

# Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Kohonen *Self Organizing Maps* dan *Learning Vector Quantization* pada Data Kualitas Air Kali Surabaya

Sri Rahmawati Fitriatien.<sup>1</sup>, Mohammad Isa Irawan<sup>2</sup>, Nieke Karnaningroem<sup>3</sup>

Mahasiswa Program Magister, Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia<sup>1\*</sup>

[amhar.be@gmail.com](mailto:amhar.be@gmail.com)

Profesor, Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

Profesor, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>

## Abstrak

Kali Surabaya adalah sumber air baku yang digunakan masyarakat Surabaya untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Kondisi air permukaan Kali Surabaya mengalami penurunan kualitas air yang dirasakan semakin hari semakin meningkat akibat sebagian besar limbah cair hasil dari kegiatan manusia dibuang ke saluran yang bermuara di Kali Surabaya. Limbah tersebut berasal dari permukiman, industri, pertanian, peternakan dan lain-lain. Indikator kimia pencemaran air limbah cair yang digunakan yaitu BOD, COD dan DO. Tujuan dari penelitian tesis ini adalah melakukan pengelompokan seluruh titik pantau kualitas air Kali Surabaya dengan jumlah *cluster* yang terbentuk dimulai dari 2 hingga 4 *cluster* berdasarkan kategori pembagian status mutu air. Dari pengelompokan titik pantau ini kemudian dilakukan penetapan status mutu kualitas air selama 14 periode dimulai dari bulan Januari 2010 hingga Juni 2013.

Jaringan syaraf tiruan merupakan sistem pemroses informasi seperti pemroses pada otak manusia. Jaringan syaraf tiruan telah banyak digunakan dalam banyak aplikasi, salah satunya adalah *clustering*. Dalam tesis ini, metode Kohonen *Self Organizing Maps* dan *Learning Vector Quantization* digunakan untuk menyelesaikan masalah *clustering* titik pantau kualitas air Kali Surabaya pada setiap waktu pantau. Untuk penentuan *cluster* terbaik menggunakan *Davies-Bouldin Index* (DBI) sebagai validasi *cluster*. Penentuan status mutu air Kali Surabaya di setiap titik pantau dilakukan dengan metode Indeks Pencemaran yang divalidasi dengan uji distribusi normal.

Dari implementasi dan uji coba program dapat diperoleh simpulan bahwa algoritma Kohonen-SOM dan LVQ dapat mengenali pola dan mampu mencocokkan anggota kelompok titik pantau dengan parameter *learning rate* minimal 0,000001 diperoleh nilai *mean square error* pada jaringan LVQ lebih kecil dibandingkan dengan jaringan Kohonen-SOM. Berdasarkan Indeks Pencemaran, status mutu air Kali Surabaya pada Januari 2010-Juni 2013 berada pada status mutu air Tercemar Ringan.

**Kata Kunci** : Kohonen *self organizing maps*, *learning vector quantization*, status mutu air, indeks pencemaran

## 1. Pendahuluan

Kali Surabaya merupakan anak sungai Kali Brantas yang ada di bagian hilir yang memiliki luas daerah aliran sungai (DAS) 630,7 km<sup>2</sup>, terdiri dari DAS Kali Marmoyo 289,7 km<sup>2</sup>, DAS Kali Watudakon seluas 99,4 km<sup>2</sup>, dan DAS beberapa anak sungai seluas 227,3 km<sup>2</sup> (Badan Lingkungan Hidup, 2012). Sekitar 96% air baku PDAM Kota Surabaya dipasok dari Kali Surabaya, sedangkan kualitas air Kali Surabaya tidak mendukung sebagai peruntukan badan air sumber air baku (Status Lingkungan Hidup Kota Surabaya, 2013).



**Gambar 1.1** Aliran Kali Surabaya sebagai Wilayah Penelitian (Google Earth, 2015)

Masalah utama Kali Surabaya adalah besarnya kandungan limbah cair hasil dari kegiatan manusia yang dibuang ke aliran Kali Surabaya. Limbah tersebut berasal dari pemukiman, industri, pertanian, peternakan, dan lain-lain. Karnaningroem menyatakan sekitar 60% pencemaran Kali Surabaya berasal dari limbah domestik (limbah rumah tangga) baik cair maupun padat. Tetapi limbah domestik merupakan jenis limbah organik sehingga badan air masih dapat menanggulangi sampai pada kadar tertentu (Karnaningroem N., 2006).

