



SKRIPSI

**OPTIMASI PARAMETER KOHONEN SELF
ORGANIZING MAP DENGAN PARTICLE SWARM
OPTIMIZATION UNTUK KLASTERISASI
PROVINSI DI INDONESIA BERDASARKAN DATA
KRIMINALITAS**

WENNY MARIA TAMPUBOLON
NPM 21083010041

DOSEN PEMBIMBING
Amri Muhaimin, S.Stat., M.Stat., MS.
Trimono, S.Si., M.Si.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI SAINS DATA
SURABAYA
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMASI PARAMETER KOHONEN SELF ORGANIZING MAP DENGAN PARTICLE SWARM OPTIMIZATION UNTUK KLASTERISASI PROVINSI DI INDONESIA BERDASARKAN DATA KRIMINALITAS

Oleh:
WENNY MARIA TAMPUBOLON
NPM. 21083010041

Telah dipertahankan di hadapan dan diterima oleh Tim Penguji Sidang Skripsi Program Studi Sains Data Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur pada tanggal 25 Februari 2026:

Menyetujui,

Amri Muhaimin, S.Stat., M.Stat., MS.
NIP. 19950723 202406 1 002



(Pembimbing I)

Trimono, S.Si., M.Si.
NIP. 19950908 202203 1 003



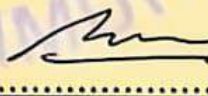
(Pembimbing II)

Aviolla Terza Damaliana, S.Si., M.Stat.
NIP. 19940802 202203 2 015



(Ketua Penguji)

Andri Fauzan Adziima, M.Si.
NIP. 19950512 202406 1 001



(Penguji I)

Mengetahui,

Dekan Fakultas Ilmu Komputer


Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT.
NIP. 19681126 199403 2 001

LEMBAR PERSETUJUAN

OPTIMASI PARAMETER KOHONEN SELF ORGANIZING MAP DENGAN PARTICLE SWARM OPTIMIZATION UNTUK KLASTERISASI PROVINSI DI INDONESIA BERDASARKAN DATA KRIMINALITAS

Oleh:
WENNY MARIA TAMPUBOLON
NPM. 21083010041

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Skripsi

Menyetujui,

Koordinator Program Studi Sains Data
Fakultas Ilmu Komputer


Dr. Eng. Ir. Dwi Arman Prasetya, S.T., M.T., IPU., Asean Eng.
NIP. 19801205 200501 1 002

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Wenny Maria Tampubolon
NPM : 21083010041
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Sains Data
Fakultas : Fakultas Ilmu Komputer

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila di kemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, Maret 2026
Yang Membuat Pernyataan,



WENNY MARIA TAMPUBOLON
NPM. 21083010041

ABSTRAK

Nama Mahasiswa / NPM : Wenny Maria Tampubolon/ 21083010041
Judul Skripsi : Optimasi Parameter *Kohonen Self Organizing Map*
Dengan *Particle Swarm Optimization* Untuk
Klasterisasi Provinsi Di Indonesia Berdasarkan
Data Kriminalitas
Dosen Pembimbing : 1. Amri Muhaimin, S.Stat., M.Stat., MS.
2. Trimono, S.Si., M.Si.

