

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

Alex Wenda¹, Ahmad Faizal²

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293
email: alexwenda@uin-suska.ac.id, ahmadfaizal03@gmail.com

Abstrak

Deteksi dan klasifikasi gangguan kualitas daya listrik merupakan isu penting bagi sistem elektronik. Penelitian ini mengembangkan satu sistem aplikasi mobile untuk mengidentifikasi gangguan kualitas daya listrik menggunakan S-transform dan Dendogram Support Vector Machine. S-Transform digunakan untuk mendapatkan karakteristik frekuensi waktu dari fenomena kualitas daya, sedangkan Dendogram Support Vector Machine digunakan untuk mengklasifikasikan gangguan berdasarkan features selection. Akhirnya, Matlab Web server digunakan untuk mengintegrasikan proses grafis dan komputasi. Hasil pengujian menggambarkan keefektifan dan ketangguhan metode yang diusulkan untuk klasifikasi gangguan kualitas daya listrik pada mobile phone.

Kata kunci: Kualitas Daya, S-Transform, dendogram support vector machine.

Abstract

Detection and classification of power quality disturbances is an important issue for electronic systems. This research developed a mobile application system to identify power quality disturbances using S-transform and Dendogram Support Vector Machine. S-Transform was used to obtain time frequency characteristic of power quality phenomenon, while Dendogram Support Vector Machine was used to classify disturbances based on feature selection. Finally, Matlab Web server is used to integrate graphics and computing process. The test results illustrate the effectiveness and toughness of the proposed method for classifying power quality disruption in mobile phones.

Keywords: Power Quality, S-Transform, dendogram support vector machine.

1. Pendahuluan

Isu-isu yang terkait dengan kualitas daya listrik sangat menjadi perhatian pada masa sekarang ini, hal ini disebabkan oleh penggunaan peralatan elektronik yang semakin meluas seperti peralatan teknologi informasi, *adjustable speed drive* (ASD), *programmable logic controllers* (PLC), komputer, mesin-mesin industri, lampu hemat energi mengakibatkan terjadinya perubahan sifat beban listrik. Beban-beban non-linier tersebut menyebabkan terjadinya gangguan pada bentuk gelombang tegangan yang dapat mengakibatkan rendahnya kualitas daya.

Pentingnya kualitas daya listrik dapat dianalogikan seperti makanan dan minuman yang kita makan sehari-hari, jika makanan dan minuman yang kita makan sehari-hari halal lagi baik maka akan memberi dampak positif kepada tubuh kita, begitu juga sebaliknya, jika makanan yang kita makan memiliki kualitas nilai gizi yang rendah sudah pasti akan membawa mudarat bagi tubuh kita. Begitu juga halnya dengan peralatan elektronik yang kita gunakan sehari-hari yang menggunakan daya listrik seperti komputer, mesin cuci, handphone, mesin-mesin di industri dan lain sebagainya, jika daya yang diterima oleh peralatan-peralatan tersebut baik kualitasnya, maka kinerja dari alat itu akan optimal dan daya tahan peralatan semakin lama, sebaliknya jika alat-alat elektronik di supply dengan kualitas daya yang rendah, maka kinerja alat menjadi tidak maksimal dan bahkan akan menyebabkan kerusakan dan kerugian. Sekecil apapun gangguan kualitas daya listrik akan berdampak merugikan bagi pengguna.

Consortium for Electric Infrastructure to Support a Digital Society melaporkan bahwa negara Amerika kehilangan antara \$104 miliar hingga \$164 miliar setahun akibat pemadaman listrik dan \$15 miliar hingga \$24 miliar disebabkan oleh gangguan kualitas daya listrik lainnya [1]. Sedangkan di Eropa biaya yang dikeluarkan setiap tahun yang disebabkan oleh masalah gangguan kualitas daya pada industri dan perbankan secara keseluruhan mencapai 10 miliar

Euro dan akan naik beberapa juta Euro di bidang industri pulp and paper dan industri aluminium [2].

