



SKRIPSI

IMPLEMENTASI BAYESIAN OPTIMIZATION DALAM PERBANDINGAN FUZZY C-MEANS DAN POSSIBILISTIC C-MEANS UNTUK KLASTERISASI INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA KABUPATEN/KOTA DI PROVINSI JAWA TIMUR TAHUN 2023

LATIVA YULIA TAVIANI
NPM 21081010294

DOSEN PEMBIMBING

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

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



SKRIPSI

**IMPLEMENTASI *BAYESIAN OPTIMIZATION*
DALAM PERBANDINGAN *FUZZY C-MEANS*
DAN *POSSIBILISTIC C-MEANS* UNTUK
KLASTERISASI INDEKS PEMBANGUNAN
MANUSIA KABUPATEN/KOTA DI PROVINSI
JAWA TIMUR TAHUN 2023**

LATIVA YULIA TAVIANI
NPM 21081010294

DOSEN PEMBIMBING

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

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

LEMBAR PENGESAHAN

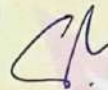
IMPLEMENTASI *BAYESIAN OPTIMIZATION* DALAM PERBANDINGAN *FUZZY C-MEANS* DAN *POSSIBILISTIC C-MEANS* UNTUK KLASTERISASI INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA KABUPATEN/KOTA DI PROVINSI JAWA TIMUR TAHUN 2023

Oleh :
LATIVA YULIA TAVIANI
NPM. 21081010294

Telah dipertahankan dihadapan dan diterima oleh Tim Penguji Skripsi Prodi Informatika
Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur Pada
tanggal 16 Mei 2025

Menyetujui

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



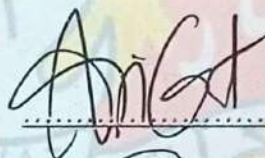
(Pembimbing I)

Achmad Junaidi, S.Kom., M.Kom.
NPT. 3 7811 04 0199 1



(Pembimbing II)

Chrystia Aji Putra, S.Kom., M.T.
NIP. 19861008 202121 1 001



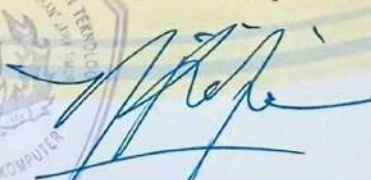
(Ketua Penguji)

Eka Prakarsa Mandvartha, S.T., M.Kom.
NIP. 19880525 201803 1 001



(Anggota Penguji)