Kriminalitas merupakan perilaku yang melanggar hukum dan norma sosial yang dapat menimbulkan kerugian terhadap fisik, ekonomi maupun psikologis. Data BPS tahun 2024 menunjukkan peningkatan jumlah kasus kriminal di Indonesia dari 327.965 pada 2022 menjadi 584.991 pada 2023, sementara itu kasus yang berhasil diselesaikan hanya 299.517 kasus. Selisih yang cukup besar tersebut menunjukkan masih adanya kelemahan dalam penanganan kejahatan, sehingga diperlukan analisis pola kriminalitas untuk memperoleh gambaran kondisi antar provinsi di Indonesia. Penelitian ini bertujuan mengelompokkan provinsi di Indonesia berdasarkan data kriminalitas menggunakan metode *Kohonen Self-Organizing Map* (SOM). Metode SOM mampu mengelompokkan data tanpa pengawasan (*unsupervised learning*) ke dalam representasi dua dimensi sehingga pola antarprovinsi dapat terlihat dengan lebih jelas. Untuk meningkatkan kinerja SOM, digunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO) sebagai metode optimasi yang meniru perilaku sosial sekumpulan partikel untuk menemukan kombinasi parameter terbaik. Hasil optimasi menunjukkan bahwa parameter optimal SOM diperoleh pada ukuran *grid* 3×1 , nilai *sigma* 0,9, dan *learning rate* 0,4. Dengan parameter tersebut, terbentuk tiga klaster dengan nilai *Davies Bouldin Index* sebesar 0,36 yang menunjukkan kualitas klasterisasi tergolong baik. Distribusi jumlah data pada masing masing klaster terdiri dari klaster 0 sebanyak 2 data, klaster 1 sebanyak 31 data, dan klaster 2 sebanyak 1 data. Klaster 1 sebagai klaster dengan jumlah data terbanyak menunjukkan karakteristik kriminalitas yang relatif merata pada hampir seluruh variabel, seperti kejahatan terhadap fisik, kesusilaan, hak milik, narkoba, penipuan, serta jumlah kejahatan yang diselesaikan, tanpa adanya satu jenis kejahatan yang mendominasi, sehingga mencerminkan pola kriminalitas umum di sebagian besar provinsi.

Kata Kunci: *Data Kriminalitas, Klasterisasi, Particle Swarm Optimization (PSO), Kohonen Self Organizing Map (KSOM), Davies Bouldin Index (DBI)*

ABSTRACT

Student Name / NPM : Wenny Maria Tampubolon / 21083010041
Undergraduate thesis proposal title : *Optimization Of Kohonen Self Organizing Map Parameters Using Particle Swarm Optimization For Clustering Provinces In Indonesia Based On Crime Data*
Advisors : 1. Amri Muhaimin, S.Stat., M.Stat., MS.
2. Trimono, S.Si., M.Si.

Crime refers to behavior that violates legal rules and social norms and may cause physical, economic, and psychological harm. Data from the Central Bureau of Statistics in 2024 indicate a significant increase in the number of criminal cases in Indonesia, rising from 327,965 cases in 2022 to 584,991 cases in 2023, while only 299,517 cases were successfully resolved. This considerable gap reflects weaknesses in crime handling efforts, highlighting the need for an analysis of crime patterns to obtain a clearer understanding of conditions across provinces. This study aims to cluster provinces in Indonesia based on crime data using the Kohonen Self Organizing Map (SOM) method. SOM is capable of performing unsupervised data clustering by mapping high dimensional data into a two dimensional representation, allowing inter provincial crime patterns to be observed more clearly. To improve SOM performance, Particle Swarm Optimization (PSO) is employed as an optimization method that mimics the social behavior of a group of particles to identify the best parameter combinations. The optimization results show that the optimal SOM parameters are a 3×1 grid size, a sigma value of 0.9, and a learning rate of 0.4. Using these parameters, three clusters are formed with a Davies Bouldin Index value of 0.36, indicating good clustering quality. The distribution of data across clusters consists of cluster 0 with 2 data point, cluster 1 with 31 data point, and cluster 2 with 1 data points. Cluster 1, as the cluster with the largest amount of data, shows relatively even crime characteristics across almost all variables, such as physical crimes, indecency, property rights, narcotics, fraud, and the number of crimes solved, without any one type of crime dominating, thus reflecting the general crime pattern in most provinces.

