

## **CLUSTERING TRAFODISTRIBUSI MENGGUNAKAN ALGORITMA SELF-ORGANIZING MAP**

**Tutik Khotimah**

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Informatika  
Universitas Muria Kudus  
Email: tutik.khotimah@umk.ac.id

**Abdul Syukur**

Pascasarjana Teknik Informatika  
Universitas Dian Nuswantoro  
Email: abah.syukur01@dsn.dinus.ac.id

**M. Arief Soeleman**

Pascasarjana Teknik Informatika  
Universitas Dian Nuswantoro  
Email: arief2802@dsn.dinus.ac.id

### **ABSTRAK**

Salah satu cara untuk mengetahui beban sebuah trafo distribusi PLN masih memenuhi batas normal atau *overload* adalah dengan melakukan pengukuran beban trafo tersebut. Pada PLN Area Pelayanan Jaringan Kudus, pengukuran beban dilakukan baik pada siang hari mau pun pada malam hari. Hasil pengukuran tersebut memiliki kemungkinan berbeda. Hal ini disebabkan pada siang hari penggunaan beban cenderung kecil, sedangkan pada malam hari pemakaian beban lebih besar. Hal ini menyebabkan sulitnya menentukan beban trafo tersebut masih normal atau *overload*. Untuk memetakan beban trafo distribusi secara cepat dan akurat, diperlukan teknik data mining yaitu *clustering*. Penelitian ini dilakukan dengan menerapkan algoritma *Self Organizing Map* (SOM). Dengan SOM dihasilkan nilai akurasi sebesar 93% terhadap hasil pengukuran beban trafo distribusi pada siang hari dan sebesar 84% terhadap hasil pengukuran beban trafo distribusi pada malam hari. Sedangkan error yang dihasilkan dari pemetaan dengan SOM sebesar 7% terhadap hasil pengukuran beban trafo distribusi pada siang hari dan sebesar 16% terhadap hasil pengukuran beban trafo distribusi pada malam hari.

**Kata kunci:** clustering, *self-organizing map*, trafo distribusi.

### **ABSTRACT**

*One way to determine the burden of a distribution transformer PLN still meet the normal or overload is by measuring the load transformer. In the Kudus Service Area Network PLN, load measurements performed both during the day will even at night. The measurement results are likely to differ. This is due to the use of the load during the day tend to be small, while at night the use of larger loads. This causes difficulty determining the transformer load is still normal or overload. To map the distribution transformer load quickly and accurately, it is necessary that clustering data mining techniques. The research was conducted by implementing the algorithm Self Organizing Map (SOM). With SOM produced an accuracy value of 93% of the distribution transformer load measurement during the day and by 84% of the distribution transformer load measurements at night. while the error resulting from the mapping of the SOM of 7% of the yield distribution transformer load measurement during the day and 16% of the distribution transformer load measurements at night*

**Keywords:** clustering, *self-organizing map*, distribution transformers.

### **1. PENDAHULUAN**

Kebutuhan manusia terhadap energi sebagian besar diperoleh dari energi listrik, baik kebutuhan untuk kehidupan sehari-hari mau pun untuk kebutuhan industri. Di Indonesia, masalah yang berkaitan dengan listrik, baik dalam hal pembangkitan, transmisi mau pun distribusi, ditangani oleh PLN. Dalam melakukan distribusi energi listrik ke pelanggan, PLN menggunakan jaringan distribusi. Jaringan distribusi dibagi menjadi dua macam, yaitu jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder [1]. Jaringan distribusi primer berasal dari trafo gardu induk (GI) menuju gardu distribusi. Sedangkan jaringan distribusi sekunder berasal dari gardu distribusi menuju ke pelanggan. Dalam sebuah gardu distribusi, terdapat beberapa trafo distribusi yang digunakan untuk mengirimkan energi listrik ke seluruh pelanggan.

Trafo distribusi adalah trafo yang mengambil tegangan distribusi dan membagi-bagikannya sebagai tegangan akhir (110 V, 208 V, 220 V) sehingga daya benar-benar digunakan [2].

