



## **SKRIPSI**

# **IMPLEMENTASI *PARTICLE SWARM* *OPTIMIZATION-FUZZY C-MEANS* UNTUK KLASTERISASI KABUPATEN/KOTA DI PROVINSI JAWA TIMUR BERDASARKAN INDIKATOR STBM**

**ANANDA AZRA RAZALI**

NPM 21081010194

## **DOSEN PEMBIMBING**

Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom., M.Kom

Henni Endah Wahanani, S.T., M.Kom

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
PROGRAM STUDI INFORMATIKA  
SURABAYA  
2025**





---

## **SKRIPSI**

# **IMPLEMENTASI *PARTICLE SWARM* *OPTIMIZATION-FUZZY C-MEANS* UNTUK KLASTERISASI KABUPATEN/KOTA DI PROVINSI JAWA TIMUR BERDASARKAN INDIKATOR STBM**

**ANANDA AZRA RAZALI**

NPM 21081010194

## **DOSEN PEMBIMBING**

Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom., M.Kom

Henni Endah Wahanani, S.T., M.Kom

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
PROGRAM STUDI INFORMATIKA  
SURABAYA  
2025**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LEMBAR PENGESAHAN

### IMPLEMENTASI *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION-FUZZY C-MEANS* UNTUK KLASTERISASI KABUPATEN/KOTA DI PROVINSI JAWA TIMUR BERDASARKAN INDIKATOR STBM

Oleh :

ANANDA AZRA RAZALI  
NPM.21081010194

Telah dipertahankan dihadapan dan diterima oleh Tim Penguji Skripsi Prodi Informatika  
Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur Pada  
tanggal 24 November 2025.

Menyetujui,

Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom., M.Kom  
NIP. 19890705 202121 2 002

  
.....

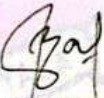
(Pembimbing I)

Henni Endah Wahanani, S.T., M.Kom  
NIP. 19780922 202121 2 005

  
.....

(Pembimbing II)

Made Hanindia Prami Swari, S.Kom., M.Cs  
NIP. 19890205 201803 2 001

  
.....

(Ketua Penguji)

Fetty Tri Anggraeny, S.Kom., M.Kom  
NIP. 19820211 202121 2 005

  
.....

(Anggota Penguji)

Mengetahui,

Dekan Fakultas Ilmu Komputer

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

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LEMBAR PERSETUJUAN

### **IMPLEMENTASI *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION-FUZZY C-MEANS* UNTUK KLASTERISASI KABUPATEN/KOTA DI PROVINSI JAWA TIMUR BERDASARKAN INDIKATOR STBM**

Oleh:

**ANANDA AZRA RAZALI**

**NPM. 21081010194**



**Menyetujui,**

**Koordinator Program Studi Informatika**

**Fakultas Ilmu Komputer**

**Fetty Tri Anggraeny, S.Kom., M.Kom**

**NIP. 19820211 2021212 005**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI**

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Ananda Azra Razali  
NPM : 21081010194  
Program : Sarjana (S1)  
Program Studi : Informatika  
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 dikemudian 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, 24 November 2025  
Yang Membuat Pernyataan,



  
Ananda Azra Razali  
NPM. 21081010194

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## ABSTRAK

Nama Mahasiswa / NPM : Ananda Azra Razali / 21081010194  
Judul Skripsi : Implementasi *Particle Swarm Optimization-Fuzzy C-Means* Untuk Klasterisasi Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur berdasarkan Indikator STBM  
Dosen Pembimbing : 1. Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom., M.Kom  
2. Henni Endah Wahanani, S.T., M.Kom

