

Studi Inferensi Fuzzy Tsukamoto Untuk Penentuan Faktor Pembebanan Trafo PLN

Fanoel Thamrin^a, Eko Sedyono^b, Suhartono^c

^a Magister Sistem Informasi Universitas Diponegoro
Jl. Imam Bardjo SH No 5, Semarang 50241 Indonesia
email : fanoel_STTPLN@yahoo.com

^b Sistem Informasi Universitas Kristen Satya Wacana
Jl. Diponegoro 52-60, Salatiga 50711 Indonesia
Email : ekosed1@yahoo.com

^c Teknik Informatika Fakultas Sains dan Matematika
Universitas Diponegoro, Semarang

Abstract

One of the strategic components of the power system is the transformer. Disruption of the transformer can cause the transformer to burning and the transformer performance to decrease. Therefore, in this case maintenance and detection of damage to the transformer needs to be done regularly so that the transformer can work within the period of maximum usage. But, the problem is the substantial costs required to ask for an expert in transformer maintenance and inspection on a regular basis. Based on these issues it is necessary to develop software with capabilities equal or close to an expert diagnosis of a transformer with high accuracy and speed of maintenance on transformers before irreparable damage. Application of expert system with fuzzy inference Tsukamoto for PT. PLN transformer maintenance is an expert system used to detect other types of disturbances in PT PLN distribution transformers so that maintenance can be performed in accordance with the type of damage or disturbance that occurred in the transformer. This application is equipped with transformer loading calculation, an imbalance of load on trafo. Input variables used in determining transformer loading and load imbalance on the current transformer is rated at each phase transformer, the voltage of each phase, power factor and the transformer capacity.

Keywords : Expert System, Fuzzy Tsukamoto, Transformers Maintenance

1. Pendahuluan

Semakin berkembangnya teknologi tenaga listrik menyebabkan proses pemantauan dan diagnosis pada sistem tenaga listrik menjadi sangat kompleks. Pemantauan kondisi peralatan tenaga listrik secara manual tidak memberikan solusi yang tepat. Kecerdasan buatan memiliki potensi yang besar untuk diaplikasikan pada fungsi sistem tenaga listrik untuk deteksi dan diagnosis gangguan sistem (Mangina, 2010).

Pemantauan kondisi sistem tenaga listrik dengan bantuan kecerdasan buatan merupakan penilaian kondisi peralatan dengan menggunakan sistem komputerisasi dengan teknik kecerdasan buatan berdasarkan klasifikasi data (Mangina, 2000). Sistem yang dibuat ini bertujuan untuk memprediksi kegagalan peralatan dengan memantau parameter-parameter pada peralatan yang secara ekonomis dapat meningkatkan kinerja peralatan dan penjadwalan pemeliharaan yang tepat sebelum terjadi kerusakan yang fatal. Pemeliharaan peralatan dengan menggunakan data dari proses pemantauan kondisi peralatan yang diekstrak dari korelasi parameter tertentu tidak semuanya dapat ditangani oleh manusia sebagai operator (Jennings, 1993).

Trafo yang merupakan peralatan pokok pada sistem tenaga listrik, selain itu jumlah trafo yang banyak dengan perbedaan jenis dan kapasitas mempersulit perawatan dan pemeriksaan rutin karena perbedaan trafo berakibat perbedaan karakteristik dan masalah yang timbul (Horning

et al., 2004). Gangguan pada trafo dapat mengakibatkan terbakarnya trafo dan juga turunnya kinerja trafo. Oleh karena itu, pemeliharaan dan pendeteksian kerusakan trafo perlu dilakukan secara rutin agar trafo bisa bekerja sesuai dengan masa pemakaian maksimumnya.