Untuk mengidentifikasi gangguan kualitas daya, biasanya sebuah alat dipasang untuk merekam data tegangan dan arus. Alat ini biasa disebut dengan power quality meter atau power quality analyzer. Data tersebut kemudian dikumpulkan dan selanjutnya dianalisa oleh ahlinya untuk kemudian diidentifikasi jenis gangguannya. Keadaan ini tentunya memerlukan waktu yang cukup lama dan membutuhkan orang yang ahli untuk menganalisa data kualitas daya listrik tersebut. Disamping itu dari berbagai peralatan power quality meter yang ada pada masa sekarang ini sebagian besar masih menggunakan aplikasi berbasis desktop, walaupun ada yang sudah berbasis web maka harganya sangat mahal. Untuk itu para peneliti kemudian mengembangkan aplikasi untuk mengidentifikasi gangguan kualitas daya secara otomatis dengan menggunakan teknik-teknik pemrosesan sinyal digital dan intelligent system diantaranya adalah yang telah dibuat oleh [3] menggunakan expert system, [4] menggunakan wavelet transform, [5], [6] dan [7]. Semua penelitian ini memiliki tingkat akurasi di bawah 90% dan masih berbasis aplikasi desktop, karena alat ukur yang digunakan juga masih berbasis desktop sehingga untuk mengidentifikasi tempat-tempat yang jauh atau remote location masih lagi menjadi kendala.

Beberapa teknik yang digunakan dan disarankan untuk menganalisa variasi time-frequency dari bentuk gelombang voltage dari gangguan kualitas daya diantaranya adalah menggunakan Fast Fourier Transform (FFT) [8], short time Fourier transforms (STFT) [9], wavelet transform [10] [11] and S-transform [12], [13].

Disebabkan oleh sifat transient dari sinyal kualitas daya tersebut maka FFT tidak cocok digunakan sebagai feature extraction disebabkan rendahnya kemampuan melokalisasi waktu dan frekuensi. STFT memiliki kemampuan untuk melakukan analisis transient yang disebabkan oleh komponen frekuensi tinggi dan rendah dari sinyal. Alternatif lain adalah menggunakan transformasi wavelet akan tetapi kemampuannya menurun ketika keadaan ber-noise. Untuk memecahkan masalah ini kemudian wavelet transform di modifikasi sehingga dikenal sebuah teknik baru yang dikenal dengan nama S-transform. S-transform memiliki karakteristik yang lebih baik dari wavelet dan STFT dan cocok digunakan untuk menganalisa gangguan kualitas daya listrik.