Kali Surabaya memiliki karakteristik kondisi air yang berbeda di setiap wilayah titik pantau. Kondisi air yang tidak homogen akan menyulitkan bagi Pemerintah Kota Surabaya pada saat melakukan pembinaan dan monitoring kualitas air sepanjang Kali Surabaya terkait dengan air limbah ke aliran Kali Surabaya, baik yang masuk secara langsung ataupun melalui serapan. Oleh karena itu proses pembinaan dan monitoring air limbah yang dilakukan perlu disesuaikan dengan karakteristik kondisi air di sepanjang aliran Kali Surabaya. Namun apabila proses pembinaan dilakukan secara berbeda pada setiap titik pantau akan memerlukan waktu yang lama dan biaya yang tidak sedikit. Berdasarkan hal tersebut diperlukan pengelompokan lokasi titik pantau di Kali Surabaya yang didasarkan pada kemiripan karakteristik kondisi konsentrasi zat pencemar, sehingga proses pembinaan dan monitoring akan dilakukan berdasarkan kelompok-kelompok titik pantau yang terbentuk.

Pada tesis ini pengelompokan titik pantau kualitas air di Kali Surabaya menggunakan metode Kohonen *Self Organizing Maps* dan *Learning Vector Quantization* yang didasarkan pada fitur pembentuk indikator pencemar kualitas air pada hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Karnaningroem pada tahun 2006. Hal ini dilakukan karena metode Kohonen *Self Organizing Maps* memiliki keunggulan yaitu mampu melakukan pembelajaran *unsupervised learning*, artinya jaringan tersebut melakukan pembelajaran tanpa bimbingan data input hingga target, sedangkan untuk *Learning Vector Quantization* dapat menghasilkan model *cluster* yang diperbaharui secara bertahap. Selanjutnya, penetapan status mutu kualitas air pada lokasi titik pantau pada setiap periode pantau menggunakan metode Indeks Pencemaran berdasarkan data konsentrasi BOD, COD dan DO. Tujuan dari penelitian tesis ini adalah mendapatkan *cluster* terbaik untuk mengelompokkan lokasi titik pantau kualitas air Kali Surabaya menggunakan metode Kohonen-SOM dan LVQ berdasarkan status mutu air pada waktu pantau kualitas air.

## 2. Tinjauan Pustaka dan dasar Teori

### 2.1. Penelitian Terdahulu

Jaringan syaraf tiruan telah banyak diaplikasikan dalam bidang matematika, komputer, teknik, perdagangan, financial, dan lain-lain. Salah satu aplikasi dari jaringan