Permasalahannya adalah biaya yang cukup besar diperlukan untuk mendatangkan seorang ahli dalam pemeliharaan dan pemeriksaan trafo secara rutin, disamping kerusakan trafo yang juga akan mengakibatkan kerugian yang besar, dimana pada saat ini masalah penghematan energi di antaranya dengan penghematan biaya operasi dan pembelian aset baru. Mengingat listrik merupakan jenis energi yang sangat vital, maka kesinambungan ketersediaan listrik perlu dijaga setiap saat. Kegagalan suatu komponen akan berakibat pada berhentinya pasokan listrik. Untuk menghindari hal tersebut, pengoperasian dan pemeliharaan sistem kelistrikan harus dilakukan secara tepat.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu dikembangkan perangkat lunak dengan kemampuan sama atau mendekati seorang pakar diagnosis trafo dengan ketelitian dan kecepatan tinggi terhadap pemeliharaan pada trafo sebelum terjadi kerusakan. Hal-hal yang berkaitan dengan data pemeliharaan merupakan hal yang samar (fuzzy) karena banyak kemungkinan pada suatu masalah yang terjadi.

Berdasarkan hal tersebut, maka dalam membangun sistem pakar untuk pemeliharaan preventif digunakan

logika fuzzy yang mampu menangani ketidakjelasan dan ketidakpastian dari berbagai variabel pemeliharaan trafo yang digunakan. Logika fuzzy yang digunakan adalah sistem inferensi fuzzy tsukamoto karena metode ini menggunakan aplikasi nilai monoton, Output hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (crisp) berdasarkan α -predikat (*fire strength*).

2. Kerangka Teori

2.1 Sistem Pakar

Sistem pakar merupakan suatu sistem terkomputerisasi yang menggunakan pengetahuan bidang tertentu untuk mencapai solusi suatu masalah dari bidang tersebut. Solusi yang diberikan pada dasarnya sama seperti yang disimpulkan oleh seseorang yang banyak mengetahui masalah tersebut. Sedangkan dalam memecahkan masalah, sistem pakar menggunakan proses yang serupa dengan metode oleh seorang pakar. Blok diagram sistem pakar bisa dilihat pada gambar 1. Pada gambar tersebut menjelaskan bahwa sistem pakar juga dapat dilihat dari sudut pandang lingkungan (*environment*) dalam sistem. Terdapat dua lingkungan yaitu lingkungan konsultasi dan lingkungan pengembangan. Lingkungan konsultasi diperuntukkan bagi pengguna non pakar untuk melakukan konsultasi dengan sistem yang tujuannya adalah mendapatkan nasehat pakar. Sedangkan lingkungan pengembangan ditujukan bagi pembangun sistem pakar untuk membangun komponen dan memasukkan pengetahuan hasil akuisisi pengetahuan ke dalam basis pengetahuan.

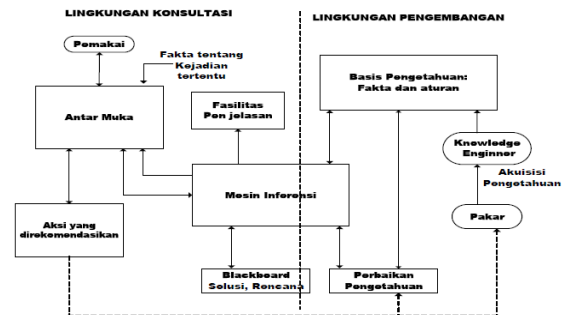
Hasil pemrosesan yang dilakukan oleh mesin inferensi dari sudut pandang pengguna non pakar berupa aksi/konklusi yang di rekomendasikan oleh sistem pakar atau dapat juga berupa penjelasan jika memang dibutuhkan oleh pengguna. Dari sudut pandang pembangun sistem dalam lingkungan pengembangan, mesin inferensi terdiri dari 3 elemen penting, yaitu (Hartati dan Iswanti, 2008) :

1. *Interpreter*, elemen ini mengeksekusi item-item agenda yang terpilih dengan menggunakan kaidah basis pengetahuan yang bersesuaian.
2. *Scheduler*, elemen ini mengelola pengontrolan terhadap agenda. Penjadwalan memperkirakan pengaruh-pengaruh dari pengguna kaidah inferensi pada prioritas-prioritas item atau criteria lain pada agenda.
3. Pelaksana konsistensi/ *consistency enforcer*, elemen ini berusaha untuk mengelola penyajian solusi secara konsisten.

