunjukkan sinyal gangguan yang dibangkitkan beberapa jenis sinyal gangguan yaitu Sag, Swel, Flicker dan distorsi harmonik. Data output simulasi data merupakan data real

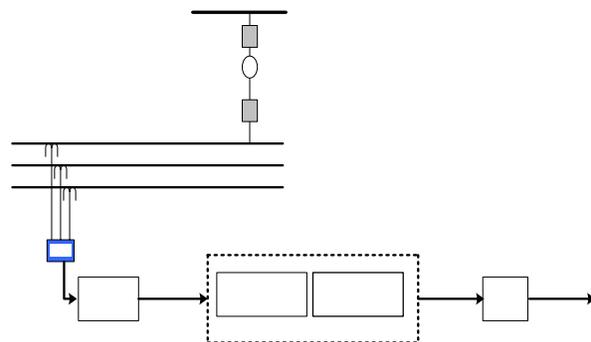


Gambar 2. Pembangkitan Sinyal Gangguan

2.4. Pemodelan sistem gangguan

Saluran distribusi berfungsi sebagai penghubung antara pembangkit tenaga listrik dengan loa). Konduktor yang digunakan kebanyakan kawat atau kabel udara, saluran distribusi ini banyak mengalami gangguan dapat bersifat sementara ataupun permanen. Contoh gangguan saluran distribusi adalah terkena petir, kontak antar saluran: Fasa dengan nol, fasa - fasa dan lain-lain.. Gelombang frekuensi tinggi dari switching kapasitor, Gelombang frekuensi rendah dari switching capacitor, voltage sag, voltage swell, transformer energizing, Flicker dan yang lainnya.

Pemodelan sistem pada penelitian ini mengacu pada Gb. 2.2 menunjukkan sistem sederhana yang digunakan sebagai sumber gangguan. Skema keseluruhan untuk sistem klasifikasi secara otomatis ditunjukkan Gb. 2.3.



Gambar .3. Skema monitoring gangguan power quality

Prinsip kerja deteksi ini adalah dari jaringan atau bus-bar dipasang alat ukur CT atau PT, kemudian masuk ke transduser untuk menangkap sinyal gelombang yang masuk kemudian dimasukkan ke digital signal processing

2.5. Jaringan Syaraf Tiruan.

Jaringan syaraf tiruan merupakan representasi buatan manusia untuk mensimulasikan proses pembelajaran yang terjadi pada otak manusia. Istilah tiruan diimplementasikan menggunakan peralatan bantu berupa komputer terutama untuk menyelesaikan proses perhitungan dan penyimpanan informasi yang diberikan selama proses pembelajaran. Seperti halnya otak manusia, jaringan syaraf tiruan terdiri dari beberapa neuron yang saling berhubungan. Informasi yang diterima neuron akan ditransformasikan melalui jaringan keluarannya ke neuron yang lain, hubungan ini dikenal dengan nama bobot. Informasi - informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot tersebut. Input diproses oleh suatu fungsi perambatan yang akan menjumlahkan nilai semua bobot yang datang. Hasil penjumlahan ini kemudian dibandingkan dengan nilai ambang (threshold) tertentu melalui fungsi aktivasi setiap neuron. Bila nilai input melewati nilai threshold maka neuron diaktifkan dan neuron tersebut akan mengirimkan nilai output melalui bobot-bobot output ke semua neuron yang terhubung, demikian seterusnya.