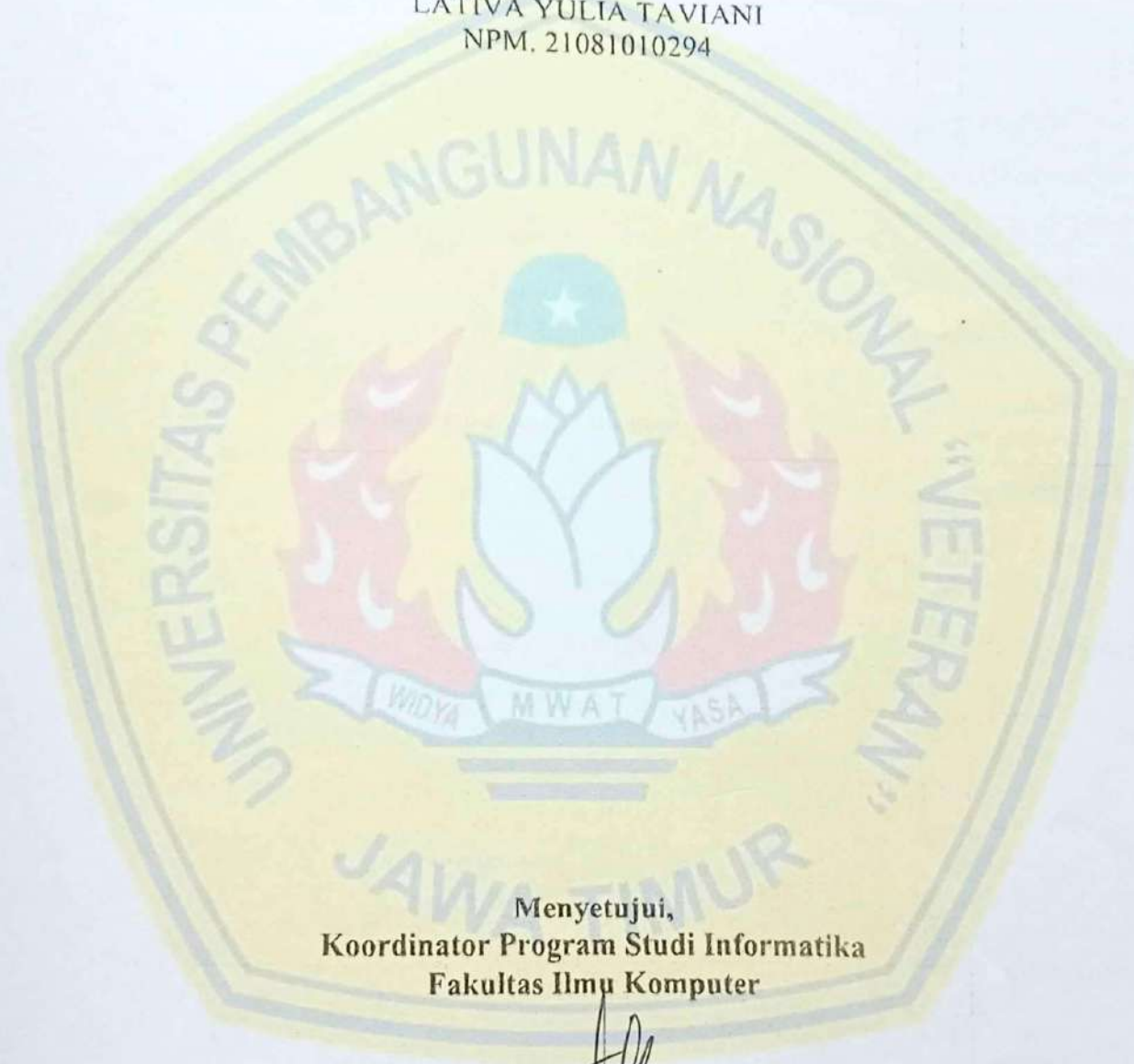
Mengetahui,
Dekan Fakultas Ilmu Komputer


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

LEMBAR PERSETUJUAN

**IMPLEMENTASI *BAYESIAN OPTIMIZATION* DALAM PERBANDINGAN
FUZZY C-MEANS DAN *POSSIBILISTIC C-MEANS* UNTUK KLASTERISASI
INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA KABUPATEN/KOTA DI PROVINSI
JAWA TIMUR TAHUN 2023**

Oleh :
LATIVA YULIA TAVIANI
NPM. 21081010294



**Menyetujui,
Koordinator Program Studi Informatika
Fakultas Ilmu Komputer**

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

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Lativa Yulia Taviani
NPM : 21081010294
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 plagiarasi. 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, 11 Juni 2025
Yang Membuat Pernyataan,



LATIVA YULIA TAVIANI
NPM. 21081010294

ABSTRAK

Nama Mahasiswa / NPM : Lativa Yulia Taviani / 21081010294
Judul Skripsi : Implementasi *Bayesian Optimization* dalam Perbandingan *Fuzzy C-Means* dan *Possibilistic C-Means* Untuk Klasterisasi Indeks Pembangunan Manusia Kabupaten/Kota Di Provinsi Jawa Timur Tahun 2023
Dosen Pembimbing : 1. Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom., M.Kom
2. Achmad Junaidi, S.Kom., M.Kom