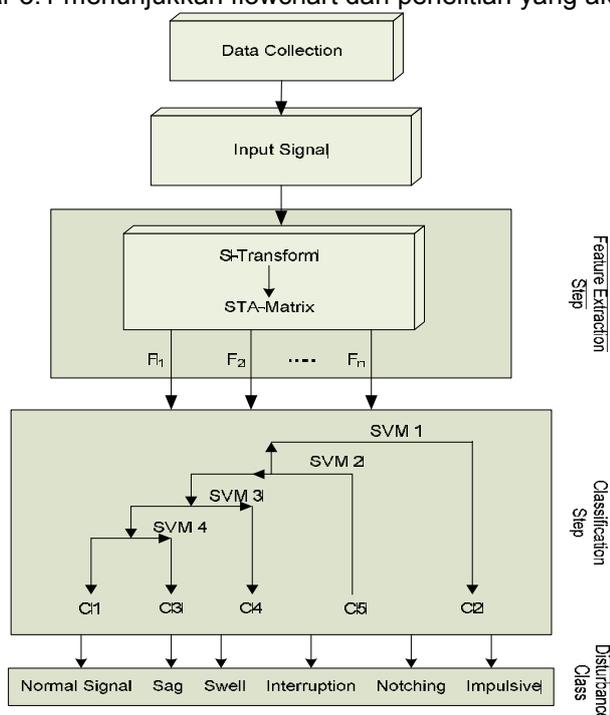
Beberapa tahun terakhir, Support Vector Machine (SVM) telah menjadi metode yang populer dan banyak menarik peneliti dan praktisi untuk menggunakannya sebagai metode pengklasifikasian hal ini disebabkan karena SVM memiliki kemampuan yang baik untuk mengklasifikasikan masalah dengan ukuran sampel yang kecil, non-linear dan dimensi yang tinggi. Sebagai salah satu metode pattern recognition, usia SVM terbilang masih relative muda. Walaupun demikian, evaluasi kemampuannya dalam berbagai aplikasinya menempatkannya sebagai state of the art dalam pattern recognition, dan dewasa ini merupakan salah satu tema yang berkembang dengan pesat. SVM adalah metode learning machine yang bekerja atas prinsip Structural Risk Minimization (SRM) dengan tujuan menemukan hyperplane terbaik yang memisahkan dua buah class pada input space. Pada dasarnya SVM di rancang untuk mengklasifikasikan masalah biner (binary classification problems). Pada kenyataannya terdapat banyak multi class classification problems seperti halnya pengklasifikasian jenis gangguan kualitas daya listrik. Beberapa metode pengklasifikasian multiclass SVM diantaranya adalah "one against rest", "one against one" dan Dendrogram SVM (DSVM). Setelah dilakukan pengujian [14] dan [15], DSVM lebih baik dari metode yang lain dalam mengklasifikasikan multiclass problems. Pada masa sekarang, web site dan internet menjadi sangat dekat dengan kehidupan kita, hampir setiap hari kita mengakses halaman web baik itu untuk membuka email, membaca berita atau memanfaatkan media sosial untuk bersilaturahmi di dunia maya. Hobbes' Internet Timeline sampai tahun 2016 melaporkan bahwa dalam 10 tahun terakhir jumlah website bertambah dari 1000 hingga lebih dari 50 juta halaman web (16). Begitu juga halnya dengan perkembangan perangkat mobile seperti cell phone dan smartphone, penggunaan perangkat mobile phone sudah sangat meluas di kalangan masyarakat kita pada masa sekarang, dengan di dukung koneksi berkecepatan tinggi, mobile phone telah memanjakan pengguna dalam mengakses website-website yang dulunya hanya bisa di akses dengan menggunakan personal komputer atau laptop. Maka dari itu pengembang-pengembang aplikasi berlomba-lomba membuat aplikasi yang di desain untuk pengguna-pengguna mobile phone. Baik aplikasi yang bersifat sosial media, word processing, instant messaging, sampai kepada aplikasi-aplikasi teknologi

yang digunakan untuk memudahkan kerja-kerja para engineer yang sebelumnya hanya bisa diimplementasikan pada personal komputer ataupun laptop.

Untuk itu penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan suatu aplikasi berbasis web cerdas yang dapat di akses melalui mobile phone yang dapat di gunakan untuk menganalisa dan mengidentifikasi gangguan kualitas daya listrik di kampus UIN-SUSKA Riau menggunakan teknik S-transform sebagai feature extraction dan DSVM sebagai multiclass classifier-nya. Ini tentunya akan banyak memberikan keuntungan karena setiap ada gangguan bisa dapat diketahui secara cepat dan akurat hanya dengan melalui mobile phone sehingga dampak kerugian yang disebabkan oleh gangguan tersebut dapat di kurangi.

2. Metodologi

Penelitian ini adalah penelitian inovasi teknologi yang menerapkan teknik-teknik pemrosesan sinyal, teknik pengenalan pola atau pattern recognition, metode-metode ini kemudian diterjemahkan ke dalam aplikasi pemrograman berbasis web pada untuk mengembangkan intelligent software yang dapat memonitor dan menganalisa gangguan kualitas daya listrik. Gambar 3.1 menunjukkan flowchart dari penelitian yang akan dijalankan.