2.6. Proses Pembelajaran.

Jaringan syaraf tiruan memiliki struktur yang tidak dapat diubah, jaringan ini terdiri dari sejumlah neuron dan memiliki nilai tertentu yang menunjukkan berapa besar koneksi antara neuron. Perubahan yang terjadi selama proses pembelajaran adalah perubahan nilai bobot. Nilai bobot akan bertambah jika informasi yang diberikan tersampaikan, sebaliknya nilai bobot yang menghubungkan kedua neuron dikurangi. Pada proses pembelajaran dilakukan dengan input berbeda, maka nilai bobot diubah secara dinamis hingga mencapai suatu nilai yang seimbang. Apabila nilai ini tercapai, mengindikasikan bahwa setiap input telah berhubungan dengan target output yang diharapkan dan sistem dianggap konvergen. Berdasarkan pada proses pembelajaran, JS T dibedakan menjadi dua yaitu :

a. Supervised (terawasi)

Pada proses pembelajaran terawasi, satu pola input akan diberikan ke satu neuron pada lapisan input. Pola ini dirambatkan sepanjang jaringan sampai ke neuron pada layer outputnya. Layer output ini akan membangkitkan pola output yang akan dicocokkan dengan pola output target. Apabila terjadi perbedaan antara pola output hasil pembelajaran dengan pola target, maka akan muncul error. Jika nilai error masih cukup

besar harus dilakukan lagi proses pembelajaran lagi sampai nilai error mencapai nilai yang diharapkan. Jadi pola input mempunyai pasangan output yang bersesuaian., penimbang (bobot) dibangun menuju kesesuaian respon pasangan input-output dari pola yang diajarkan.

b. Unsupervised (tidak terawasi)

Pada proses pembelajaran ini tidak diperlukan target output. Pada metoda ini tidak dapat ditentukan hasil seperti yang diharapkan. Selama proses pembelajaran nilai bobot disusun dalam range tertentu atau jaringan akan menentukan sendiri pasangan output dari input yang diberikan padanya, dengan dasar nilai kesesuaian dengan pola yang pernah diterima sebelumnya.

2.7. Backpropagation

Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi, biasanya digunakan oleh perceptron dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot yang terhubung dengan neuron pada lapisan tersembunyi (Hidden Layer). Algoritma backpropagation menggunakan error output untuk mengubah nilai bobotnya arah mundur

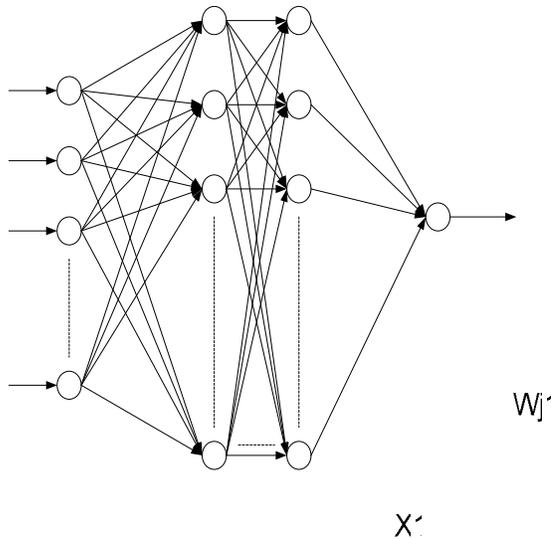
(backward). Untuk mendapatkan error ini, tahap perambatan maju (forward propagation) harus dikerjakan terlebih dahulu. Secara umum jaringan syaraf tiruan backpropagation terdiri atas satu atau lebih unit lapisan layer pemroses. Unit layer paling bawah (awal) adalah layer input yang berfungsi menerima input dari luar. Layer atasnya adalah layer hidden. Layer yang paling atas adalah layer output. Keluaran setiap sel pada layer input terhubung dengan semua sel pada layer hidden dan keluarannya terhubung dengan semua sel pada layer output.

Jaringan backpropagation dilatih dengan metode pelatihan pengawasan, jaringan dilatih dengan pasangan pola berisi pola input (X_i) dan pola output (Y_k). Informasi yang masuk melalui layer input menuju layer hidden, kemudian menuju layer output dan hasil dari proses pembelajaran merupakan tanggapan jaringan terhadap informasi yang masuk. Apabila terdapat perbedaan antara keluaran inputnya dengan keluaran target yang diinginkan, bobot koreksi akan disesuaikan mulai dari lapisan keluaran output menuju lapisan masukan sampai perbedaan seminimal mungkin.

