

**Optimasi Self-Organizing Map Menggunakan Particle Swarm Optimization
untuk Mengelompokkan Desa/Kelurahan Tertinggal di Kabupaten Kutai Kartanegara
Provinsi Kalimantan Timur
(Studi Kasus : Data Potensi Desa Tahun 2018)**

**Optimization Self-Organizing Map Using Particle Swarm Optimization to Cluster
Underdeveloped Villages in Kutai Kartanegara Regency, East Kalimantan Province
(Case Study: 2018 Village Potential Data)**

Nanda Yopan Kusrahman¹, Ika Purnamasari², dan Fidia Deny Tisna Amijaya³

^{1,2}Laboratorium Statistika Ekonomi dan Bisnis, FMIPA Universitas Mulawarman, Indonesia

³Laboratorium Matematika Komputasi, FMIPA Universitas Mulawarman, Indonesia

Email: lyopanch@gmail.com

Abstract

Self-Organizing Maps (SOM) is an efficient cluster analysis in handling high dimensional and large dataset. Particle Swarm Optimization (PSO) is an effective in nonlinear optimization problems and easy to implement. A clustering process occurs if all data can be clustered into 1 cluster, however if one or two data did not join then the data have a deviant behavior called outliers or noise. PSO is used to evolve the weights for SOM to improve the clustering result and to cluster some social aspect in society, for example is poverty. Development strategies are prioritized to regions with largest population lived in poverty. Kutai Kartanegara regency (Kukar) are recorded as the biggest contributor on population lived in poverty at East Kalimantan in 2017. Development of underdeveloped villages is requires Village Potential data, which focus on visualizing the situation in the regions. This study aims to determine the number of clusters formed and to find the value of Davies Bouldin Index (DBI) from clustering underdeveloped villages in Kukar region using PODES 2018 data. This study uses 9 particles which are the final weight of the SOMs algorithm with different learning rate each particle. Based on the analysis, the optimal number of clusters is 2 clusters with DBI value of 0.7803, where cluster 1 consists of 82 underdeveloped villages and the cluster 2 consist of underdeveloped villages.

Keywords: DBI, PSO, SOM, Village Potential.

Pendahuluan

Data mining adalah proses penemuan pola atau model untuk menemukan suatu informasi dari sebuah data atau *database*. *Data mining* memiliki beberapa teknik diantaranya adalah klasifikasi, regresi, *sequence mining*, asosiasi dan analisis *cluster* (Hermawati, 2013). Analisis *cluster* adalah proses pengelompokan data yang didasarkan pada informasi yang ditemukan dalam data yang menggambarkan objek tersebut beserta hubungan diantaranya. Proses *clustering* terjadi jika semua data dapat bergabung menjadi satu kelompok, namun jika terdapat satu atau dua data yang tidak ikut bergabung, maka data tersebut dikatakan mempunyai perilaku menyimpang yang disebut dengan *outlier* (Manning, 2009). Algoritma yang dapat mendeteksi *outlier* tersebut adalah algoritma *self-organizing map* (SOM) dengan melakukan sejumlah komputasi tambahan.

Algoritma SOM merupakan teknik analisis *cluster* yang sangat efisien dalam menangani data yang berdimensi tinggi, mereduksi data dan visualisasi data. Algoritma SOM juga kuat dalam menangani *dataset* yang *noisy* atau *outlier* (Gonsalves, 2015), namun algoritma SOM memiliki beberapa kekurangan, diantaranya adalah jumlah *cluster* perlu ditentukan secara spesifik dan

untuk mendapatkan batas *cluster* peneliti harus melakukan inspeksi manual atau menggunakan algoritma *cluster* hierarki atau partisi (Shahreza, 2011). Penentuan batas *cluster* pada metode SOM dapat menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO).

PSO adalah algoritma optimalisasi yang berdasarkan dari perilaku sekumpulan burung dalam mencari makanan. PSO merupakan metode yang digunakan untuk mencari solusi optimal secara *global* dalam ruang pencarian melalui interaksi individu dalam segerombolan partikel dengan cara melakukan seleksi terhadap atribut yang ada. PSO dapat digunakan untuk meningkatkan akurasi dari pengelompokan data. *Hybrid* dari metode analisis *cluster* SOM dan PSO dengan menggunakan PSO untuk mencari bobot yang optimal dari SOM (Gonsalves, 2015). PSO memiliki kekurangan yaitu pada setiap iterasi, posisi *particle* diarahkan ke titik *personal best* (P_{best}) dan juga posisi *global best* (G_{best}), hal ini dapat menyebabkan hasil dari pengoptimalisasi menggunakan PSO terjebak pada nilai optimal lokal dalam beberapa kondisi inisialisasi (Shahreza, 2011).

