

---

**Penentuan Pencemaran Air Menggunakan Metode *Self Organizing Maps* (SOM)****Deni<sup>1</sup>, Dwi Marisa Midyanti<sup>2</sup>, Rahmi Hidayati<sup>3</sup>**

denilimaliang@gmail.com, dwi.marisa@siskom.untan.ac.id ,

rahmihidayati@siskom.untan.ac.id

Universitas Tanjungpura Pontianak

---

**Informasi Artikel**

Diterima : 8 Feb 2022

Direview : 15 Mar 2022

Disetujui : 20 Apr 2022

---

**Kata Kunci**Pencemaran Air,  
*Clustering*, SOM,  
*Silhouette Coefficient*

---

**Abstrak**

Pencemaran air adalah masuknya suatu komponen atau zat pada air yang menyebabkan tingkat kualitas air mengalami penurunan. Penurunan tingkat kualitas air menyebabkan air yang digunakan menjadi tidak layak dan mempengaruhi kesehatan pada masyarakat. Oleh karena itu, dibangun aplikasi penentuan tingkat kualitas air menggunakan algoritma SOM dengan beberapa parameter masukkan data yaitu *Fluorida*, *Kesadahan*, dan *Nitrit*. Parameter tersebut digunakan untuk *clustering* data dalam menentukan air bersih dan tercemar. Algoritma SOM menyusun *neuron* SOM berdasarkan nilai masukkan data dalam suatu *cluster* SOM. Pengujian metode SOM pada data berjumlah 114 data, *clustering* terbaik ditentukan dengan nilai *Silhouette Coefficient*. *Silhouette Coefficient* akan mengevaluasi *clustering* kedekatan jarak antar data. Pengujian dilakukan sebanyak 27 kali variasi percobaan dengan laju pembelajaran dimulai dari 0,1 sampai 0,9 dan jumlah *cluster* dari 2 sampai 4 untuk mendapatkan nilai *Silhouette Coefficient* terbaik. Hasil *clustering* nilai *Silhouette Coefficient* terbaik yang didapat yaitu 0,72764734144141 dengan jumlah *cluster* 3 dan laju pembelajaran 0,2.

---

**Keywords***Water pollution*, *Clustering*,  
SOM, *Silhouette Coefficient*

---

**Abstract**

*Water pollution is the entry of a component or substance into water, which causes water quality to decrease. The decrease in water quality causes the water to be unfit and affects the community's health. Therefore, an application for determining the water quality level building using the SOM algorithm with several data input parameters: Fluoride, Hardness, and Nitrite. These parameters use for data clustering in determining clean and polluted water. The SOM algorithm arranges SOM neurons based on the data input values in a SOM cluster. For testing the SOM method on 114 data, the Silhouette Coefficient value was used to find the best number of clusters. Silhouette Coefficient will evaluate clustering the proximity of the distance between data. The test was carried out 27 times with variations of the experiment with the learning rate starting from 0.1 to 0.9 and the number of clusters from 2 to 4 to get the best Silhouette Coefficient value. The result of clustering the best silhouette coefficient value obtained is 0.7276473444141 with 3 clusters and the learning rate of 0.2.*

## A. Pendahuluan

Air merupakan komponen penting yang digunakan makhluk hidup untuk melakukan kegiatan sehari-hari seperti mandi, minum, mencuci, memasak, dan kegiatan lainnya. Air tersebut tentunya harus bersih dari segi kualitas maupun kuantitasnya. Untuk mendapatkan air yang bersih sesuai standar cukup sulit, dikarenakan ada banyak air yang telah tercemar dan menyebabkan kualitas air menurun. Sehingga diperlukan industri yang dapat melakukan pengolahan air yang bersih.

Salah satu industri Pengolahan air bersih di Kota Pontianak yaitu Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Industri tersebut menyalurkan air ke masyarakat dan biasanya air tersebut mengalami masalah seperti kekeruhan, berbau, atau memiliki rasa. Jika terjadi masalah tersebut maka air tidak layak lagi digunakan untuk kegiatan sehari-hari dan akan berdampak buruk bagi masyarakat. Untuk mengetahui kualitas air yang tercemar dapat menggunakan beberapa parameter yaitu *Fluorida*, *Kesadahan*, dan *Nitrit*.