Gambar 3.1 Flowchart metodologi Penelitian

Dari gambar 3.1 dapat dijelaskan bahwa tahapan penelitian adalah:

Pertama pengumpulan Data: Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan dua cara, pertama dengan menggunakan alat ukur dan yang kedua dengan menggunakan simulasi. Pengumpulan data dengan menggunakan alat ukur dengan cara memasang alat di panel-panel induk sistem distribusi listrik kampus UIN SUSKA Riau, alat ini di pasang dalam jangka waktu tertentu untuk merekam fenomena yang terjadi di panel-panel induk distribusi. Dalam penelitian ini alat yang akan digunakan untuk pengumpulan data adalah Reliable Power Meter. Metode yang kedua yang digunakan untuk pengumpulan data adalah dengan mensimulasikan setiap jenis gangguan kualitas daya dengan memodelkannya ke dalam persamaan matematis sehingga dihasilkan data yang sesuai dengan jenis gangguan kualitas daya, teknik ini banyak digunakan oleh peneliti sebagai alternatif untuk pengumpulan data karena untuk mendapatkan real data dari hasil pengukuran membutuhkan waktu berbulan-bulan bahkan bertahun-tahun.

Kedua Perancangan Database, Setelah data dikumpulkan kemudian tahap berikutnya adalah merancang database gangguan kualitas daya. Teknik yang digunakan dalam perancangan ini adalah dengan menggunakan teknik normalisasi data menggunakan entity relational diagram (ERD). Teknik ini digunakan sebagai model untuk mengurangi redundansi data dan inkonsistensi data. Mengingat besarnya kapasitas data yang akan di kelola maka perancangan database menjadi penting untuk lebih meningkatkan performansi data.

Ketiga Feature extraction dan feature selection, Dalam penelitian ini teknik S-transform digunakan untuk mengekstrak data kualitas daya listrik untuk kemudian dianalisa dan dipilih fitur atau ciri yang paling unik dari setiap gangguan dengan cara membandingkan sinyal yang terdistorsi dengan sinyal yang tidak terdistorsi, perbedaan ini menghasilkan ciri-ciri yang unik dari setiap sinyal masukan. Persamaan S-transform yang di dapat dari wavelet transform merujuk pada [11]. S-transform diskrit dari sinyal gangguan kualitas daya menghasilkan sinyal time-frequency dan time-amplitude, dengan kontur amplitud-frekuensi digunakan untuk mengidentifikasi gangguan kualitas daya secara visual. Output dari S-transform adalah matriks $m \times n$ yang disebut juga sebagai matrik S dengan kolom merujuk pada waktu dan baris merujuk pada frekuensi. Setiap elemen dari matriks ini adalah merupakan nilai kompleks. Setiap baris menunjukkan magnitudo S-transform dengan semua frekuensi pada waktu yang sama dan setiap kolom menunjukkan magnitudo S-transform dari frekuensi yang sama. Untuk menganalisa gangguan kualitas daya, matriks yang dihasilkan oleh S-transform ini digunakan untuk mendapatkan ciri atau fitur yang bisa digunakan untuk mengklasifikasikan jenis gangguan kualitas daya secara otomatis. Penerapan teknik-teknik statistik pada kontur matriks keluaran S-transform digunakan untuk mendapatkan fitur yang unik dari setiap jenis gangguan. Beberapa faktor penting dalam pemilihan ciri ini adalah faktor amplitud, standar deviasi, nilai absolute frekuensi versus amplitud, standar deviasi amplitud, nilai maksimum dan nilai minimum dari amplitud. Pemilihan ciri atau feature selection ini sangat menentukan keberhasilan pengklasifikasian jenis gangguan, semakin unik ciri yang dihasilkan maka tingkat akurasi pengklasifikasian jenis gangguan semakin tinggi. Langkah berikutnya untuk mendapatkan feature atau feature selection yang di inginkan adalah dengan menggunakan teknik statistik pada matriks kontur dari S-transform. Beberapa ciri yang dihasilkannya adalah sebagai berikut: Faktor amplitud, $F1$ sebagai fitur pertama yang diberikan oleh persamaan,

$$F1 = 1 + std1 + std2 - norm1 - norm2 \dots \dots \dots (1)$$

dengan,

- $std1$: Nilai maksimum standar deviasi dari sinyal masukan.
- $std2$: Nilai minimum dari standar deviasi dari sinyal masukan.
- $Norm1$: Nilai maksimum dari sinyal normal (voltage normal)
- $Norm2$: Nilai minimum dari sinyal normal.