Sanitasi Total Berbasis Masyarakat (STBM) merupakan program nasional untuk meningkatkan kualitas kesehatan melalui perilaku hidup bersih dan sehat. Di Provinsi Jawa Timur, pencapaian indikator STBM masih bervariasi sehingga diperlukan analisis yang mampu memetakan kondisi sanitasi antarwilayah. Penelitian ini menerapkan metode *Fuzzy C-Means* (FCM) dan *Particle Swarm Optimization-Fuzzy C-Means* (PSO-FCM) guna mengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan enam indikator STBM. Data berasal dari Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur tahun 2022–2023 dan diproses melalui seleksi variabel, normalisasi *Min–Max*, optimasi pusat klaster menggunakan PSO, serta pengelompokan menggunakan FCM. Evaluasi kualitas klaster dilakukan menggunakan metrik *Partition Entropy* (PE), *Partition Coefficient* (PC), dan *Modified Partition Coefficient* (MPC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa PSO-FCM dengan konfigurasi  $c = 2$ ,  $m = 1,5$ , dan ukuran *swarm* = 150 memberikan nilai PC dan MPC yang lebih tinggi serta PE yang lebih rendah dibandingkan FCM, sehingga mampu menghasilkan klaster yang lebih jelas, stabil, dan representatif. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi PSO dapat meningkatkan performa FCM dalam pemetaan kondisi sanitasi, dan hasil klasterisasi dapat digunakan sebagai referensi dalam penentuan wilayah prioritas intervensi STBM di Jawa Timur.

**Kata kunci :** *Fuzzy C-Means*, *Particle Swarm Optimization*, PSO-FCM, Sanitasi Total Berbasis Masyarakat, STBM, Klasterisasi, *Data Mining*, Jawa Timur.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## ABSTRACT

Student Name / NPM : Ananda Azra Razali / 21081010194  
Thesis Title : Implementation of Particle Swarm Optimization–  
Fuzzy C-Means for Clustering Regencies/Cities in  
East Java Province Based on STBM Indicators  
Advisor : 1. Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom., M.Kom  
2. Henni Endah Wahanani, S.T., M.Kom

Community-Based Total Sanitation (STBM) is a national program aimed at improving public health through clean and healthy living behaviors. In East Java Province, the achievements of STBM indicators vary across regions, necessitating an analysis capable of mapping sanitation conditions between districts and municipalities. This study applies the Fuzzy C-Means (FCM) and Particle Swarm Optimization–Fuzzy C-Means (PSO-FCM) methods to cluster districts/cities based on six STBM indicators. The data were obtained from the East Java Provincial Health Office for the years 2022–2023 and processed through variable selection, Min–Max normalization, cluster center optimization using PSO, and clustering using FCM. Cluster quality evaluation was conducted using Partition Entropy (PE), Partition Coefficient (PC), and Modified Partition Coefficient (MPC). The results show that PSO-FCM with the configuration of  $c = 2$ ,  $m = 1.5$ , and a swarm size of 150 produced higher PC and MPC values as well as lower PE values compared to standard FCM, thereby generating clearer, more stable, and more representative clusters. These findings indicate that integrating PSO can enhance the performance of FCM in mapping sanitation conditions, and the resulting clusters can be used as a reference in determining priority intervention areas for STBM in East Java.

**Keywords:** Fuzzy C-Means, Particle Swarm Optimization, PSO-FCM, Community-Based Total Sanitation, STBM, Clustering, Data Mining, East Java.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Dengan penuh rasa hormat, penulis menyampaikan apresiasi yang sebesar-besarnya atas segala bentuk dukungan dan kemudahan yang diberikan selama proses penyusunan skripsi ini. Skripsi yang berjudul **“Implementasi *Particle Swarm Optimization–Fuzzy C-Means* untuk Klasterisasi Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur berdasarkan Indikator STBM”** ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana (S1) pada Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Penulis berharap bahwa penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam memperluas wawasan serta menjadi referensi bagi akademisi maupun praktisi yang berkecimpung dalam bidang analisis data dan pemetaan kondisi sanitasi daerah. Penulis juga menyadari bahwa terselesaikannya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan tulus penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, perlindungan, dan kemudahan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu Fetty Try Anggraeny, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
4. Ibu Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom., M.Kom., dan Ibu Henni Endah Wahanani, S.T., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta motivasi selama proses penyusunan skripsi.
5. Ibu Made Hanindia Prami Swari, S.Kom., M.Cs., dan Ibu Fetty Tri Anggraeny, S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan, saran, dan evaluasi berharga dalam penyempurnaan skripsi ini.
6. Seluruh dosen Program Studi Informatika yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan inspirasi selama proses perkuliahan yang menjadi bekal penting dalam penyusunan skripsi ini.