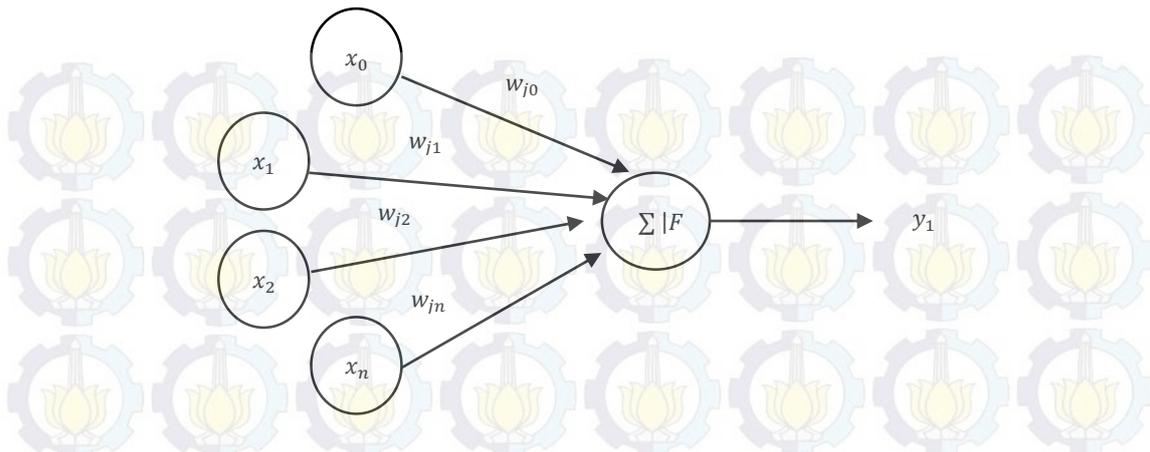
syaraf tiruan adalah analisis kluster. Penelitian yang terkait dengan analisis *cluster* menggunakan metode Kohonen-SOM. Beberapa penelitian terkait metode ini, diantaranya dilakukan oleh P.A. Aguilera menerapkan metode kohonen untuk memprediksi kualitas air di daerah perairan Spanyol untuk parameter nitrate, nitrite, amonia dan fosfat. Pada penelitian menghasilkan kluster yang terisi 16 *event* dengan nilai kandungan nitrate di dalam air sebesar 4.61 mg/l, untuk nitrit sebesar 0.28 mg/l, untuk amonia sebesar 13 mg/l, dan untuk fosfat sebesar 2.95 mg/l (Aguilera et al., 2001). Ewa Olkowska melakukan prediksi menggunakan metode kohonen untuk menentukan daerah limpasan air dengan parameter yang digunakan adalah Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dan NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Hasil dari penelitian ini adalah terbentuk 2 kluster dengan 26 *events* yang didominasi wilayah daerah sedikit polusi organik (Olkowska et al., 2014). Selain dengan metode Kohonen-SOM, pada tesis ini juga menggunakan metode *clustering* LVQ yang pada penelitian ini metode ini dikomparasi dengan hasil *clustering* Kohonen-SOM. Beberapa penelitian yang menggunakan metode LVQ oleh (Bougrain and Alexandre, 1999) yang menggunakan LVQ untuk data set untuk radio elektrik tanpa pengawasan pembelajaran dengan evaluasi jarak Mahalanobi. Penelitian menggunakan metode LVQ digunakan pula oleh (Wu and Yang, 2006) untuk mendeteksi *outlier* dan *noisy*. penelitian yang dilakukan oleh Shuguang Liu, yang meneliti sumber-sumber polusi air dengan 27 titik pemantauan di daerah Cina. Pada penelitian ini memberikan gambaran bahwa terjadi peningkatan polusi air sejak tahun 2006 yang berasal dari sumber pencemar industri dengan mengindikasikan bahwa indeks polutan terbesar berasal dari *Chemical Oxygen Demand* (Liu et al., 2011). Penelitian terkait komposisi kandungan air juga dilakukan oleh Fabiana A.L. Ribeiro pada 3 wilayah penghasil minyak. Dari penelitian ini menyebutkan bahwa dengan menggunakan jaringan kohonen dapat memprediksi komposisi air yang dihasilkan dari sumber minyak pada 3 zona yang diteliti. Zona 1 menunjukkan adanya kelompok dengan kandungan minyak yang berasal dari dua titik yang berbeda dalam satu wilayah. Zona 2 menunjukkan kesamaan kelompok dari seluruh titik pada zona yang sama. Zona 3 menunjukkan adanya lima kelompok yang berbeda dari lima sumber yang berbeda, artinya dalam zona tersebut tidak ada kesamaan kelompok (Ribeiro et al., 2014).

## 2.2 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan sederhana pertama kali diperkenalkan oleh McCulloch dan Pitts di tahun 1943. Jaringan syaraf tiruan (*Artificial Neural Network*) adalah suatu model matematis yang berupa sistem pengolah informasi yang meniru sistem jaringan syaraf biologi. Jaringan syaraf tiruan dapat digunakan untuk menyelesaikan sejumlah permasalahan besar karena memiliki kemampuan memodelkan permasalahan yang kompleks. Lapisan penyusun jaringan syaraf tiruan terbagi menjadi 3 bagian yaitu lapisan unit *input*, yang bertugas sebagai penerima pola masukan data dari luar yang menggambarkan permasalahan. Lapisan berikutnya adalah lapisan tersembunyi yang bertugas sebagai tempat menyembunyikan lapisan *output* yang belum menjadi solusi dari jaringan syaraf tiruan. Lapisan ketiga adalah lapisan *output* yang merupakan solusi jaringan syaraf tiruan terhadap permasalahan yang diberikan (Arifin dan Irawan, 2009).

Gambar 2.1 menunjukkan arsitektur dasar jaringan syaraf tiruan satu *neuron* yang menganalogikan sel syaraf biologi, dan model arsitektur dasar dari jaringan syaraf tiruan tersebut dapat diasumsikan sebagai berikut (Fausett, 1994):

1. Masukan ( $x_n$ ) sebagai *input* yang berfungsi sebagai penerima sinyal.
2. Bobot koneksi ( $w_{jn}$ ) untuk menyimpan informasi.
3. Bias ( $w_0$ ) yang berfungsi mengatur daerah nilai ambang.
4. Elemen pemroses dan fungsi aktivasi ( $\Sigma|F$ ) untuk memproses informasi.