Ciri kedua diberikan oleh persamaan,

$$F2 = std1 - ps1 \dots \dots \dots (2)$$

Dan ciri ketiga diberikan oleh persamaan,

$$F3 = mean(mean(abs(ds)^2)) \dots \dots \dots (3)$$

dengan,

ds : Nilai mutlak dari -transform dari sinyal masukan

Ciri keempat adalah $F4$ yang merupakan nilai absolut dari S-transform dari frekuensi yang memiliki amplitud terbesar pada setiap langkah (f_m) yang diberikan oleh persamaan berikut,

$$F4 = abs(ds(f_m)) \dots \dots \dots (4)$$

Ciri yang kelima ialah $F5$ yang merupakan total harmonik distortion yang diberikan oleh persamaan berikut,

$$F5 = THD = \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^m X_i^2}{X_i}} \dots \dots \dots (5)$$

dengan X mewakili komponen voltage, m adalah jumlah titik pada FFT; m mewakili nomor/urutan harmonik dan THD adalah total harmonic distortion.

Keempat, Classification, Teknik yang digunakan dalam pengklasifikasian jenis gangguan adalah menggunakan Dendrogram Support Vector Machine (SVM). Metode ini menggunakan taksonomi dari setiap kelas dan me-decompose masalah multi-class kepada descendent set binary-class seperti yang ditunjukkan gambar 3.1 pada classification step.

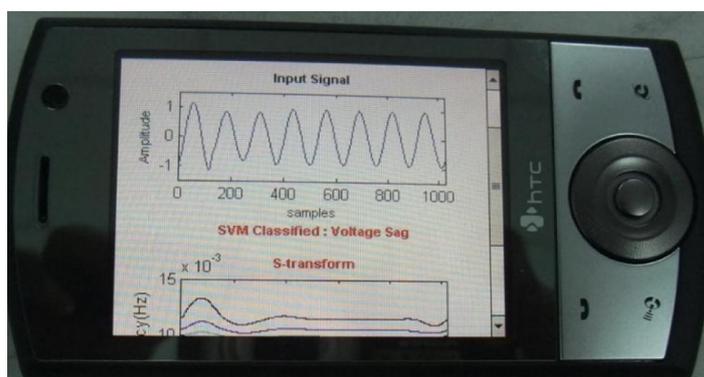
Kelima Perancangan Aplikasi, Aplikasi dirancang dengan menggunakan beberapa teknik pemrograman berbasis web seperti menggunakan Coldfusion Mark Up Language, HTML, flash dan lain sebagainya. Aplikasi server berbasis windows menggunakan internet information service untuk handle aplikasi web dan menggunakan Matlab web server untuk handle perhitungan matematis.

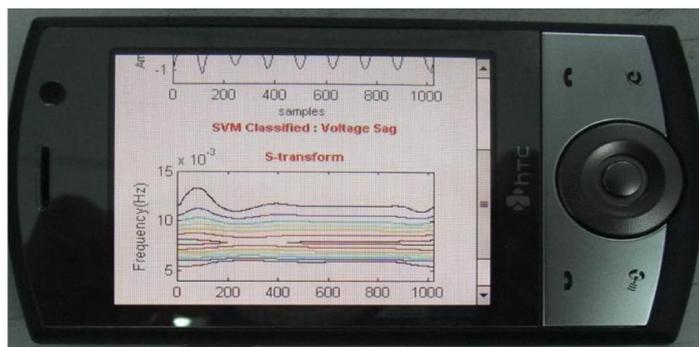
Ke enam adalah Pengujian, Bagian akhir dari penelitian ini adalah pengujian. Teknik yang digunakan dalam pengujian ini adalah menggunakan cross validation teknik. Cross validation adalah metode statistik untuk mengevaluasi dan membandingkan learning algorithm dengan membagi data ke dalam dua segmen; bagian pertama digunakan sebagai training dan bagian lainnya sebagai testing. Cross validation teknik yang digunakan dalam penelitian ini adalah k-fold cross validation. Dalam pengujian ini data dibagi ke dalam k set data, kemudian secara bergantian setiap set data dijadikan sebagai training data dan sisa set data lainnya sebagai pengujian, proses ini dilakukan bergantian sampai iterasi semua set data habis. Nilai rata-rata dari semua iterasi menunjukkan tingkat akurasi dari sistem.