7. Kedua orang tua, Razali Indra dan Juli Ratna Damanik, serta saudara-saudara penulis, Indira Alya Razali dan Nikma Sahara Razali, yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan motivasi selama proses pendidikan dan penyusunan skripsi ini.
8. Lativa Yulia Taviani, yang telah banyak membantu memberikan dukungan, semangat, dan bantuan dalam berbagai bentuk selama proses penyusunan skripsi ini.
9. Thalita Syahlani Putri dan Raisah Nurul Faridah, sebagai teman yang selalu memberikan semangat, motivasi, serta menjadi tempat berbagi cerita selama proses pengerjaan skripsi ini.
10. Seluruh teman dan rekan yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan, kebersamaan, dan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung selama proses penyusunan skripsi ini.

Surabaya, 24 November 2025

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                     |           |
|-----------------------------------------------------|-----------|
| LEMBAR PENGESAHAN .....                             | iii       |
| LEMBAR PERSETUJUAN .....                            | v         |
| SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....                | vii       |
| ABSTRAK .....                                       | ix        |
| ABSTRACT .....                                      | xi        |
| KATA PENGANTAR.....                                 | xiii      |
| DAFTAR ISI.....                                     | xv        |
| DAFTAR GAMBAR.....                                  | xvii      |
| DAFTAR TABEL.....                                   | xix       |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                       | <b>1</b>  |
| 1.1 Latar Belakang.....                             | 1         |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                            | 3         |
| 1.3 Batasan Masalah .....                           | 4         |
| 1.4 Tujuan Penelitian .....                         | 4         |
| 1.5 Manfaat Penelitian .....                        | 4         |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                 | <b>7</b>  |
| 2.1 Penelitian Terdahulu .....                      | 7         |
| 2.2 Sanitasi Total Berbasis Masyarakat (STBM) ..... | 9         |
| 2.3 <i>Data Mining</i> .....                        | 9         |
| 2.4 Pra-proses Data .....                           | 10        |
| 2.5 Normalisasi Data.....                           | 11        |
| 2.6 <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO).....   | 13        |
| 2.7 <i>Clustering</i> .....                         | 15        |
| 2.8 Logika <i>Fuzzy</i> .....                       | 16        |
| 2.9 <i>Fuzzy C-Means</i> (FCM) .....                | 17        |
| 2.10 PSO-FCM .....                                  | 19        |
| 2.11 Evaluasi Klusterisasi .....                    | 20        |
| <b>BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM .....</b> | <b>23</b> |
| 3.1 Tahapan Penelitian.....                         | 23        |
| 3.2 Studi Literatur .....                           | 24        |
| 3.3 Pengumpulan Data .....                          | 25        |