Permasalahan pencemaran air yang terjadi dapat dilakukan penentuan pencemaran air dengan *clustering* data menggunakan algoritma Jaringan Syaraf Tiruan (JST) yaitu *Self Organizing Maps* (SOM). Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan sistem pemrosesan informasi yang mempunyai karakteristik seperti jaringan saraf pada manusia. Sistem saraf pada manusia berguna untuk mengenali sebuah pola/memetakan masukan menjadi sebuah keluaran [1]. Jaringan SOM memiliki *neuron-neuron* yang menyusun dirinya sendiri berdasarkan nilai masukan tertentu pada suatu kelompok (*cluster*). Ketika menyusun *neuron*, *cluster* akan memilih bobot yang sesuai dengan pola masukan data sebagai jarak terdekat. *Neuron* terdekat beserta *neuron* tetangganya akan diperbaharui bobotnya [2].

*Clustering* diukur dengan mengevaluasi jarak data setelah data di *cluster*. Evaluasi jarak yang digunakan adalah *Silhouette Coefficient*. *Silhouette Coefficient* akan mengevaluasi jarak kedekatan data dalam satu *cluster* dengan data *cluster* lain. *Silhouette Coefficient* merupakan metode yang mengevaluasi sebuah *cluster* untuk melihat kedekatan sebuah objek dengan objek lain dalam satu *cluster* dan kedekatan dengan objek lain dalam *cluster* yang berbeda. Adapun nilai yang didapat dari *Silhouette Coefficient* yaitu dari -1 sampai 1. Jika nilai mendekati -1, maka hasil *clustering* yang didapat kurang baik. Sedangkan jika nilai mendekati 1, maka *clustering* yang didapat lebih baik [3].

Inisialisasi merupakan sebuah langkah awal yang sangat penting dalam melakukan pembelajaran JST. Salah satu inisialisasi yang digunakan dalam proses pembelajaran JST yaitu inisialisasi *xavier*. Menurut Xavier Glorot dan Yoshua Bengio pada tahun 2010 menyatakan bahwa *xavier* merupakan salah satu inisialisasi untuk mendapatkan hasil data yang baik, maka data varian masukan dan data keluruan harus bernilai sama, demikian juga varian sebelum dan sesudah melewati lapisan harus bernilai sama [4].

Menurut penelitian [5] tentang Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan *Kohonen Self Organizing Maps* dan *Learning Vector Quantization* Pada Data Kualitas Air Kali Surabaya. SOM dapat menyelesaikan pengelompokan kualitas air di Surabaya dengan 4 *cluster* dengan jumlah masukan 3 parameter. Hasil *cluster* yang didapat yaitu status baik, tercemar ringan, tercemar sedang, dan tercemar berat.

Penelitian terkait metode SOM lainnya [6] tentang Penentuan Cepat Status Kelulusan Mata Kuliah Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Self Organizing Maps (SOM) Kohonen*. Algoritma SOM dapat melakukan *cluster* kelulusan mata kuliah dengan kriteria lulus dan tidak lulus berdasarkan nilai UAS, UTS, dan Tugas sebagai masukan. Pelatihan SOM dilakukan sebanyak 5 kali dengan laju pembelajaran 0,5 dengan jumlah data latih sebanyak 4 data dan data uji sebanyak 15 data.