Keywords: *Crime Data, Clustering, Particle Swarm Optimization (PSO), Kohonen Self Organizing Map (KSOM), Davies Bouldin Index (DBI)*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan YME atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya kepada penulis sehingga skripsi dengan judul **“Optimasi Parameter Kohonen Self Organizing Map Dengan Particle Swarm Optimization Untuk Klasterisasi Provinsi Di Indonesia Berdasarkan Data Kriminalitas”** dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Amri Muhaimin, S.Stat., M.Stat., MS. selaku Dosen Pembimbing 1 dan Bapak Trimono, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, nasehat serta motivasi kepada penulis. Selain itu, selama penyusunan proposal skripsi penulis juga banyak menerima bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan syukur dan terima kasih yang terdalam kepada Tuhan Yesus Kristus atas kasih dan penyertaan-Nya dalam setiap langkah penyusunan skripsi ini. Dalam proses yang penuh tantangan, Engkau menjadi tempat bersandar saat lelah, sahabat dalam kesunyian, serta sumber kekuatan ketika rasa ragu datang. Engkau mendengar setiap doa, keluh kesah, tangisan, dan tawa penulis hingga akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan. Di saat rasa ragu dan keputusasaan datang, Engkau memberi kekuatan dan pengharapan baru. Di saat penulis merasa tidak mampu, Engkau menguatkan dan menuntun hingga akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan. Segala kemuliaan hanya bagi Tuhan, sebab tanpa kasih dan penyertaan-Mu, semua ini tidak akan mungkin terjadi.
2. Kepada cinta pertama dan paling tersayang, penulis ucapkan terima kasih yang mendalam kepada kedua orang tua tercinta. Terima kasih telah memberikan doa, kasih sayang, dukungan moral maupun materi, serta semangat yang tidak pernah putus dalam setiap langkah perjalanan hidup penulis. Terima kasih atas kesabaran, pengorbanan, dan kepercayaan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Segala pencapaian ini tidak lepas dari peran dan doa Papa dan Mama yang senantiasa menguatkan

penulis dalam menghadapi setiap tantangan. Semoga Tuhan Yesus membalas segala kebaikan dan pengorbanan yang telah diberikan dengan umur yang panjang, kesehatan, keberkahan dan kebahagiaan yang berlipat ganda

3. Ibu Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
4. Bapak Dr. Eng. Ir. Dwi Arman Prasetya, ST., MT., IPU, selaku Koordinator Program Studi Sains Data Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur.
5. Dosen-dosen Program Studi Sains Data UPN “Veteran” Jawa Timur yang sudah meluangkan waktu guna berkontribusi pada penelitian ini.
6. Kepada Adik Perempuan dan Keluarga besar, penulis mengucapkan terima kasih telah memberikan dukungan, doa, dan semangat sehingga penulis bisa berada di titik ini.
7. Teruntuk sahabat-sahabat terkasih penulis, Ica, Mareta, Enzel, Vera, Lisa, Zulfa, dan Elina, terima kasih karena telah menjadi bagian dari perjalanan yang begitu berarti ini. Terima kasih telah tumbuh bersama dalam setiap fase perkuliahan, melewati hari-hari penuh tawa, cerita, perjuangan, bahkan momen-momen tidak terduga yang menguatkan kita semua.
8. Teman-teman terbaik sejak masa putih abu-abu, yang meskipun terpisah jarak dan waktu tetap menjadi pendengar setia serta sumber motivasi, terima kasih atas persahabatan yang tidak lekang oleh waktu. Kalian menjadi tempat berbagi cerita tanpa rasa takut, penyemangat saat penulis lelah, dan penguat di masa-masa sulit. Secara khusus, penulis mengucapkan terima kasih kepada Tina, Riris, Yasmin, Ayu, Riza, Jozanda, Dafauzan, Riyan, atas kebersamaan, kekompakan, serta energi positif yang selalu menguatkan hingga detik ini.
9. Teruntuk teman sebangunan dengan penulis Naomi Dwi, Selena Nurmanina dan seluruh teman bimbingan lainnya, penulis ucapkan terima kasih sudah menemani bimbingan dengan kondisi yang terkadang tidak terduga. Terima kasih telah mendengar keluh kesah penulis dan memberi semangat kepada penulis.

10. Rekan-rekan mahasiswa Prodi Sains Data Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur terima kasih atas dukungan dan kerjasamanya selama menepuh Pendidikan serta penyelesaian penyusunan skripsi ini.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu memberikan pemikiran demi kelancaran dan keberhasilan penyusunan skripsi
12. Yang terakhir, terima kasih untuk diri sendiri yang telah bertahan, berjuang, dan tidak menyerah dalam setiap proses yang dilalui. Terima kasih karena tetap kuat saat lelah, tetap percaya saat ragu, dan tetap melangkah meskipun jalan terasa berat. Skripsi ini menjadi bukti bahwa setiap usaha, air mata, dan doa tidak pernah sia-sia. Keep shining wherever you are.

Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan skripsi ini banyak terdapat kekurangan. Untuk itu kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan penulisan skripsi ini. Akhirnya, dengan segala keterbatasan yang penulis miliki semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak umumnya dan penulis pada khususnya.

Surabaya, 5 Maret 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
DAFTAR NOTASI.....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Batasan Masalah.....	5
1.4. Tujuan Penelitian	6
1.5. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1. Penelitian Terdahulu	9
2.2. Kerangka Teori.....	14
2.2.1. Kriminalitas.....	14
2.2.2. <i>Clustering</i>	15
2.2.3. <i>Robust Scaler</i>	15
2.2.4. <i>Particle Swarm Optimization (PSO)</i>	16
2.2.5. <i>Self Organizing Map (SOM)</i>	20
2.2.6. <i>Davies Bouldin Index (DBI)</i>	22
2.2.7. <i>Streamlit</i>	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25

3.1.	Variabel Penelitian dan Sumber Data.....	25
3.1.1.	Variabel Penelitian	25
3.1.2.	Sumber Data	26
3.2.	Langkah Analisis	26
3.2.1.	Pengumpulan Data.....	27
3.2.2.	Persiapan Data	28
3.2.3.	Pemodelan Data dengan <i>Self Organizing Map</i>	29
3.2.4.	Optimasi <i>Self Organizing Map</i> dengan <i>Particle Swarm Optimization</i>	31
3.2.5.	Evaluasi Model	36
3.2.6.	Visualisasi Model	36
3.2.7.	Perancangan <i>GUI</i>	36
3.3.	Desain Sistem	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		43
4.1.	Hasil Penelitian.....	43
4.1.1.	Pengumpulan Data.....	43
4.1.2.	Analisis Deskriptif.....	44
4.1.3.	Persiapan Data	45
4.1.4.	Pemodelan Data dengan <i>Self Organizing Map</i>	51
4.1.5.	Optimasi Parameter menggunakan <i>Particle Swarm Optimization</i>	63
4.1.6.	Evaluasi Model	78
4.1.7.	Hasil Klasterisasi	79
4.2.	Tampilan Antar Muka (Graphical User Interface)	85
4.2.1.	Halaman Utama	85
4.2.2.	Halaman <i>Input Data</i>	86
4.2.3.	Halaman Persiapan Data.....	87
4.2.4.	Halaman Pemodelan	89
4.2.5.	Halaman Visualisasi	90
BAB V PENUTUP		93
5.1.	Kesimpulan.....	93
5.2.	Saran Pengembangan.....	94

DAFTAR PUSTAKA.....	97
LAMPIRAN.....	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian	27
Gambar 3. 2 Diagram Alir Rancang Desain Sitem	37
Gambar 3. 3 <i>Wireframe</i> Tampilan Utama GUI	38
Gambar 3. 4 <i>Wireframe</i> Halaman Klasterisasi	39
Gambar 4. 1 <i>Boxplot Outlier</i>	48
Gambar 4. 2 Konvergensi <i>Training</i> SOM	61
Gambar 4. 3 Visualisasi Iterasi PSO	69
Gambar 4. 4 Karakteristik Kluster	80
Gambar 4. 5 Visualisasi Kluster SOM	83
Gambar 4. 6 Halaman Utama	85
Gambar 4. 7 Halaman <i>Input Data</i>	86
Gambar 4. 8 Halaman <i>Input Data (Preview Data)</i>	86
Gambar 4. 9 Halaman Persiapan Data (<i>Missing Value</i>)	87
Gambar 4. 10 Halaman Persiapan Data (Data Duplikat)	87
Gambar 4. 11 Halaman Persiapan Data (Deteksi <i>Outlier</i>)	88
Gambar 4. 12 Halaman Persiapan Data (Standarisasi Data)	88
Gambar 4. 13 Halaman Pemodelan Data	89
Gambar 4. 14 Halaman Pemodelan Data (Klasterisasi SOM)	89
Gambar 4. 15 Halaman Pemodelan Data (Hasil PSO + SOM)	90
Gambar 4. 16 Halaman Visualisasi	90