Misalkan ada inputan sebuah vector $X = (X_1, X_2, X_n)$ dimasukan ke layer input jaringan. Unit inputan mendistribusikan nilai tersebut pada unit layer hidden sehingga net masukan pada masing-masing unit hidden yang ke J adalah :

$$Z_{inj} = V_{oj} + \sum_i X_i V_{ij} \dots\dots \quad (2.1)$$

Struktur Jaringan Syaraf Tiruan multi layer dapat dilihat Gb. 4 berikut:



Gambar 4. Struktur Jaringan Syaraf Tiruan

V_{ij} adalah bobot pada hubungan dari unit input ke i dengan unit layer hidden ke j dan V_{oj} adalah bobot awal bias. Memasukan $Z_{in j}$ dikalikan fungsi aktivasi f untuk mendapatkan sinyal keluaran unit hidden (Z_j) yang bernilai:

$$Z_j = f(Z_{in j}) \dots \dots \dots (2.2) \quad X3$$

Nilai yang didapat didistribusikan ke unit output:

$$Y_{ink} = W_{ok} + \sum_{j=1}^p Z_j W_{jk} \dots \dots \dots (2.3)$$

Perhitungan dari tiap unit output adalah jumlah seluruh input sinyal pada unit output ($Y_{in k}$) dikalikan dengan fungsi aktivasi:

$$Y_k = f(Y_{ink}) \dots \dots \dots (2.4) \quad Xn$$

W_{jk} menunjukkan bobot yang menghubungkan unit ke J dari layer hidden unit ke K dari layer output. Tahap ini disebut feedforward. Proses perhitungan error propagasi mundur akan menghitung nilai kesalahan output. Bila output yang dihasilkan belum sesuai nilai target maka jaringan menghitung kembali error output:

$$\delta_k = (t_k - Y_k) f'(Y_{ink}) \dots \dots \dots (2.5)$$

dan menghitung bobot koreksi antara unit output dengan unit hidden sehingga bobot koreksi ini dapat dijumlahkan dengan bobot semula mendapatkan bobot baru adalah:

$$\Delta W_{jk} = \alpha \delta_k Z_k \dots \dots \dots (2.6)$$

Nilai bobot koreksi pada bias adalah:

$$\Delta W_{ok} = \alpha \delta_k \dots \dots \dots (2.7)$$

Nilai error pada unit hidennya adalah:

$$\delta_j = \sum_{k=1}^m \delta_k f'(Z_{in j}) \text{ di mana}$$

$$\delta_{in j} = \sum_{j=1}^p \delta_k W_{jk} \dots \dots \dots (2.8)$$

Menghitung bobot koreksi antara hidden dengan input, bobot ini dijumlahkan dengan bobot semula untuk mendapatkan bobot baru.

$$\Delta V_{ij} = \alpha \delta_j X_j \dots \dots \dots (2.9)$$

Bobot bias antara unit hidden dengan unit input adalah:

$$\Delta V_{oj} = \alpha \delta_j \dots \dots \dots (2.10)$$

Tahap akhir merupakan tahap (update) bobot, bobot baru pada unit output adalah:

$$W_{jk}(\text{new}) = W_{jk}(\text{old}) + \Delta W_{jk} \dots \dots \dots (2.11)$$

dan bobot baru unit hidden adalah:

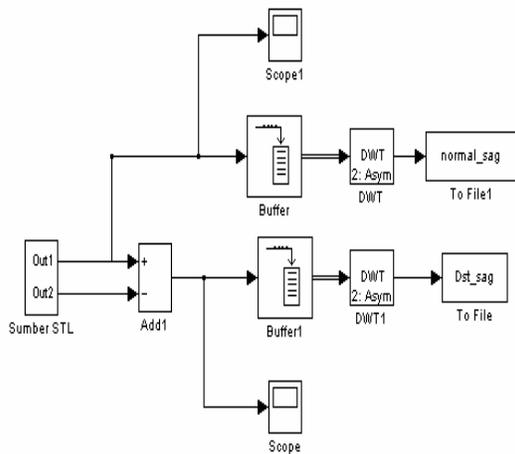
$$V_{ij}(\text{new}) = V_{ij}(\text{old}) + \Delta V_{ij} \dots \dots \dots (2.12)$$

Proses update bobot terus berlangsung sampai didapat output sesuai target, proses ini disebut training. Bobot akhir digunakan pada proses testing terhadap JST yang rencanakan.

3. SIMULASI DAN ANALISA

3.1 Transformasi Wavelet

Gangguan pada sistem tenaga listrik berupa sinyal gangguan dalam bentuk gelombang cacat, ditangkap oleh transduser, sinyal tersebut dimasukkan kedalam Buffer untuk diubah menjadi sinyal diskrit kemudian sinyal dimasukkan pada blok DWT untuk di transformasikan, seperti Gb.5 dengan menggunakan program Matlab 7.04 sehingga didapatkan dekomposisi energi sinyal gangguan

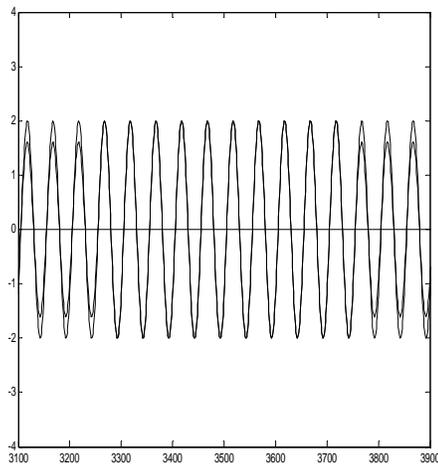


Gambar 5. Permodelan transformasi wavelet

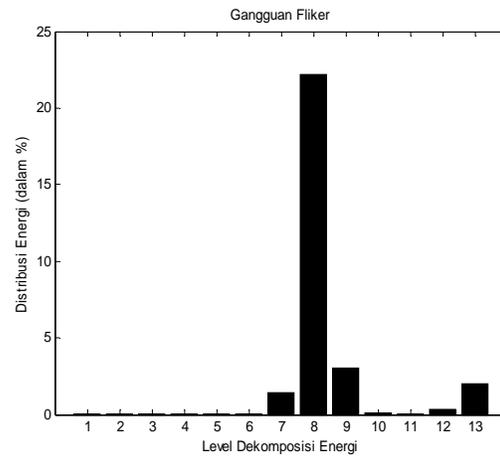
Koefisien energi yang mewakili bentuk pola-pola energi dari setiap sinyal yang ditransformasikan ini oleh matlab kemudian disimpan (dalam bentuk data file). Selanjutnya koefisien ini digunakan sebagai input pada proses learning metoda Neural Network.

3.2. Dekomposisi Energi Proses Transformasi

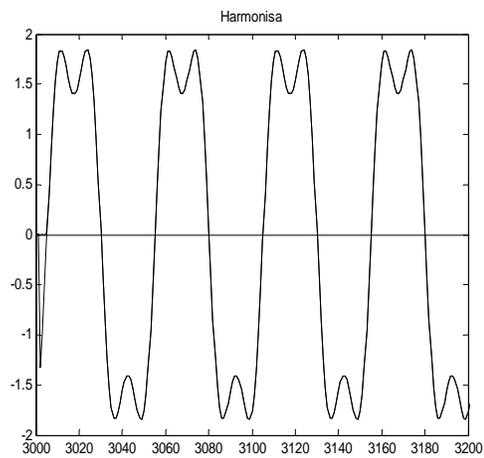
Pengujian dekomposisi energi adalah melihat energi sinyal gangguan secara acak menggunakan waktu yang sama. Setelah dilakukan pembangkitan detektor sistem diuji untuk mendeteksi pola sinyal yang masuk, baik berupa sinyal normal maupun sinyal cacat. Hasil transformasi wavelet dalam bentuk pola sinyal gangguan dan dekomposisi berupa level energi setiap sinyal yang diperoleh di tunjukkan pada Gb.6 sampai Gb.16