**Gambar 2.1** Analogi Biologi dengan Satu *Neuron* (Fausett, 1994)

5. Keluaran ( $y_1$ ) sebagai *output* yang akan menyampaikan hasil pemrosesan informasi ke sel berikutnya.

Sistem jaringan syaraf tiruan disusun dengan menggunakan model matematis dari jaringan biologi manusia. Pada dasarnya prinsip kerja jaringan syaraf tiruan yaitu diberikan serangkaian data *input* yang masing-masing menggambarkan *output* bagi *neuron* yang lain. Setiap *input* dikalikan dengan suatu faktor penimbang (bobot) tertentu yang analog dengan tegangan sinapsis dan kemudian semua data masukan terboboti itu dijumlahkan untuk menentukan tingkat aktivasi suatu *neuron* (Fausett, 1994).

### 2.3 Jaringan Kohonen *Self Organizing Maps*

Jaringan Kohonen-SOM terdiri dari dua lapisan (*layer*), yaitu lapisan *input* dan lapisan *output*. Setiap *neuron* dalam lapisan input terhubung dengan setiap *neuron* pada lapisan *output*. Dimana *neuron* dalam lapisan *output* mempresentasikan *cluster* dari input yang di berikan (Fausett,1994). Pada jaringan syaraf tiruan Kohonen-SOM *layer* input (pertama) terhubung secara penuh dengan *layer* kompetitif (kedua) sehingga setiap *input* unit terhubung kesemua *output* unit dan pada hubungan ini terdapat nilai pembobot (*weight*) tertentu (Kohonen, 2014).

### 2.4 Jaringan *Learning Vector Quantization*

Jaringan LVQ digunakan untuk mengelompokkan yang setiap unit *output* mewakili sebuah kelas atau kategori tertentu. Vektor bobot dari sebuah unit *output* digunakan sebagai vektor referensi untuk kelas yang menggambarkan unit. Selama proses *training*, diasumsikan bahwa himpunan dari *input training* dengan kelas teori diketahui telah disediakan yang disajikan dalam data berlabel kelas, bersama dengan distribusi awal dari vektor referensi, sedangkan untuk unit *output* atau target digunakan untuk memperkirakan keputusan dari hasil kelas yang terbentuk (Wu and Yang, 2006)

### 2.5 Validasi *Cluster*

Validasi *cluster* Davies-Bouldin Index (DBI) diperkenalkan oleh David L. Davies dan Donald W. Bouldin pada tahun 1979 yang digunakan untuk mengevaluasi *cluster*. Validasi internal yang dilakukannya adalah seberapa baik pengelompokan sudah dilakukan dengan menghitung kuantitas dan fitur turunan dari set data (Prasetyo, 2014).

Validasi merupakan usaha yang dilakukan untuk menjamin bahwa hasil *cluster* adalah representatif terhadap populasi secara umum, dengan demikian dapat digeneralisasi untuk objek yang lain dan stabil untuk waktu tertentu. Validasi *cluster* yang digunakan dalam tesis ini menggunakan Davies-Bouldin Index (Mali and Mitra, 2003).

*Sum of square within cluster (SSW)* dalam sebuah *cluster* diformulasikan sebagai berikut (Zhao,Q., 2012) :

$$SSW_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} d(x_j, c_i)$$

dengan  $m_i$  adalah jumlah data yang berada dalam *cluster* ke- $i$ , sedangkan  $c_i$  adalah *centroid cluster* ke- $i$ .

*Sum of square between cluster (SSB)* dengan mengukur jarak dua *cluster*, misalnya *cluster-i* dan *cluster-j*, dengan formula mengukur jarak antara *centroid*  $c_i$  dan  $c_j$  pada persamaan berikut (Zhao,Q., 2012) :

$$SSB = d(c_i, c_j)$$

Didefinisikan  $R_{ij}$  adalah ukuran rasio seberapa baik nilai perbandingan antara *cluster* ke- $i$  dan *cluster* ke- $j$ . Nilainya didapatkan dari komponen SSW dan SSB. *Cluster* yang baik adalah *cluster* yang memiliki SSW sekecil mungkin dan SSB yang sebesar mungkin.  $R_{ij}$  diformulasikan dengan persamaan berikut (Zhao,Q., 2012) :

$$R_{i,j} = \frac{SSW_i + SSW_j}{SSB_{i,j}}$$

Nilai *Davies-Bouldin Index (DBI)* didapatkan dari persamaan berikut (Zhao,Q., 2012) :

$$DBI = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \max(R_{i,j}) ; K = \text{jumlah cluster yang digunakan}$$

Secara esensial, DBI menginginkan nilai sekecil (*non – negatif*  $\geq 0$ ) mungkin untuk menilai baiknya *cluster* yang didapat. Nilai yang didapat bisa digunakan sebagai pendukung keputusan untuk menilai jumlah klaster yang paling cocok digunakan.

