

PEMBUATAN PETA SIMILARITAS KOTA DI PROVINSI JAWA TENGAH MENGUNAKAN *SELF-ORGANIZING MAPS* (SOM)

Sarngadi Palgunadi, Risalatul Hanifah*, Wiranto

Program Studi Informatika, Fakultas MIPA, Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir. Sutami 36 A, Kentingan, Surakarta, 57126.

*Email: risalahhanifah@outlook.com

Abstrak

Kemiripan data antar kota dapat diketahui dengan indikator setiap kota. Salah satu indikator tersebut adalah *Smart City*. *Smart City* merupakan salah satu konsep perencanaan kota yang terdiri dari enam indikator, yakni *Smart People*, *Environment*, *Economy*, *Mobility*, *Living*, dan *Governance*. Berdasarkan indikator tersebut dapat dibuat peta untuk memvisualisasikan kemiripan antar kota. Penelitian ini mengambil data dari BPS tahun 2014 Provinsi Jawa Tengah. Sebelum dilakukan pemetaan menggunakan SOM, data direduksi menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA). Hasil reduksi PCA didapatkan 15 variabel yang akan digunakan untuk pemodelan SOM. Pemodelan ini mempunyai beberapa tahapan, yaitu menghitung *Euclidean distance*, menentukan *winner* dan *neighboring neuron*, update bobot, serta update *learning rate* dan radius. Hasil yang didapat berupa koordinat *winner*. Untuk memvisualisasikan hasil tersebut, maka dilakukan pelabelan warna setiap kota. Penelitian ini menampilkan tujuh model peta SOM. Hasil SOM menunjukkan bahwa semakin besar iterasi, semakin konvergen hasil yang didapat sehingga tidak terjadi perubahan signifikan pada iterasi berikutnya.

Kata kunci: *Principal Component Analysis* (PCA), *Self-Organizing Maps* (SOM), *Smart City*.

1. PENDAHULUAN

Smart City merupakan salah satu konsep perencanaan kota yang telah ada di kota-kota negara maju sejak akhir tahun 1990 (Harrison dan Donnelly, 2011). Menurut perusahaan komputer IBM (2008), ada enam indikator *Smart City*, yaitu *Smart People*, *Smart Environment*, *Smart Economy*, *Smart Mobility*, *Smart Living*, dan *Smart Governance*. Berdasarkan indikator tersebut, kemiripan data antar kota dapat dibuat. Untuk menampilkan hasil kemiripan tersebut dibentuk dalam visualisasi peta. Salah satu metode yang digunakan dalam visualisasi tersebut adalah metode *Self-Organizing Maps* (SOM), yaitu metode Jaringan Syaraf Tiruan yang dapat menggambarkan data berdimensi banyak. SOM merupakan algoritma pembelajaran *unsupervised* (tanpa pengawasan) dan *competitive learning* (Kohonen, 2013). Dalam pembelajaran *unsupervised*, neuron bekerja aktif untuk setiap masukan sehingga nilai bobot selalu diperbarui, sedangkan *competitive learning* adalah output neuron dari semua jaringan saling berkompetisi untuk menjadi output neuron yang menang (Heskes, 2001).

Beberapa penelitian tentang metode SOM pernah dilakukan sebelumnya. Lu, dkk. (2015) memetakan 10 kota di negara China menggunakan metode SOM dengan lima indikator, yaitu *Communication*, *Business*, *Public Service*, *Human Capital*, dan *Environment* untuk diketahui peringkat kotanya. Penelitian lain dilakukan oleh Pratidina dan Palgunadi (2015), yaitu menampilkan kesamaan antar kecamatan di Sukoharjo berdasarkan kejahatan dan topologi tersangka dalam bentuk peta *real-time*. Arribas, dkk. (2012) memetakan kesenjangan relatif antar kota di berbagai dunia atas dasar studi banding dengan indikator sosial ekonomi. Menurut penelitian tersebut, metode SOM dipilih karena dapat menghasilkan *clustering* pada data berdimensi besar dan dapat divisualisasikan dalam bentuk peta. Terkait dengan penelitian yang telah dilakukan, metode SOM sering digunakan dalam melakukan pemetaan dengan dimensi data yang besar. Untuk itu, penelitian ini mencoba membuat peta similaritas dengan identifikasi enam indikator menurut IBM. Data yang digunakan untuk penelitian ini adalah data dari BPS Provinsi Jawa Tengah tahun 2014. Data terkumpul sebanyak 82 variabel dengan jumlah kota ada 35. Variabel tersebut direduksi terlebih dahulu menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) sebelum diolah menggunakan SOM sehingga data lebih mudah diinterpretasikan (Johnson & Wichern, 1982).