PLN Unit Pelayanan & Jaringan (UPJ) Kudus Kota dan UPJ Jepara adalah bagian dari PLN Area Pelayanan & Jaringan (APJ) Kudus. Berdasarkan data hasil dari peneropongan yang dilakukan pada tahun 2010, UPJ Kudus Kota memiliki 2342 trafo distribusi yang tersebar di 16 penyulang, sedangkan UPJ Jepara memiliki 1483 trafo distribusi yang tersebar di 9 penyulang. Masing-masing trafo bertugas mendistribusikan tegangan ke pelanggan sesuai dengan kapasitasnya. Apabila daya pembebanan trafo melebihi kapasitas (*overload*), maka trafo tersebut akan meledak. Oleh karena itu, pengetahuan terhadap trafo distribusi sangat penting. Dari pengetahuan ini dapat diambil kebijakan: apakah trafo perlu diganti atau tidak, apakah trafo masih memungkinkan diberi penambahan beban atau tidak.

Untuk mengetahui pembebanan trafo distribusi dapat dilakukan dengan 2 cara. Cara pertama yaitu dengan mengakumulasi beban pelanggan pada trafo distribusi. Cara ini adalah cara yang paling efektif. Hanya saja, cara ini belum didukung oleh sistem dan data yang valid. Cara yang kedua adalah dengan melakukan pengukuran pada trafo distribusi. Cara ini kurang efektif karena petugas harus melakukan pengukuran secara langsung di lapangan, tetapi hasil yang diperoleh lebih akurat. Sehingga pada tahun yang sama, dilakukan pengukuran terhadap trafo distribusi UPJ Kudus Kota sebanyak 1009 data dan UPJ Jepara sebanyak 1456 data.

Pengukuran terhadap trafo distribusi dilakukan dua kali, yaitu pengukuran pada siang hari dan pengukuran pada malam hari. Hal ini dilakukan karena ada perbedaan pemakaian beban pada siang hari dan pada malam hari. Pada siang hari, pemakaian beban cenderung lebih kecil dibandingkan pemakaian beban pada malam hari. Hasil pengukuran pada suatu trafo akan berbeda pada pengukuran siang dan pengukuran malam. Hal ini mengakibatkan penentuan sebuah trafo distribusi masuk dalam kategori normal atau OB (*overblasting*) menjadi sulit dan cenderung lama sehingga berdampak pada lamanya penentuan kebijakan PLN. Penentuan kebijakan yang lama akan menyebabkan pelayanan terhadap pelanggan juga mengalami keterlambatan.

Oleh karena itu, diperlukan suatu teknik yang dapat digunakan untuk memudahkan penentuan trafo distribusi termasuk kategori normal atau OB.

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan kelistrikan telah banyak dilakukan. Kebanyakan dari penelitian tersebut membahas tentang prediksi kebutuhan listrik, seperti yang dilakukan oleh Ade Gafar Abdullah yang melakukan prediksi beban listrik jangka pendek dengan *Fuzzy Subtractive Clustering* [3]. Syafrizal dkk juga melakukan penelitian yang sama dengan metode yang berbeda yaitu menggunakan Algoritma Genetika [4]. Agak berbeda dengan penelitian sebelumnya, Paramita dan Iriawan melakukan penelitian tentang reliabilitas trafo [5]. Variabel yang digunakan adalah beban trafo dan jumlah pelanggan. Dari penelitian tersebut, data usia pakai trafo mengikuti pola distribusi *mixture weibull* dimana reliabilitas sebuah trafo berbanding terbalik dengan usia pakai sehingga untuk menghindari pemadaman akibat kerusakan pada trafo, perlu ditetapkan batas usia trafo sebesar 20 tahun dengan reliabilitas 7,5% sebagai sistem peringatan dini.

Teknik *clustering* digunakan untuk mengelompokkan data trafo distribusi berdasarkan kedekatannya. Berbagai metode *clustering* yang ada antara lain: *K-Means*, *Fuzzy C-Means*, *Support Vector Clustering*, *Self Organizing Map*, dan sebagainya. *Self-Organizing Mapping* (SOM) adalah *tool* yang powerful untuk memvisualisasikan bagaimana data tampak dari perspektif kesamaan tertentu [6]. Berdasarkan penelitian tersebut, penulis tertarik untuk menggunakan algoritma *Self Organizing Map* sehingga pada penelitian ini dilakukan *clustering* trafo distribusi dengan menggunakan algoritma *Self Organizing Map*.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen dengan metode sebagai berikut:

### 2.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan adalah data pengukuran trafo distribusi PLN UPJ Kudus Kota bulan Mei-Agustus 2010 sebanyak 1009 *record* dan data pengukuran trafo distribusi PLN UPJ Jepara bulan Agustus-Oktober 2010 sebanyak 1456 *record*. Total keseluruhan data adalah 2465 *record*.