3. Hasil Dan Pengujian

Tantangan terbesar dalam membuat aplikasi berbasis web adalah ketika aplikasi yang dikembangkan itu memerlukan perhitungan matematis yang kompleks dan pemaparan grafik yang juga kompleks, hal ini karena aplikasi berbasis web dirancang sedemikian rupa bukan untuk aplikasi-aplikasi komputasi seperti pada Matlab, Mat tools dan lain sebagainya. Untuk itu Matlab Web Server telah digunakan untuk menjalankan proses komputasinya dan menampilkan hasilnya di halaman web.

Dalam penelitian ini telah berhasil dikembangkan satu aplikasi berbasis web untuk aplikasi mobile yang dapat menganalisa dan mengidentifikasi gangguan kualitas daya listrik. Aplikasi ini dapat diakses dengan memanfaatkan basis data yang ada di server atau menggunakan data dari pengguna. Gambar 4.1 menunjukkan aplikasi web dalam mengidentifikasi gangguan kualitas daya voltage sag. Data yang digunakan dalam gambar tersebut adalah menggunakan database yang ada di dalam server.





Gambar 4.1. Mobile web application untuk mengidentifikasi gangguan kualitas daya

Untuk memvalidasi sistem yang telah dikembangkan, 810 data kualitas daya listrik telah di analisa. Data tersebut terdiri dari 150 data voltage sag, 150 data voltage swell, 120 data notching, 120 data impulsive, 120 data interruption dan 150 data dari signal normal. Metode pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan k-fold cross validation teknik. Dalam pengujian ini data di bagi ke dalam k set data, kemudian secara bergantian setiap set data dijadikan sebagai training data dan sisa set data lainnya sebagai pengujian, proses ini dilakukan bergantian sampai iterasi semua set data habis. Nilai rata-rata dari semua iterasi menunjukkan tingkat akurasi dari sistem. Dalam kasus ini nilai K yang digunakan adalah $K=10$.

Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengujian menggunakan k-fold cross validation teknik. Terlihat bahwa tingkat akurasi dari sistem yang telah di kembangkan dalam mengidentifikasi jenis gangguan kualitas daya listrik adalah 99.30% untuk voltage sag, 99.25% untuk voltage swell, 99.42% untuk jenis gangguan notching, 99.55% untuk jenis gangguan interruption, dan 99.7% untuk voltage normal. Sehingga rata-rata akurasi dari sistem identifikasi gangguan kualitas daya listrik menggunakan S-transform dan Dendogram support vector machine ini adalah sebesar 99.49%.

Tabel 4.1. Hasil pengujian sistem

Jenis Gangguan	Akurasi (%)
Voltage sag	99.30
Voltage swell	99.25
Notching	99.42
Impulsive/transient	99.75
Interruption	99.55
Normal voltage	99.7
Rata-rata Akurasi	99.49

4. Kesimpulan

Secara keseluruhan penelitian ini telah berhasil mencapai tujuan yang ingin di capai yaitu untuk mengembangkan aplikasi web cerdas untuk mengidentifikasi gangguan kualitas daya listrik di kampus UIN SUSKA Riau menggunakan teknik pemrosesan sinyal S-transform dan Dendogram Support Vektor Machine sebagai metode untuk mengklasifikasikan jenis gangguannya.

S-transform digunakan untuk mengekstrak data kualitas daya listrik untuk kemudian dianalisa dan dipilih fitur atau ciri yang paling unik dari setiap gangguan dengan cara membandingkan sinyal yang terdistorsi dengan sinyal yang tidak terdistorsi, perbedaan ini menghasilkan ciri-ciri yang unik dari setiap sinyal masukan. Penerapan teknik-teknik statistik pada kontur matriks keluaran S-transform digunakan untuk mendapatkan fitur yang unik dari setiap jenis gangguan. Beberapa faktor penting dalam pemilihan ciri ini adalah faktor amplitude,

standar deviasi, nilai absolute frekuensi versus amplitude, standar deviasi amplitude, nilai maksimum dan nilai minimum dari amplitude. Pemilihan ciri atau feature selection ini sangat menentukan keberhasilan pengklasifikasian jenis gangguan, semakin unik ciri yang dihasilkan maka tingkat akurasi pengklasifikasian jenis gangguan semakin tinggi.