2. METODOLOGI

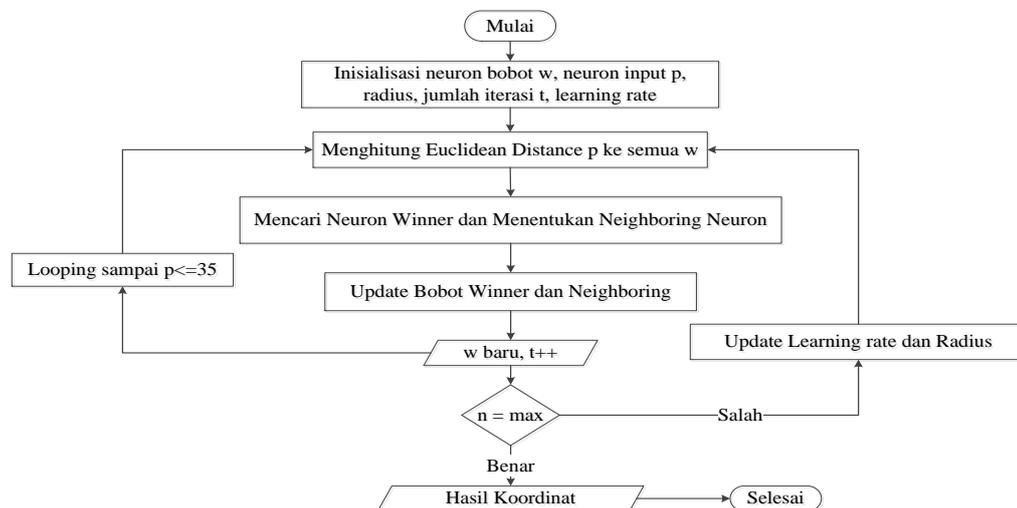
Data yang telah terkumpul dikelompokkan berdasarkan enam indikator. Data yang memberikan informasi kurang lengkap, sebagai contoh data yang tidak menjelaskan spesifik nilai setiap kota, maka data tersebut tidak digunakan. Berikut adalah tahapan penelitian yang dilakukan.

2.1 Reduksi Data dengan PCA

Variabel data yang didapat lalu dinormalisasi dan direduksi menggunakan PCA. Untuk menghitung PCA digunakan tool SPSS. Dari hasil tersebut kemudian dicari komponen yang memiliki nilai eigen lebih dari 1 (Hendro, Adji, & Setiawan, 2012). Proporsi kumulatif yang diambil lebih dari 80% (Wandala, 2015). Komponen merupakan variabel yang dihasilkan dalam PCA.

2.2 Pemodelan dengan SOM

Setelah melakukan reduksi data, hasil tersebut kemudian dimodelkan menggunakan metode SOM. Dalam membuat peta *Smart City* dibutuhkan neuron bobot w dengan *weight x height* sebesar 35×15 matriks $m_{1,1}$ sampai $m_{35,15}$. Alur pemodelan SOM dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Alur Pemodelan SOM

2.2.1 Menentukan Winner dan Neighboring

Langkah awal dalam menggunakan metode SOM adalah melakukan inisialisasi awal, yaitu neuron input p_i sebagai nilai dari setiap variabel hasil reduksi dalam setiap kota, bobot awal w_{ij} didapat dengan cara memberikan nilai random, *learning rate* (h), max. iterasi t , dan *radius* yang digunakan sebagai jangkauan pemetaan.

2.2.2 Menentukan Winner dan Neighboring

Untuk menentukan *winner* dan *neighboring* neuron, diperlukan perhitungan similaritas setiap neuron input menggunakan rumus *Euclidean Distance* berikut.