## 2.6 Analisa Status Mutu Kualitas Air

Pengelolaan kualitas air atas dasar Indeks Pencemaran berdasarkan baku mutu ( $IP_j$ ) ini dapat memberi masukan pada pengambil keputusan agar dapat menilai kualitas badan air untuk suatu peruntukan serta melakukan tindakan untuk memperbaiki jika terjadi penurunan kualitas akibat kehadiran senyawa pencemar. Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung Indeks Pencemaran berdasarkan baku mutu ( $IP_j$ ) (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 155, 2003) :

$$IP_j = \sqrt{\frac{\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_M^2 + \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_R^2}{2}}$$

Dengan :

$i$  = titik pantau ( $i = 1,2, \dots, 12$ )

$j$  = baku mutu ( $j = 1,2,3$  ; dengan 1 = BOD, 2 = COD, 3 = DO)

$IP_j$  = Indeks Pencemaran berdasarkan baku mutu

$C_i$  = Konsentrasi parameter kualitas air

$L_{ij}$  = Konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam baku mutu

$\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_M$  = Nilai  $\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)$  maksimum

$\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_R$  = Nilai  $\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)$  rata – rata

Evaluasi terhadap Indeks Pencemaran ( $IP_j$ ) berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 115 Tahun 2003 adalah :

$0 \leq IP_j \leq 1,0$  = status baik (memenuhi baku mutu air)

$1,0 < IP_j \leq 5,0$  = tercemar ringan  
 $5,0 < IP_j \leq 10,0$  = tercemar sedang  
 $IP_j > 10,0$  = tercemar berat

### 3. Metodologi Penelitian

#### Ide Penelitian

Titik pantau kualitas air yang dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup Surabaya (BLH Surabaya) maupun Perum Jasa Tirta I Malang (PJT I Malang) dilakukan dengan pengambilan air secara satu persatu pada setiap titik pantau tanpa melihat karakteristik kondisi air sungai pada waktu pantau yang dilakukan. Dengan adanya pengelompokan titik pantau berdasarkan waktu pantau dengan jaringan Kohonen-SOM dan LVQ untuk pengambilan sampel air diharapkan dapat membantu petugas di lapangan untuk mengetahui karakteristik kondisi air pada setiap waktu pantau sehingga dapat meminimalisir waktu dan biaya untuk keperluan monitoring.

#### Pengumpulan Data

Pengambilan data pada tesis ini adalah data sekunder kualitas air Kali Surabaya dari Perum Jasa Tirta I Malang dari bulan Januari tahun 2010 hingga Juni tahun 2013 dengan waktu pemantauan setiap bulan pada titik pantau. Titik pantau yang diamati sebagai objek penulisan disajikan pada **Gambar 1.1**.

#### Preprocessing Data

*Preprocessing* data kualitas air dilakukan dengan melihat data sekunder kualitas air Kali Surabaya secara lengkap. Untuk beberapa parameter air, terdapat titik pantau dengan kondisi tidak terdeteksi nilai parameternya. Dalam penelitian ini digunakan data kualitas air yang terdeteksi secara lengkap yaitu BOD, COD dan DO. Pemilihan parameter ini pula berdasarkan baku mutu kualitas air sungai menurut Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 dan Karnaningroem pada 2006.

#### Aplikasi Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ

Pada tahap ini dibuat program yang memuat tahapan pelatihan dan pengujian Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ dengan menggunakan *software* MATLAB, dan proses running dilakukan pada komputer dengan *processor* Intel Inside Core i7 dengan *processor speed* (GHz) 2.40 GHz up to 3.4 GHz.