Hasil pengujian menggunakan cross validation teknik menunjukkan bahwa rata-rata akurasi dari sistem identifikasi gangguan kualitas daya listrik menggunakan S-transform dan support vector machine ini adalah sebesar 99.49%. ini membuktikan bahwa metode ini cukup baik digunakan untuk mengidentifikasi gangguan kualitas daya listrik.

Daftar Pustaka

- [1] CEIDS (Consortium for Electric Infrastructure to Support a Digital Society). 2001. *The cost of Power Disturbances to Industrial and Digital Economy Companies Executive Summary*, 1-10.
- [2] Tukhas, V. A., Eintrop, S. A. & Pozhidaev, S. V. 2005. *The regional system of monitoring power quality parameters in real time*. Proceeding of the *Electromagnetic Compatibility and Electromagnetic Ecology, IEEE 6th International Symposium*: Saint, Petersburg: 204-207.
- [3] Reaz, F. Choong, M.S. Sulaiman, F. Mohd-Yasin, M. Kamada, *Expert system for power quality disturbance classifier*, IEEE Transactions on Power Delivery 22 (2007) 1979–1988.
- [4] W. Kanitpanyacharoen, S. Premrudeepreechacharn, Power quality problem classification using wavelet transformation and artificial neural networks, in: IEEE Region 10 Conference, C, 2004, pp. 252–255.
- [5] Styvaktakis, E., Bollen, M.H.J., Gu, I.Y.H., "Automatic Classification of Power System Events Using RMS Voltage Measurements" IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, 2002, Volume 2, pp. 824 – 829.
- [6] Yonghai. Xiao, Xiangning. Song, Y.H, *Automatic classification and analysis of the characteristic parameters for power quality disturbances*, " IEEE Power Engineering Society General Meeting, vol.1, pp. 496-503, 2004.
- [7] AiniHussain, Azah Mohamed, MohdHanifMdSaad, MohdHaszuanSukairi& Noor SabathiahSayuti. 2005. *IPQDA: A Software Tool for Intelligent Analysis of Power Quality Disturbances*. S. Zhang and R. Jarvis (Eds): Lecture Notes in Artificial Intelligence: LNAI 3809:1315-1318
- [8] Fusheng Z, G. Zhongxing, and G. Yaozhong, "FFT algorithm with high accuracy for harmonic analysis in power system," in Proc. CSEE, 1999, vol. 19, no. 3, pp. 63–66.
- [9] Heydt G T, Field P S, Liu C C, et al, "Applications of the windowed FFT to electric power quality assessment," IEEE Transaction on Power Delivery, vol.14, pp. 1411-1416, 1999.
- [10] Santoso, S., Powers, E. I., Grady, W. M., & Parsons, A. C. "Power quality disturbance waveform recognition using wavelet-based neural classifier—Part 1: Theoretical foundation," IEEE Transaction. on Power Delivery., 15(1), 222–228, 2000.
- [11] Jaya B. R., Dusmanta K. and Karan B.M, "Power system disturbance recognition using wavelet and S-transform technique", International Journal of Emerging Electric Power Systems, 1(2), Article 1007, 2004.
- [12] Zhao F, R. Yang, *Power quality disturbance recognition using S-transform*, IEEE Transactions on Power Delivery 22 (2007) 944–950.
- [13] K.Manimala., K. Selvi., and R.Ahila, "Artificial Intelligence Techniques Applications for Power Disturbances Classification, : Intrnational Journal of Electrical Systems Science and Engineering 1;3, 2008
- [14] Khalid Benabdeslem and Youn`esBennani, "Dendogram- based SVM for Multi-Class Classification", Journal of Computing and Information Technology - CIT 14, 2006, 283–289.
- [15] <http://www.zakon.org/robert/internet/timeline/>.