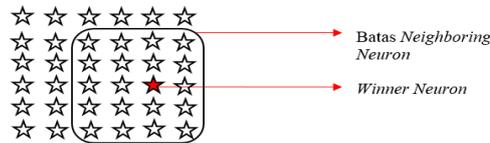
$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - w_{ij})^2} \quad (1)$$

Keterangan :

p_i = neuron input (nilai hasil normalisasi data setiap kota)

w_{ij} = neuron bobot

Dari hasil perhitungan tersebut, dipilih jarak (D) minimum sebagai *winner*. *Neighboring neuron* didefinisikan sebagai neuron tetangga yang posisinya dekat dengan *winner* dalam *radius* tertentu pada matriks n x n, seperti contoh Gambar 2 (matriks 6 x 6).



Gambar 2. Winner dan Neighboring Neuron Radius 2

2.2.3 Update Bobot

Bobot w yang terletak di koordinat *winner* dan *neighboring* neuron kemudian diperbarui menggunakan Persamaan 2.

$$w_{ij(t+1)} = w_{ij(t)} + h_{(t)}(p_{i(t)} - w_{ij(t)}) \tag{2}$$

Bobot yang terletak di koordinat neuron yang tidak dalam jangkauan *winner*, tidak perlu *diupdate* seperti pada persamaan 3.

$$w_{ij(t+1)} = w_{ij(t)} \tag{3}$$

Keterangan :

$w_{ij(t+1)}$ = neuron bobot baru

$w_{ij(t)}$ = neuron bobot lama

$h_{(t)}$ = learning rate

Bobot baru ini akan digunakan untuk menghitung *Euclidean Distance* pada p berikutnya.

2.2.4 Update Learning Rate dan Radius

Untuk iterasi pertama, akan dilakukan langkah 2.2.1-2.2.3, begitu seterusnya hingga iterasi maksimal. Apabila iterasi masih belum mencapai maksimal yang ditentukan, maka dilakukan *update learning rate* dan *radius*. Setiap iterasi, *radius* area dan *learning rate* semakin mengecil. Oleh karena itu, perlu dilakukan pembaharuan berikut (Nugroho, Kuroyanagi, & Iwata, 2002).

$$h(t) = 0,2 \left(1 - \frac{t}{t_{max}}\right) \tag{4}$$

$$r(t) = 5 \left(1 - \frac{t}{t_{max}}\right) \tag{5}$$

Keterangan :

$h(t)$ = learning rate

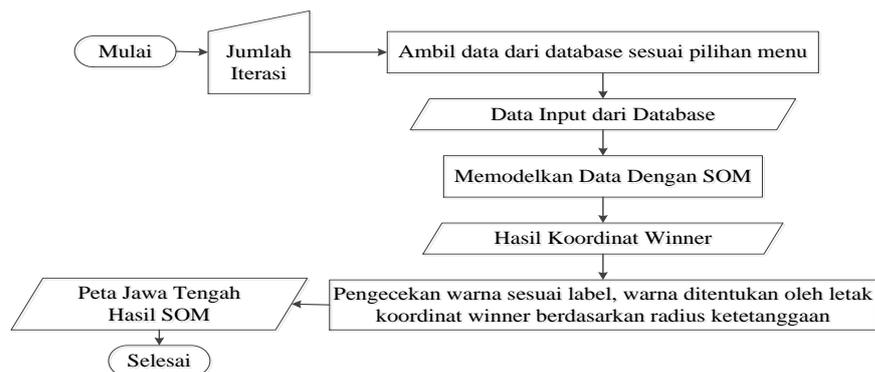
$r(t)$ = radius

t = iterasi ke - t

Proses akan berhenti hingga nilai iterasi mencapai maksimal. Dari proses tersebut akan didapatkan koordinat *winner* setiap kota.