Blackboard adalah memori kerja yang digunakan untuk menyimpan kondisi/keadaan yang dialami oleh pengguna dan juga hipotesa serta keputusan sementara. Untuk meningkatkan kemampuan sistem pakar, pada sistem tersebut harus dilakukan proses updating pada *knowledge base* dan penyempurnaan pada *inference engine* sehingga solusi yang dihasilkan lebih baik daripada sebelumnya.

Inference engine merupakan prosesor dalam sistem pakar yang mencocokkan fakta dalam memori aktif

dengan domain *knowledge* yang terdapat *knowledge base* untuk menghasilkan solusi dari suatu masalah. Sedangkan cara penyusunan *knowledge base* dalam sistem agar dapat memecahkan masalah serupa dengan seorang pakar disebut dengan penyajian *knowledge*.



Gambar 2. 1 Arsitektur Sistem Pakar

2.2 Logika Fuzzy

Logika fuzzy didasarkan pada logika Boolean yang umum digunakan dalam komputasi. Secara ringkas, teorema fuzzy memungkinkan komputer “berpikir” tidak hanya dalam skala hitam-putih (0 dan 1, mati atau hidup) tetapi juga dalam skala abu-abu. Dalam Logika Fuzzy suatu preposisi dapat direpresentasikan dalam derajat kebenaran (*truthfulness*) atau kesalahan (*falsehood*) tertentu.

Pada sistem diagnosis fuzzy peranan manusia/operator lebih dominan. Pengiriman data dilaksanakan oleh operator ke dalam sistem. Ketika sistem memerlukan data tambahan. Selain itu operator dapat meminta atau menanyakan informasi dari sistem diagnosis berupa hasil konklusi atau prosedur detail hasil diagnosis oleh sistem. Dari sifat sistem ini, sistem diagnosis fuzzy dapat digolongkan pada sistem pakar fuzzy. Sistem pakar fuzzy adalah sistem pakar yang menggunakan notasi fuzzy pada aturan-aturan dan proses *inference* (logika keputusan).

2.3 Metode Tsukamoto

Pada dasarnya, metode Tsukamoto mengaplikasikan penalaran monoton pada setiap aturannya. Kalau pada penalaran monoton, sistem hanya memiliki satu aturan, pada metode Tsukamoto, sistem terdiri atas beberapa aturan. Karena menggunakan konsep dasar penalaran monoton, pada metode Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IF-THEN harus direpresentasikan dengan suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Output hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (crisp) berdasarkan α -predikat (*fire strength*). Proses agregasi antar aturan dilakukan, dan hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan *defuzzy* dengan konsep rata-rata terbobot.

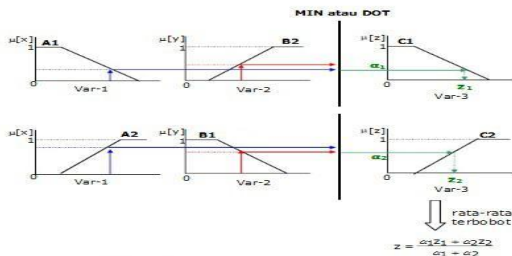
Misalkan ada variabel masukan, yaitu x dan y , serta satu variabel keluaran yaitu z . Variabel x terbagi atas 2 himpunan yaitu A_1 dan A_2 , variabel y terbagi atas 2 himpunan juga, yaitu B_1 dan B_2 , sedangkan variabel keluaran Z terbagi atas 2 himpunan yaitu C_1 dan C_2 . Tentu saja himpunan C_1 dan C_2 harus merupakan himpunan yang bersifat monoton. Diberikan 2 aturan sebagai berikut:

IF x is A₁ and y is B₂ THEN z is C₁
 IF x is A₂ and y is B₁ THEN z is C₂

α-predikat untuk aturan pertama dan kedua, masing-masing adalah a₁ dan a₂. dengan menggunakan penalaran monoton, diperoleh nilai Z₁ pada aturan pertama, dan Z₂ pada aturan kedua. Terakhir dengan menggunakan aturan terbobot, diperoleh hasil akhir dengan formula sebagai berikut:

$$Z = \frac{\alpha_1 Z_1 + \alpha_2 Z_2}{\alpha_1 + \alpha_2}$$

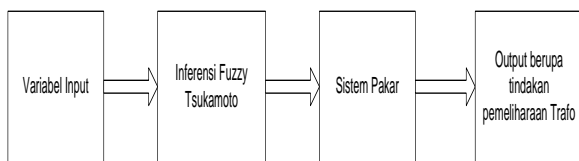
Diagram blok proses inferensi dengan metode Tsukamoto (Jang, 1997) dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Inferensi dengan menggunakan metode Tsukamoto (Jang,1997).

3. Metodologi

Prosedur penelitian aplikasi sistem pakar dengan menggunakan teknik inferensi logika fuzzy Tsukamoto untuk pemeliharaan preventif pada trafo PLN ditunjukkan seperti pada gambar 3.1.



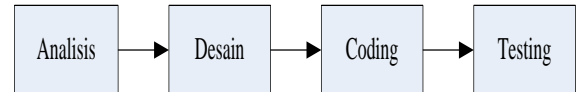
Gambar 3.1. Prosedur penelitian inferensi fuzzy Tsukamoto Untuk Pemeliharaan trafo

Berikut ini penjelasan prosedur penelitian aplikasi sistem pakar pemeliharaan trafo PLN yang telah digambarkan pada gambar 3.1.

1. Himpunan masukan fuzzy terdiri dari tegangan tiap fasa trafo, arus tiap fasa trafo, frekuensi, faktor daya.
2. Data tersebut merupakan data crisp yang kemudian dilanjutkan dengan proses fuzzifikasi. Proses fuzzifikasi bertugas mengubah data crisp dari masukan menjadi data fuzzy berdasarkan himpunan fuzzy yang telah ditetapkan.
3. Setelah menjadi data fuzzy kemudian dilanjutkan ke inferensi fuzzy dalam hal ini menggunakan metode fuzzy Tsukamoto, dimana terlebih dahulu dengan memberikan basis aturan (Rule Base) yang berisi aturan If-Then. Dalam aturan tersebut terdapat

himpunan masukan fuzzy dan himpunan keluaran fuzzy yang membangun rule-rule tersebut.

4. Keluaran yang dihasilkan dari proses fuzzy yang telah dilakukan adalah nilai pembebanan trafo dan nilai ketidakseimbangan beban disertai informasi variabel tegangan, dan faktor daya dan solusinya berupa keputusan pemeliharaan trafo PLN.
5. Model proses yang digunakan dalam pembangunan perangkat lunak ini adalah model sekuensial linier atau disebut juga dengan model air terjun (Roger S.Pressman, 2002). Model sekuensial linier meliputi aktivitas sebagai pada gambar 3.2 berikut



Gambar 3.2 Model Sekuensial linier (Pressman, 2002).

- a. Analisis
Tahap ini merupakan tahapan menganalisa hal-hal yang diperlukan dalam pelaksanaan pembuatan perangkat lunak.
- b. Desain
Tahap penerjemahan dari data yang dianalisis ke dalam bentuk yang mudah dimengerti oleh pengguna.
- c. Coding
Tahap penerjemah data atau pemecahan masalah yang telah dirancang ke dalam bahasa pemrograman tertentu.
- d. Testing
Merupakan tahapan pengujian terhadap perangkat lunak yang dibuat.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Identifikasi Variabel Masukan

Identifikasi variabel-variabel masukan dari sistem diperlukan untuk mengetahui masukan apa saja yang berpengaruh pada sistem nantinya. Variabel masukan dari sistem terdiri dari : tegangan tiap fasa , arus tiap fasa, frekuensi, faktor daya, pembebanan, ketidakeimbangan beban.