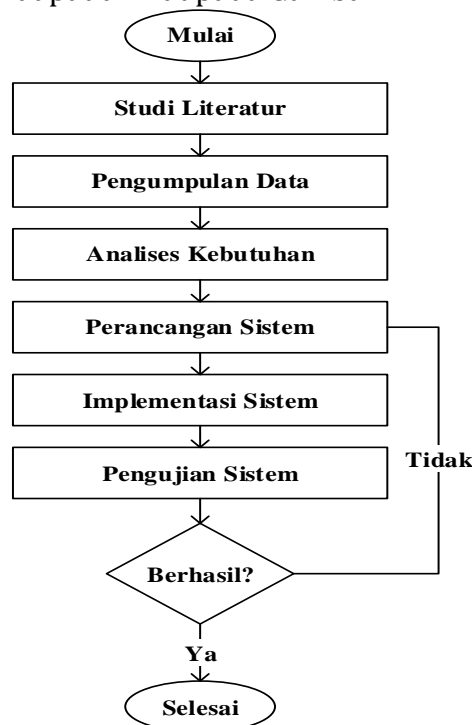
SOM juga digunakan untuk Pengelompokan Jurusan di SMK dalam melakukan *cluster* sebanyak 3 *cluster* dengan jumlah masukan sebanyak 3 parameter. *Cluster* yang dibentuk untuk mengelompokkan jurusan yang diminati siswa berdasarkan 3 keahlian sebagai masukan. Keahlian yang diambil berdasarkan minat, skill, dan bakat untuk mengelompokkan jurusan dengan keluaran jurusan yang dikelompokkan dengan SOM [7].

Selain penelitian diatas, SOM juga digunakan untuk Analisis Perilaku Pengemudi yang Terganggu [8], untuk mengklasifikasikan asal meteorologi dari hembusan angin di Australia [9], dan eksplorasi dan klasifikasi kromatogram lapis tipis [10].

Pada penelitian ini, metode JST SOM digunakan untuk mengetahui kualitas dari kandungan air. Adapun parameter yang digunakan yaitu *Fluorida*, *Kesadahan*, dan *Nitrit*. Parameter Kualitas kandungan air tersebut bersumber dari PDAM.

## B. Metode Penelitian

Metode Penelitian merupakan sebuah alur penelitian yang dilakukan dalam proses penyelesaian penelitian. Adapun alur penelitian tersebut diperlukan untuk menyelesaikan penelitian penentuan pencemaran air menggunakan metode SOM. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

Penelitian dimulai dengan studi literatur yang berkaitan dengan air, jaringan syaraf tiruan, perancangan dan implementasi sistem. Untuk tahapan algoritma pada metode jaringan SOM yang digunakan sebagai pengelompokan data yaitu [11]:

- 1) Inisialisasi bobot awal ( $w_{ij}$ ) dengan *random*, *set* laju pembelajaran, dan parameter tetangga.
- 2) Lakukan langkah 3-8, jika kondisi belum terpenuhi.
- 3) Setiap vektor masukan, lakukan langkah 4-6
- 4) Hitung jarak *Euclidean* dengan Persamaan 1:

$$D(j) = \sum_i (w_{ij} - X_i)^2 \quad (1)$$

- 5) Cari indeks j dengan jarak terdekat.
- 6) Lakukan perbaikan bobot  $w_{ij}$  dengan nilai dari j jarak terdekat dengan Persamaan 2:

$$w_{ij}(\text{baru}) = w_{ij}(\text{lama}) + \alpha [X_i w_{ij}(\text{lama})] \quad (2)$$

- 7) Ubah laju pembelajaran dengan Persamaan 3:
- $$\alpha(\text{baru}) = \alpha \cdot \alpha(\text{lama}) \quad (3)$$
- 8) Kurangi radius tetangga pada kondisi tertentu.
  - 9) Uji kondisi berhenti ketika nilai bobot sebelum iterasi dan sesudah iterasi bernilai sama atau sudah mencapai maksimal iterasi.

Inisialisasi merupakan sebuah langkah awal yang sangat penting dalam melakukan pembelajaran JST. Penelitian ini menggunakan inisialisasi *Xavier* yang berfungsi untuk memberikan nilai bobot awal pada algoritma SOM. Secara umum, persamaan inisialisasi *Xavier* dapat dilihat pada Persamaan 5 [4].

$$\text{Var}(W) = \sqrt{1/n} \quad (5)$$

Dimana,

W = inisialisasi awal untuk bobot

n = jumlah neuron masukan

Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung *Silhouette Coefficient* dapat dilihat pada Persamaan 4 [3].