### 2.2 Pengolahan Awal Data

Pada pengolahan awal data (*preprocessing*), ada beberapa teknik yang dapat digunakan, yaitu: *data cleaning*, *data integration*, *data reduction*, dan *data transformation* [7]. Sedangkan pada penelitian ini, kegiatan *preprocessing* yang dilakukan antara lain:

### 2.2.1 Data Cleaning

*Data Cleaning* atau pembersihan data dilakukan dengan menghilangkan atribut yang tidak lengkap atau tidak memiliki nilai. Data pengukuran trafo distribusi UPJ Jepara yang semula terdiri dari 1456 *record*, dibersihkan menjadi 1089 *record*. Sedangkan data pengukuran UPJ Kudus Kota yang semula terdiri dari 1009 *record*, dibersihkan menjadi 871 *record*. Sehingga total keseluruhan data berjumlah 1960 *record*.

### 2.2.2 Data Integration

*Data Integration* atau penggabungan data dilakukan dengan menyatukan data pengukuran trafo distribusi yang ada di UPJ Jepara dan UPJ Kudus Kota di masing-masing penyulang. Baik data pengukuran trafo distribusi di UPJ Jepara mau pun di UPJ Kudus Kota, keduanya memiliki atribut yang sama, hanya saja letak atribut tersebut berbeda sehingga perlu disamakan agar dapat disatukan menjadi data yang padu. Dari penggabungan tersebut dihasilkan data pengukuran berjumlah 1960 *record* dengan atribut-atribut sebagai berikut: UPJ, Penyulang, No Gardu, No Exist, No Tiang, Lokasi, Acuan, No Seri, Jumlah Phasa, Daya, Tgl Ukur Siang, Waktu Ukur Siang, X1 Siang, X2 Siang, X3 Siang, X0 Siang, VP1 Siang, VP2 Siang, VP3 Siang, VU1 Siang, VU2 Siang, VU3 Siang, Petugas Ukur Siang, Tgl Ukur Malam, Waktu Ukur Malam, X1 Malam, X2 Malam, X3 Malam, X0 Malam, VP1 Malam, VP2 Malam, VP3 Malam, VU1 Malam, VU2 Malam, VU3 Malam, Petugas Ukur Malam, Keterangan, Operator.

### 2.2.3 Data Reduction

*Data Reduction* dilakukan dengan menghilangkan atribut-atribut yang tidak digunakan. Dari data pengukuran trafo distribusi, ada beberapa atribut yang tidak digunakan sehingga perlu dilakukan *data reduction*, yaitu penghilangan atribut. Atribut-atribut yang tidak digunakan adalah: UPJ, Penyulang, No Gardu, No Exist, No Tiang, Lokasi, Acuan, No Seri, Tgl Ukur Siang, Waktu Ukur Siang, VP2 Siang, VP3 Siang, VU2 Siang, VU3 Siang, Petugas Ukur Siang, Tgl Ukur Malam, Waktu Ukur Malam, VP2 Malam, VP3 Malam, VU2 Malam, VU3 Malam, Petugas Ukur Malam, Keterangan, dan Operator. Sehingga menghasilkan data pengukuran dengan atribut-atribut: Jumlah Phasa, Daya, X1 Siang, X2 Siang, X3 Siang, X0 Siang, VP1 Siang, VU1 Siang, X1 Malam, X2 Malam, X3 Malam, X0 Malam, VP1 Malam, dan VU1 Malam.

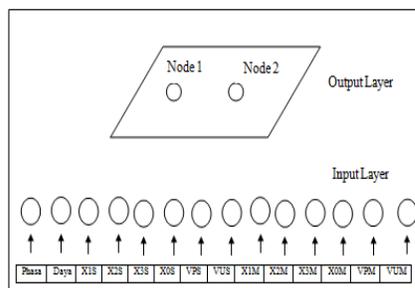
## 2.3 Penerapan Self-Organizing Map

### 2.3.1 Self-Organizing Map

*Self-Organizing Map* (SOM) adalah salah satu algoritma dari metode Jaringan Syaraf Tiruan (*Artificial Neural Network*) yang bersifat *unsupervised learning* (tidak membutuhkan pengawasan atau target output). *Self-Organizing Map* disebut juga dengan nama *Topology Preserving Map* diperkenalkan oleh Professor asal Finlandia yang bernama Teuvo Kohonen dari University of Helsinki pada tahun 1982. Jaringan Kohonen atau *Self-Organizing Map* ini telah banyak digunakan untuk menganalisis gambar dan suara. Tidak hanya itu saja, algoritma ini juga dikenal dengan baik memiliki kemampuan untuk melakukan *clustering analysis*. SOM digunakan untuk mengelompokkan (*clustering*) data berdasarkan karakteristik/fitur-fitur data [8].