Kemiskinan merupakan persoalan mendasar dan menjadi perhatian serius dari pemerintah.

Kemiskinan diartikan sebagai suatu keadaan di saat seseorang tidak sanggup untuk memelihara dirinya sendiri yang sesuai dengan taraf kehidupan kelompoknya dan juga tidak mampu untuk memanfaatkan tenaga mental maupun untuk memanfaatkan sumber daya manusia (Nafisah, 2017). Kabupaten Kutai Kartanegara (Kukar) tercatat sebagai penyumbang penduduk miskin terbesar di Provinsi Kalimantan Timur (Kaltim) dengan jumlah penduduk miskin 56,570 jiwa pada tahun 2017.

Penentuan desa tertinggal diharapkan dapat mengidentifikasi daerah kemiskinan sehingga menetapkan penyaluran bantuan pemerintah dapat disalurkan dengan tepat. Faktor yang diduga menjadi penyebab kemajuan atau ketertinggalan suatu desa, yaitu faktor alam/lingkungan, faktor kelembagaan, faktor sarana/prasarana dan akses serta faktor sosial ekonomi penduduk (Agusta, 2007). Pembangunan suatu model desa tertinggal memerlukan data Potensi Desa (PODES) yang merupakan data kewilayahan satu-satunya yang menekankan pada penggambaran situasi wilayah. Pembangunan desa dilaksanakan dalam rangka intervensi untuk mengurangi tingkat kesenjangan kemajuan antara wilayah desa dan perkotaan dengan harapan menjadi solusi bagi perubahan sosial masyarakat desa, dan menjadikan desa sebagai basis perubahan. Berdasarkan uraian tersebut, maka penulis tertarik mengambil topik penelitian dengan judul “Optimasi *Self-Organizing Map* Menggunakan *Particle Swarm Optimization* untuk Mengelompokkan Desa/Kelurahan Tertinggal di Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur Berdasarkan Data Hasil Pendataan Potensi Desa Tahun 2018”.

Artificial neural network

Artificial neural network merupakan suatu konsep pengetahuan dalam bidang kecerdasan buatan yang didesain dengan mengadopsi sistem saraf manusia, yang pemrosesan utamanya berada di otak. *Artificial neural network* terdiri atas sebuah unit pemroses yang disebut *neuron* yang berisi penambah dan fungsi aktivasi, sejumlah bobot, sejumlah vektor input. *Artificial neural network* dalam *data mining* merupakan proses prediksi yang membutuhkan proses *training* agar dapat melakukan prediksi kelas suatu data uji baru yang ditemukan (Prasetyo, 2013).

Self-Organizing Map

Self-organizing map (SOM) pertama kali diperkenalkan oleh Kohonen dengan teknik *training artificial neural network* yang menggunakan basis *winner takes all*, meskipun menggunakan basis *artificial neural network*, SOM tidak menggunakan target kelas, tidak ada kelas yang ditetapkan untuk setiap data. Karakteristik seperti inilah yang kemudian membuat SOM dapat

digunakan untuk analisis *cluster*. Arsitektur SOM dapat digambarkan secara topografis untuk dapat memberikan visualisasi pengelompokan. Setiap *neuron* dalam SOM akan mewakili satu kelompok. SOM memiliki *A-neuron* yang disusun ke dalam *array* satu atau dua dimensi. Kelompok yang diikuti oleh sebuah data sebagai hasil proses pengelompokan ditunjukkan oleh indeks *neuron* dalam layernya (Prasetyo, 2013). SOM dapat digunakan untuk mengelompokkan sejumlah *N* input data $X = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ ke dalam *K*-kelompok. Secara matematis, misalkan $x_1 = (x_{1,1}, x_{1,2}, \dots, x_{1,d})$ adalah vektor input, $W = (w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{id})$ adalah matriks bobot yang diasosiasikan dengan *neuron* *i* dimana w_{ij} adalah bobot untuk x_j pada *neuron* *i*, dan *d* adalah jumlah variabel. Hukum Kohonen adalah mencari *neuron* terdekat pada setiap *training case* dan memindahkan *neuron* pemenang tersebut mendekati *training case*. *Neuron* tersebut bergerak sebagian proporsi dari jarak antara *neuron* dan *training case*. Pergerakan proporsi tersebut dispesifikasikan oleh *learning rate* (α). Setiap objek *i* didalam *training dataset*, jarak antara vektor bobot dan sinyal input yang dihitung. Jarak *euclidean* digunakan untuk mengukur jarak antara sebuah vektor objek yang diamati dengan vektor bobot yang dihitung dengan persamaan berikut (Mingoti, 2005).