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}} \quad (4)$$

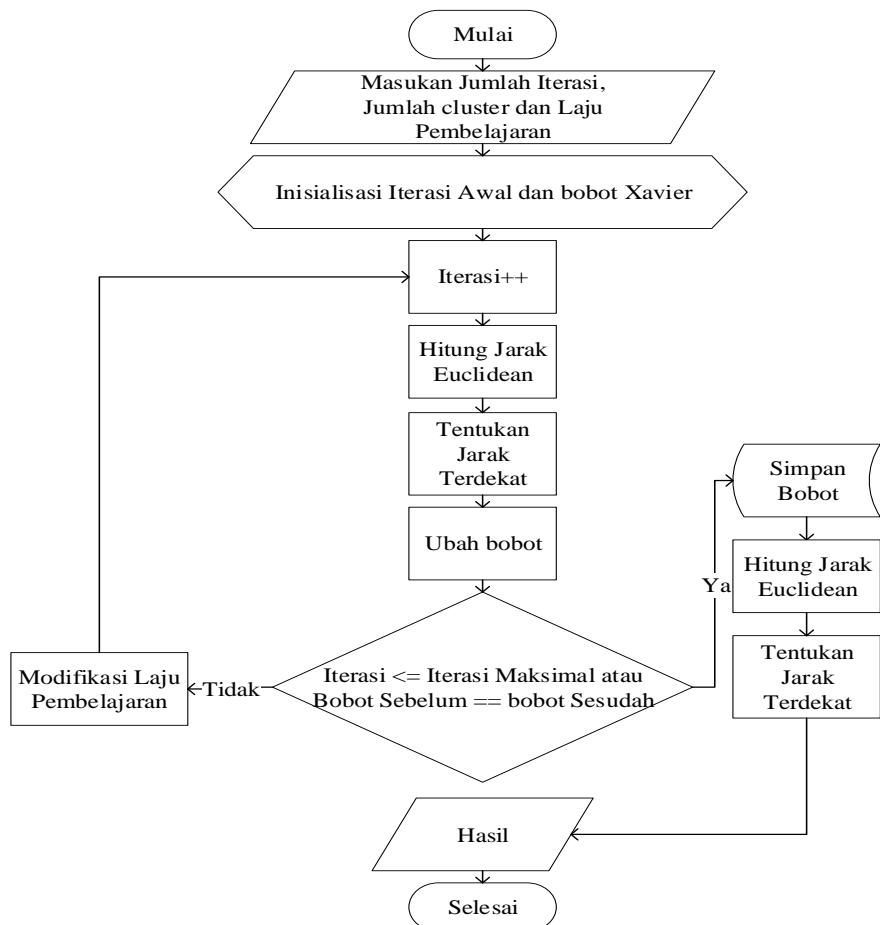
Dimana,

a(i) = jarak data ke i dengan semua data pada cluster A lainnya

d(i,C) = jarak data ke i dengan semua data pada cluster C lainnya

b(i) = *minimum* d(i,C)

s(i) = nilai *silhouette* data ke i



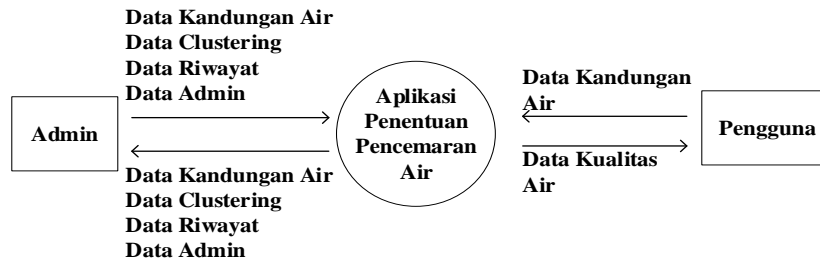
**Gambar 2.** Flowchart SOM

Pengumpulan data dilakukan dengan terlebih dahulu mewawancarai Perumda Air Minum Tirta Khatulistiwa Pontianak untuk mengumpulkan data parameter kandungan air yaitu *Fluorida*, *Kesadahan*, dan *Nitrit*. Data yang diperoleh sebanyak 114 data dari periode 2018 sampai 2020. Adapun beberapa kriteria parameter kualitas air minum yang digunakan Perumda Air Minum Tirta Khatulistiwa Pontianak dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kriteria Kualitas Air Minum