2.3 Implementasi SOM

Implementasi SOM dilakukan menggunakan program Java dengan 3 kelas utama yaitu kelas main, kelas SOM, dan kelas pelabelan. Visualisasi pemodelan SOM dilakukan dengan cara pewarnaan peta menggunakan pelabelan. Pewarnaan peta dilakukan pada 35 kota dengan memberikan label 0 sampai 34 untuk setiap kota. Masing-masing kota terlebih dulu diinisialisasikan nilai RGB-nya. Posisi setiap kota ditentukan dengan cara memberikan *radius* ketetanggan. Bila sebuah kota direpresentasikan mempunyai posisi yang dekat dengan kota yang lainnya, maka diberikan warna yang sama. Sebaliknya, kota dengan posisi jauh diberikan warna berbeda. Gambar 3 merupakan alur jalannya program di Java.



Gambar 3. Alur Jalannya Program

2.4 Analisa Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan terhadap data hasil *clustering* dengan melakukan simulasi terhadap *radius* ketetanggaan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan data dari BPS tahun 2014. Simulasi juga dilakukan pada jumlah iterasi hingga mendapatkan hasil yang konvergen.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Reduksi Dengan PCA

Tabel 1 merupakan contoh komponen yang dihasilkan pada metode PCA. Hasil PCA didapatkan ada 15 komponen yang merepresentasikan 90,282% dari keragaman data sehingga dinilai cukup menangkap karakteristik keseluruhan data. Tiap komponen memiliki 82 variabel yang akan dicari nilai terbesar. Hasil PCA dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Contoh Komponen Hasil PCA

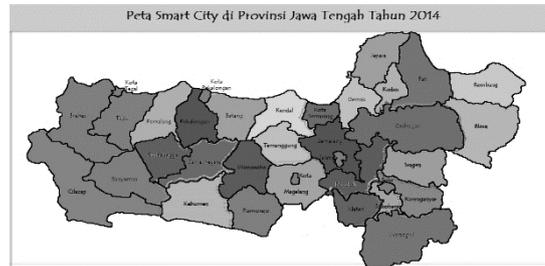
Komponen	PC1	PC2	PC3	PC4	Sampai	PC15
Nilai Eigen	23,821	21,200	4,157	3,764		1,080
Proportion	29,050	25,854	5,070	4,590	-----Sampai-----	1,24
Kumulative	29,050	54,904	59,974	64,564		90,282

Tabel 2. Variabel Hasil PCA Untuk Pemodelan SOM

Indikator	Variabel	Keterangan
Smart Economy	A1	Realisasi Penerimaan Daerah Kabupaten/Kota
	A2	Realisasi Belanja Daerah Menurut Kabupaten/Kota
	A11.4	Pemakaian Tabung Gas 3 Kg (Jumlah Pemakaian/Jumlah Penduduk)
Smart Governance	B1	Banyaknya Pegawai Negeri Sipil Menurut Golongan
	B2.1	Banyaknya TPS
Smart Environment	C5	Kebutuhan Bahan Bakar Minyak yang Disalurkan (kilo liter)
	C7.1	Produksi Perikanan Kolam (ton)
Smart People	D7.4	Perbandingan Penduduk Usia Sekolah 19-24 Tahun
	D7.3	Perbandingan Penduduk Usia Sekolah 16-18 Tahun
Smart Mobility	E1	Banyaknya Penyalur Bahan Bakar
	E2	Panjang Jalan Kabupaten/Kota yang Beraspal
Smart Living	F13.3	Rata-rata Lama Sekolah (tahun)
	F13.5	Indeks Pembangunan Manusia
	F8	Jumlah dan Jenis Sarana Distribusi Obat dan Makanan yang Diawasi
	F17	Perbandingan Banyaknya Kecelakaan Lalu Lintas dengan Kerugian yang Diterima