4.2 Identifikasi Variabel Keluaran

Variabel keluaran dari sistem berguna untuk menentukan hasil diagnosis dari trafo. Variabel keluaran antara lain: pembebanan, ketidakseimbangan beban, jatuh tegangan.

4.3 Proses Fuzzifikasi

Pada proses fuzzifikasi nilai numerik akan diubah menjadi variabel linguistik yang memiliki nilai linguistik. Nilai linguistik ini nantinya akan digunakan pada proses inferensi. Untuk memperoleh derajat keanggotaan dari nilai linguistik pada masing masing masukan sistem menggunakan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

- a. Derajat keanggotaan dari nilai linguistik variabel

masukan pembebanan.

$$\pi \text{ rendah } [x] = \begin{cases} 1; & x \leq 35 \\ \frac{(45-x)}{10}; & 35 < x \leq 45 \\ 0; & x > 45 \end{cases}$$

$$\pi \text{ sedang}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 35 \\ \frac{(x-35)}{10}; & 35 < x < 45 \\ 1; & 45 \leq x \leq 55 \\ \frac{(65-x)}{10}; & 55 < x \leq 65 \\ 0; & x > 65 \end{cases}$$

$$\pi \text{ cukup tinggi } [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 55 \\ \frac{(x-55)}{10}; & 55 < x < 65 \\ 1; & 65 \leq x \leq 75 \\ \frac{(85-x)}{10}; & 75 < x \leq 85 \\ 0; & x > 85 \end{cases}$$

$$\pi \text{ tinggi } [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 75 \\ \frac{(x-75)}{10}; & 75 < x \leq 85 \\ 1; & x > 85 \end{cases}$$

b. Derajat keanggotaan dari nilai linguistik variabel masukan tegangan.

$$\pi \text{ rendah } [x] = \begin{cases} 1; & x \leq 185 \\ \frac{(195-x)}{5}; & 185 < x \leq 195 \\ 0; & x > 195 \end{cases}$$

$$\pi \text{ normal } [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 185 \\ \frac{(x-185)}{10}; & 185 < x \leq 195 \\ 1; & 195 < x \leq 231 \\ 0; & x > 231 \end{cases}$$

$$\pi \text{ tinggi}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 185 \\ \frac{(195-x)}{10}; & 185 < x \leq 195 \\ \frac{(231-x)}{36}; & 195 < x \leq 231 \\ 1; & x > 231 \end{cases}$$

c. Derajat keanggotaan dari nilai linguistik variabel masukan ketidakseimbangan beban.

$$\pi \text{ rendah } [y] = \begin{cases} 1; & x \leq 15 \\ \frac{(25-x)}{10}; & 15 < x \leq 25 \\ 0; & x > 25 \end{cases}$$

$$\pi \text{ tinggi } [y] = \begin{cases} 0; & x \leq 25 \\ \frac{(x-15)}{10}; & 15 \leq x < 25 \\ 1; & x > 25 \end{cases}$$

d. Derajat keanggotaan dari nilai linguistik variabel masukan faktor daya.

$$\pi \text{ rendah } [y] = \begin{cases} 1; & x \leq 0.75 \\ \frac{(0.9-x)}{0.05}; & 0.75 \leq x < 0.9 \\ 0; & x \geq 0.9 \end{cases}$$

$$\pi \text{ normal } [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 0.75 \\ \frac{(x-0.75)}{0.05}; & 0.75 < x \leq 0.9 \\ \frac{(x-0.9)}{0.2}; & 0.9 < x \leq 1.1 \\ 1; & x > 1.1 \end{cases}$$