### 2.3.2 Arsitektur Self-Organizing Map

Pada *clustering* trafo distribusi ini, ada 14 variabel yang digunakan. Variabel itu antara lain: Phasa, Daya, X1 Siang (X1S), X2 Siang (X2S), X3 Siang (X3S), X0 Siang (X0S), Tegangan Pangkal Siang (VPS), Tegangan Ujung Siang (VUS), X1 Malam (X1M), X2 Malam (X2M), X3 Malam (X3M), X0 Malam (X0M), Tegangan Pangkal Malam (VPM), dan Tegangan Ujung Malam (VUM). Sedangkan *output layer* terdiri dari 2 *node*. Berikut ini adalah gambaran arsitektur *clustering* dengan SOM yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur Clustering Trafo Distribusi dengan SOM

### 2.3.3 Parameter yang Digunakan

Clustering trafo distribusi dengan *Self-Organizing Map* (SOM) diterapkan dengan bantuan *tools* Matlab 7.10.0 (R2010a). Percobaan dilakukan dengan mengkombinasikan nilai parameter yang berbeda. Nilai *Radius* yang digunakan adalah 1 sampai 9. Nilai *Learning Rate* yang digunakan antara lain: 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9. Sedangkan iterasi yang digunakan adalah 200, 500, 1000, dan 2000.

### 2.3.4 Algoritma Self-Organizing Map

Salah satu algoritma pembelajaran untuk SOM adalah algoritma pembelajaran kompetitif dengan metode Kohonen [9]. Secara rinci algoritma *clustering* SOM adalah sebagai berikut [10]:

1. Inisialisasi
  - a. Set nilai-nilai bobot awal ( $w_{ij}$ ) ke nilai-nilai yang kecil secara *random*
  - b. Set *Range of Neighbor* ( $R$ )
  - c. Set parameter-parameter *learning rate* ( $\alpha$ )
  - d. Set maksimum epoh ( $MaxEpoch$ )
2. Untuk setiap sampel input  $x$  pada *dataset*,
  - a. Cari *weight* yang paling mendekati dengan *Euclidian Distance* dengan menggunakan persamaan 1
$$2j = \sqrt{(w_{ij} - x_i)^2} \quad (1)$$
  - b. *Update weight* dengan rumus pada persamaan 2
$$w_{ij}(baru) = w_{ij}(lama) + \alpha(x_i - w_{ij}(lama)) \quad (2)$$
  - c. Lakukan iterasi untuk meng-*update weight* sampai mencapai nilai iterasi yang telah ditentukan dan mengurangi laju pembelajaran

Ulangi langkah 2 sampai kriteria yang dikehendaki tercapai

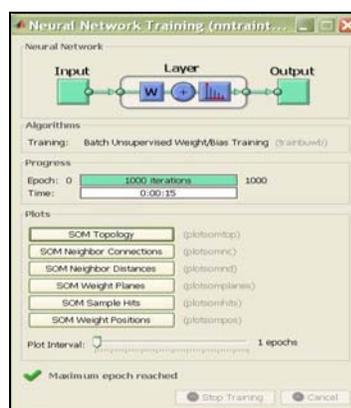
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari berbagai percobaan dengan kombinasi parameter yang berbeda menggunakan Matlab 7.10.0 (R2010a), diperoleh hasil sebagai berikut:

- a. Dengan menggunakan nilai *Radius* = 1, berapa pun nilai *Learning Rate*-nya, pada iterasi ke-200 menghasilkan *cluster* 1 sebanyak 1189 dan *cluster* 2 sebanyak 771, pada iterasi ke-500 menghasilkan *cluster* 1 sebanyak 1179 dan *cluster* 2 sebanyak 781, pada iterasi ke-1000 menghasilkan *cluster* 1 sebanyak 1180 dan *cluster* 2 sebanyak 780, dan pada iterasi ke-2000 menghasilkan *cluster* 1 sebanyak 1184 dan *cluster* 2 sebanyak 776.
- b. Dengan menggunakan nilai *Radius* = 3, *Radius* = 4, *Radius* = 5, *Radius* = 6, *Radius* = 7, *Radius* = 8, dan *Radius* = 9, berapa pun nilai *Learning Rate*-nya, pada iterasi ke-200, ke-500, ke-1000, dan iterasi ke-2000 menghasilkan nilai yang sama yaitu *cluster* 1 sebanyak 1861 dan *cluster* 2 sebanyak 99.