$$L(x_i, x_k) = \sqrt{\sum_{j=1}^d (x_{ij} - x_{kj})^2} \tag{1}$$

Neuron dengan jarak terkecil adalah *neuron* pemenang dengan bobot dari *neuron* pemenang tersebut di *update* menggunakan *learning rule*. *neuron* pemenang dipilih berdasarkan persamaan berikut (Mingoti, 2005):

$$q = \arg \min_k L(x_i, w_k), i \in \{1, 2, \dots, N\} \tag{2}$$

Kumpulan dari tetangga tetangga *neuron* pemenang (*q*) di notasikan sebagai N_q . Radius ketertangganaan *neuron* *q* (*R*) berkurang setiap iterasi. Fungsi ketertangganaan *neuron* *q* di notasikan sebagai h_{iq} dimana $\forall i \in N_q$. Fungsi ketertangganaan *neuron* biasanya menggunakan fungsi *Gaussian* (Lifen, 2010):

$$h_{i,q}(t) = \exp\left(-\frac{L(pos_i, pos_q)^2}{2R(t)^2}\right) \tag{3}$$

dimana, pos_i dan pos_q masing-masing adalah posisi koordinat dari *neuron* *i* dan *q* di *mapping layer* (Lifen, 2010).

Bobot tersebut kemudian di *update* berdasarkan hukum Kohonen *update* pada persamaan berikut (Lifen, 2010):

$$w_i(t+1) = \begin{cases} w_i(t) + (\alpha)(h_{i,q})(x_i - w_q), & i \in N_q \\ w_i(t), & \text{lainnya} \end{cases} \quad (4)$$

Davies Bouldin Index

Davies Bouldin Index (DBI) diperkenalkan oleh David L. Davies dan Donald W. Bouldin pada tahun 1979 adalah metrik untuk mengevaluasi hasil cluster. Dari sebuah proses analisis cluster, dilakukan penilaian menggunakan DBI untuk menentukan jumlah cluster paling optimal dalam proses analisis cluster (Prasetyo, 2013). Nilai DBI didapatkan pada persamaan berikut:

$$DBI = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \max_{i \neq j} R_{i,j} \quad (5)$$

dimana,

$$R_{i,j} = \frac{SSW_i + SSW_k}{SSB_{i,j}} \quad (6)$$

dengan,

$$SSB_{i,j} = L(c_i, c_j) \quad (7)$$

dan

$$SSW_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N L(x_i, w_k) \quad (8)$$

Dimana c_i adalah pusat cluster I dan K adalah jumlah cluster yang digunakan

Semakin kecil nilai SSW maka hasil clustering yang didapat juga semakin baik. Secara esensial, DBI menginginkan nilai sekecil (non-negatif ≥ 0) mungkin untuk menilai baiknya cluster yang didapat (Prasetyo, 2013)

Particle Swarm Optimization

Algoritma particle swarm optimization (PSO) diperkenalkan oleh Kennedy dan Eberhart pada tahun 1995. Algoritma ini diinspirasi oleh perilaku sosial dari binatang seperti sekumpulan burung dalam suatu kumpulan yang disebut swarm. Setiap particle mempunyai kecenderungan untuk bergerak ke area penelusuran yang lebih baik setelah melewati proses penelusuran (Bisilisin, 2014).

Pada algoritma PSO, vektor velocity diupdate untuk setiap particle, kemudian menjumlahkan vektor velocity tersebut ke posisi particle. Proses update velocity dipengaruhi oleh kedua solusi, yaitu melakukan penyesuaian posisi terbaik dari particle best dan penyesuaian terhadap particle terbaik dari seluruh swarm yang disebut global best. Pada setiap iterasi, setiap solusi yang direpresentasikan oleh posisi particle dievaluasi dengan cara memasukkan solusi tersebut dalam fitness function (Bisilisin, 2014).