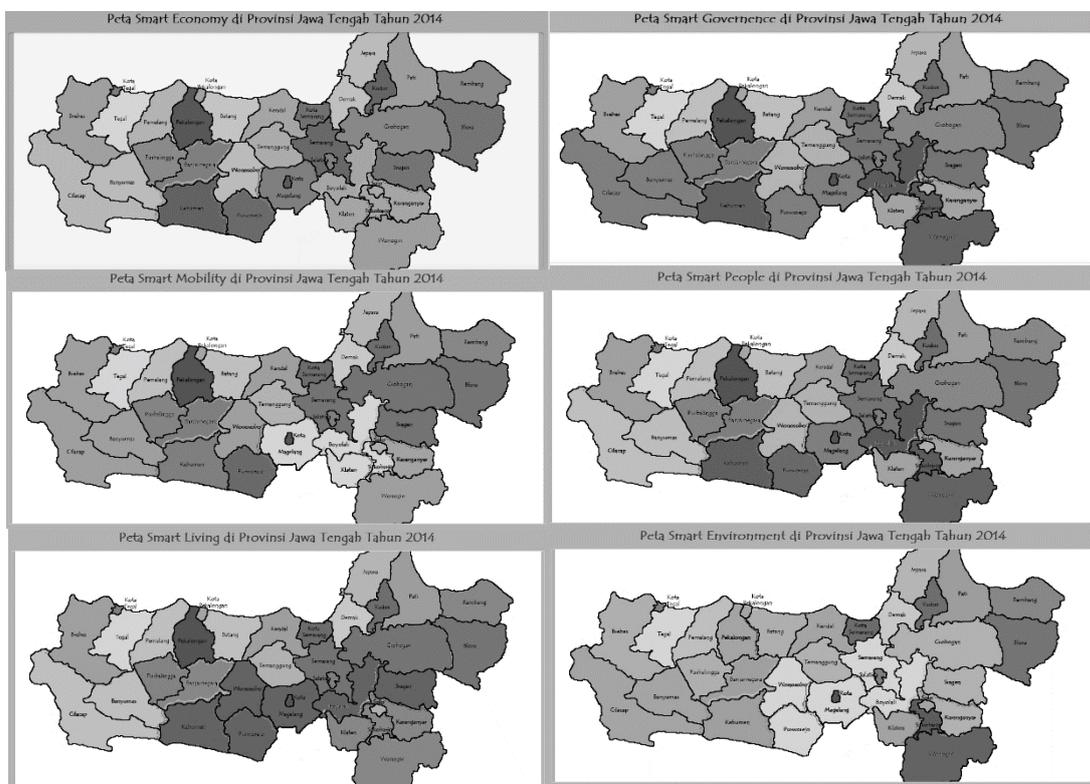
3.2 Hasil SOM

Berikut adalah peta hasil SOM berdasarkan keseluruhan indikator *Smart City* dengan kondisi max. iterasi=100 dan *radius*=3.



Gambar 4. Peta *Smart City* Dengan Iterasi=100 dan *Radius* Ketetanggaan=4

Pada Gambar 4 terlihat bahwa Brebes, Kabupaten Tegal, Kota Tegal, Kota Pekalongan, Kota Magelang, dan Salatiga memiliki kemiripan data dengan Kota Surakarta.



Gambar 5. Peta Per-Indikator *Smart City*

Pada peta *Economy*, Grobogan memiliki kemiripan dengan Rembang. Kabupaten Sukoharjo, Kendal, Karanganyar, dan Klaten memiliki kemiripan data dengan Kabupaten Boyolali. Hal ini juga terlihat pada Blora dan Sragen. Kabupaten Cilacap, Banyumas, dan Kota Surakarta memiliki ekonomi yang baik daripada kota di sekitarnya. Batang memiliki ekonomi yang rendah dibandingkan dengan yang lain. Pada peta *Governance*, Cilacap, Banyumas, Purbalingga, Banjarnegara, Purworejo memiliki kemiripan. Begitu juga dengan Grobogan dan Rembang, serta Sragen dan Blora. Kebumen memiliki warna yang berbeda dengan tetangganya karena memiliki nilai cukup tinggi dalam hal *Governance*. Pada peta *Mobility*, Banjarnegara dan Kebumen memiliki kemiripan. Begitu juga dengan Cilacap dan Banyumas. Magelang, Boyolali, Klaten, dan Sukoharjo memiliki kemiripan dengan Tegal. Sragen memiliki kemiripan dengan Kabupaten Semarang. *Mobility* Demak cukup rendah dibandingkan dengan daerah di sekitarnya. Jika dibandingkan dengan Kendal dan Magelang, Temanggung memiliki *Mobility* yang rendah. Pada peta *People* terdapat kemiripan data antara Grobogan dengan Rembang. Hal yang sama terlihat pada Blora dan Sragen. Nilai *People* pada Grobogan, Sragen, dan Blora cukup rendah jika