No	Parameter	Satuan	Syarat Batas Maksimum
1	<i>Fluorida</i>	mg/l	0,5
2	<i>Kesadahan</i>	mg/l	500
3	<i>Nitrit</i>	mg/l	0,06

Analisis kebutuhan merupakan proses untuk mendapatkan informasi spesifikasi perangkat lunak yang digunakan untuk membuat aplikasi penentuan pencemaran air yaitu kebutuhan perangkat keras digunakan sebagai media fisik yang dapat mengelola data digital yang dikerjakan oleh *brainware*. Setelah kebutuhan perangkat lunak terpenuhi, dirancang sistem aplikasi penentuan kualitas air menggunakan metode SOM. Rancangan sistem yang dibangun menggunakan *Data Flow Diagram (DFD) level 0* yang dapat dilihat pada Gambar 3.

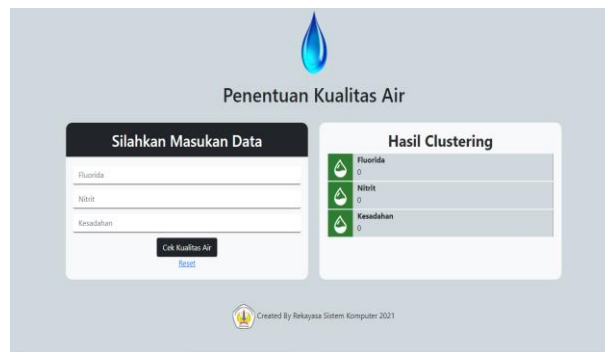


Gambar 3. DFD Level 0

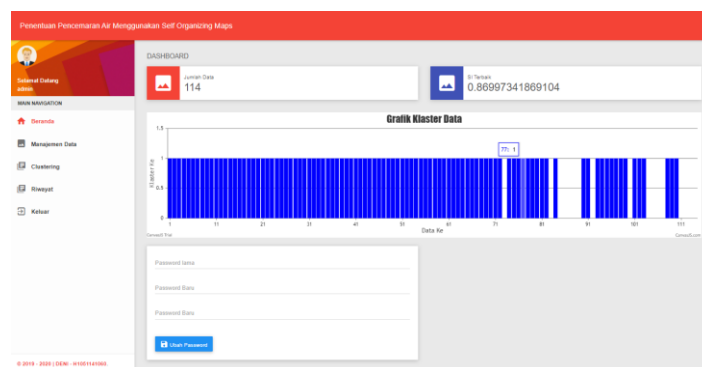
Setelah dirancang, sistem diimplementasikan dengan tampilan aplikasi yang dibentuk dari hasil pengodean program berbasis *website* yang akan digunakan secara *offline*. Bahasa pengodean program yang digunakan adalah PHP dengan basis data menggunakan *MySQL*. Kemudian dilakukan pengujian sistem pencemaran air sesuai dengan rancangan yang sudah diimplementasikan menggunakan algoritma SOM. Tujuan dari pengujian sistem yaitu untuk mengetahui nilai *silhouette coefficient* terbaik dengan parameter dari jaringan SOM.

**C. Hasil dan Pembahasan**

Aplikasi yang dibangun memiliki tampilan untuk Admin dan Pengguna. Gambar 4 merupakan tampilan pengguna, dimana pengguna dapat menginputkan nilai *Fluorida*, *Kesadahan*, dan *Nitrit* dan mendapatkan hasil perkiraan jenis air PDAM, apakah masuk kriteria air minum atau kemungkinan air tercemar berdasarkan 3 faktor tersebut.