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan performa algoritma *Fuzzy C-Means* (FCM) dan *Possibilistic C-Means* (PCM) dalam klasterisasi *Indeks Pembangunan Manusia* (IPM) pada tingkat kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur tahun 2023. Data IPM diperoleh dari Badan Pusat Statistik Jawa Timur dan diproses melalui tahapan pra-pemrosesan data, termasuk penanganan data hilang, deteksi dan penanganan *outlier*, serta normalisasi menggunakan *Z-Score*. Klasterisasi dilakukan dengan pemilihan parameter optimal, seperti jumlah klaster dan bobot *fuzzy*, melalui *Bayesian Optimization*. Evaluasi kualitas klasterisasi dilakukan menggunakan metrik *Partition Coefficient* (PC), *Partition Entropy* (PE), dan *Modified Partition Coefficient* (MPC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa PCM menghasilkan partisi yang lebih tegas dan memiliki tingkat ketidakpastian lebih rendah dibandingkan FCM, meskipun FCM lebih unggul dari sisi kecepatan komputasi. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk pemetaan pembangunan daerah dan mendukung pengambilan keputusan pemerintah.

Kata Kunci: Indeks Pembangunan Manusia, *Fuzzy C-Means*, *Possibilistic C-Means*, *Bayesian Optimization*, *Partition Coefficient*, *Partition Entropy*, *Modified Partition Coefficient*.

ABSTRACT

Student Name / NPM : Lativa Yulia Taviani / 21081010294
Thesis Title : *Implementation of Bayesian Optimization in the Comparison of Fuzzy C-Means and Possibilistic C-Means for Clustering the Human Development Index of Regencies/Cities in East Java Province in 2023*
Advisor : 1. Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom., M.Kom
2. Achmad Junaidi, S.Kom., M.Kom

ABSTRACT

This study aims to compare the performance of the Fuzzy C-Means (FCM) and Possibilistic C-Means (PCM) algorithms in clustering the Human Development Index (HDI) at the district/city level in East Java Province for the year 2023. The HDI data were obtained from the East Java Central Bureau of Statistics and were processed through data preprocessing stages, including handling missing values, detecting and addressing outliers, and normalization using Z-Score. Clustering was performed by selecting optimal parameters, such as the number of clusters and fuzzy weighting, through Bayesian Optimization. The clustering quality was evaluated using the Partition Coefficient (PC), Partition Entropy (PE), and Modified Partition Coefficient (MPC) metrics. The results showed that PCM produced clearer partitions and had lower uncertainty levels compared to FCM, although FCM was superior in terms of computational speed. This research is expected to serve as a reference for regional development mapping and to support government decision-making.

Keywords: *Human Development Index, Fuzzy C-Means, Possibilistic C-Means, Bayesian Optimization, Partition Coefficient, Partition Entropy, Modified Partition Coefficient.*

KATA PENGANTAR

Dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan rasa terima kasih atas segala dukungan dan kemudahan yang diberikan selama proses penyusunan skripsi ini yang berjudul **“Implementasi *Bayesian Optimization* dalam Perbandingan *Fuzzy C-Means* dan *Possibilistic C-Means* untuk Klasterisasi Indeks Pembangunan Manusia Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur Tahun 2023.”** Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (S1) pada Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Penulis berharap hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan, baik bagi kalangan akademisi maupun praktisi di bidang pemetaan pembangunan daerah. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa pencapaian ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis dengan tulus menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, serta kesehatan yang diberikan. Berkat izin-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan sebaik-baiknya.
2. Kedua orang tua penulis tercinta, Bapak Rudi Wahyudi dan Ibu Ika Rindani, atas segala bentuk dukungan, baik moral maupun material, serta doa yang tak henti-hentinya diberikan. Dukungan tersebut menjadi sumber kekuatan dan semangat bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada kakak saya, Tiara Maharani Wahyudi, serta adik saya, Alvaro Rylan Arpata, atas semangat dan doa yang selalu menyertai selama proses pengerjaan skripsi ini.
3. Prof. Dr. Ir. Ahmad Fauzi, M.MT., selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
4. Ibu Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