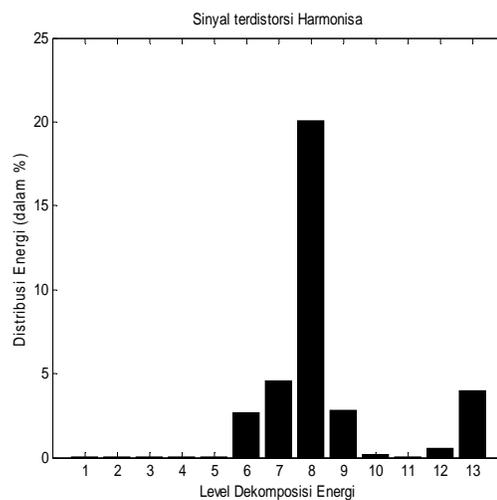
Gambar 6. Sinyal flicker



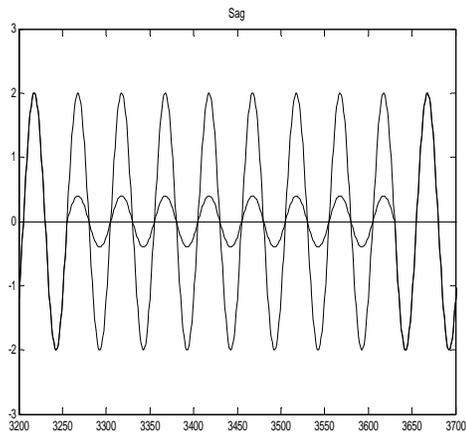
Gambar 7, DekomposisiEnergy flicker



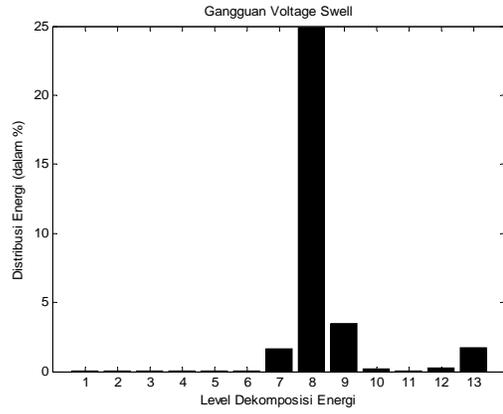
Gambar 8, Sinyal harmoniks



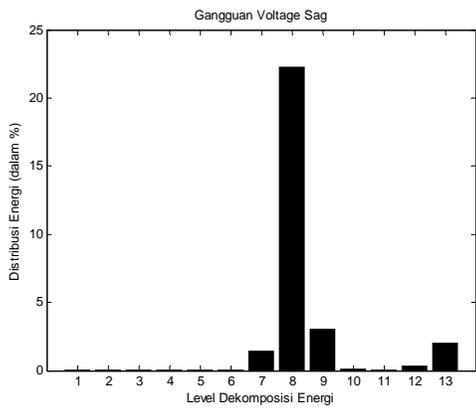
Gambar 9, DekomposisiEnergy harmoniks



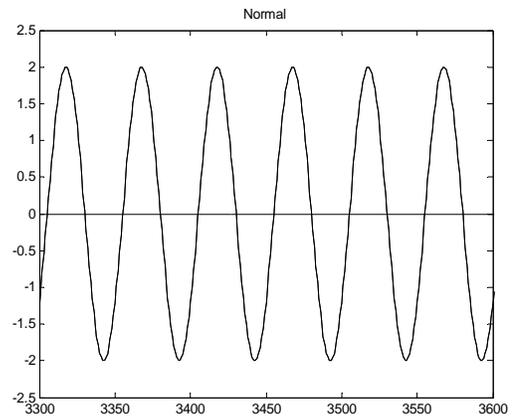
Gambar 10. Sinyal voltage sag



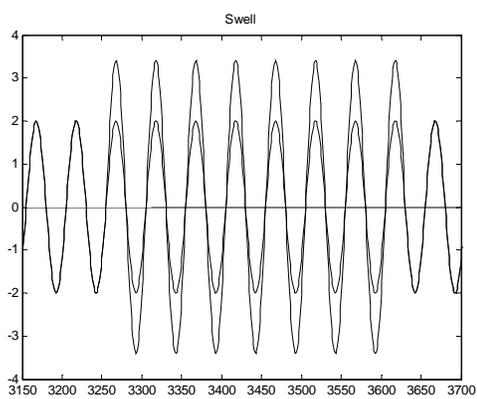
Gambar 13. Dekomposisi Energi voltage swells



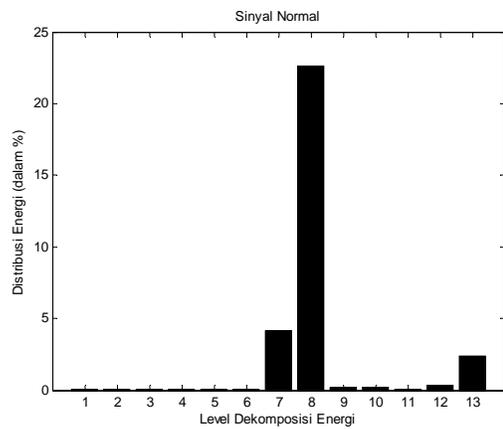