dibandingkan dengan kota lainnya. Pada peta *Living* menunjukkan Sragen, Boyolali, Magelang, Wonosobo, Purworejo, dan Kebumen memiliki kemiripan data. Hal ini juga terlihat pada Banjarnegara, Klaten, Sukoharjo, Rembang, Wonogiri, dan Karanganyar. Surakarta memiliki warna yang berbeda karena memiliki nilai yang cukup tinggi dalam hal *Living*. Untuk Cilacap dan Banyumas memiliki nilai yang tinggi juga setelah Kota Semarang sehingga memiliki kemiripan dan warna yang berbeda dengan lainnya. Pada peta *Environment* terlihat Grobogan, Sragen, dan Karanganyar memiliki kemiripan data dengan Temanggung. Kemiripan juga terlihat pada Cilacap, Banyumas, Kabupaten Pekalongan, Kota Pekalongan, Kabupaten Kendal, dan Kota Surakarta. Banjarnegara dan Kebumen memiliki kemiripan juga. Kota Semarang, Klaten, dan Demak memiliki warna yang berbeda karena nilai yang tinggi dibandingkan sekitarnya.

4 KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah telah dibuat peta *Smart City* berdasarkan enam indikator *Smart City* yang memvisualisasikan kemiripan data antar kota di Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2014 dengan menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) untuk reduksi dan *Self-Organizing Maps* (SOM) untuk *clustering*. Simulasi diuji coba dengan beberapa iterasi dan *radius* ketetanggaan yang berbeda. Hasil menunjukkan bahwa semakin besar iterasi, semakin konvergen koordinat yang didapat sehingga.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah data yang digunakan bersifat *real-time* sehingga dapat diuji-cobakan menggunakan tahun yang berbeda-beda dan dapat dilakukan *update* masukan yang diberikan. Agar hasil *clustering* pada peta lebih jelas diberikan gradasi warna.

DAFTAR PUSTAKA

- Arribas, D., Kourtit, K., & Nijkamp, P. (2012). Benchmarking of world cities through selforganizing maps. 1-21.
- Harrison, C., & Donnelly, I. A. (2011). A Theory Of Smart Cities. 15.
- Hendro, G., Adji, & Setiawan. (2012). Penggunaan Metodologi Analisa Komponen Utama (PCA) untuk Mereduksi Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penyakit Jantung Koroner. *Seminar Nasional "Science, Engineering and Technology"*, TE47 1-5.
- Heskes, T. (2001). Self-Organizing Maps, Vector Quantization, and Mixture Modelling. *IEE Trans. Neural Network*, vol.12, 1299-1305.
- IBM. (2008). *IBM builds a smarter planet*. (IBM) Retrieved December 19, 2015, from <http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/>
- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (1982). *Applied Multivariate Statistical Analysis : second edition*, page. 340-362. New Jersey: Printice-Hall.
- Kohonen, T. (2013). Essentials of the self-organizing map. *Neural Networks - Elsevier*, 52-65.
- Lu, D., Tian, Y., Liu, V. Y., & Zhang, Y. (2015). The Performance of the Smart Cities in China—A Comparative Study by Means of Self-Organizing Maps and Social Networks Analysis. *Sustainability*, 7604-7621.
- Nugroho, A. S., Kuroyanagi, S., & Iwata, A. (2002). Mathematical perspective of CombNET and its application to meteorological prediction. *Meteorological Research Note No.203*, 77-107 (Japanese Edition).
- Pratidina, N. W., & Palgunadi, S. (2015). Pembuatan Peta Kejahatan di Kabupaten Sukoharjo Menggunakan Self-Organizing Maps (SOM). *Prosiding SNST ke-6* , 195-200.
- Wandala, A. R. (2015). Deteksi Web Berkonten Porno dengan Metode Bayesian Filtering dan Principal Component Analysis.