5. Ibu Fetty Try Anggraeny, S.Kom, M.Kom selaku Ketua Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
6. Ibu Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom., M.Kom., dan Bapak Achmad Junaidi, S.Kom., M.Kom., selaku dosen pembimbing yang telah dengan penuh kesabaran memberikan bimbingan, arahan, serta masukan berharga sejak tahap awal hingga terselesaikannya penyusunan skripsi ini.
7. Bapak Chrystia Aji Putra, S.Kom., M.T. dan Bapak Eka Prakarsa Mandyartha, S.T., M.Kom., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan, arahan, serta evaluasi yang sangat berharga dalam proses penyusunan dan penyempurnaan skripsi ini.
8. Seluruh dosen Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, khususnya dosen-dosen Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, atas segala ilmu, wawasan, serta pengalaman berharga yang telah diberikan selama masa perkuliahan. Semoga seluruh ilmu dan pembelajaran yang telah diajarkan menjadi fondasi yang bermanfaat dalam perjalanan karier dan masa depan penulis.
9. Rekan-rekan seperjuangan dari Program Studi Informatika, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur angkatan 2021, yang telah menemani perjalanan sejak awal masa perkuliahan, saling mendukung dalam proses penyusunan skripsi, hingga bersama-sama menuju tahap akhir yaitu wisuda.
10. Ananda Azra R., Thalita Syahlani P., dan Raisah Nurul F. yang telah menemani penulis dalam melalui berbagai masa sulit selama perkuliahan serta turut membantu dalam proses penyusunan skripsi. Kebersamaan dan dukungan mereka memberikan kekuatan tersendiri hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
11. *Lastly, the writer would like to express the deepest appreciation to herself for enduring in silence, learning to be sincere and grateful through every circumstance, never ceasing to grow, managing time wisely, facing challenges, and taking full responsibility throughout this journey. In quiet strength, she held*

on believing that wounds will heal, exhaustion will be rewarded, and that everything, no matter how heavy, will eventually pass.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan masukan yang membangun dari berbagai pihak untuk perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca, dan menjadi pengalaman yang berharga bagi penulis, baik dalam dunia pendidikan maupun pekerjaan.

Surabaya, 8 Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	v
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	vii
ABSTRAK.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
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
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Penelitian Terdahulu	7
2.2. Indeks Pembangunan Manusia (IPM).....	9
2.3. Data Mining.....	10
2.4. Klasterisasi Data.....	10
2.5. Preprocessing	12
2.6. Z-Score.....	13
2.7. Boxplot.....	13
2.8. Logika Fuzzy.....	14
2.13. Evaluasi Klasterisasi	22
BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM	25
3.1 Tahapan Penelitian	25
3.2 Studi Literatur	26
3.3 Pengumpulan Data	27
3.4 Praproses Data.....	28
3.4.1 Pengecekan Data yang Hilang.....	28