Misalkan vektor posisi dan vektor velocity dari particle ke- p adalah $h_p = [h_{p,1}, h_{p,2}, \dots, h_{p,d}]^T$ dan $v_p = [v_{p,1}, v_{p,2}, \dots, v_{p,d}]$ adalah vektor velocity, dengan d adalah jumlah variabel. Misalkan

$p_{best} = [h_{p,1}, h_{p,2}, \dots, h_{p,d}]$ adalah posisi terbaik dari sebuah particle. Velocity magnitude dan arah dipengaruhi oleh velocity di iterasi sebelumnya dan posisi dari sebuah particle relatif menuju ke p_{best} dan g_{best} particle tersebut. Maka setiap langkah ukuran dan arah dari setiap pergerakan particle adalah fungsi dari sejarah dan pengaruh sosial dari kelompok sebayanya sendiri. Berikut adalah tahapan algoritma PSO (Lifen, 2010):

1. Inisialisasi setiap particle secara acak dari sebuah populasi yang dipilih dari nilai posisi dan vektor velocity.
2. Inisialisasi maksimum iterasi dan nilai bobot inersia.
3. Menghitung fitness value untuk setiap particle. Jika fitness value dari sebuah particle lebih besar dari best fitness value yang ditemukan sebelumnya, maka p_{best} direvisi.
4. Menentukan dari particle yang memiliki fitness value tertinggi dan revisi g_{best} .
5. Menghitung velocity value untuk setiap particle menggunakan persamaan berikut:

$$v_{i,j}(t+1) = o(v_{i,j}(t)) + (s_1)(rand(\cdot))(p_{i,j} - h_{i,j}) + (s_2)rand(\cdot)(p_{g,j} - h_{i,j}) \quad (9)$$

6. Melakukan update lokasi setiap particle menggunakan persamaan berikut:

$$P_{i,j}(t+1) = p_{i,j}(t) + v_{i,j}(t+1), j = 1, 2, \dots, d \quad (10)$$

7. Melakukan update nilai p_{best} dengan menggunakan persamaan berikut:

$$p_{best}(t+1) = \begin{cases} p_{best}(t), & \text{if } f(h_i(t+1)) \leq f(p_{best}(t)) \\ p_i(t+1), & \text{if } f(h_i(t+1)) > f(p_{best}(t)) \end{cases} \quad (11)$$

8. Melakukan update nilai g_{best} dengan mencari nilai maksimum p_{best} pada setiap iterasi
9. Mengulangi langkah 3 sampai 8 selama jumlah maksimum iterasi belum terpenuhi (Lifen, 2010):.

Algoritma Optimasi SOM menggunakan PSO

Algoritma Optimasi SOM menggunakan PSO adalah gabungan dari metode analisis cluster SOM dengan PSO dengan PSO digunakan untuk mengoptimisasi bobot yang dihasilkan dari algoritma SOM. Metode SOM dilakukan sebanyak dengan jumlah particle yang akan digunakan dalam metode PSO. Setiap bobot yang dihasilkan pada masing masing metode SOM yang dilakukan menjadi sebuah solusi (particle) pada proses PSO (Xiao, 2004).

Winner particle yang digunakan pada metode ini adalah menggunakan pengukuran untuk mengevaluasi sebuah analisis cluster yaitu DBI. Untuk menentukan winner particle menggunakan persamaan berikut:

$$wp = \arg \min_i DBI_i, i \in \{1, 2, \dots, p\} \quad (12)$$

Berikut adalah algoritma dari *hybrid self-organizing map* dengan *particle swarm optimization*

1. Melakukan pengelompokkan menggunakan *self-organizing map* sebanyak p *particle*.
2. Inisialisasi hasil bobot setiap *self-organizing map* menjadi sebuah *particle* dengan mengubah bentuk matriks bobot menjadi vektor *particle*
3. Inisialisasi matriks *velocity*, maksimum iterasi, nilai $C_{1,2}$ dan nilai bobot inersia
4. Melakukan langkah 5 sampai 9 sebanyak maksimum iterasi
5. Mencari *winner particle* untuk setiap *particle* berdasarkan persamaan (12).
6. Inisialisasi nilai p_{best} dan g_{best} .
7. Melakukan *update* nilai *velocity* dan nilai *particle* berdasarkan persamaan (9) dan (10).
8. Melakukan *update* nilai p_{best} berdasarkan persamaan (11).
9. Melakukan *update* nilai g_{best} dengan mencari nilai p_{best} pada setiap iterasi.
10. Menetapkan kelas untuk setiap data berdasarkan nilai g_{best} .