Dari percobaan tersebut dapat disimpulkan bahwa, hasil *clustering* dengan nilai peserta *cluster* 1 sebanyak 1861 dan *cluster* 2 sebanyak 99 telah optimal, sehingga hasil ini yang digunakan sebagai hasil *clustering* trafo distribusi dengan algoritma *Self-Organizing Map*.

Gambar 2 berikut ini adalah hasil dari pelatihan jaringan dengan menggunakan *default batch* algoritma *Self Organizing Map* dalam Matlab dengan iterasi 1000 kali, waktu yang dibutuhkan adalah 15 detik.



Gambar 1. Neural Network Training

Ada pun keanggotaan *cluster* dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1. Jumlah dan prosentasi keanggotaan cluster**

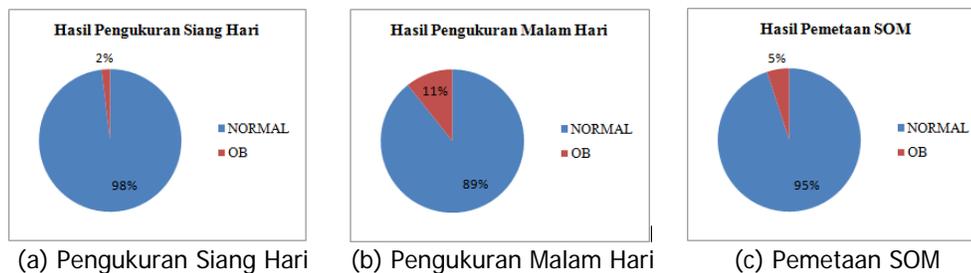
No	Cluster	Jumlah Anggota	Prosentase
1	Cluster 1	1861	59,9427%
2	Cluster 2	99	10,6383%
Total		1960	100,0000%

Berdasarkan hasil pengukuran beban trafo distribusi, pada pengukuran siang hari diperoleh trafo distribusi yang berkategori normal berjumlah 1922 *record* dan trafo distribusi yang berkategori OB berjumlah 38 *record*, pada pengukuran malam hari diperoleh trafo distribusi yang berkategori normal berjumlah 1750 *record* dan trafo distribusi yang berkategori OB berjumlah 210 *record*. Sedangkan dari hasil pemetaan dengan menggunakan *Self Organizing Map* diperoleh trafo distribusi yang berkategori normal berjumlah 1861 *record* dan trafo distribusi yang berkategori OB berjumlah 99 *record*. Prosentase hasil pengukuran pada siang hari terhadap seluruh data adalah 98% untuk trafo distribusi yang berkategori normal, dan 2% untuk trafo distribusi yang berkategori OB. Prosentase hasil pengukuran pada malam hari terhadap seluruh data adalah 89% untuk trafo distribusi yang berkategori normal, dan 11% untuk trafo distribusi yang berkategori OB. Sedangkan prosentase hasil pemetaan dengan menggunakan *Self Organizing Map* terhadap seluruh data adalah 95% untuk trafo distribusi yang berkategori normal, dan 5% untuk trafo distribusi yang berkategori OB. Tabel 2 berikut ini adalah tabel perbandingan jumlah hasil pengukuran dan pemetaan beban trafo distribusi dengan algoritma SOM:

**Tabel 2. Perbandingan hasil pengukuran dan pemetaan SOM**

Kategori Trafo	Hasil Pengukuran		Hasil Pemetaan SOM
	Siang	Malam	
Normal	1922	1750	1861
OB	38	210	99
Jumlah	1960	1960	1960

Sedangkan prosentase masing-masing kategori trafo dari hasil pengukuran dan pemetaan dengan *Self Organizing Map* digambarkan dengan diagram pada Gambar 3 berikut:



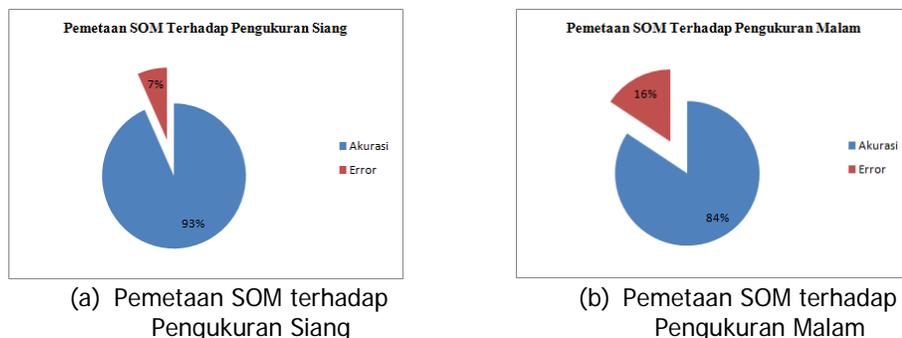
**Gambar 2. Perbandingan hasil pengukuran dan pemetaan SOM**

Untuk mengukur tingkat akurasi dan error dari pemetaan beban trafo distribusi dengan menggunakan *Self Organizing Map* dilakukan dengan cara membandingkan hasil clustering masing-masing *record* dengan hasil pengukuran beban trafo distribusi, baik pengukuran pada siang hari maupun pengukuran pada malam hari. Berikut ini adalah hasil akurasi dan error dari perbandingan yang ditampilkan dalam tabel 3:

**Tabel 3. Tingkat akurasi dan error pemetaan SOM terhadap pengukuran siang dan malam**

Pengukuran	Siang	Malam
Akurasi	1829	1653
Error	131	307
Jumlah	1960	1960

Sedangkan prosentase akurasi dan *error* dari hasil pemetaan beban trafo distribusi dengan menggunakan *Self Organizing Map* terhadap masing-masing hasil pengukuran beban trafo distribusi adalah sebagai berikut:



**Gambar 3. Prosentasi pemetaan SOM terhadap hasil pengukuran**

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Clustering trafo distribusi dengan Self-Organizing Map bernilai optimum dengan nilai parameter Radius = 3, berapa pun nilai Learning Rate dan iterasi-nya.
2. Dari 1960 data, cluster 1 terdiri dari 1861 anggota dan cluster 2 terdiri dari 99 anggota.
3. Penerapan Self Organizing Map untuk pemetaan beban trafo distribusi menghasilkan nilai akurasi sebesar 93% terhadap hasil pengukuran beban trafo distribusi pada siang hari dan sebesar 84% terhadap hasil pengukuran beban trafo distribusi pada malam hari

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ariwibowo, C., 2009. "Trafo Distribusi pada Jaringan Tegangan Menengah 20kV di PT PLN (Persero) UPJ Semarang Selatan", *Laporan Kerja Praktek*, Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.
- [2] Chapman, S. J., 2005. *Electric Machinery Fundamentals*, 4<sup>th</sup> ed., McGraw-Hill, New York, Amerika Serikat.
- [3] Abdullah, A. G. 2008. "Sort Term Load Forecasting (STLF) Melalui Pendekatan Logika Fuzzy". *Electrans*, Vol 7, No 14, pp 1-6
- [4] Syafrizal, M., Wardhani, L. K., & Irsyad, M. 2008. "Peramalan Kebutuhan Beban Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Algoritma Genetika". *Konferensi dan Temu Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi untuk Indonesia*. Jakarta, pp 1-5,
- [5] Paramita, Z.H., & Iriawan, N. 2014. "Analisis Reliabilitas Transformator (Trafo) PLN APJ Surabaya Barat dengan Pendekatan Bayesian Mixture", *Jurnal Sains dan Seni PomITS*, Vol 3, No 2, pp D85-D90
- [6] Pampalk, E. 2003. "Aligned Self-Organizing Map". *Proceedings of the Workshop on Self-Organizing Maps*, Ktakyusu, Japan, pp. 185-190.
- [7] Han, J., & Kamber, M. 2006. *Data Mining: Concept and Techniques*. Morgan Kaufmann
- [8] Budhi, G.S., Liliana, & Haryanto, S. 2008. "Cluster Analysis untuk Memprediksi Talenta Pemain Basket Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Self Organizing Map (SOM)". *Jurnal Informatika*, Vol 9, No1, pp 23-32
- [9] Kusumadewi, S. 2003. *Artificial Intelligence: Teknik dan Aplikasinya*. Graha Ilmu, Yogyakarta
- [10] Larose, D. T. 2005. *Discovering Knowledge in Data: An Introduction to Data Mining*. John Wiley & Sons, New Jersey, Canada