3.4.2	Deteksi Outlier	28
3.4.3	Pengecekan Data yang Hilang.....	29
3.4.4	Normalisasi Data	29
3.5	Inisialisasi Parameter.....	30
3.6.1	Fuzzy C-Means	32
3.6.2	Possiblistic C-Means	36
3.6.3	Evaluasi dan Perbandingan Klasterisasi.....	38
3.7	Pelabelan Hasil Klaster	40
3.8	Penyusunan Laporan	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		43
4.1	Pengumpulan Data	43
4.2	Praproses Data.....	44
4.2.1	Pengecekan Data yang Hilang.....	44
4.2.2	Deteksi Outlier	45
4.2.3	Penanganan Outlier	48
4.2.4	Normalisasi Data	50
4.3	Inisialisasi Parameter.....	52
4.4	Klasterisasi	58
4.4.1	Fuzzy C-Means	59
4.4.2	Possibilistic C-Means	71
4.5	Perbandingan Hasil Klasterisasi.....	87
4.6	Pelabelan Hasil Klaster	91
BAB V PENUTUP		95
5.1	Kesimpulan.....	95
5.2	Saran Pengembangan	96
DAFTAR PUSTAKA		97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	25
Gambar 3. 2 Praproses Data.....	28
Gambar 3. 3 Inisialisasi Parameter.....	30
Gambar 3. 4 Proses Klasterisasi.....	32
Gambar 3. 5 Alur Fuzzy C-Means	35
Gambar 3. 6 Alur Possibilistic C-Means.....	38
Gambar 4. 1 Dataset IPM Jawa Timur 2023	43
Gambar 4. 2 Hasil Pengecekan Data yang Hilang	45
Gambar 4. 3 Boxplot Setiap Variabel untuk Deteksi Outlier.....	46
Gambar 4. 4 Nilai yang terdeteksi Outlier	47
Gambar 4. 5 Hasil Perhitungan Median	48
Gambar 4. 6 Mengganti Outlier dengan Median.....	49
Gambar 4. 7 Hasil Iterasi Bayesian Optimization pada FCM.....	54
Gambar 4. 8 Hasil Akhir Parameter untuk FCM	55
Gambar 4. 9 Hasil Iterasi Bayesian Optimization pada PCM.....	57
Gambar 4. 10 Hasil Akhir Parameter untuk PCM	58
Gambar 4. 11 Matriks Partisi Awal FCM	60
Gambar 4. 12 Fungsi Objektif Tiap Iterasi FCM.....	61
Gambar 4. 13 Pusat Klaster Akhir FCM	63
Gambar 4. 14 Visualisasi Derajat Keanggotaan FCM	64
Gambar 4. 15 Heatmap Matriks Partisi Akhir FCM	66
Gambar 4. 16 Matriks Partisi Akhir FCM.....	67
Gambar 4. 17 Label Hasil Klasterisasi FCM	68
Gambar 4. 18 Karakteristik Tiap Klaster	69
Gambar 4. 19 Evaluasi Klasterisasi FCM	71
Gambar 4. 20 Matriks Partisi Awal PCM	73
Gambar 4. 21 Matriks Absolute Uniqueness	75
Gambar 4. 22 Fungsi Objektif Tiap Iterasi PCM.....	76
Gambar 4. 23 Pusat Klaster Akhir	77
Gambar 4. 24 Visualisasi Derajat Keanggotaan PCM.....	79

Gambar 4. 25 Heatmap Matriks Partisi Akhir.....	81
Gambar 4. 26 Matriks Partisi dan Absolute Akhir.....	82
Gambar 4. 27 Label Hasil Klasterisasi PCM	84
Gambar 4. 28 Karakteristik Klaster PCM.....	85
Gambar 4. 29 Peta Klasterisasi Jawa Timur	93

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Contoh Data IPM 2023	27
Tabel 3. 2 Parameter yang digunakan	31
Tabel 3. 3 Gaussian MF Variabel UHH	33
Tabel 3. 4 Gaussian MF Variabel HLS	33
Tabel 3. 5 Gaussian MF Variabel RLS	34
Tabel 3. 6 Gaussian MF Variabel PPK	34
Tabel 3. 7 Hasil Perbandingan	39
Tabel 4. 1 Data Setelah Normalisasi Z-Score	50
Tabel 4. 2 Perbandingan Iterasi dan Fungsi Objektif Akhir	87
Tabel 4. 3 Pusat Klaster FCM	88
Tabel 4. 4 Pusat Klaster PCM	88
Tabel 4. 5 Karakteristik FCM	89
Tabel 4. 6 Karakteristik PCM	89
Tabel 4. 7 Perbandingan Evaluasi	90
Tabel 4. 8 Label Klaster	91
Tabel 4. 9 Daftar Kabupaten/Kota dalam Klaster	93