Hasil dan Pembahasan

Tempat pengambilan data ini di Badan Pusat Statistik. Data yang digunakan adalah data Potensi Desa di 84 desa/kelurahan tertinggal yang ada di Kabupaten Kutai Kartanegara pada tahun 2018. Variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 19 variabel, variabel-variabel tersebut adalah sebagai berikut:

- X_1 : Kepadatan penduduk
- X_2 : Jumlah bencana alam
- X_3 : Jarak kantor desa/kelurahan ke kecamatan
- X_4 : Jarak kantor desa/kelurahan ke kabupaten
- X_5 : Jumlah sarana pendidikan
- X_6 : Jumlah sarana kesehatan
- X_7 : Jumlah tenaga kesehatan
- X_8 : Jumlah telpon umum
- X_9 : Jumlah penginapan
- X_{10} : Jumlah pasar
- X_{11} : Jumlah *supermarket*/toserba
- X_{12} : Jumlah bank
- X_{13} : Jumlah fasilitas perkreditan
- X_{14} : Jumlah koperasi non KUD pendidikan
- X_{15} : Jumlah keluarga pengguna listrik
- X_{16} : Jumlah keluarga tinggal di bantaran sungai
- X_{17} : Jumlah keluarga tinggal di bawah SUTET
- X_{18} : Jumlah keluarga tinggal di permukiman kumuh
- X_{19} : Jumlah kasus gizi buruk

Dari hasil pada analisis 2 *cluster*, 3 *cluster*, 4 *cluster* dan 5 *cluster* didapatkan nilai DBI masing-masing sebagai berikut:

Tabel 1. Nilai DBI Algoritma SOM dengan PSO

Jumlah Cluster	Cluster	Jumlah Anggota	DBI
2	1	82	0,7803
	2	2	
3	1	1	0,9277
	2	78	
	3	6	
4	1	69	1,0570
	2	2	
	3	11	
	4	2	
5	1	62	1,1642
	2	2	
	3	13	
	4	3	
	5	4	

Tabel 1 terlihat bahwa penerapan masing-masing *cluster* dengan metode SOM yang di optimalisasi oleh PSO menghasilkan jumlah *cluster* optimum dengan di bentuk menjadi 2 *cluster* karena memiliki DBI yang lebih kecil dibandingkan dengan hasil DBI pada pembentukan 3 *cluster*, 4 *cluster* dan 5 *cluster*, yang menunjukkan bahwa jarak dari rata-rata semua indeks *cluster* dan nilai DBI yang yang didapatkan dapat digunakan sebagai pendukung keputusan untuk menilai jumlah *cluster* yang paling cocok digunakan. Hasil pengelompokkan desa/kelurahan tertinggal di Kabupaten Kutai Kartanegara dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengelompokkan 2 *cluster*

Cluster	Desa/Kelurahan
1	Loa Sakoh, Muai, Pulau Pinang, Lamin Pulut, Lamin Telihan, Teluk Bingkai, Teluk Muda, Tubuhan, Benua Baru, Muhuran, Sebelimbingan, Sedulang, Wonosari, Lung Anai, Ponoragan, Bunga Putih, Kersik, Perangat Baru, Sungai Bawang, Dondang, Tamapole, Teluk Dalam, Kupang Baru, Lebaho Ulaq, Liang Buaya, Menamang Kanan, Menamang Kiri, Muara Siran, Puan Cepak, Rantau Hempang, Sabintulung, Sedulang, Batuq, Jantur, Jantur Baru, Jantur Selatan, Kayu Batu, Muara Aloh, Perian, Pulau Harapan, Tanjung Batuq Harapan, Enggelam, Lebak Mantan, Muara Enggelam, Sebban, Jawa, Sarijaya, Lekaq Kidau, Segihan, Senoni, Ambarawang Darat, Argosari,

Tabel 2. Hasil Pengelompokan 2 cluster (Lanjutan)