#### Hasil Penelitian

Pada tahapan ini dilakukan penulisan tesis dan pembuatan jurnal untuk publikasi ilmiah.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Tabel Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air

P	BOD (mg/l)		COD (mg/l)		DO (mg/l)		P	BOD (mg/l)		COD (mg/l)		DO (mg/l)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max		Min	Max	Min	Max	Min	Max
1	3.03	50.8	9.51	161	1.4	6.48	8	1.67	20.5	7.52	92.8	0.97	6.55
2	3.08	17.7	9.4	68.5	2.7	7.19	9	1.3	29.4	7.82	117	1.3	6.7
3	1.79	16.6	7.65	88.8	2.43	6.85	10	2.22	48.8	7.06	113	1.01	6.11
4	2.88	37.6	9.95	96	0.2	7.04	11	0.38	26.6	3.14	84.1	0.8	6.11
5	2.03	7.73	10.7	46.7	2.14	7.03	12	0.324	14.9	4.57	64.1	0.9	6.1
6	2.12	14.7	8.65	79.3	2	6.38	13	2.56	9.65	11.4	54.5	1.11	6.33
7	1.42	36.7	5.64	95.5	0.00108	6.77	14	1.99	21.5	7.11	52.5	2.01	6.01

dengan P = Periode

Tabel di atas menyajikan karakteristik konsentrasi dari masing-masing parameter pencemar air sungai yang penyebarannya disajikan dari hasil Jaringan Kohonen-SOM. Dari hasil Jaringan Kohonen-SOM kemudian dilakukan validasi *cluster* untuk setiap periode pantau dengan pembatasan *cluster* sebanyak 2-4 *cluster*, berdasarkan jumlah kategori status mutu air (Status Baik, Tercemar Ringan, Tercemar Sedang dan Tercemar Berat). Berikut akan disajikan nilai validasi *cluster* dari setiap periode untuk setiap *cluster*