Gambar 4. Tampilan Pengguna



Gambar 5. Tampilan Beranda Admin

Gambar 5 merupakan tampilan admin, dimana admin dapat melakukan manajemen data, melakukan *clustering* berdasarkan algoritma SOM, melihat Riwayat kegiatan *clustering*, dan opsi keluar.

Pengujian sistem dilakukan untuk menguji struktur yang sudah dibentuk dari hasil *clustering* berdasarkan nilai *silhouette* dan nilai minimal dan maksimal kandungan air dari hasil *cluster* data. Variasi dari pengujian yaitu berdasarkan nilai Laju Pembelajaran (LP), Jumlah *Cluster* (JC), dan perhentian iterasi yang terjadi ketika bobot sebelum iterasi dan sesudah iterasi bernilai sama. Nilai yang akan digunakan untuk iterasi *clustering* adalah 100 iterasi, jumlah *cluster* dari 2 sampai 4, dan laju pembelajaran dari 0,1 sampai 0,9. Untuk Hasil *clustering* dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil *Clustering*

No	LP	JC	Iterasi	<i>Silhouette</i>	No	LP	JC	Iterasi	<i>Silhouette</i>
1	0.1	2	53	-1	15	0.6	3	57	0.727647341
2	0.2	2	54	-1	16	0.7	3	58	0.727647341
3	0.3	2	55	-1	17	0.8	3	58	0.727647341
4	0.4	2	55	-1	18	0.9	3	58	0.727647341
5	0.5	2	55	-1	19	0.1	4	54	0.722763294
6	0.6	2	56	-1	20	0.2	4	56	0.727647341
7	0.7	2	56	-1	21	0.3	4	56	0.727647341
8	0.8	2	56	-1	22	0.4	4	57	0.727647341
9	0.9	2	56	-1	23	0.5	4	57	0.727647341
10	0.1	3	54	0.722763294	24	0.6	4	57	0.727647341
<b>11</b>	<b>0.2</b>	<b>3</b>	<b>56</b>	<b>0.727647341</b>	25	0.7	4	58	0.727647341
12	0.3	3	56	0.727647341	26	0.8	4	58	0.727647341
13	0.4	3	57	0.727647341	27	0.9	4	58	0.727647341
14	0.5	3	57	0.727647341					

Hasil *clustering* pada Tabel 2, *silhouette* terbaik terdapat pada Jumlah *Cluster* (JC) 3. Sedangkan Laju Pembelajaran (LP) dari 0,2 sampai 0,3 dengan perolehan nilai *silhouette* yang sama yaitu 0.727647341. Hal yang menjadi alasan nilai *silhouette* yang didapat sama, dikarenakan hasil perhitungan *silhouette* dilakukan setelah *clustering* berakhir mencapai kondisi perhentian. Hasil pengelompokan bernilai sama dan tidak terjadi perubahan ketika setelah *clustering* iterasi pertama.

Untuk mendapatkan hasil *clustering* yang dibentuk lebih optimal, maka nilai yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan iterasi terkecil. Hasil yang optimal digunakan berdasarkan iterasi terkecil didapat ketika nilai laju pembelajaran yaitu 0,2. Berdasarkan hasil *clustering* dengan laju pembelajaran 0,2 dan jumlah *cluster* 3, maka hasil *clustering* data yang terbentuk dapat dilihat dari nilai *Fluorida* (F), *Nitrit* (N), dan *Kesadahan* (K). Hasil *clustering* data dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil *Clustering* Data

No	F	N	K	C	No	F	N	K	C
1	0.27	0.005	10	2	58	0	0.022	14.24	2
2	0.19	0.002	6.5	2	59	0	0.012	17.56	2
3	0.22	0.005	10	2	60	0	0.025	17.62	2