|                                         |                                               |           |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------|
| 3.4                                     | Pra-proses Data .....                         | 26        |
| 3.4.1                                   | Seleksi Variabel .....                        | 27        |
| 3.4.2                                   | Normalisasi Data.....                         | 27        |
| 3.5                                     | <i>Fuzzy C-Means</i> (FCM) .....              | 28        |
| 3.6                                     | <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO)..... | 30        |
| 3.7                                     | PSO-FCM .....                                 | 33        |
| 3.8                                     | Evaluasi Hasil Klasterisasi.....              | 35        |
| 3.9                                     | Skenario Pengujian .....                      | 36        |
| 3.10                                    | Pelabelan Hasil Klaster .....                 | 38        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b> |                                               | <b>41</b> |
| 4.1                                     | Pengumpulan.....                              | 41        |
| 4.2                                     | Pra-proses Data .....                         | 41        |
| 4.3                                     | <i>Fuzzy C-Means</i> (FCM) .....              | 44        |
| 4.4                                     | <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO)..... | 48        |
| 4.5                                     | PSO-FCM .....                                 | 50        |
| 4.6                                     | Evaluasi Hasil Klaster.....                   | 55        |
| 4.7                                     | Pelabelan Hasil Klaster .....                 | 61        |
| <b>BAB V PENUTUP .....</b>              |                                               | <b>69</b> |
| 5.1                                     | Kesimpulan.....                               | 69        |
| 5.2                                     | Saran Pengembangan .....                      | 70        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>             |                                               | <b>71</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                    |                                               | <b>75</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....                                                   | 23 |
| Gambar 3. 2 Contoh Data STBM Provinsi Jawa Timur Tahun 2022-2023.....              | 26 |
| Gambar 3. 3 Alur Pra-proses Data .....                                             | 26 |
| Gambar 3. 4 Alur Fuzzy C-Means .....                                               | 28 |
| Gambar 3. 5 Alur Particle Swarm Optimization.....                                  | 31 |
| Gambar 3. 6 Alur PSO-FCM .....                                                     | 33 |
| Gambar 4. 1 Hasil Pengumpulan Data.....                                            | 41 |
| Gambar 4. 2 Hasil Seleksi Variabel .....                                           | 42 |
| Gambar 4. 3 Contoh Hasil Normalisasi Data.....                                     | 43 |
| Gambar 4. 4 Hasil Distribusi Fuzzy per klaster FCM.....                            | 45 |
| Gambar 4. 5 Contoh Hasil Matriks Keanggotaan FCM.....                              | 46 |
| Gambar 4. 6 Rata-rata Keanggotaan Fuzzy per klaster FCM .....                      | 46 |
| Gambar 4. 7 Visualisasi PCA FCM Klaster 3.....                                     | 47 |
| Gambar 4. 8 Hasil PSO ( <i>gbest</i> ).....                                        | 50 |
| Gambar 4. 9 Hasil Distribusi Fuzzy per klaster PSO-FCM.....                        | 52 |
| Gambar 4. 10 Contoh Hasil Matriks Keanggotaan PSO-FCM.....                         | 53 |
| Gambar 4. 11 Rata-rata Keanggotaan Fuzzy per klaster PSO-FCM .....                 | 53 |
| Gambar 4. 12 Visualiasi PCA PSO-FCM klaster 3 .....                                | 54 |
| Gambar 4. 13 Perbandingan Nilai PE antara FCM dan PSO-FCM .....                    | 58 |
| Gambar 4. 14 Perbandingan Nilai PC antara FCM dan PSO-FCM .....                    | 59 |
| Gambar 4. 15 Perbandingan Nilai MPC antara FCM dan PSO-FCM.....                    | 59 |
| Gambar 4. 16 Perbandingan Indeks PE, PC, dan MPC pada Konfigurasi Terbaik<br>..... | 60 |
| Gambar 4. 17 Peta Klasterisasi STBM Jawa Timur .....                               | 66 |

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....                                              | 23 |
| Gambar 3. 2 Contoh Data STBM Provinsi Jawa Timur Tahun 2022-2023.....         | 26 |
| Gambar 3. 3 Alur Pra-proses Data .....                                        | 26 |
| Gambar 3. 4 Alur Fuzzy C-Means .....                                          | 28 |
| Gambar 3. 5 Alur Particle Swarm Optimization .....                            | 31 |
| Gambar 3. 6 Alur PSO-FCM .....                                                | 33 |
| Tabel 4. 1 Hasil Nilai Fungsi Objektif FCM.....                               | 47 |
| Tabel 4. 2 Hasil Nilai Fungsi Objektif PSO-FCM.....                           | 52 |
| Tabel 4. 3 Hasil Evaluasi Kualitas Klasterisasi Menggunakan Metode FCM.....   | 55 |
| Tabel 4. 4 Hasil Evaluasi Kualitas Klasterisasi Menggunakan Metode PSO-FCM .. | 56 |
| Tabel 4. 5 Nilai Derajat Keanggotaan Provinsi Jawa Timur .....                | 63 |
| Tabel 4. 6 Anggota Klaster Provinsi Jawa Timur .....                          | 64 |

*Halaman ini sengaja dikosongkan*