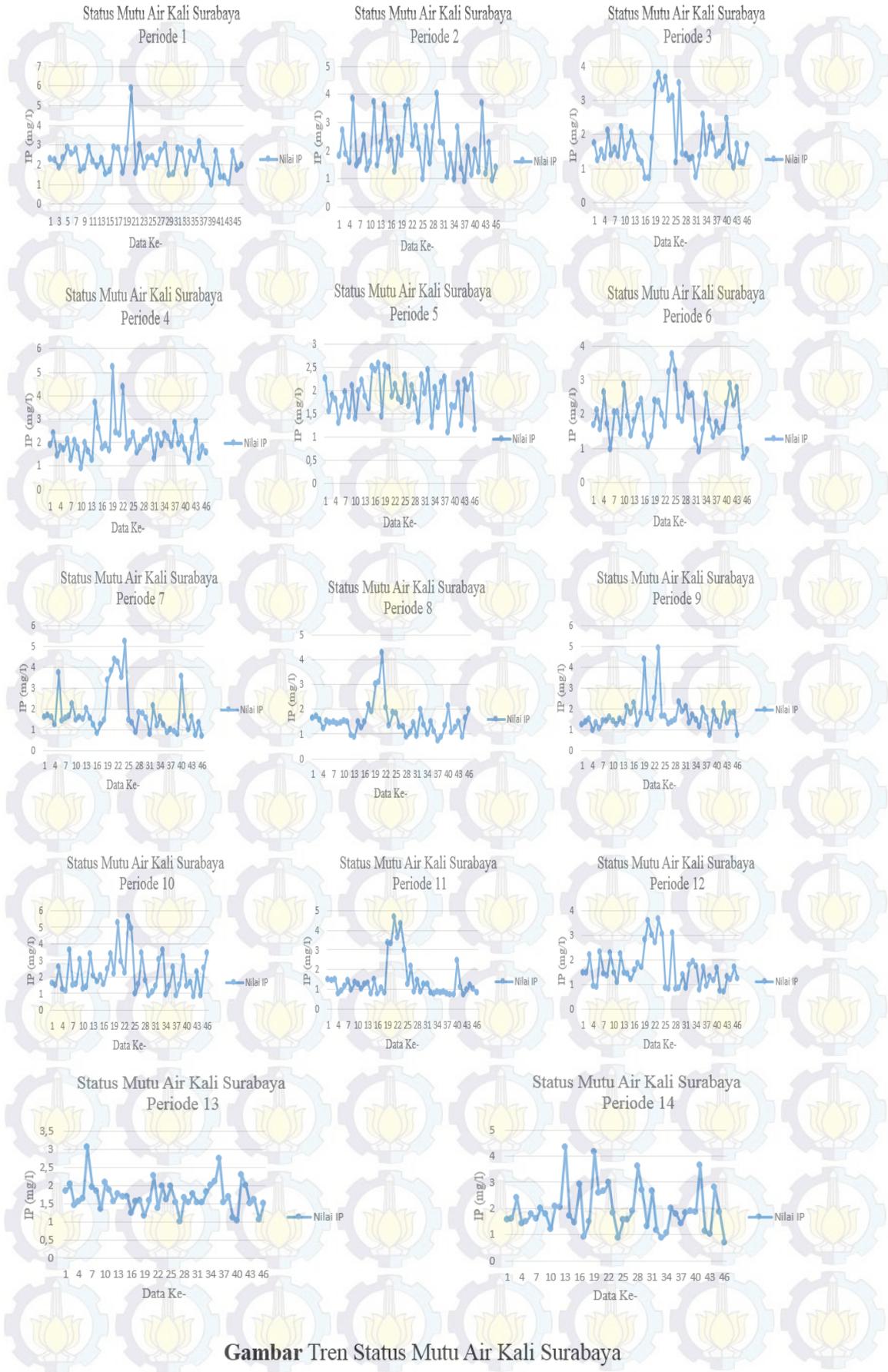
Tabel Nilai Validasi Cluster

JC	Periode													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0.070	0.524	0.461	0.284	0.588	0.569	0.419	0.482	0.074	0.113	0.267	0.413	0.637	0.531
3	0.349	0.552	0.440	0.579	0.621	0.525	0.414	0.386	0.491	0.519	0.594	0.442	0.459	0.640
4	0.453	0.660	0.505	0.483	0.603	0.529	0.506	0.391	0.344	0.429	0.554	0.495	0.636	0.709

dengan JC = Jumlah Cluster

Dari tabel di atas, terlihat bahwa untuk Periode 1-Periode 14 *cluster* yang terbentuk berdasarkan validasi DBI adalah 2 dan 3 *cluster* dengan kondisi status mutu air rata-rata berada pada kategori Tercemar Ringan. Beberapa titik pantau berada pada status mutu air Status Baik dan Tercemar Sedang.

Selanjutnya akan disajikan tren status mutu kualitas air di setiap periode guna melihat kondisi air Kali Surabaya selama waktu pantau dari Januari 2010-Juni 2013.



**Gambar** Tren Status Mutu Air Kali Surabaya

Gambar di atas memperlihatkan bahwa untuk keseluruhan titik pantau, rata-rata berada status mutu air Tercemar Ringan. Untuk beberapa titik pantau, berada pada status mutu air Status Baik, Tercemar Ringan dan Tercemar Sedang. Tetapi secara keseluruhan, nilai rata-rata status mutu air berada pada kategori Tercemar Ringan. Nilai rata-rata nilai indeks pencemaran disajikan pada tabel berikut ini.

**Tabel Nilai Indeks Pencemaran**

Periode	Rata-rata Nilai IP	Status Mutu Air	Periode	Rata-rata Nilai IP	Status Mutu Air
1	2.22198	TR	8	1.540596	TR
2	2.015826	TR	9	1.659665	TR
3	1.7833	TR	10	2.192948	TR
4	2.069254	TR	11	1.441617	TR
5	1.90187	TR	12	1.64322	TR
6	1.960422	TR	13	1.697648	TR
7	1.80385	TR	14	1.930004	TR

dengan IP = Indeks Pencemaran ; SB = Status Baik ; TR = Tercemar Ringan ; TS = Tercemar Sedang ; TB = Tercemar berat

Berdasarkan tabel di atas terlihat bahwa rata-rata untuk status mutu air di setiap periode berada pada kategori Tercemar Ringan.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Dari hasil pelatihan jaringan Kohonen-SOM dengan validasi DBI, kemudian dilanjutkan dengan pelatihan jaringan LVQ dengan mengambil jumlah *cluster* hasil pelatihan sebelumnya diperoleh bahwa algoritma Kohonen-SOM dan LVQ dapat mengenali pola dan mampu mencocokkan anggota kelompok titik pantau kualitas air berdasarkan status mutu air dan kedekatan jarak data. Nilai parameter yang digunakan sebagai uji coba adalah *learning rate* ( $\alpha$ ) dan maksimal iterasi (*epoch*) dengan nilai *learning rate* ( $\alpha$ ) = 0,000001 sebagai parameter jaringan yang sudah cukup baik dalam menilai kebaikan model jaringan Kohonen-SOM dan LVQ. Untuk nilai *learning* tersebut, diperoleh nilai *mean square error* pada jaringan LVQ lebih kecil dibandingkan dengan *mean square error* pada jaringan Kohonen-SOM. Artinya, dalam pelatihan jaringan LVQ yang melalui jaringan Kohonen-SOM ini, kebaikan model sudah cukup baik untuk mendekati kenyataan yang sesungguhnya. Penentuan status mutu air Kali Surabaya dengan metode Indeks Pencemaran mampu memberikan gambaran bahwa parameter BOD, COD dan DO merupakan parameter pencemar air Kali Surabaya. Berdasarkan metode Indeks Pencemaran, terindikasi bahwa status mutu air Kali Surabaya selama Januari 2010-Juni 2013 rata-rata berada pada status mutu air “Tercemar Ringan” dengan nilai indeks pencemaran berada pada nilai 1,0018 mg/l – 4,899 mg/l. Untuk beberapa titik pantau yang memiliki nilai konsentrasi yang berubah akan menyebabkan perubahan jarak antara data tersebut dengan pusat kelompok. Akibat dari perubahan jarak tersebut dapat mengubah keanggotaan titik tersebut dari kelompok asal.