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	9
Tabel 3. 1 Variabel Penelitian	25
Tabel 3. 2 Struktur Data Kriminalitas	26
Tabel 4. 1 Data Kriminalitas	43
Tabel 4. 2 Statistik Deskriptif.....	44
Tabel 4. 3 Jumlah <i>Outlier</i>	49
Tabel 4. 4 Standarisasi Data	51
Tabel 4. 5 Parameter SOM	52
Tabel 4. 6 Bobot <i>Neuron</i>	54
Tabel 4. 7 Perhitungan Update Bobot Neuron	58
Tabel 4. 8 Inisialisasi Parameter PSO	63
Tabel 4. 9 Posisi Awal Partikel	65
Tabel 4. 10 Iterasi <i>Fitness</i>	68
Tabel 4. 11 Nilai Pbest Akhir Setiap Partikel.....	70
Tabel 4. 12 Nilai Gbest.....	71
Tabel 4. 13 Hasil Klaster	77
Tabel 4. 14 Evaluasi Model.....	79
Tabel 4. 15 Nama Provinsi Tiap Klaster	84
Tabel 4. 16 Keterangan Klaster	85

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Source Code PSO-SOM

Lampiran 2. Source Code GUI

DAFTAR NOTASI

d_v	:	Jarak antara neuron dengan data masukan
n	:	Jumlah iterasi
u	:	Indeks iterasi awal
w_{uv}	:	Bobot yang digunakan dalam perhitungan
X_u	:	Nilai data masukan
w_{uv} (new)	:	Bobot yang diperbaharui setelah proses pembelajaran
w_{uv} (old)	:	Bobot sebelum diperbaharui
α	:	<i>Learning rate</i>
α (baru)	:	<i>Learning rate</i> baru
α (lama)	:	<i>Learning rate</i> sebelumnya
β	:	Koefisien penurun <i>learning rate</i>
Z_{uv}	:	Z-score untuk data ke- u pada variabel ke- v
x_{uv}	:	Nilai asli data ke- u dalam variabel ke- v
$\bar{x}_v$	:	Nilai rata-rata dalam variabel ke- v
s_v	:	Standar deviasi variabel ke- v
μ_u	:	Jarak data dalam <i>cluster</i> ke- u
x	:	Data dalam <i>cluster</i>
$d(x, c)$	:	Jarak antara data dan <i>centroid</i>
x_v	:	Nilai data dalam <i>cluster</i>
c_u	:	<i>Centroid</i> ke- u
c_v	:	<i>Cluster</i> lainnya
d	:	Jarak
$R_{u,v}$	:	Rasio antara <i>cluster</i> u dan v
SSW_u	:	<i>Cluster</i> 1
SSW_v	:	<i>Cluster</i> 2
SSB_{uv}	:	Separasi dari <i>cluster</i> 1 dan 2
k	:	Jumlah <i>cluster</i>
max	:	Rasio antar <i>cluster</i> terbesar

$a(u)$	:	Rata-rata objek u ke objek lain dalam <i>cluster</i> A
n_A	:	Total jumlah objek yang terdapat dalam <i>cluster</i> A
$d(uv)$	:	Jarak antara objek u dan objek v
$v \in A$	:	Objek lain dalam <i>cluster</i> A yang berbeda dari u
$v \neq u$	:	Objek v berbeda dari objek u
n_c	:	Jumlah anggota dalam cluster C
$d(u, C)$	:	Rata-rata jarak objek ke- u dengan semua objek cluster lain
d_{uv}	:	Jarak antara objek ke- u dan objek ke- v
$b(u)$	:	Jarak minimal dari $d(u, C)$
$v \in C$	:	Objek u termasuk dalam <i>cluster</i> C
$s(u)$	:	Koefisien Silhouette untuk data u