Gambar 11. Dekomposisi Energi voltage sag



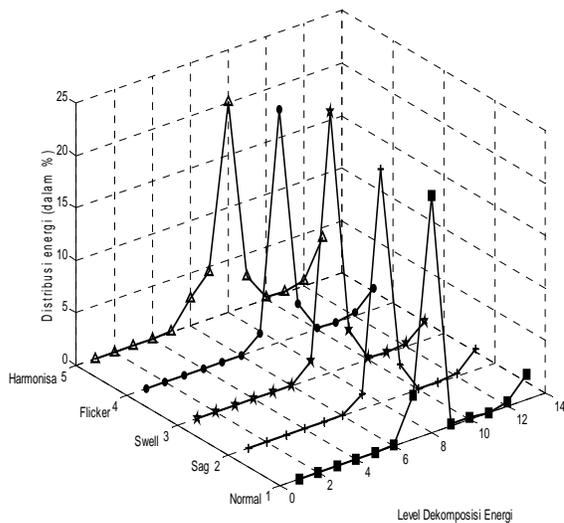
Gambar 14. Sinyal Normal



Gambar 12. Sinyal voltage swells



Gambar 15. Dekomposisi Energi Sinyal Normal

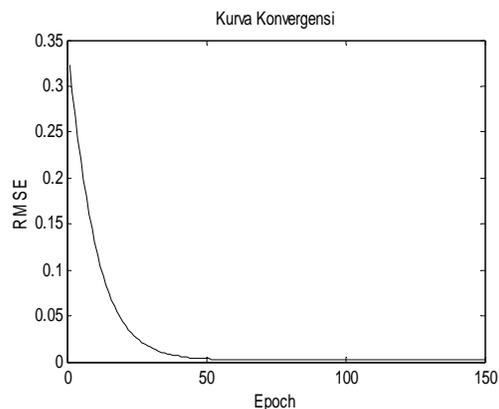


Gambar 16, Perbedaan distribusi energy semua sinyal gangguan

3.3 Simulasi Neural Network

Pemodelan sistem mengacu pada Gb.2. menunjukkan sistem sederhana yang digunakan sebagai deteksi sinyal gangguan. Skema monitoring Gb.3, merupakan rangkaian aplikasi monitoring dan identifikasi gangguan kualitas daya .