4	0.06	0.003	10	2	61	0	0	7.28	2
5	0.02	0.004	8.5	2	62	0	0	9.16	2
6	0	0	8.5	2	63	0	0	8.2	2
7	0	0.005	24.5	2	64	0	0	8.6	2
8	0.06	0.001	23	2	65	0	0.012	8.71	2
9	0	0.005	28	2	66	0	0	8.41	2
10	0.16	0.005	84	2	67	0	0	8.49	2
11	0.02	0.014	82	2	68	0	0.015	8.74	2
12	0	0.012	8.5	2	69	0	0.011	8.1	2
13	0.04	0	15	2	70	0	0	8.43	2
14	0.1	0.003	26.5	2	71	0	0	8.36	2
15	0.06	0.001	16	2	72	0	0.015	8.43	2
16	0.06	0.003	24.5	2	73	0.43	0.521	48	0
17	0	0	14.5	2	74	0.35	0.025	48	2
18	0	0	9	2	75	0.32	0	44	2
19	0	0	40	2	76	0.4	0	20	2
20	0	0.002	12.5	2	77	0.33	0.1	64	2
21	0	0.004	11	2	78	0.33	0	28	2
22	0	0	8.5	2	79	0.34	0.007	68	2
23	0	0	8.5	2	80	0.38	0	38	2
24	0	0.004	14	2	81	0.23	0.004	36	2
25	0	0	10.5	2	82	0.3	0	32	2
26	0	0	9.5	2	83	0.49	0.316	40	0
27	0	0	16.5	2	84	0.49	0.211	48	2
28	0	0.002	10	2	85	0.32	0.524	44	0
29	0	0	6	2	86	0.44	0.351	32	0
30	0	0	10	2	87	0.5	0.511	40	0
31	0	0	13	2	88	0.78	0.501	32	0
32	0	0	13	2	89	0.57	0.564	48	0
33	0.11	0	7.5	2	90	0.37	0.012	40	2
34	0.05	0	7.25	2	91	0.33	0	36	2
35	0.09	0	9.5	2	92	1.53	0.565	48	0
36	0.12	0	8	2	93	0.42	0.025	44	2
37	0	0	17.24	2	94	0.5	0.006	60	2
38	0	0	10	2	95	0.38	0.007	56	2
39	0	0	10.5	2	96	0.31	0.003	40	2
40	0	0	10.5	2	97	0.18	0.006	48	2
41	0	0.001	14.5	2	98	0.35	0.006	40	2
42	0	0	10	2	99	0.24	0.005	44	2
43	0	0	11	2	100	0.23	0.561	68	0
44	0	0.002	13	2	101	0.41	0.007	36	2
45	0	0.003	10.5	2	102	0.28	0	36	2
46	0	0	16.5	2	103	0.48	0.014	20	2
47	0	0.006	17.5	2	104	0.67	0.528	32	0
48	0	0.004	17.5	2	105	0.26	0.553	48	0
49	0	0	15	2	106	0.58	0.427	24	0
50	0	0.027	12.5	2	107	0.39	0.548	32	0
51	0	0	40	2	108	0.51	0.001	20	2
52	0	0.003	101	2	109	0.45	0	8	2
53	0	0.005	27.5	2	110	0.49	0	12	2
54	0	0.028	13.72	2	111	0.39	0.544	28	0
55	0	0.044	21.75	2	112	0.41	0.56	36	0
56	0	0	21.4	2	113	0.23	0.553	33	0
57	0	0.018	19.54	2	114	0.35	0.549	32	0





**Gambar 4.** Hasil *Cluster* dengan menggunakan algoritma SOM

Berdasarkan Tabel 3 hasil *cluster* yang terbentuk dapat dilihat minimal dan maksimal parameter kandungan *Fluorida* (F), *Nitrit* (N), dan *Kesadahan* (K) pada setiap data yang sudah di*cluster*. Hasil *clustering* yang terbentuk yaitu *cluster* 2 dan *cluster* 0, sedangkan pada *cluster* 1 tidak teridentifikasi disebabkan hasil *clustering* tidak mendapatkan data yang membentuk *cluster* 1. Pada hasil *cluster* 2 dengan jumlah data sebanyak 97 data memenuhi kriteria air minum berdasarkan Tabel 1 yaitu:

1. *Fluorida* 0 - 0,51
2. *Nitrit* 0 - 0,211
3. *Kesadahan* 6 - 101

Sedangkan pada hasil *cluster* 0 dianggap tercemar disebabkan adanya parameter yang melebihi kriteria syarat maksimal air minum berdasarkan Tabel 1 dengan jumlah data sebanyak 17 data yaitu:

1. *Fluorida* 0,23 - 1,53
2. *Nitrit* 0,316 - 0,565
3. *Kesadahan* 24 - 68

#### D. Simpulan

Pada penelitian ini yaitu hasil evaluasi *Silhouette Coefficients* terbaik setelah dilakukan *clustering* dengan algoritma SOM adalah 0.727647341 dengan laju pembelajaran 0,2 dan jumlah *cluster* 3. Hasil *cluster* dari 114 data, didapat 85% atau 97 data memenuhi kriteria air minum yang merupakan *cluster* 2 dan 15% atau 17 data tergolong *cluster* 0 yang dianggap air tercemar.

#### E. Ucapan Terima Kasih

Pada penelitian ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Jurusan Rekayasa Sistem Komputer Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak dan pihak-pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan dan bantuan terhadap penelitian ini.

## F. Referensi

- [1] J. J. Siang, *Jaringan Syaraf Tiruan & Pemrogramannya Menggunakan MATLAB*. Yogyakarta: Andi, 2004.
- [2] L. Fausett, *Fundamentals of neural networks: Architectures, algorithms, and applications*. New Jersey: Prentice-Hall, 1994.
- [3] P. J. Rousseeuw, "Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis," *J. Comput. Appl. Math.*, vol. 20, no. C, pp. 53–65, 1987, doi: 10.1016/0377-0427(87)90125-7.
- [4] M. Kang and H. Kim, "Comparison of Weight Initialization Techniques for Deep Neural Networks," *Int. J. Adv. Cult. Technol.*, vol. 7, no. 4, pp. 283–288, 2019, doi: 10.17703/IJACT.2019.7.4.283.
- [5] S. R. Fitriati, M. I. Irawan, and N. Karnaningroem, "Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Kohonen Self Organizing Maps Dan Learning Vector Quantization Pada Data Kualitas Air Kali Surabaya," Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 2015.
- [6] A. Primawati, "Penentuan Cepat Status Kelulusan Matakuliah Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Self Organizing Maps ( Som ) Kohonen," *J. Maklumatika*, vol. 4, no. 1, pp. 11–18, 2017.
- [7] R. Umar, A. Fadlil, and R. R. Az-Zahra, "Self Organizing Maps(SOM) untuk Pengelompokkan Jurusan di SMK," *Khazanah Inform. J. Ilmu Komput. dan Inform.*, vol. 4, no. 2, pp. 131–137, 2018, doi: 10.23917/khif.v4i2.7044.
- [8] M. I. Samson, D. A. Calvert, and L. M. Trick, "Analysis of Distracted Driver Behaviour Using Self-Organizing Maps," in *2021 IEEE 11th Annual Computing and Communication Workshop and Conference, CCWC 2021*, 2021, pp. 101–103, doi: 10.1109/CCWC51732.2021.9376083.
- [9] A. C. Spassiani and M. S. Mason, "Application of Self-organizing Maps to classify the meteorological origin of wind gusts in Australia," *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 210, no. December 2020, pp. 1–16, 2021, doi: 10.1016/j.jweia.2021.104529.
- [10] M. Guggenberger, J. T. Oberlerchner, H. Grausgruber, T. Rosenau, and S. Böhmendorfer, "Self-organising maps for the exploration and classification of thin-layer chromatograms," *Talanta*, vol. 233, no. April, pp. 1–14, 2021, doi: 10.1016/j.talanta.2021.122460.
- [11] M. . I. Irawan, "Exploratory Data Analysis dengan JST - Kohonen SOM: Struktur Tingkat Kesejahteraan Daerah Tk II se Jawa Timur," in *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2004*, 2004, pp. 27–34.