Cluster	Desa/Kelurahan
1	Karya Jaya, Margomulyo, Salok Api Laut, Tanjung Harapan, Wonotirto, Bila Talang, Buluk Sen, Gunung Sari, Kampung Baru, Long Lalang, Muara Belinau, Muara Kebaq, Muara Pedohon, Muara Ritan, Muara Salung, Muara Tiq, Muara Tuboq, Ritan Baru, Tabang Lama, Umaq Bekuai, Umaq Dian, Umaq Tukung, Jahab, Loa Pari, Loa Raya, Loa Ulung, Perjiwa, Separi, Tanjung Batu, Teluk Dalam
2	Baru, Sukarame

Tabel 2 menunjukkan bahwa setelah dilakukan pengelompokan wilayah desa/kelurahan tertinggal di Kabupaten Kutai Kartanegara hasil pengelompokan dengan metode SOM dengan optimalisasi metode PSO maka didapatkan cluster 2 yang terdiri dari 2 kelurahan yaitu Kelurahan Baru dan Kelurahan Sukarame (Kecamatan Tenggarong) dan cluster 1 yang terdiri dari 82 desa/kelurahan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa metode SOM dengan PSO mampu mendeteksi adanya outlier yaitu cluster 2 pada data desa/kelurahan tertinggal di Kabupaten Kutai Kartanegara yang dihasilkan memiliki nilai kehomogenan yang tinggi.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah Cluster yang terbentuk pada pengelompokan desa/kelurahan tertinggal di Kabupaten Kutai Kartanegara dengan menggunakan metode SOM dengan Optimalisasi PSO adalah sebanyak 2 cluster yaitu cluster 1 dan cluster 2. Cluster 2 beranggotakan 2 kelurahan yaitu Kelurahan Sukarame dan Baru (Kecamatan Tenggarong) serta sisanya masuk ke dalam cluster 1 yang beranggotakan 82 desa/kelurahan dengan validitas cluster Davies Bouldien Index yang didapatkan pada 2 cluster yaitu 0,7803.

Daftar Pustaka

Agusta, I. (2007). Desa Tertinggal di Indonesia. *Jurnal Transdisiplin Sosiologi, Komunikasi dan Ekologi Manusia*, 1(2), 233-235.

Bisilisin, F. Y., (2014). Optimasi K-Means Clustering Menggunakan Particle Swarm Optimization pada Sistem Identifikasi Tumbuhan Obat Berbasis Citra. *Jurnal Ilmu Komputer Agri-Informatika*, 3(1), 38-47.

Gonsalves, T. dan Yasuaki N. (2015). Data Clustering through Particle Swarm Optimization Driven Self-Organizing Map. *Intelligence in the Era of Big Data*, 512, 212-219.

Hermawati, F. A. (2013). *Data Mining* Yogyakarta: Andi

Lifen, L. dan Zhang Changming (2010). Alret Clustering Using Intergrated SOM/PSO. *2010 International Conference On Computer Design and Application (ICCD 2010)*, 2, 571-574.

Mingoti, S. A. (2005). Comparing SOM Neural Network With Fuzzy C-Means, K-Means And Traditional Hierarchical Clustering Algorithms. *European Journal of Operational Research*, 174(3), 1732-1759.

Manning, C. D., Raghavan, P., & Schutze, H. (2009). *An Introduction to Information Retrieval*. Cambridge: Cambridge University Press.

Nafisah, Qonitatin dan Chandra, Novita (2017). Analisis Cluster Average Linkage Berdasarkan Faktor-Faktor Kemiskinan di Provinsi Jawa Timur. *Zeta Math Journal, Volume 3 No. 2*, November 2017.

Prasetyo, E. (2013). *Data Mining dan Aplikasi menggunakan Matlab (Edisi 1)*. Yogyakarta: Andi.

Shahreza, M., Moazzami, D., Moshiri, B., dan Delavar, M., (2011). Anomaly Detection Using A Self-Organizing Map And Particle Swarm Optimization. *Scientia Iranica* (2011) Volume 8 issue 6 page 1460-1468.

Xiao, Xiang, Ernst R. Dow, R Eberhart, Zina B. Miled dan R. J. Oppelt. (2004). A Hybrid Self-Organizing Maps and Particle Swarm Optimization Approach. *Concurrency and Computation: Practice and Experience* 2004, 16, 895-915.