4.4 Inferensi

Pada proses inferensi terdapat aturan-aturan untuk mengontrol inputan yang berupa variabel linguistik. Metode inferensi yang digunakan adalah metode max-min. Langkah pertama yang dilakukan adalah mencari nilai miiu (μ) dari hasil proses fuzzyfikasi. Pencarian ini dilakukan terus sampai semua rules mendapatkan nilai miiu (μ). Misalnya data masukan adalah sebagai berikut:

- Kapasitas trafo = 160 KVA
 - Tegangan fasa A = 219,7 V
 - Tegangan fasa B = 220,4 V
 - Tegangan fasa C = 218,6 V
 - Arus fasa A = 1,87 (nilai yang tertera di alat ukur)
- Nilai sesungguhnya = 74,8 A
- Arus fasa B = 1,81 (nilai yang tertera di alat ukur)
- Nilai sesungguhnya = 72,4A
- Arus fasa C = 1,82 (nilai yang tertera di alat ukur)
- Nilai sesungguhnya = 72,8 A
- Faktor daya = 0,91

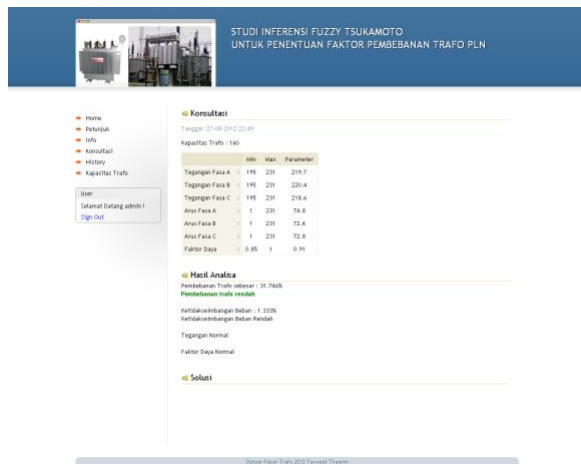
Mencari nilai miiu (μ) dari data hasil pengukuran trafo PLN.

1. Untuk Tegangan fasa A = 219,7 V
 μ rendah (x) = 0, μ normal (x) = 1 dan μ tinggi (x) = 0,75
2. Untuk Tegangan fasa B = 220,4 V
 μ rendah (x) = 0, μ normal (x) = 1 dan μ tinggi (x) = 0,75
3. Untuk Tegangan fasa C = 218,6 V
 μ rendah (x) = 0, μ normal (x) = 1 dan μ tinggi (x) = 0,75
4. Untuk Pembebanan trafo = 31,74 %
 μ rendah (x) = 1, μ sedang (x) = 0, μ cukup tinggi (x) = 0 dan μ tinggi (x) = 0
5. Untuk ketidakseimbangan beban = 1,33 %
 μ rendah (x) = 1 dan μ tinggi (x) = 0
6. Untuk faktor daya = 0,94
 μ rendah (x) = 1 dan μ normal (x) = 0,2

Dari hasil perhitungan masing-masing μ diatas diperoleh basis aturan yang tepat sehingga mendapatkan hasil diagnosis sesuai dengan basis aturan tersebut.

4.5 Proses Penentuan Output Crisp

Setelah diperoleh kesimpulan dari proses inferensi maka akan digunakan rata-rata terbobot untuk mengubah nilai dari variabel linguistik ke nilai numerik, proses yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan metode Tsukamoto, setiap konsekuen pada suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Hasil dari masukan data trafo tersebut dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1 Halaman hasil konsultasi sistem pakar trafo PLN