### Saran

1. Penelitian dapat dikembangkan dengan menambah variabel faktor yang mempengaruhi pencemaran air sungai seperti parameter pH, temperatur, fosfat dan sebagainya
2. Penilaian kualitas air selanjutnya dapat dikelompokkan berdasarkan kelas baku mutu air selain berdasarkan status mutu air.

## 6. Daftar Pustaka

- Aguilera, P.A., Frenich, A.G., Torres, J.A., Castro, H., Vidal, J.L.M., Canton, M., (2001), "Application of the kohonen neural network in coastal water management: methodological development for the assessment and prediction of water quality". *Water Res.* 35, 4053–4062.
- Anonim. (2003), Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air.
- Arifin Z. dan M.I. Irawan, (2009), "Adaptive Sensitivity Sensitivity-based Linear Learning Method Algorithms for Data Classification". *Proceeding of 5<sup>th</sup> International Conference of Mathematics, Statistics and Their Applications*, Bukit Tinggi – West Sumatra Indonesia, Juni 9 -11.
- Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Surabaya, (2012), Laporan Akhir : Laporan Status Lingkungan Hidup Kota Surabaya 2011, BLH Kota Surabaya, Surabaya.
- Fauset, L.,(1994), *Fundamental of Neural Networks*, New Jersey, Prentice Hall Inc.
- Google Earth, 2015.
- Karnaningroem, N., (2006), *Model Hidrodinamika Penyebaran Polutan Di Sungai*, Disertasi Doktor Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITS, Surabaya.
- Kohonen, T., (2014), *MATLAB Implementations and Applications of the Self-Organizing Maps*, Unigrafia Oy, Helsinki, Finlandia.
- K.-L. Wu and M.-S. Yang, (2006), "Alternative learning vector quantization," *Pattern Recognit.*, vol. 39, no. 3, pp. 351–362.
- L. Bougrain and F. Alexandre, (1999), "Unsupervised connectionist algorithms for clustering an environmental data set: A comparison," *Neurocomputing*, vol. 28, no. 1–3, pp. 177–189.
- Liu, S., Lou, S., Kuang, C., Huang, W., Chen, W., Zhang, J., Zhong, G., (2011), "Water quality assessment by pollution-index method in the coastal waters of Hebei Province in western Bohai Sea, China". *Mar. Pollut. Bull.* 62, 2220–2229.
- Mali, K., Mitra, S., (2003), "Clustering and its validation in a symbolic framework". *Pattern Recognit. Lett.* 24, 2367–2376.
- Olkowska, E., Kudłak, B., Tsakovski, S., Ruman, M., Simeonov, V., Polkowska, Z., (2014), "Assessment of the water quality of Kłodnica River catchment using self-organizing maps". *Sci. Total Environ.* 476–477, 477–484.
- Prasetyo, E., (2014), *Data Mining*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Ribeiro, F.A.L., Rosário, F.F., Bezerra, M.C.M., Wagner, R. de C.C., Bastos, A.L.M., Melo, V.L.A., Poppi, R.J., (2014), "Evaluation of chemical composition of waters associated with petroleum production using Kohonen neural networks". *Fuel* 117, Part A, 381–390.
- Status Lingkungan Hidup Kota Surabaya (SLHD), (2013), Kota Surabaya.
- Zhao, Q., (2012), *Cluster Validity in Clustering Methods*, University of Eastern Finland Library, Finlandia.