ANN didesain mempunyai variabel input yang berasal dari keluaran transformasi wavelet diskrit masing-masing sinyal gangguan , dengan menggunakan arsitektur Jaringan Saraf Tiruan Supervised seperti Gb.4 jumlah hidden layer input adalah 1 atau lebih sedangkan hidden layer outputnya digunakan satu sehingga terdapat perbedaan jumlah nilai pada masing-masing layernya. Pada proses pembelajaran harus dicapai konvergen dari proses iterasinya untuk mencapai target output jaringan yang diinginkan seperti Gb. 17 :



Gambar 17, Kurva Konvergensi

3.4. Hasil Learning Neural Network

MSE = 1.04158e-005

layer W deltaW Vbias Z

layer	W	deltaW	Vbias	Z
1	2.727	0.000	1.657	0.8553
2	2.417	0.000	1.623	0.8256
3	2.658	0.000	1.626	0.8441
4	2.163	0.000	1.457	0.7610
5	2.461	0.000	1.409	0.8185
6	3.059	0.000	1.781	0.8698
7	2.563	0.000	1.644	0.8029
8	2.713	0.000	1.654	0.8551
9	2.061	0.000	1.381	0.7716
10	2.546	0.000	1.560	0.8183

Wbias = 3.6494

Y = 0.9968

Alpha = 0.5000

Epoch = 4899

MSE = 9.2828e-006

layer W deltaW Vbias

Z	layer	W	deltaW	Vbias	
1	1	2.954	0.000	1.747	0.8606
2	2	2.445	0.000	1.428	0.8233
3	3	3.688	0.000	2.285	0.8875
4	4	0.000	2.149	0.9024	3.799
5	5	3.296	0.000	1.921	0.8800
6	6	2.797	0.000	1.763	0.8667
7	7	2.389	0.000	1.585	0.7961
8	8	3.002	0.000	1.826	0.8574
9	9	3.769	0.000	2.259	0.9042
10	10	2.923	0.000	1.822	0.8531
11	11	3.719	0.000	2.084	0.8992
12	12	2.762	0.000	1.830	0.8599
13	13	3.420	0.000	2.259	0.8840
14	14	3.862	0.000	2.253	0.9049
15	15	3.652	0.000	2.252	0.8870
16	16	3.103	0.000	1.896	0.8779
17	17	3.073	0.000	1.963	0.8613
18	18	3.912	0.000	2.223	0.9100
19	19	3.534	0.000	1.884	0.8881
20	20	2.541	0.000	1.522	0.8356

Wbias = 3.6674

Y = 0.9970

Alpha = 0.5000

Epoch = 5007

MSE = 1.18683e-005

layer W deltaW Vbias Z

layer	W	deltaW	Vbias	Z
1	1.897	0.000	1.141	0.7432
2	2.094	0.000	1.324	0.7594
3	1.751	0.000	0.910	0.7397
4	2.974	0.000	1.741	0.8652
5	2.371	0.000	1.613	0.8222
6	1.879	0.000	1.122	0.7309
7	2.484	0.000	1.787	0.8420

8	3.040	0.000	1.982	0.8746
9	2.938	0.000	1.921	0.8508
10	2.326	0.000	1.735	0.8046
11	2.287	0.000	1.694	0.8085
12	2.861	0.000	1.868	0.8748
13	2.753	0.000	1.621	0.8103
14	2.423	0.000	1.652	0.8286
15	2.377	0.000	1.425	0.8183
16	2.781	0.000	1.584	0.8241
17	2.487	0.000	1.493	0.8021
18	2.489	0.000	1.454	0.8009
19	2.796	0.000	1.636	0.8374
20	2.843	0.000	1.759	0.8228