5. Kesimpulan

Dengan dibuatnya aplikasi Sistem Pakar dengan inferensi fuzzy Tsukamoto untuk pemeliharaan trafo dan berdasarkan pembahasan pada bab-bab sebelumnya, maka secara garis besar dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Aplikasi sistem pakar menggunakan inferensi *fuzzy* Tsukamoto yang telah dibangun dapat menentukan jenis tindakan pemeliharaan preventif trafo PLN.
2. Data masukan parameter parameter trafo PLN dinyatakan sebagai nilai tegas (*crisp*) dan data output pembebanan trafo juga bernilai tegas (*crisp*).
3. Keluaran dari sistem pakar tersebut berupa nilai pembebanan trafo disertai solusi berupa tindakan pemeliharaan terhadap trafo.
4. Penggunaan metode *defuzzifikasi* aturan Tsukamoto pada sistem pakar trafo PLN sangat bergantung dari perancangan fungsi keanggotaan dan basis aturan *fuzzy* yang digunakan.

5. Aplikasi sistem fuzzy ini dibuat sebagai alat bantu bagi para teknisi PT PLN dalam menentukan tindakan pemeliharaan terhadap trafo PLN berdasarkan variabel masukan data hasil pengukuran trafo PLN.

Daftar Pustaka

- Contreras J.L.V., Bobi M.A.S., Arellano S.G., 2011. *General Asset Management Model In The Context Of An Electric Utility*. Electric Power System Research Volume 81. Paris :Elsevier.
- Flores, W.C., Mombello, E.E., Jardini, J.A., Rattá, G., Corvo, A.M., *Expert system for the assessment of power transformer insulation condition based on type-2 fuzzy logic systems* Expert System with applications Volume 38.Paris : Elsevier
- Hartati, S., Iswanti S., 2008. *Sistem Pakar dan Pengembangannya*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Horning, M., Kelly, J., Myers, S., & Stebbins, R., 2004. Transformer maintenance guide. Transformer Maintenance Institute, Division of S.D Myers, Inc..
- Jang, JS.R., Sun, C.T., Mizutani, E., 1997. *Neuro Fuzzy and Soft Computing* London Prentice Hall.
- Jennings, N. R., Varga, L. Z., Aarnts, R. P., Fuchs, J., Skarek, P., 1993. *Transforming Standalone Expert Systems into a Community of Cooperating Agents*, Engineering Applications in Artificial Intelligence, pg. 317-331.
- Kumar, A., Rathore, A., Patra, A., 2012. *Analysis of Power Transformer using fuzzy expert and neural network system*. International Journal of Engineering Research and Applications Vol. 2, Issue 2, Mar-Apr 2012.
- Kurniawan, Aulia, M., 2004. *Implementasi sistem pakar menggunakan fuzzy logic pada proses diagnosa penyakit manusia berbasis web*. Skripsi tidak dipublikasikan. Surabaya : Stikom
- Kusumamadewi, S., Purnomo, H., 2010. *Aplikasi Fuzzy logic untuk pendukung keputusan*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Kothamasu R., Huang S.H., 2007. *Adaptive Mamdani Fuzzy Model For Condition-Based Maintenance*, Fuzzy Sets and Systems Volume 158.
- Mangina E., 2005. *Intelligent Agent-Based Monitoring Platform For Applications In Engineering*, Int. J. Comput. Sci. Appl. pp. 38-48.
- Mijailovic, V., 2008 *Method for effects evaluation of some forms of power transformers preventive maintenance*. Electric Power Systems Research Volume 78. Paris : Elsevier.
- Pressman, R.S., 2002. *Rekayasa Perangkat Lunak Pendekatan Praktisi (Buku Satu)*, ANDI Yogyakarta.
- Ross TJ., 2004. *Fuzzy Logic with engineering applications*. England : John Wiley & Sons Ltd.
- Syafriyudin. 2011. *Perhitungan Lama Waktu Pakai Transformator Jaringan Distribusi 20 KV Di APJ Yogyakarta*. Jurnal Teknologi Volume 4 No 1. Yogyakarta.
- Turban, Efraim, Aronson, E., Jay, Ting-Peng, Liang., 2005., *Decision Support and Intellegent System*. USA : Penerbit Pearson Higher Education
- Zuhal., 2005. *Prinsip Dasar Elektroteknik*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.