Wbias = 3.3279

Y = 0.9966

Alpha = 0.4000

Suatu konfigurasi JST yang digunakan, dengan menggunakan 1 unit hidden, alpha sama 0.5 tetapi jumlah neuron hidden layernya berbeda diperoleh epoch berbeda untuk target sama, makin besar neuronnya maka epoch makin besar. contoh epoch pada Alpha 0.5 dengan jumlah neuron 20 adalah 4048 sedangkan yang memakai neuron 65 adalah 5552, paling efisien adalah struktur jaringan dengan 1 hidden layer dan alpha berkisar antara 0.5 sampai 0.55 serta banyaknya neuron dipilih sesuai dengan percobaan di atas.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari analisa bisa diambil kesimpulan sebagai berikut

1. Kombinasi transformasi wavelet cocok digunakan untuk menganalisa sinyal diskontinyu dan metode ANN dapat digunakan untuk menganalisa dan mengidentifikasi jenis gangguan.
2. Berdasarkan pengamatan, struktur Jaringan yang efisien digunakan menggunakan 1 unit Hidden Layer, dengan jumlah neuron berkisar 20 dan Alpha dipilih = 0.55, didapat hasil iterasi atau epoch yang paling singkat sebesar = 3680.

4.2 Saran

Untuk meningkatkan peranan metode kombinasi wavelet dan ANN dalam identifikasi gangguan, maka perlu didesain pengembangan metode ini agar dapat mengenali gangguan yang lebih spesifik adalah : Penggunaan sampling yang lebih banyak, sehingga didapatkan koefisien yang lebih detail.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Erik Thunberg, *On the Benefit of Harmonic Measurements in Power System*, Doctoral Dissertation Royal Institute of Technology, Departement of Electrical Engineering, Electric Power System Stockholm 2001.
- [2]. Haykin, Simon, 1994, "*Neural Network : A Comprehensive Foundation*", Prentice Hall, New Jersey.
- [3]. I. Daubechies, *Ten Lectures on Wavelets*. Philadelphia, PA : Society Ind. Appl. Math., 1992.
- [4]. Jaehak Chung, Edward J. Powers, W. Mack Grandy, and Siddharth C. Bhatt, *Power Disturbance Classifier Using a Rule-Based Method and Wavelet Packet-Based Hidden Markov Model*, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 17, No. 1, January 2002, pp 233-241.
- [5]. Jaehak Chung, Edward J. Powers, W. Mack Grandy, and Siddharth C. Bhatt, *Power Disturbance Classifier Using a Rule-Based Method and Wavelet Packet-Based Hidden Markov Model*, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 17, No. 1, January 2002, pp 233-241.
- [6]. J. Schlabbach, D. Blume and T. Stephanblome, *Voltage Quality in Electrical Power System*, The Institute of Electrical Engineers, London, United Kingdom, 2001.
- [7]. Lidong Zhang dan Math H. J Bollen, *Characteristic of Voltage Dip (Sag) in Power System*, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 15 No. 2, April 2000, pp827-832.
- [8]. M. Karimi, H. Mokhtari, and M. R. Iravani, "*Wavelet Based on-line disturbance detection for power quality applications*," IEEE Trans. Power Delivery, vol. 15, pp. 1212 - 1220, Oct.2000.
- [9]. M. Gaouda, S. H. Kanoun, M. M. A. Salama, and A.Y. Chikhani, "*Pattern recognition application for power system disturbance classification*," IEEE Trans Power Delivery, Vol 17, pp. 677 - 683, July 2002
- [10]. Marcio Magalhaes de Oliveira, *Power Electronics for Mitigation of Voltage Sag and Improved Control of AC Power System*, Doctoral Dissertation Royal Institut of Technology Departement of Electric Power Engineering Electric Power System, Stockholm, 2000.
- [11]. Micheal Misiti, Yves Misiti, Georges Oppenheim, Jean-Michel Poggi, *Wavelet Toolbox*, version 2.2, July 2002.